PODRĘCZNIK
HISTOLOGJI
I
ANATOMJI MIKROSKOPOWEJ

Dr. WŁADYSŁAW SZYMONOWICZ
Profesor histologji i embrjologji Uniw. im. J. K. we Lwowie

PODRĘCZNIK HISTOLOGJI i ANATOMJI MIKROSKOPOWEJ

z uwzględnieniem szczególnem

ciała ludzkiego

łącznie z techniką mikroskopową

Drugie wydanie

poprawione według piątego wydania niemieckiego

opracowanego przez

Prof. W. Szymonowicza i Prof. R. Krausego

(Lwów) (Berlin)

Z 421 rycinami w tekście i na 102 tablicach.

1924.

NAKŁADEM
GUBRYNOWICZA i SYNA WE LWOWIE i WYDAWNICTWA POLSKIEGO W POZNANIU

POZNAŃSKA DRUKARNIA I ZAKŁAD NAKŁADOWY T. A., POZNAŃ.

Przedmowa do wydania pierwszego.

Lat dwadzieścia mija od chwili, w której na propozycję zagranicznej, niemieckiej firmy księgarskiej, podjąłem się napisania podręcznika uniwersyteckiego histologji — w języku niemieckim. Że praca moja i trud, w książkę włożone, były na czasie, że zadaniu na się przyjętemu, według sił i możności sprostać usiłowałem, dowodzą trzy jej wydania niemieckie, tudzież idące za niemi, dwa przekłady, znowu na języki obce: angielski i włoski.

Świadom dobrze obowiązku, na profesorze wszechnicy polskiej ciążącego, który mu nakazuje być przewodnikiem młodzieży studjującej nietylko z katedry i w pracowni uniwersyteckiej, ale także poza niemi i to przy pomocy książki, w którą wkłada naukę przez siebie reprezentowaną i ze swego stanowiska uprawianą, nie przestawałem myśleć o wydaniu histologji w języku ojczystym. Jakkolwiek przekonanie o konieczności przedsięwzięcia takiego, jasne zupełnie już w czasie pisania podręcznika niemieckiego, stawało się z roku na rok coraz silniejszem i pewniejszem, mimo to jednak musiało ono pozostać pragnieniem nieziszczalnem przez długi lat szereg aż do bardzo niedalekiej przeszłości. Okoliczność hamująca tkwiła przedewszystkiem w niezmiernie wielkich, z wydaniem histologji polskiej połączonych kosztach, których nie można było kłaść na barki nakładców, wobec ryzyka, na jakie niechybnie musieli się narażać, mając na uwadze młodzież tylko dwóch uniwersytetów polskich, jedynie pewnych odbiorców książki, tak specjalną gałąź wiedzy przyrodniczej traktującej.

Dopiero dzisiaj, po latach dwudziestu, spełniają się najgorętsze serca pragnienia: pracę moją wydaję w języku ojczystym w chwili odrodzenia Ojczyzny — w chwili powołania do bytu samoistnego Najjaśniejszej Rzeczypospolitej! Jaka jest moc, urok i potęga mowy rodzinnej, ocenić mogę w pełni, patrząc obecnie na tę samą książkę, ale przybraną w szatę inną — w szatę słowa polskiego. Jest mi też podwójnie drogą, — droższą, niż była wówczas, kiedy pióro zmu-

szone było posługiwać się niemiecczyzną — jest mi dziwnie bliską, mimo że treść prawie zupełnie ta sama, co w trzeciem niemieckiem wydaniu.

Co do historji niniejszego wydania polskiego i stosunku jego do niemieckiego oryginału trzeciej edycji, choć w kilku słowach nadmienić uważam za stosowne, że zasadniczo jest ono oparte na III-em wydaniu niemieckiem, — następnie, że praca ukończona już była przed dwoma zgórą laty i wówczas także oddana pod prasy drukarskie, z pod których na światło dzienne danem jej było, z powodu zdarzeń natury ogólnej czy specjalnej, a zbyt dobrze wszystkim znanych, wyjść dopiero w chwili teraźniejszej. Homines et libri fata communia habent!

Oddając pracę niniejszą do użytku młodzieży polskiej, studjującej w uniwersytetach polskich: Lwowa i Krakowa, Warszawy, Poznania i Wilna, podziękę gorącą składam Profesorowi D-rowi M. Konopackiemu, którego inicjatywie polskie wydanie zawdzięczam, jak niemniej Paniom i Panom: B. Konopackiej, M. Kuczyńskiej, D-rowi H. Raabemu, P. Słonimskiemu i wszystkim innym, którzy mi w pracy pomagali, a przedewszystkiem dank serdeczny wyrażam Prof. D-rowi W. Bruchnalskiemu i Prof. D-rowi T. Piniemu za wytrawne rady w tworzeniu słownictwa polskiego i za ofiarną pomoc w opracowaniu stylistycznem książki. Zarazem dziękuję serdecznie Panu Kazimierzowi Gubrynowiczowi, właścicielowi tyle zasłużonej, nakładowej firmy księgarskiej we Lwowie, który — bez względu na koszta — nie wahał się dołożyć wszelkich starań możliwych, aby histologja polska odpowiedziała szatą swoją wymaganiom kultury obecnej.

We Lwowie, w lutym 1921.

Władysław Szymonowicz.

Przedmowa do wydania drugiego.

Wydanie pierwsze podręcznika niniejszego zostało w przeciągu dwu lat wyczerpane.

Wydanie drugie zaczęto przygotowywać do druku równocześnie z wydaniem piątem niemieckiem, które na życzenie nakładcy opracowałem wspólnie z profesorem Rudolfem Krausem z Berlina.

Obecne wydanie polskie w zupełności opiera się na ostatniem opracowaniu niemieckiem.

W nowej tej edycji dążyłem przedewszystkiem do tego, aby książka tak pod względem tekstu, jakoteż rycin odpowiadała stanowi dzisiejszemu badań histologicznych. Między innemi uwzględniono obszerniej sprawę mitochondrjów i lipoidów, a rozdziały o tkankach łącznych i układzie nerwowym przerobiono gruntownie.

Co do strony ilustracyjnej zaś nadmienić wypada, że do obecnego wydania dodano 43 rycin w tekscie i na 20 tablicach.

Wobec obu firm nakładowych spełniam miły obowiązek podzięki szczerej za gotowość ofiarną, z jaką spełniano wszystkie moje życzenia i do skutku doprowadzono wydawnictwo tak kosztowne.

We Lwowie, w marcu 1924 r.

Autor.

Spis rzeczy.

I. Część.

II. Część.

Dodatek.

III. Część.

Technika mikroskopowa ogólna.

Technika mikroskopowa specjalna.

Część pierwsza.

Budowa komórki zwierzęcej.

Komórka jest elementarną częścią składową ciała roślin i zwierząt, mającą z małemi wyjątkami wymiary tak małe, że dostrzec ją można dopiero przy pomocy mikroskopu; dlatego też dopiero po jego wynalezieniu odkryto komórkę, i to komórkę roślinną znacznie wcześniej, niż zwierzęcą.

Stało się to w początkach drugiej połowy 17-go stulecia. Mianowicie fizyk angielski Robert Hooke (1635—1673) w obszernem swem dziele p. t. „Micrographia," omawiając to, co widział pod skonstruowanym przez siebie mikroskopem, podaje, że cieniutkie płytki korkowe składają się z drobniutkich, regularnych przestrzeni pustych, które nazwał komórkami.

Obok Hooke'a należy przedewszystkiem wymienić imiona dwóch botaników 17-go stulecia: Malpighiego i Grewsa, którzy są właściwymi twórcami nauki o komórce jako elementarnej cząstce rośliny.

Dalszy rozwój nauki o komórce przypada dopiero na wiek 19-ty, gdy tacy badacze, jak Treviranus, Moldenhawer, Mohl, Meyen i Schleiden dostarczyli całego szeregu nowych faktów, przemawiających za komórkową budową roślin. Wtedy też stwierdzono, że obok roślin, które składają się z bardzo wielkiej ilości komórek, istnieją również rośliny jednokomórkowe, jak pewne wodorosty i grzyby. Nazwą komórki oznaczano wtedy pewną, otoczoną błoną przestrzeń, która w komórkach młodych jest wypełniona przezroczystym płynem. W roku 1831 odkrył Brown jądro komórkowe (nucleus), w roku 1832 Dumortier — podział komórki. W roku 1838 Schleiden postawił teorję genezy komórek, która jednakże nie zgadza się z naszemi obecnemi zapatrywaniami. Według tej teorji nowe komórki miały się rozwijać w starych w ten sposób, że wśród istoty bezkształtnej (cytoblastemu) występują najpierw ziarenka (dzisiejsze jąderka — nucleoli), około

których tworzą się i rosną jądra. Od powierzchni jąder oddzielają się młode komórki w kształcie jasnych pęcherzyków.

Odkrycie komórki zwierzęcej przypada na czas znacznie późniejszy, gdyż poza pojedyńczemi spostrzeżeniami Valentina i Purkinjego, dotyczącemi komórki zwierzęcej, dopiero u Dutrocheta (1824) spotykamy po raz pierwszy myśl, że zarówno u zwierząt jak i u roślin komórka stanowi elementarną składową część ich ciała.

W roku 1839 ukazało się sławne dzieło Schwanna „Badania mikroskopowe nad zgodnością struktury i wzrostu u zwierząt i roślin,“ w którem ustalił on teorję komórkową dla świata zwierzęcego. Schwann przyłączył się do teorji Schleidena o tworzeniu się komórek i przejął od niego i to słuszne zapatrywanie, że jądro odgrywa ważną rolę przy powstawaniu komórki. Od tej pory zaczyna się uważać jadro za istotną część składową komórki, podczas gdy poprzednio określano komórkę jako pęcherzyk pusty lub też tylko w młodości wypełniony płynem.

Pierwotne pojęcie komórki ulegało w ciągu następnych dziesięcioleci dalszym zmianom. W miarę tego, jak coraz częściej obserwowano komórki bez błony, zaczęto uważać błonę komórkową za nieistotną część składową komórki, zawartość zaś jej zwaną protoplazmą (pierwoszcze) jako istotny, nieodzowny składnik komórki (Purkinje, Kölliker, Remak). Równocześnie zarzucono teorję cytogenezy Schleidena i Schwanna, a stopciowo powszechne uznanie zyskiwać zaczęła teorja o rozmnażaniu się komórek przez podział, po poprzednim podziale jądra. Teorję tę ujął Virchow w formułę: omnis cellula e cellula. Badania Maxa Schultzego w latach 1854—1866 określiły dokładnie właściwości protoplazmy komórki zwierzęcej i doprowadziły do zdefinjowania komórki jako bryłki protoplazmy, w której leży jądro.

Komórka (cellula) stanowi jednostkę elementarną ciała zwierzęcego; jest ona podłożem wszystkich funkcyj życiowych i z tego powodu może być uważana za jednostkę życiową. Komórki mogą żyć albo pojedyńczo, jako istoty jednokomórkowe (pierwotniaki, protozoa), albo też mogą się łączyć w wyższe organizmy, złożone z wielu komórek (tkankowce, metazoa). U pierwotniaków jedna tylko komórka, stanowiąca całe ciało zwierzęcia, spełnia wszystkie czynności życiowe, u zwierząt wielokomórkowych natomiast pewne określone grupy komórek obejmują pewne określone czynności. Wraz z tym podziałem pracy idzie odpowiednie różnicowanie się komórek, tak iż komórki jednej grupy różnią się co do swej budowy od innych. To zróżnicowanie, będące następstwem podziału pracy, jest posunięte tak daleko, że wykształcone zupełnie komórki jednego

rodzaju nie mogą już spełniać czynności komórek rodzaju innego. Tak np. komórki jednego rodzaju służą do pokrycia powierzchni ciała, inne osiągają wysoki stopień konsystencji i twardości i tworzą podporę dla całego ciała lub jego części; jeszcze inne tworzą liczne wypustki, które przenoszą ku wnętrzu ciała podniety, dochodzące do jego powierzchni, a wreszcie jeszcze inne przyjmują i przerabiają pożywienie dostarczone z zewnątrz. Z tego widzimy, że u zwierząt wielokomórkowych do spełniania różnych czynności służą odrębne, odmiennie zbudowane komórki, podczas gdy u pierwotniaków, przeciwnie, jedna jedyna komórka spełnia rozmaite czynności.

Pomimo, iż w ciele zwierzęcem znajdujemy komórki o bardzo rozmaitej budowie i o bardzo rozmaitem przeznaczeniu, to jednak każda komórka zawiera pewne części składowe, które nie brakują nigdy i są wspólne wszystkim komórkom.

Za takie istotne składniki komórek musimy uważać:

a) protoplazmatyczne ciało komórki
b) jądro komórkowe
c) ciałko środkowe
d) wewnętrzny aparat siateczkowy.

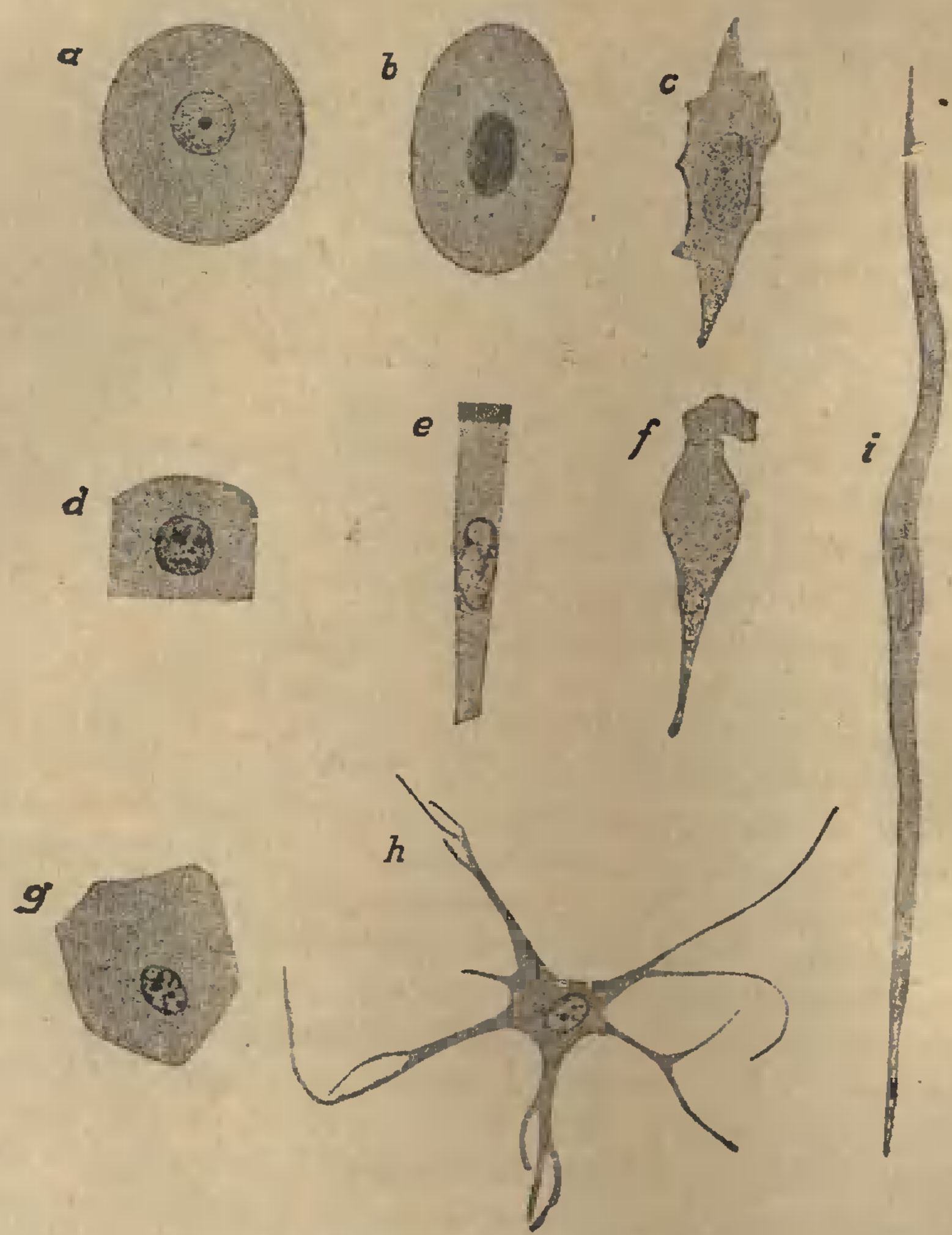
Ciało komórkowe istnieje we wszystkich komórkach, chociaż niekiedy może być bardzo zredukowane. Wolne jądra bez ciała komórkowego nie istnieją. Jądro komórkowe znajduje się również we wszystkich komórkach. Wyjątkowo w pewnych okresach życia pewnych komórek może go brakować, jednakże i w tych przypadkach istniało ono w komórce w jej wcześniejszych stadjach rozwojowych. Ciałko centralne i wewnętrzny aparat siateczkowy zostały przez badania lat ostatnich również wykazane we wszystkich prawie komórkach, jako stała ich część składowa.

Kształt ciała komórkowego, a zarazem całej komórki, podlega dużym wahaniom. Wogóle można powiedzieć, że komórki dostosowują swój kształt do przestrzeni, w której się znajdują, a podstawową ich formą jest kula. Zależnie zaś od ich układu zróżnicowania i czynności mogą być komórki walcowate, stożkowate, wieloboczne, płaskie, rozgałęzione, wrzecionowate i nitkowate (ryc. 1).

Wielkość komórek podlega również znacznym wahaniom: począwszy od 3 μ [1]) w górę aż do wielkości jaja strusiego, które jest także tylko jedną komórką. U wyższych zwierząt i u człowieka średnica komórki wynosi przeważnie od 10 do 30 μ i tylko nieliczne rodzaje komórek dosięgają u nich średnicy powyżej 100 μ jak np. komórki nerwowe i jajowe.

---

[1]) $\mu = 1$ mikron = 0,001 mm.



Ryc. 1.

Komórki różnego kształtu.

a. Komórka jajowa ludzka.
b. Czerwone ciałko krwi żaby.
c. Komórka tkanki łącznej szczura.
d. Komórka nabłonkowa przewodu zbiorczego nerki ludzkiej.
e. Komórka walcowata jelita ludzkiego.
f. Komórka kubkowa (śluzowa) jelita ludzkiego.
g. Komórka wątroby ludzkiej.
h. Komórka nerwowa rdzenia cielęcia.
i. Komórka mięśnia gładkiego żaby.

Komórki te rysowano przy różnych powiększeniach.

Ciało komórki składa się głównie z protoplazmy. *Protoplazma (pierwoszcze, zaródź)* jest pojęciem czysto biologicznem, nie zaś pewnym ściśle określonym związkiem chemicznym. Przez protoplazmę zatem nie należy rozumieć jakiejś jednorodnej istoty o stałych fizyczno-chemicznych cechach, lecz raczej mieszaninę ciał różnorodnych, chemicznie z sobą połączonych. Mieszanina ta może posiadać różne właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Protoplazma za życia przedstawia naogół stan skupienia płynny, a mianowicie śluzowaty, względnie ciągliwy, o przeciętnie kolloidalnem ukształtowaniu. Nie jest to zatem ciecz jednolita, ale przeciwnie, różnorodna (heterogenna), w której przedewszystkiem obwodowe partje plazmy komórkowej, jak również pewne w obrębie komórki zawarte części plazmy przybierają bardziej stały stan skupienia, wykazując znaczną analogję z galaretami. Ta właśnie różnorodność protoplazmy wskazywałaby, że jest ona połączeniem solu, galarety i gelu (P. Tschermak).

W wysokim stopniu ciągliwa i prawie zawsze bezbarwna, nierozpuszczalną jest w wodzie, pęcznieje zaś w kwasie octowym.

Tylko w bardzo nielicznych przypadkach bywa protoplazma zupełnie jednorodna; po większej części wśród jednorodnej istoty podstawowej znajdują się nierównomiernie rozrzucone, silniej od niej załamujące światło ziarenka (mikrosomata) i niteczki (ryc. 2).

Bardzo często można zauważyć, że ciało komórkowe składa się w części obwodowej z jednorodnej protoplazmy szklistej *(hyaloplazma)*, wewnątrz natomiast z protoplazmy ziarnistej.

Ziarenka te, należące do samej żyjącej protoplazmy i wchodzące w jej skład, nie są identyczne z martwemi tworami wewnątrzkomórkowemi, które występują w rozmaitych komórkach w bardzo rozmaitej formie, wielkości, liczbie i składzie i które w całości określamy jako *deutoplazmę* (van Beneden) albo *paraplazmę* (Kupffer). Tutaj należą takie ciała, jak: tłuszcz, barwik, glikogen, skrobia, śluz i żółtko. Mogą one w niektórych komórkach i w pewnych okolicznościach występować w tak znacznych nagromadzeniach, że sama protoplazma zostaje zepchnięta ku obwodowi komórki. Gdy się je rozpuści i wydali z ciała komórkowego, wówczas ciało to przedstawia się jako delikatny zrąb, w którym znajdują się większe lub mniejsze puste przestrzenie, podobnie jak w piance. O ile twory deutoplazmatyczne są płynne, mogą występować w kształcie *wodniczek, wakuoli*, t. j. jako okrągłe, cieczą wypełnione pęcherzyki, ze wszystkich stron otoczone protoplazmą. Mogą one także występować w postaci różnie wykształconych kryształów *(krystalloidy)*. Obydwie substancje, stanowiące składowe części ciała komórkowego, t. j. protoplazmę i deutoplazmę, obejmujemy wspólnem mianem

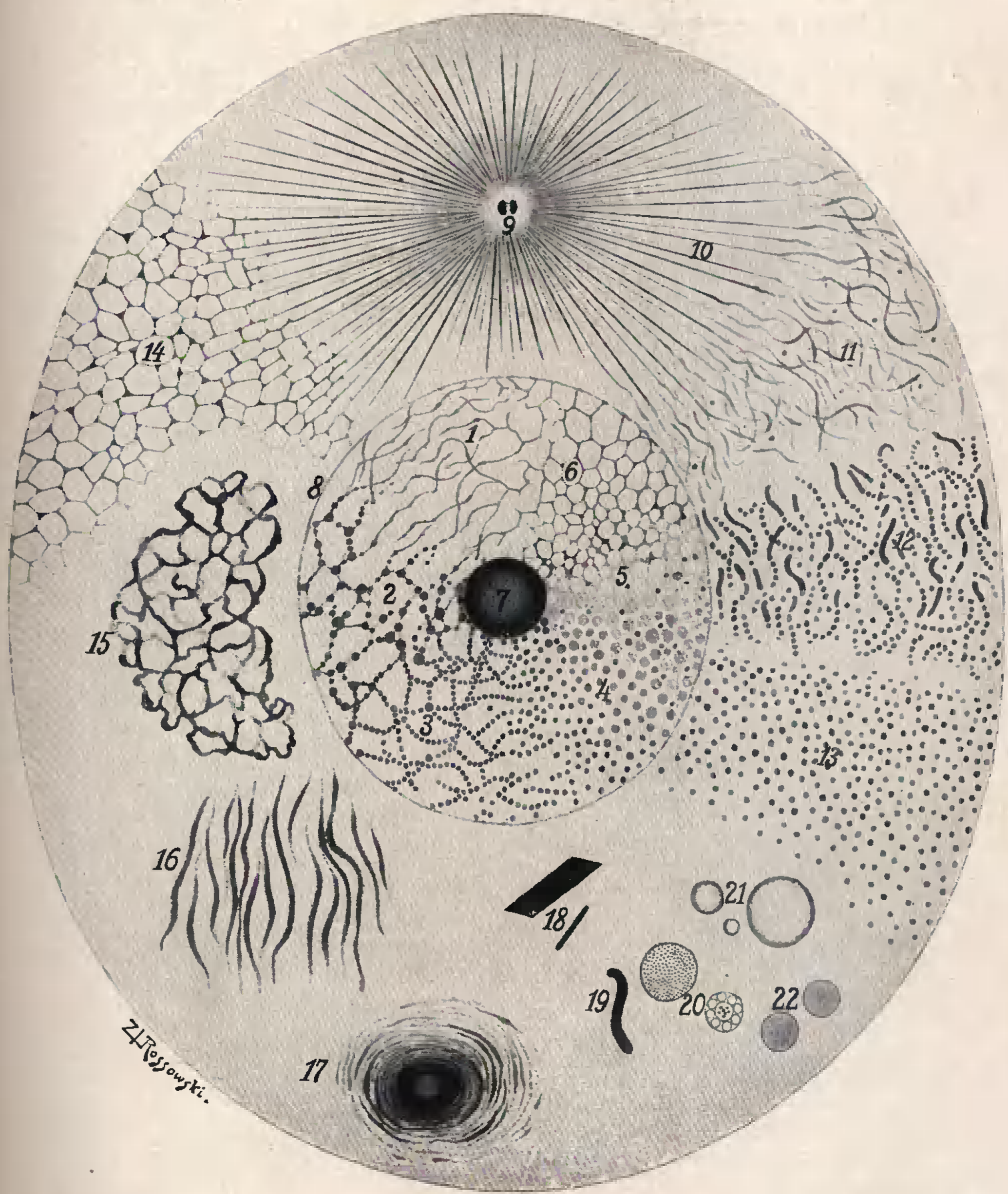
cytoplazmy, w przeciwieństwie do *karjoplazma*, t. j. substancji jądrowej.

Obecność owych ciał obcych deutoplazmatycznych, które bądź to dostają się do protoplazmy z zewnątrz, bądź to wytwarzają się wewnątrz niej, jako produkty przemiany materji, powoduje znaczną rozmaitość protoplazmy pod względem budowy i wygladu i wyjaśnia trudność, jaką stanowi poznanie morfologicznych i chemicznych własności samej protoplazmy.

O chemicznym składzie protoplazmy niewiele pewnego można obecnie powiedzieć. Trzeba jednak raz jeszcze zaznaczyć, że „protoplazma" nie jest pojęciem chemicznem. Składu chemicznego protoplazmy żyjącej nie znamy z tego powodu, że zabija ją działanie odczynników, niezbędnych przy badaniu; nie wiemy zaś, czy istnieją różnice chemiczne pomiędzy żywą a martwą protoplazmą. Protoplazma odznacza się dużą zawartością wody (u dorosłych kręgowców około 50—70 %). Główną składową część protoplazmy tworzą ciała białkowe o skomplikowanej budowie, jak nukleoalbuminy i nukleoproteidy, które odznaczają się zawartością fosforu. Ciał białkowych o prostszej budowie, jak albuminy i globuliny, spotykamy w pierwoszczu zaledwie ślady. Obok nich znajdują się jeszcze w ciele komórkowem tłuszcze i ciała tłuszczowate czyli *lipoidy*, t. j. ciała, które można wyługować z komórki zapomocą eteru i tym podobnych środków rozpuszczających, jak: alkohol, chloroform i benzol. Do lipoidów należy przedewszystkiem *lecytyna* i *cholesteryna*. Ponadto jeszcze występuje w ograniczonej ilości jeden węglowodan — *glykogen*. Z pośród nieorganicznych części składowych protoplazmy znajduje się *fosfor*, *potas*, *sód*, *wapń*, *magn*, *żelazo*, *siarka*, *chlor* i *arsen*. Odczyn żyjącej protoplazmy jest alkaliczny.

Sprawa poznania delikatnej budowy czyli struktury protoplazmy jest bardzo trudna i do dziś jeszcze niedostatecznie wyjaśniona. W ciągu ostatnich dziesięcioleci powstały trzy najważniejsze teorje budowy protoplazmy, a mianowicie: teorja budowy włóknistej, piankowatej i ziarnistej (ryc. 2).

Według teorji *budowy włóknistej* (ryc. 3) (Heitzmann 1873, Fromann 1875, Flemming 1882, Leydig 1885) protoplazma składa się z dwóch różnych substancyj: z silniej załamujących nitek o konsystencji więcej stałej, tworzących t. zw. sieć nitkową (Filarmasse, mitoma) i istoty bardziej płynnej, znajdującej się między nitkami (Interfilarmasse, paramitoma). Nitki mogą być różnej długości i grubości. Dają się one zaobserwować niekiedy już na żyjących komórkach jako części silniej załamujące światło (ryc. 3, Flemming 1882), jednak dopiero na ma-

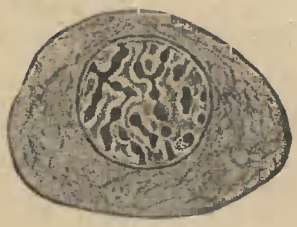


Ryc. 2.
Schemat komórki.

Poszczególne odcinki figury uzmysławiają różne teorje budowy protoplazmy i jądra, a jednocześnie ilustrają wielopostaciowość obydwu. Są tu wyobrażone zarówno różne składniki komórki, jak też i produkty różnicowania się protoplazmy oraz zawarte w niej twory deutoplazmatyczne.

1.—8. Jądro. 1. Budowa włóknista. 2. Budowa siateczkowa. 3., 4. Budowa ziarnista. 5., 6. Budowa piankowa jądra. 7. Jąderko. 8. Błona jądrowa. 9. Ciałka środkowe (diplosom) połączone zapomocą centrodesmozy. 10. Promieniowanie archoplazmatyczne. 11. Mitoma. 12. Mitochondrya. 13. Ziarenka Altmanna. 14. Piankowa budowa protoplazmy. 15. Wewnętrzny aparat siateczkowy Golgi ego. 16. Włókienka przypodstawne. 17. Jądro dodatkowe. 18.—22. Twory deutoplazmatyczne. 18. Krystalloidy. 19. Lipoidy. 20. Ziarenka żółtkowe. 21. Ziarenka tłuszczowe. 22. Kropelki wydzieliny.

terjale ustalonym z pomocą kwaśnych płynów występują w formie promieni i zrębów włóknistych. Według zapatrywania jednych autorów (Flemming) nitki te nie łączą się wcale z sobą lub też tylko wyjątkowo i przeważnie odosobnione przebiegają wężykowato w ciele komórkowem; według innych natomiast (Heitzmann, Fromann, Leydig) łączą się one w sieć, przebiegającą przez całe ciało komórki w ten sposób, iż powstaje budowa *siateczkowa, gąbczasta* (spongioplasma). Istota międzysiateczkowa posiada mniej lub więcej liczne ziarenka (microsomata). W niej mają się odbywać procesy życiowe.



Ryc. 3.

Komórka chrząstkowa larwy salamandra maculosa, obserwowana za życia. Według Flemminga.

Wewnątrz leży jądro. W ciele komórki są widoczne nitki sieci nitkowej. Powiększenie silne.

Również i teorja t. zw.: *budowy piankowatej (alweolarnej)* (Bütschli 1892) przyjmuje istnienie w protoplazmie dwu różnych części składowych: jedna z nich bardziej stała, ciągliwa, *hyaloplazma* tworzy zrąb, który się składa z dużej ilości przestrzeni ze wszech stron zamkniętych (pęcherzyków, alveoli), wypełnionych drugą bardziej płynną substancją, enchylema. Zrąb ten przypomina nam pianę mydlaną lub plaster miodu. Te wolne przestrzenie mają kształt nieregularnych, od siebie odgraniczonych wielościanów, których boki spłaszczają się wskutek wzajemnego ucisku. W punktach węzłowych tej pianki są rozmieszczone drobne ziarnka, *mikrosomy*. Teorje siateczkowej i alweolarnej budowy protoplazmy mogą być uważane jako dwa różne tłumaczenia jednego i tego samego schematu budowy protoplazmy, ponieważ siatka (według teorji siateczkowej) może być obrazem optycznego lub rzeczywistego przekroju delikatnych błonek, ograniczających pęcherzyki. W ostatnich czasach została Bütschlego teorja budowy piankowatej protoplazmy napowrót podjęta przez Rhumblera (Spumoidbau), który w niej widzi jedyną możliwość wytłumaczenia wszystkich zjawisk życiowych komórki z mechanicznego punktu widzenia.

Według trzeciej teorji — *ziarnistej budowy* (Altmann 1890) — protoplazma składa się z dwojakiego rodzaju części składowych, a mianowicie z mniejszych i większych ziarenek (granula), które leżą wśród galaretowatej, bezpostaciowej, międzyziarnistej istoty pośredniej (ryc. 5). Te ziarenka stanowią główne części składowe i odgrywają w życiu komórki główną rolę w przeciwieństwie do biernej i mniej wartościowej substancji międzyziarnistej, która po-

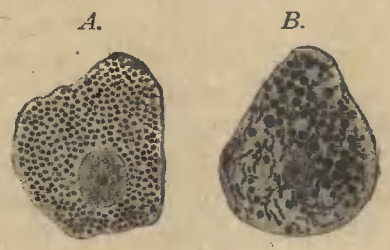
siada tylko podrzędne znaczenie. Altmann idzie w swej hipotezie jeszcze dalej, gdyż przyjmuje, że nie komórki, lecz ziarenka są ostatecznemi morfologicznemi jednostkami elementarnemi żywej substancji i podłożem życia, jak również i twórcami życia — *bioblastami*. Im to przypada wykonanie najrozmaitszych czynności życiowych w komórce: one przyswajają (asymilują), rosną i rozmnażają się przez podział. Według Altmanna komórka jest tworem złożonym — jest kolonją bioblastów. Te bioblasty są organizmami pierwotnemi i są równowartościowe z najniższemi tworami organicznemi — mikroorganizmami. Wśród bioblastów rozróżnia Altmann dwie grupy: *autoblasty*, t. j. wolnożyjące formy ziarenek, jak naprzykład mikrokokki, i *cytoblasty*, ziarenka komórkowe, t. j. takie formy, które mogą żyć tylko wspólnie, łącząc się w kolonje wewnątrz komórki.

Ryc. 4.
Komórka podporowa naskórka dżdżownicy. Wedł. Bütschliego.
Zarówno w jądrze jak i w protoplazmie widoczne jest rusztowanie, jako wynik optycznego przekroju pianki. W punktach węzłowych tej ostatniej są widoczne drobne ziarenka. C. oskórek (cuticula).
Powiększenie silne.

Nie tylko wtedy, gdy obserwujemy komórki różnego rodzaju, otrzymujemy różne obrazy budowy mikroskopowej protoplazmy, lecz także, gdy obserwujemy jedną i tę samą komórkę w różnych stadjach jej czynności życiowych, widzimy, że obraz mikroskopowy ulega zmianom. A więc budowa protoplazmy jest, jak się zdaje, *wielopostaciowa*, nie jest stała i żadnej ze znanych nam już teoryj nie można zastosować do komórki we wszystkich jej stanach czynnościowych. Tę zdolność zmiany struktury należy przypisać morfologicznej zmienności protoplazmy, którą Růžička nazwał *morfologicznym metabolizmem* protoplazmy. Właściwość ta żyjącej protoplazmy objawia się w tem, że jedna struktura protoplazmy może przechodzić w drugą. Łatwo to wyjaśni następujący przykład: Z chwilą, gdy młoda komórka o protoplazmie bezkształtnej, niezróżnicowanej, funkcje swe pełnić zaczyna, wytwarza w swem ciele większe lub mniejsze ziarna, skutkiem czego protoplazma przybiera budowę ziarnistą. W dalszym przebiegu czynności życiowych wspomnianej komórki ziarna te pęcznieją, rozpływają się częściowo, nadając protoplazmie wygląd budowy piankowatej (alweolarnej), która znowu przechodzi w strukturę siateczkową, skoro

się wszystkie pęcherzyki rozpuszczą i ścianki rozgraniczające je mniej lub więcej zanikną.

Stosownie do tego może komórka w przebiegu rozmaitych okresów czynności wykazywać jedną po drugiej budowę: ziarnistą, piankowatą, siateczkową lub włóknistą. Ma się rozumieć, że każda z tych czasowych faz strukturalnych przejść może w stan trwały. To też jeśli się weźmie pod uwagę wielką różnorodność czynności komórki, wyda się zupełnie naturalnym fakt, że znajdujemy w komórce różne stosunki strukturalne, przystosowane do różnych celów (Reinke).



Ryc. 5.

A. Komórka wątroby myszy.

Wewnątrz leży jądro z jąderkiem. W protoplazmie widoczne są ziarenka.

B. Komórka gruczołowa gruczołu przyusznego kota (w 9 godzin po wstrzyknięciu pilokarpiny).

W protoplazmie są widoczne ziarenka wydzieliny i krótkie nitki, odpowiadające mitochondrjom.

Obie ryciny według Altmanna.

Według każdego z powyżej wymienionych poglądów znajdują się w protoplazmie przynajmniej dwie substancje: jedna ukształtowana, druga bezkształtna, która to ostatnia tworzy podścielisko dla elementów ukształtowanych.

Tę protoplazmę ukształtowaną, która odgrywa ważną rolę i występuje wyraźnie na jaw podczas życiowych czynności komórek, niektórzy badacze nazwali protoplazmą wyższego rodzaju (*„protoplasma supérieur“* Prenanta) w odróżnieniu od protoplazmy zwykłej (*„protoplasma ordinaire“*). Z tej ostatniej może się zróżnicować protoplazma ukształtowana, która występuje w rozmaitych postaciach, najczęściej w kształcie ziarenek albo nitek i wyróżnia się swem zachowaniem w stosunku do barwików. Do niej można zaliczyć cały szereg tworów, które wielu autorów opisywało pod różnemi nazwami.

Niektóre z tych tworów są ogólnemi częściami składowemi wszystkich komórek i tworzą jakgdyby specjalne organa komórki (*organelle*), inne występują tylko w niektórych komórkach i to przejściowo w pewnych fazach ich życia.

Jedne z nich można wykazać niekiedy za życia komórki bez pomocy odczynników, inne zaś można wykryć dopiero zapomocą specjalnych metod utrwalania i barwienia.

Z pośród tych licznych organelli komórkowych należy najpierw wymienić *mitochondrja*, jako wzbudzające w ostatnich czasach najwięcej zainteresowania, i im też nieco więcej miejsca poświęcić (patrz ryc. 2, 6, 7, 8, 9 i 21).

W 1897 r. Benda po raz pierwszy zwrócił uwagę na te twory i opisał je w protoplazmie komórek nasiennych. Dokładniejsze poznanie ich jednak zawdzięczamy dopiero Mevesowi. Występują one w kształcie mniejszych lub większych ziarenek, które układają się często w szeregi, łączą się w formie łańcuszków i zlewają się w jednorodne pałeczki *(chondrjokonty)* lub nitki *(chondrjomity)*. Później twory te nazwano *chondrjosomami* bez względu na kształt, jaki przybierają. Wszystkie chondrjosomy jednej komórki oznaczono jako *chondrjom*. W ostatnich zaś czasach wprowadził Meves dla tych tworów nazwę *plastosomów*, co ma oznaczać, że strukturalne te elementa współdziałają w twórczych procesach komórki. Zależnie od ich kształtów dzieli je Meves na ziarniste czyli *plastochondrja* i nitkowate czyli *plastokonty*.

Stwierdzono dalej, że mitochondrja są elementami nadzwyczaj nietrwałemi, które jednak niekiedy można rozpoznać już w żyjących komórkach, lecz wyraźnie występują dopiero po utrwaleniu i zabarwieniu specjalnemi metodami (p. Technika). Późniejsze badania wykazały, że mitochondrja, odkryte pierwotnie tylko w męskich i żeńskich komórkach płciowych, znajdują się we wszystkich generacjach komórek płciowych, od spermiogoniów i owogoniów począwszy, aż do dojrzałego plemnika i jaja, i że przechodzą następnie w czasie zapłodnienia do komórek zarodkowych, tak iż mitochondrja tych ostatnich pochodzą zarówno od jaja, jak i od plemnika. Podczas podziału komórki mitochondrja istnieją w dalszym ciągu, posiadają zdolność mnożenia się przez podział i przechodzą wreszcie do komórek dorosłego zwierzęcia. Część tych tworów w czasie rozwoju zwierzęcia ulega różnicowaniu i specjalizacji, czego następstwem musi być zmniejszenie się ilości plazmosomów w danej komórce.

(Opis mitochondrjów w rozmaitych rodzajach komórek jest podany w odpowiednich miejscach tekstu).

Zwolennicy nauki o mitochondrjach widzą w nich nie tylko integralną część składową protoplazmy, lecz nadto trwały narząd komórkowy (Arnold), stanowiący wraz z jądrem i ciałkami środkowemi podstawowy składnik komórki (Meves). Przedstawiają one wegetatywne organelle komórkowe, których główna rola polega na gromadzeniu i przetwarzaniu substancyj z krwi czerpanych (Meves, Duesberg). W każdym razie należy uważać plastosomy jako stałe i swoiste części składowe komórki, odgrywające nader ważną rolę w jej życiu. Tworzą one materjalne podłoże dla wszystkich procesów różnicowania, odgrywających się w ciągu ontogenezy. Takiemi produktami różnicowania się są przedewszystkiem przeróżne struktury włókniste, jak n. p. protoplazmatyczne

włókna komórek naskórka, włókienka mięśni gładkich i poprzecznie prążkowanych. włókienka nerwowe (neurofibrille), włókna tkanki łącznej i neuroglji — dalej zaś najrozmaitsze chemiczne produkty komórkowej przemiany materji, n. p. ziarna wydzielnicze w gruczołach, tłuszcz, ziarna barwikowe i żółtkowe (Meves). Niema jednakże pośród badaczów zgodności co do kwestji, czy plastosomy w wyżej wymienionych procesach bezpośrednio, czy też pośrednio uczestniczą. Przypisują im również duże znaczenie podczas zapłodnienia oraz w dziedziczeniu.

Według stworzonej przez Mevesa i Duesberga „teorji plastosomów" należy odróżniać w protoplazmie dwie substancje: plastosomy (mitochondrja) i istotę podstawową, w której są rozmieszczone plastosomy i produkty ich różnicowania, przyczem przypuszczać możemy, że gdyby nawet ta substancja podstawowa była podporządkowaną mitochondrjom, to jednak wywiera ona wpływ na zjawiska w tychże zachodzące. Według tego, co wyżej powiedziano, należy uważać mitochondrja jako ukształtowane części składowe protoplazmy, które odgrywają czynną rolę zarówno w kształtujących jak i w wydzielniczych czynnościach komórki i bez których nie możemy wyobrazić sobie protoplazmy, zdolnej do życia i wykonywania czynności.

Późniejsze badania (Meves 1910) wykazały, że mitochondrja są najzupełniej identyczne z ziarnistościami (bioblastami) odkrytemi przez Altmanna (1890), oraz z plastidulami, które bracia Zoja (1891) opisali jako ogólne elementa wszystkich komórek. Skądinąd znowu nabrano przekonania, że mitochondrja nie odpowiadają mitomowi Flemminga, występującemu w komórkach ustalonych. Mitochondrja bowiem są rozmieszczone nie tylko podczas mitotycznego podziału komórki pomiędzy włókienkami, lecz również i w komórce pozostającej w stanie spoczynku leżą poza obrębem nitek promieni i zrębów (Meves). Natomiast nitki, zaobserwowane przez Flemminga w żyjącej komórce, składają się z mitochondrjów. Co do chemicznego ich składu, mają one zawierać lipoidy.

Wspomnieć należy, iż obok wyżej przedstawionego zapatrywania, według którego plastosomy są stałym elementem i niejako narządem komórkowym, istnieje drugie, diametralnie przeciwne, widzące w nich przejściowe części składowe komórki, które albo zostają wytworzone w cytoplazmie albo też są pochodzenia jądrowego (Goldschmidt), to znaczy, że substancja jądrowa przechodzi do plazmy i dostarcza tworzywa dla nowych plastosomów (Schreiner).

O innych tworach, bądź powstających wskutek różnicowania się protoplazmy, bądź takich, które opisano jako części składowe

Ryc. 6.

Ryc. 7.

Ryc. 8.

Ryc. 9.

Ryc. 6—9.

Różne komórki zawierające mitochondrja, głównie w postaci chondrjokontów i chondrjomitów.

Ryc. 6. Dwie komórki wątrobowe myszy.

Ryc. 7. Trzy komórki nabłonka jelitowego myszy Bezpośrednio pod ząbkiem oskórkowym są widoczne listwy graniczne w formie czterech czarnych punktów.

Ryc. 8. Dwie komórki nabłonkowe z cewki wyprowadzającej nerki aksolotla.

Ryc. 9. Trzy komórki nabłonkowe z cewki krętej nerki aksolotla. W komórce środkowej widać trafione jądro.

Wszystkie te preparaty są barwione hematoksyliną żelazistą.

Silne powiększenie. Według preparatów Prof. Weigla.

komórki, a które występują tylko w pewnych okresach czynności pewnych specjalnych rodzajów komórek, będzie mowa poniżej w części specjalnej. Do tych tworów należą: t. zw. *ergastoplazma*, *włókienka przypodstawne (Basalfilamente)*, *jądro dodatkowe* w komórkach gruczołowych, *włókienka oporowe* w komórkach nabłonkowych, *idiosoma* w komórkach nasiennych i *jądro żółtkowe* w komórkach jajowych. Zdaniem jednych badaczy zawdzięcza pewna część tych tworów swe pochodzenie w znacznej mierze mitochondrjom, inni natomiast łączą je ściśle z jądrem i wywodzą ich pochodzenie z chromatyny jądrowej (R. Hertwig — *Chromidien*, Goldschmidt — *Chromidialapparat*).

Drugą istotną częścią składową komórki jest *jądro (nucleus)*. Może go brakować tylko wyjątkowo i to w takich komórkach, które już się nie dzielą i których funkcje czynią obecność jądra zbyteczną, jak np. w czerwonych ciałkach krwi zwierząt ssących i człowieka; jednakże i w tych przypadkach komórki te posiadały jądro we wcześniejszych okresach życiowych. Często jednakże jądro nie jest widoczne w komórce żyjącej bądź to wskutek tego, że jest przykryte deutoplazmatycznemi tworami komórki, bądź też dlatego, że jądro i protoplazma posiadają ten sam współczynnik załamywania światła. W tych razach jednak łatwo można wykazać istnienie jądra, jeśli się komórkę podda działaniu rozcieńczonego kwasu octowego; zmienia on zdolność załamywania światła, ponieważ powoduje pęcznienie protoplazmy i ścina substancję jądrową, skutkiem czego jądro występuje wyraźnie wewnątrz komórki.

Kształt jądra bywa bardzo rozmaity; za pierwotny można uważać kształt mniej lub więcej kulisty lub elipsoidalny. Naogół można powiedzieć, że kształt komórki często nie pozostaje bez wpływu na kształt zawartego w niej jądra. Tak np. w komórkach wydłużonych jądro przyjmuje kształt podłużnej laseczki. W innych razach kształt jego może być bardziej nieregularny. Jądra takie, określone naogół jako wielokształtne, mogą mieć postać kiełbaski lub podkowy, mogą być przewężone, płaciaste, rozgałęzione, pierścieniowate, mogą wreszcie występować w kształcie wydrążonej kuli, o wielokrotnie podziurawionej ścianie. Kształt jądra ulega też często zmianom pod wpływem ucisku deutoplazmatycznych zawartości komórki, tak iż jądro pierwotnie kuliste może przyjąć formę krążka lub czary. Jądro może także chwilowo zmieniać kształt, jeżeli cała komórka ulega zniekształceniu wskutek czynników mechanicznych.

Wielkość jądra stoi przeważnie w pewnym stosunku do wielkości ciała komórki. Zwykle przypada na jądro $^1/_3$ do $^1/_4$ objętości komórki. Młode komórki posiadają z reguły duże jądra. Ol-

brzymiemi jądrami odznaczają się niektóre komórki nerwowe, komórki jajowe i pewne elementy krwi.

Położenie jądra w komórce nie jest stałe. Po większej części zajmuje ono mniej więcej środek komórki, lecz w wielu razach leży zupełnie mimośrodkowo, co jest przeważnie następstwem nagromadzenia się deutoplazmy. Położenie jądra w jednej i tej samej komórce również nie jest stałe i może się zmieniać w różnych stanach fizjologicznych.

Co się tyczy *ilości* jąder w komórce, to z reguły posiada komórka jedno jądro, chociaż zdarzają się komórki z dwoma jądrami, np. komórki wątroby, a nawet są komórki, które zawierają bardzo liczne jądra, aż ponad 100, jak np. olbrzymie komórki szpiku kostnego i śledziony. Takie wielojądrzaste komórki nazywamy *polikarjocytami*. Wielka ilość jąder w tych komórkach pochodzi stąd, że po wielokrotnym podziale jądra nie następuje podział komórki. Polikarjocytowi należy przeciwstawić tak zwane „*syncytjum*", które się odróżnia od niego przedewszystkiem sposobem powstawania. Syncycjum powstaje wtedy, jeśli następuje tak ścisłe zetknięcie się komórek, że znika rozgraniczenie pomiędzy poszczególnemi komórkami i większa ich ilość zlewa się z sobą, wytwarzając jednolitą całość. W pewnych razach dochodzi do tak zupełnego zatarcia granic pomiędzy dawnemi komórkami, iż tylko obecność licznych jąder wskazuje na to, że syncycjum zawdzięcza pochodzenie swoje większej ilości komórek.

Chociaż w jądrze komórki żyjącej nie można dostrzec prawie żadnych szczegółów budowy, to jednak jest to twór o ogromnie skomplikowanej budowie, zarówno pod względem morfologicznym jak chemicznym. O stanie skupienia substancji jądrowej (plazmy jądrowej) da się powtórzyć to samo, co już wyżej o cytoplazmie powiedziano. Przy użyciu odpowiednich odczynników możemy wykryć w jądrze pewne morfologiczne części składowe, które występują w niem prawie zawsze i muszą być uważane za charakterystyczne dla jądra. I tak można wyróżnić w jądrze: a) zrąb jądrowy, b) jąderka, c) sok jądrowy, d) błonę jądrową.

ad a) Wśród *zrębu*, przenikającego jądro, można wyróżnić przedewszystkiem dwie substancje, które pozostają z sobą w ścisłych stosunkach wymiennych, ale zachowują się odmiennie względem barwików. Jedna z tych substancyj posiada mianowicie wybitne powinowactwo do pewnych barwików, barwi się łatwo i otrzymała wskutek tego nazwę *substancji chromatynowej* czyli *chromatyny*, druga natomiast zachowuje się obojętnie względem barwików czyli trudno się zabarwia, jest więc *substancją achromatynową*. Chromatyna jest substancją charakterystyczną dla jądra, rzucającą się naj-

bardziej w oczy pod mikroskopem. Z nazwą *chromatyny* łączymy pojęcie morfologiczne, a nie chemiczne, ponieważ substancja ta nie jest jakiemś jednorodnem ciałem chemicznem, lecz musi być zaliczona do tych związków białkowych, zawierających fosfor, które określono jako nukleoproteidy.

Chromatyna, jak wszystkie nukleoproteidy, zawiera siarkę, fosfor i organicznie związane żelazo. Od nukleoalbuminów odróżniają się nukleoproteidy tem, że zawierają kwas nukleinowy, a gotowane z rozcieńczonemi kwasami dają obok fosforu i pewnych węglowodanów tak zwane ciała purynowe (adeninę, guaninę ksantynę, hypoksantynę) i pyrimidynowe, jako produkty rozszczepienia. Ponieważ nukleoproteidy są związkami o bardzo różnej zawartości białka, mogą więc zawierać różne ilości kwasu nukleinowego i równocześnie fosforu.

Chromatyna jest, jak wszystkie ciała białkowe, kwasowo-zasadowej natury i, jak pewne ciała białkowe w oddziaływaniu swem mogą przechylać się na jedną, inne zaś na drugą stronę, tak samo substancje, określone jako chromatyna, mogą oddziaływać raz bardziej kwaśno i przyciągać barwiki zasadowe — *bazichromatyna*, innym razem zaś bardziej zasadowo i wchłaniać chciwiej barwiki kwaśne — *oksychromatyna* (podwójne powinowactwo chromatynowe jądra M. Heidenhaina). (O barwikach kwaśnych i zasadowych patrz „Technika"). To różne zachowanie się względem barwików jest zależne od zawartości fosforu; w bazichromatynie mamy do czynienia ze związkiem bogatym w fosfor, w oksychromatynie ze związkiem o małej zawartości fosforu (Heidenhain). Chromatyna jest ciałem zmiennem, które może zmieniać swą zdolność barwienia się zależnie od przyjmowania lub oddawania fosforu. Dlatego też zmienia się powinowactwo chromatyny względem zasadowych i kwaśnych barwików anilinowych zależnie od pewnych fizjologicznych stanów jądra lub komórki. Jądra, które już nie mają dzielić się mitotycznie, są zwykle ubogie w bazichromatynę, natomiast posiadają dużo oksychromatyny, jak np. jądra komórek nerwowych. Oksychromatyna ginie podczas profazy podziału pośredniego i zjawia się znowu w jądrach potomnych. Obie te chromatyny są pomieszane w różnym stosunku w jądrach różnych rodzajów tkanek. Z powodu różnej ilości i różnego rozmieszczenia chromatyny w jądrach komórek różnych tkanek, obrazy tych jąder są charakterystyczne dla komórek danej tkanki.

Chromatyna występuje wśród zrębu jądrowego w kształcie nieregularnych skupień, które mogą leżeć oddzielnie, lub też łączyć się w jednolitą sieć i tworzyć w całości tak zwany *zrąb chromatynowy*.

Badania Altmanna, Heidenhaina i Eisena wykazały, że wszystkie beleczki i bryłki chromatynowe składają się z delikatnych ziarenek chromatynowych, *chromioli* (Eisen), wśród

których można odróżnić dwa rodzaje: zasadochłonne i kwasochłonne (bazofilne i oksyfilne). Są one w ten sposób rozmieszczone wśród trudno barwiącej się substancji podstawowej zrębu jądrowego, że chromiole zasadochłonne leżą w grubszych beleczkach tego zrębu, kwasochłonne zaś w cieńszych. Chromiole występują zwykle w większych skupieniach tak, iż widoczne są dla naszego oka jako grudki zwane *karjosomami*. Oddzielne chromiole są to niezmiernie małe okrągłe kuleczki o średnicy 0,3—0,4 μ, które tworzą istotne elementarne morfologiczne części składowe chromatyny i odpowiadają ziarenkom Altmanna. Prawdopodobnie posiadają one zdolność rozmnażania się przez podział podczas okresu wzrostu. Są one wolno zawieszone w istocie podstawowej, trudno barwiącej się, achromatynowej, zwanej *lininą* albo *plastyną*, która występuje w kształcie delikatnego rusztowania. Linina jest więc istotą podstawową zrębu jądrowego, nadającą kształt strukturze jądrowej. Od ukształtowania się lininy zależy struktura jądra zarówno spoczynkowego, jak i znajdującego się w podziale. Według zapatrywania Heidenhaina obserwacja podziału mitotycznego jądra nasuwa przypuszczenie, że w lininie mamy do czynienia z substancją kurczliwą. Linina (plastyna) wyróżnia się wielką odpornością względem kwasów i zasad i obojętnem zachowaniem się względem barwików.

A więc chromatyna i linina są temi dwiema substancjami, które tworzą zrąb jądrowy.

ad b) *Jąderka* (nucleoli) są ciałkami silnie błyszczącemi, o kształtach zaokrąglonych, wyraźnie odgraniczonemi, wyróżniającemi się znaczną gęstością i stałością. Większość autorów jest mniemania, że jąderka leżą wolno, nie połączone ze zrębem chromatynowo-lininowym. Heidenhain natomiast jest zdania, że przynajmniej w komórkach ciała jąderka są umieszczone w zrębie i otoczone osłonką chromatynową, która ze swej strony pozostaje w trwałym związku ze zrębem jądrowym (ryc. 2).

Substancję, z której się składają jąderka, nazwano *pyreniną* czyli *paranukleiną*. Odznacza się ona wielką wytrzymałością na sztuczne trawienie i jest o wiele bardziej odporna na działanie zasad (alkaljów), niż np. chromatyna, która rozpuszcza się nawet w słabych alkaljach. Gotowana z rozcieńczonemi kwasami, pyrenina nie wydziela wcale zasad ksantynowych i posiada znaczne powinowactwo do barwików kwaśnych, jest więc kwasochłonna.

Ilość jąderek w jądrze jest różna: spotyka się albo jedno duże jąderko albo kilka mniejszych. Według Flemminga ilość ich wynosi w zwykłych komórkach tkanek 1—5, rzadko ponad 8. Znane są jednakże komórki, zwłaszcza u zwierząt niższych, w których ilość jąderek jest o wiele większa.

Jąderka zwykle nie posiadają żadnej struktury, jednakże w dużych jąderkach (np. w komórkach jajowych) mogą się znajdować ziarenka, które barwią się mocniej (nucleolini), albo wakuole, które wskazują na to, że jąderko produkuje pewne substancje, przeznaczone dla jądra lub protoplazmy.

Jąderka mogą znikać w pewnych okresach czynności komórki, np. podczas jej podziału lub wydzielania. Obserwowano na nich również ruchy amebowate, zjawiska podziału i zlewania się, a w komórkach gruczołowych wyrzucanie substancji jąderkowej. Co się tyczy biologicznego znaczenia jąderek, to zachodzi wzajemne oddziaływanie pomiędzy jąderkami i chromatyną (Rückert), gdyż stwierdzono istnienie bardzo ścisłego stosunku pomiędzy ilością substancji jąderkowej i ilością chromatyny, na podstawie czego Haecker uważa substancję jąderkową za produkt jądra.

Te prawdziwe jąderka należy odróżniać od pseudojąderek, które nie są niczem innem, jak nagromadzeniem chromatyny w formie dużych ziaren.

ad c) *Sok jądrowy* jest płynną substancją białkową, która wypełnia wszystkie wolne przestrzenie i oczka opisanego powyżej zrębu jądrowego (ryc. 10).

ad d) *Błona jądrowa* stanowi przedmiot spornego zagadnienia, ponieważ część badaczy przeczy jeszcze obecnie istnieniu prawdziwej błony, któraby oddzielała jądro od cytoplazmy. Pomiędzy zwolennikami powyżej wymienionego zapatrywania należy odróżnić takich, którzy sądzą, że istnieje bezpośrednia ciągłość pomiędzy substancją jądra i protoplazmy, od tych, którzy są zdania, że chociaż istnieje pomiędzy temi dwiema substancjami wyraźna granica, to jednak ten kontur graniczny nie jest niczem innem, jak następstwem optycznego przekroju części obwodowych zrębu jądrowego. W przeciwieństwie do tych zapatrywań większość badaczy przyjmuje, że istnieje pomiędzy jądrem a protoplazmą prawdziwa oddzielająca je od siebie błona, która występuje jako linja o podwójnym konturze i składa się z 2 lub nawet 3 warstw: wewnętrznej, utworzonej ze zgęszczonej chromatyny, średniej, wytworzonej z substancji specjalnej, zwanej *amfipyreniną* (Schwarz), i zewnętrznej, która utworzona jest z warstwy cytoplazmy, graniczącej z jądrem. W każdym razie błona, o której mowa, musi być bardzo sprężysta, skoro nie stoi na przeszkodzie zmianom kształtu jądra, jak to się dzieje n. p. w komórkach wędrujących. W pewnych okresach życiowych komórki, błona jądrowa znika (podczas podziału mitotycznego). Przytoczona wyżej substancja, będąca częścią składową błony jądrowej i zwana amfipyreniną, wyróżnia się znaczną odpornością względem odczynników i trudno się rozpuszcza.

Należy jeszcze wspomnieć, że obok jąder o skomplikowanej budowie, zawierających wszystkie wymienione powyżej części składowe, istnieją jądra wyspecjalizowane w jednym ściśle określonym kierunku, których budowa jest o wiele prostsza; jako przykład wymienimy główki plemników, które występują pod postacią jednorodnych, zbitych ciał chromatynowych, chociaż są jądrami komórkowemi.

Badanie różnych jąder prowadzi do przekonania, że struktura ich jest ogromnie różnorodna. Raz posiadają one budowę włóknistą, innym razem siateczkowatą, to znów piankowatą (alweolarną), lub wreszcie ziarnistą, tak iż wszystkie zapatrywania, wypowiedziane powyżej o budowie protoplazmy, można zastosować także do budowy jądra.

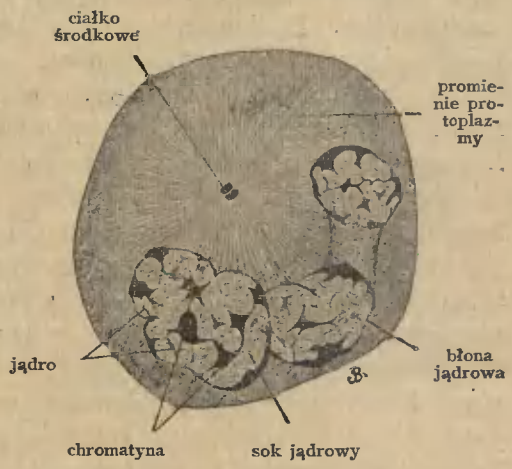
W różnych okresach życia komórki jądro może ulegać nie tylko pewnym zmianom pod względem kształtu i zachowania się względem barwików (oksy- i bazichromatyna), lecz także w strukturze jego mogą zachodzić istotne różnice, tak iż pewnym stanom czynnościowym odpowiadają pewne obrazy struktury jądra. To też musimy przyjąć dla jądra, podobnie jak dla protoplazmy, istnienie pewnej *wielopostaciowości*. Jądra komórek gruczołowych przedstawiają doskonały przykład takiej zmienności w budowie jądra.

Stwierdzono doświadczalnie, że jądro jest niezbędnie potrzebne do życia i wykonywania czynności życiowych komórki. Obecnie możemy twierdzić, że jądro bierze wraz z protoplazmą udział we wszystkich czynnościach życiowych, że więc obie części składowe komórki współdziałają z sobą, przyczem zachodzą najwidoczniej stale wzajemne stosunki pomiędzy jądrem a protoplazmą.

Badania lat ostatnich wykazały, że jądro bierze przedewszystkiem żywy udział w wydzielniczych, chłonnych i kształtujących czynnościach komórki.

Zjawiska, wymienione powyżej, najlepiej poznano na zwierzętach bezkręgowych i niższych kręgowcach. Do zjawisk tych powrócimy jeszcze przy omawianiu komórek gruczołowych. Obecnie zadowolimy się tylko kilkoma uwagami, opierając się głównie na pracach Garniera i Maziarskiego. Okazało się, że podczas wydzielania w komórkach gruczołowych odbywa się przenikanie substancji jądrowych (chromatyny i substancji jąderkowej) do cytoplazmy, przyczem substancje owe w cytoplazmie pęcznieją i zamieniają się we właściwą wydzielinę gruczołową albo część tejże. Przejście tych substancyj z jądra może odbywać się drogą osmozy, po poprzedniem rozpuszczeniu się ich w jądrze, albo też mogą one przechodzić w kształcie ziarenek lub kuleczek wprost przez nadzwyczaj delikatną błonę jądrową. Substancje, pochodzące z jądra, które

poszły do cytoplazmy, nie zawsze zostają kompletnie zużyte podczas jednego okresu wydzielniczego, lecz mogą pozostawać w ciele komórkowem jako materjał zapasowy na okresy następne. A mianowicie można zauważyć w pewnych komórkach gruczołowych twory w kształcie włókien, leżące koło jądra, różnie nazywane przez różnych autorów, mianowicie *włókienka przypodstawne* (Basalfilamente, Solger), *ergoplazma* (Davidoff), *ergastoplazma* (Garnier). Te twory włókniste są niejako zapasowemi zbiornikami chromatyny, która stopniowo w miarę zapotrzebowania dostaje się do protoplazmy, aby tam zostać przerobioną na wydzielinę. W okresie wydzielania komórki, włókienka owe barwią się barwikami zasadowemi, w okresie spoczynkowym kwaśnemi.



Ryc. 10.
Leukocyt ze śledziony odmieńca.
Według Siedleckiego.
Bardzo silne powiększenie. Promienie protoplazmatyczne dosięgają centrosomu. Centrosom zawiera dwa ciałka środkowe. Zrąb jądrowy jest dobrze widoczny.

Następnie jako stałe części składowe komórki należy uważać *ciałka środkowe (centralne)* czyli (*centrjole* (ryc. 2 i 10). Z badań ostatnich dziesiątków lat (van Beneden 1876, Flemming, M. Heidenhain, Zimmermann, Meves, van der Stricht, Cohn i wielu innych) wynika, że centrjole znajdują się we wszystkich komórkach, chociaż wykrycie ich nie zawsze łatwo się udaje. Ciałka środkowe mają przeważnie kształt dwu wyraźnie odgraniczonych, okrągłych, niezmiernie małych ciałek, zwanych *diplosomem*. Często przylegają one do siebie tak ściśle, że się obopólnie spłaszczają i przybierają wygląd krążków, czasami zaś mają kształt krótszych lub dłuższych pałeczek. Przeciętnie są mniejsze niż 1 μ, u leukocytów n. p. wynoszą 0,2—0,8 μ (Heidenhain). Najmniejsze z nich, o ile mają średnicę mniejszą niż 0,2 μ, są już na granicy widzenia. Wielkość ich, jak się zdaje, nie pozostaje w widocznym stosunku do wielkości komórki. W pewnych komórkach, n. p. w leukocytach, zajmują one położenie środkowe i leżą w pobliżu jądra; często na powierzchni jądra jest widoczne wgłębienie, w którem leżą oba te ciałka. W innych razach centrjole leżą w znacznej odległości

od jądra komórki, a nawet mogą nieraz posuwać się aż na powierzchnię ciała komórkowego, co zachodzi najczęściej w walcowatych komórkach nabłonkowych. Wiele komórek posiada 3 centrjole; w pewnych komórkach mogą się one znajdować nawet w wielkiej ilości, jak n. p. w olbrzymich komórkach szpiku kostnego, gdzie Heidenhain oblicza ich ilość na 200—300; w takich razach leżą one w kilku grupach. Te częstokroć licznie występujące ciałka środkowe razem wzięte nazwał Heidenhain *„mikrocentrum"*. Ciałka środkowe mogą leżeć wprost w protoplazmie tak, że dokoła nich niema zróżnicowanej cytoplazmy, n. p. w wielu komórkach nabłonkowych. W innych razach otaczające je części plazmy wchodzą w bliższy związek z ciałkami środkowemi; w związku z tem w plazmie można zauważyć promieniste lub współśrodkowe zróżnicowania. W komórkach spoczynkowych centrjole leżą często w środku jasnego pola, ostro odcinającego się od otoczenia; pole to nazywamy *„centrosomem"*. Centrosom posiada w wielu razach budowę jednorodną, w innych siateczkową, piankowatą albo też ziarnistą i w pewnych przypadkach stanowi środek tworu, mającego kształt słońca, zwanego *astrosferą* lub *centrosferą*. Z centrosomu wychodzą wtedy w wielkiej ilości plazmatyczne promienie, które stopniowo gubią się w ciele komórki (ryc. 2 i 10). Tę część promienistą komórki w odróżnianiu od reszty protoplazmy nazywamy *archoplazmą* (Boveri) lub *kinoplazmą* (Strassburger). Takie centrosfery znajdują się w leukocytach, komórkach barwikowych, komórkach nabłonkowych, głównie jednak w komórkach jajowych podczas zapłodnienia i po zapłodnieniu oraz w blastomerach, pochodzących z podziału zapłodnionej komórki jajowej.

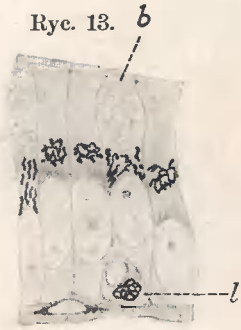
Nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśnione, jaką rolę odgrywają ciałka środkowe w komórce. Dłuższy czas uważano je za morfologiczne i fizjologiczne centrum komórki, przyczem opierano się na zjawiskach mitotycznego podziału komórek i na obserwacjach nad temi komórkami, które wykonywują pewne ruchy (kom. rzęskowe i biczykowate). Obecnie podniesiono poważne zarzuty przeciwko tym zapatrywaniom. Okazało się mianowicie, że w komórkach mogą się tworzyć systemy promieni bez istnienia osobnych centrów i że tak zwane ciałka podstawowe komórek rzęskowych, od których uzależniano ruch rzęsek, nie odpowiadają ciałkom środkowym (patrz komórki rzęskowe).

Jako ostatnia część składowa komórki pozostaje do omówienia tak zw. *wewnętrzny aparat siateczkowy* Golgiego *(apparato reticolare interno)*, którego obecność wykazano już prawie we wszystkich komórkach. Odkrył go i opisał w 1898 r. Golgi w komórkach nerwowych zwierząt kręgowych po specjalnem utrwaleniu i impregnowaniu tkanek srebrem, następnie wykazał jego istnienie

Ryc. 11.

Ryc. 12.

Ryc. 13.



Ryc. 14.

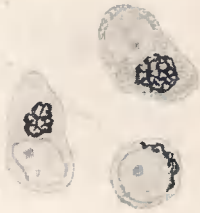
Ryc. 15.

Ryc. 16.

Ryc. 17.

Ryc. 18.

Ryc. 19.



Ryc. 20.

Ryc. 11—20.

Wewnętrzny aparat siateczkowy Golgi ego w komórkach różnego rodzaju.

Ryc. 11. Komórka nerwowa noworodka psa.
Ryc. 12. Komórka nerwowa zwoju międzykręgowego królika.
Ryc. 13. Nabłonek jelita traszki. *b* = Komórka kubkowa. *l* = Leukocyt.
Ryc. 14. Spermatocyt traszki.
Ryc. 15. Komórka trzustki traszki. *n* = Jądro dodatkowe.
Ryc. 16. Komórka nabłonkowa poprzecznie przeciętego naczynia włosowatego traszki.
Ryc. 17. Komórki tkanki łącznej traszki.
Ryc. 18. Komórki chrzęstne dojrzałego płodu myszy.
Ryc. 19. Leukocyty ze krwi traszki.
Ryc. 20. Trzy komórki mięśni gładkich jelita traszki. Wszystkie te preparaty były barwione według metody Golgi-Kopscha. Wszystkie komórki były rysowane pod powiększeniem około 600-krotnem, z wyjątkiem ryc. 9, która była rysowana pod powiększeniem około 470-krotnem.

(Wszystkie ryciny według preparatów Prof. Weigla.)

Kopsch, posługując się kwasem osmowym. Bergen udowodnił jego obecność również w innych rodzajach komórek.

Aparat siateczkowy składa się z drobnych, nierównomiernej grubości włókienek, które splatają się zazwyczaj w siatkę o nierównych oczkach. W komórkach o jądrach mimośrodkowych, — zatem w przeważnej części komórek — leży aparat siateczkowy biegunowo w kształcie kłębka utworzonego z nitek, zajmuje prawidłowo miejsce w pośród najsilniejszego nagromadzenia się protoplazmy i przystosowuje się kształtem do komórki, w której się mieści. Z wiekiem komórki, przedewszystkiem w komórkach, których jądro zajmuje położenie środkowe, a które utraciły zdolność dzielenia się (n. p. w komórkach zwojów międzykręgowych), przechodzi aparat siateczkowy z swojego położenia biegunowego w położenie dokołajądrowe i tworzy często koszyczek okalający jądro ze wszech stron (Weigl, Deineka) (Ryc. 11—20).

Ostatnie lata przyniosły coraz liczniejsze wyniki badań, które wykazują istnienie tworów homologicznych w komórkach bezkręgowców oraz identyfikują je z aparatem siateczkowym zwierząt kręgowych, pomimo tego, że twory te częstokroć znacznie różnią się kształtem od typowego aparatu siateczkowego i że bywają rozrzucone w plazmie w formie zwiniętych nitek, obrączek lub bryłek (Weigl).

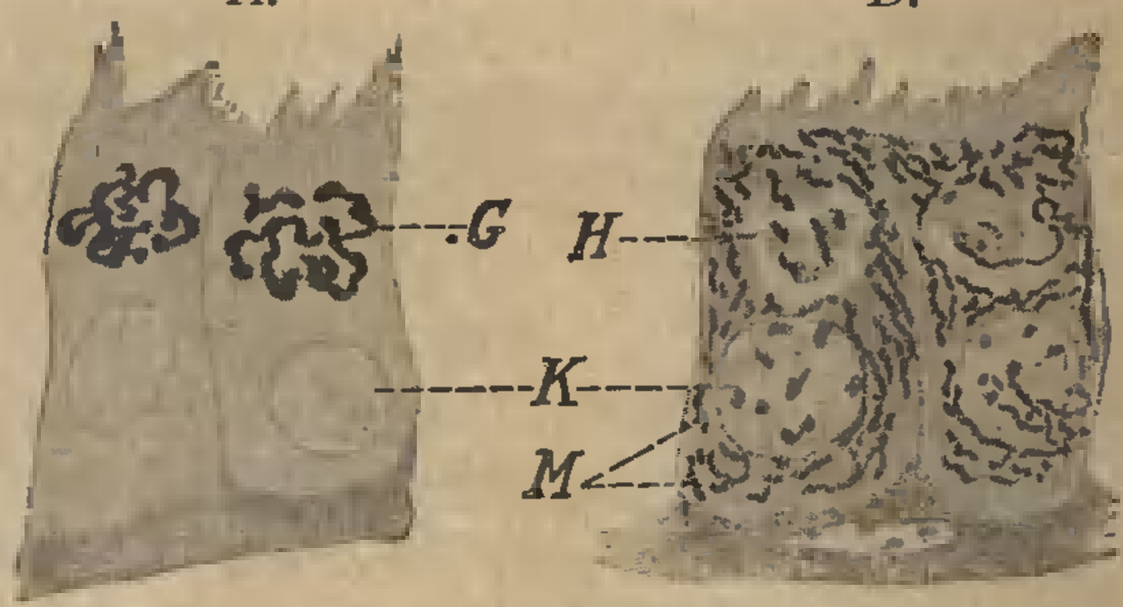
Dalsze ważne wyjaśnienia zawdzięczamy badaniom Perroncito'a, który badał zachowanie się tego aparatu podczas spermiogenezy u różnych zwierząt. Okazało się, że aparat ten bierze udział w mitotycznym podziale komórki (zob. dalej), a nawet, że zjawiska podziału zaczynają się w nim wcześniej, niż w jądrze. Aparat siateczkowy ulega przytem całemu szeregowi prawidłowych zmian, przypominających zmiany, jakie zachodzą w chromatynie podczas mitozy i które prowadzą do równomiernego podziału masy macierzystego aparatu siateczkowego pomiędzy dwie komórki potomne. Proces ten, który Perroncito nazwał *diktokinezą*, obserwował Deineka również podczas mitozy w komórkach nabłonkowych i łącznotkankowych.

Z faktu, że wewnętrzny aparat siateczkowy znajduje się we wszystkich badanych dotychczas kategorjach komórek, i to w różnych okresach ich życia, wyprowadzić można wniosek, iż aparat ten jest istotną częścią składową komórki. Nie ulega też wcale wątpliwości, że aparat siateczkowy odgrywa ważną rolę w życiu komórki i tworzy prawdziwy organ komórkowy; znaczenie jego i zadanie w życiu komórki nie jest jednak dotychczas bliżej wyjaśnione.

Twierdzenie Mevesa i Duesberga, jakoby aparat siateczkowy przedstawiał tylko część chondrjomu komórki, musimy

wobec wyniku badań Weigla i Perroncito'a uważać za błędne (Ryc. 21) (Zob. objaśn. do ryc. 21).

Z badań Sjövalla i Weigla okazało się, że właściwa część składowa istoty, z której aparat siateczkowy jest zbudowany, składa się z lipoidów, a mianowicie z połączenia lecytyny i białka, które kwas osmowy utrwala, a po dłuższem działaniu czerni. Jeśli natomiast do utrwalenia komórek użyje się odczynników, które lecytyny nie utrwalają (alkohol, formalina, sublimat), wówczas produkty rozpadu tej substancji zostają wyługowane i w miejsce aparatu występują często jasne kanaliki, które Holmgren opisał jako *kanaliki trofospongjalne*. Przedstawiają one niejako negatyw aparatu Golgiego (ryc. 21).



Ryc. 21.

Komórki nabłonkowe przyjądrza myszy według preparatów Prof. Weigla.

(Powiększone około 750 razy).

A. Preparat sporządzony według metody Kopscha (Sjövalla).

G. Aparat siateczkowy Golgiego.

K. Jądro.

B. Skrawek sąsiedni tego samego preparatu po odbarwieniu aparatu siateczkowego zapomocą nadmanganianu potasu i zabarwieniu mitochondrjów za pomocą hematoksyliny żelazistej.

H. Negatyw aparatu siateczkowego Golgiego = kanaliki trofospongjalne Holmgrena.

M. Mitochondrja.

K. Jądro.

Oprócz tych czterech ważnych części składowych, znajdujących się zawsze w komórkach zwierzęcych, istnieją jeszcze inne dodatkowe, występujące tylko w pewnych przypadkach.

Przedewszystkiem należy wymienić *błonę komórkową*. Przeważna część komórek roślinnych posiada błonę komórkową wyraźnie odgraniczoną od ciała komórki i różniącą się od niego chemicznie, w komórkach zwierzęcych natomiast występuje ona tylko w niezmiernie rzadkich przypadkach, tak iż komórkę zwierzęcą naogół należy uważać za nagą.

Jednakże warstwa zewnętrzna komórki posiada przeważnie nieco stalszą konsystencję, nieco gęstszą spoistość, niż części, leżące bardziej dośrodkowo; wówczas można mówić o *ektoplazmie*, odgraniczającej komórkę od zewnątrz. Jeśli taka zewnętrzna warstwa graniczna występuje wyraźniej, chociaż się nie odcina ostro od reszty komórki, tylko tak, jak skórka chleba przechodzi stopniowo w miękisz, wówczas możemy ją oznaczyć razem z F. E. Schulzem, nazwą „*crusta*." Jeśli się zaś odgranicza ostro od wewnątrz, wówczas mamy prawdziwą *błonę komórkową* — *pellicula*.

W pewnych przypadkach może błona komórkowa ograniczać się tylko do jednej powierzchni; spotykamy to w komórkach nabłonkowych, które leżą szeregami i ściśle do siebie przylegają, a tylko na wolnej powierzchni są pokryte błoną, zwaną *cuticula*.

Błona komórkowa, niezależnie od tego, w jakiej formie występuje, jest zawsze produktem komórki i jest albo przekształconą warstwą zewnętrzną cytoplazmy albo jej wydzieliną. Jeśli komórki wydzielają w większej ilości na swej powierzchni taką substancję, różniącą się od cytoplazmy, wówczas układa się ona pomiędzy komórkami i nazywa się *istotą międzykomórkową*.

Inne specjalne produkty, względnie organa komórki, jak rzęski, migawki, rąbek szczoteczkowy i t. p., będą omówione poniżej w odpowiednich rozdziałach.

W ten sposób poznaliśmy najistotniejsze części składowe komórki, obecnie przejdziemy do rozpatrzenia w krótkości jej najważniejszych objawów życiowych, o ile one są dostępne badaniom mikroskopowym[1]). Albowiem z szeregu zmian morfologicznych, które spostrzegamy w komórce, można wyprowadzić pewne wnioski co do procesów życiowych komórki.

Wszystkie objawy życiowe komórki można sprowadzić do czterech jej zasadniczych właściwości:

1) *ruchu*,
2) *pobudliwości*,
3) zdolności *przyswajania i wydzielania (przemiany materji)*,
4) zdolności *rozmnażania się*.

ad 1). Zjawiska ruchu, zarówno te, które dotyczą całej komórki, jak i te, które odgrywają się w jej wnętrzu, zależą, jak się zdaje, wyłącznie od protoplazmy, a to dlatego, że można je zauważyć nawet na takich cząstkach komórki, które zostały mechanicznie oddzielone od jądra. Można *odróżnić* cztery następujące rodzaje ruchu:

a) *Ruch amebowaty* (pełzakowaty) polega na tem, że komórka wysuwa wypustki (pseudopodia, nibynóżki), które przyczepiają się do podłoża i następnie ciągną za sobą resztę ciała komórki, przez co następuje zmiana położenia całego organizmu. Podczas dłuższej obserwacji takiej komórki pod mikroskopem można zauważyć, iż zmienia ona ciągle swój kształt przez to, że wysuwa nibynóżki w jednem miejscu, a w innem je wciąga. Ruch ten w istocie odbywa się tak powoli, że obserwowanie go wymaga niekiedy znacznej dozy cierpliwości. Najłatwiej można stwierdzić zmianę kształtu komórki, jeśli się ją odrysowuje w pewnych odstępach czasu (ryc. 22).

Ruch amebowaty służy po pierwsze do zmiany miejsca. Jest on naogół dosyć powolny, lecz u pewnych jednokomórkowych organizmów może odbywać się tak szybko, że w przeciągu paru minut komórka taka opuszcza pole widzenia mikroskopu. Powtóre ruch amebowaty służy do przyjmowania pokarmów. Wysunięte wypustki otaczają dokoła małe cząsteczki pokarmu, które następnie wślizgują się do wnętrza komórki.

Ruch amebowaty spotykamy w najwyraźniejszej formie u najniższej klasy pierwotniaków: u korzenionóżek (rhizopoda), do których należą nagie, nie posia-

1) Dla bliższego i dokładniejszego zapoznania się z tym ważnym i ciekawym rozdziałem biologji polecić można dzieła Hertwiga, Verworna i Gurwitscha.

dające skorupki, ameby. Ale także i u niektórych komórek zwierząt ssących i człowieka spotykamy zjawiska takiego ruchu, a mianowicie w wolno zawieszonych we krwi białych ciałkach krwi (leukocytach); białe ciałka przy pomocy tego ruchu mogą przenikać przez ścianę naczynia krwionośnego i dostawać się do otaczającej tkanki, w której mogą przebywać znaczne przestrzenie. Komórki te mają także zdolność pochłaniania stałych cząsteczek, przez co odgrywają ważną rolę, służąc do obrony organizmu zwierzęcego przeciwko wnikającym do niego ciałom obcym, jak naprzykład bakterjom. Tę zdolność białych ciałek krwi pochłaniania obcych cząsteczek odkrył Miecznikow i zjawisku temu nadał nazwę *fagocytozy*.

b) *Ruch migawkowy* odbywa się zapomocą specjalnych rzęsek lub witek, wystających z ciała komórki. Jeśli komórka taka jest z natury wolna (wymoczki), lub też jeśli została uwolniona przez sztuczne oddzielenie z tkanki, wówczas ruch rzęsek lub witek powoduje poruszanie się całej komórki. Tym rodzajem ruchu zajmiemy się bliżej w rozdziale o tkance nabłonkowej.

Ryc. 22.

Ciałka limfatyczne żaby, oglądane na ogrzewanym stoliku.

Kontury komórek były szkicowane co dwie minuty. Wewnątrz widoczną jest wodniczka. Powiększone około 1500 razy.

c) Trzeci rodzaj ruchu, *skurcz mięśni*, jest właściwy tylko pewnym komórkom — komórkom mięsnym, będzie więc obszerniej omówiony w odpowiednim ustępie.

d) Wewnątrz ciała komórki spotykamy jeszcze dwa różne rodzaje ruchu, które odbywają się w samej protoplazmie, a które możemy rozpoznać głównie po tem, że ziarenka deutoplazmatyczne przesuwają się i płyną wewnątrz komórki. Oba te rodzaje ruchu spotykamy głównie w komórkach roślinnych i rozróżniamy je jako *cyrkulację* i *rotację*.

Ruch rotacyjny występuje w takich komórkach, w których cytoplazma zredukowana jest do cienkiej warstwy ściennej. Ziarenka ślizgają się stale w jednym kierunku po wewnętrznej powierzchni błony komórkowej i zakreślają drogę w kształcie koła. Najłatwiej i najdokładniej obserwować można ruch rotacyjny u roślin wodnych. *Ruch cyrkulacyjny* występuje natomiast w komórkach, które posiadają duże wodniczki (wakuole), wypełnione płynem; w komórkach tych można wykazać obok warstwy cytoplazmy, leżącej przy ściance, delikatne plazmatyczne pasemka, idące od ścianki do wnętrza komórki. W takich komórkach są widoczne szeregi ziarenek, płynących tuż obok siebie często w przeciwnym kierunku, zarówno w cienkiej warstwie cytoplazmatycznej przy ściance, jak i w pasemkach.

Ten rodzaj ruchu spotyka się przeważnie u roślin lądowych. Najlepiej można badać cyrkulację u tradescantia virginica.

Oprócz tych ruchów czynnych można zauważyć w komórce inne rodzaje ruchu, które jednakże nie mają nic wspólnego ze zdolnością życiową komórki. Jeśli w jakimś płynie są zawieszone bardzo drobne cząsteczki, wówczas wykonywują one ledwie dające się zauważyć drgające ruchy, spowodowane drobnemi pchnięciami, udzielonemi tym ziarenkom przez drobiny płynu znajdujące się w ciągłym ruchu. Takie bierne drgania zostały określone jako *ruch molekularny* Browna.

Co się tyczy zdolności ruchu jądra, to należy wspomnieć o tem, iż w niektórych komórkach (np. w komórkach jajowych i gruczołowych) zauważono pewne ruchy jądra, które niektórzy badacze uważają za ruchy czynne, inni zaś za bierne.

ad 2). Przez *pobudliwość* komórki rozumiemy zdolność odpowiadania na pobudki, pochodzące z zewnątrz, czyli reagowania na nie. Te pobudki mogą być rozmaite, a więc: *mechaniczne, chemiczne, cieplne, elektryczne* i *świetlne*. Na te pobudki odpowiada komórka albo przez *pobudzenie*, t. j. wzmożenie czynności życiowych, albo też przez *porażenie*, t. j. obniżenie, osłabienie czynności życiowych. Pierwsze zachodzi przy słabszych i krótko trwających pobudkach, drugie natomiast przy pobudkach bardzo silnych i po długiem ich trwaniu. O ile natężenie pobudki przekracza pewną określoną granicę, pociąga to za sobą śmierć komórki, t. j. ustanie wszystkich jej objawów życiowych. Jeśli na jednokomórkowe organizmy, jak bakterje, wymoczki albo też wolno poruszające się komórki wyższych organizmów, np. komórki nasienne, zadziałają z jednej strony pewne pobudki (np. tlen, kw. jabłkowy), wówczas reagują one na te pobudki w ten sposób, że albo się oddalają od ich źródła, albo zbliżają się do niego. Jeśli to zjawisko występuje pod wpływem pobudek chemicznych, wówczas określamy je jako *chemotaxis (chemotropizm)* i odróżniamy: *chemotropizm dodatni* (przyciąganie chemiczne), jeśli następuje zbliżenie do źródła pobudki, i *chemotropizm ujemny* (odpychanie chemiczne), jeśli następuje oddalenie się od źródła pobudki.

Ciała o bardzo różnym składzie mogą wywoływać jednakowe zjawiska w komórkach; tak naprzykład komórki rzęskowe i mięsne odpowiadają wzmożoną czynnością zarówno na kwasy, jak na alkalja i sole. Inne znowu substancje, szczególnie środki odurzające i znieczulające (narcotica et anaesthetica), jak chloroform, eter, wodnik chloralu, kurara, morfina i wiele innych, działają na nie wybitnie hamująco. Z pośród pobudek *mechanicznych* największą rolę odgrywa podniesienie ciśnienia, na które komórki odpowiadają rozmaicie, przeważnie jednak działanie to jest podniecające. Podniecająco też naogół oddziaływa podwyższenie *temperatury*, ale tylko do pewnego stopnia, potem następuje zdrętwienie. Obniżenie temperatury działa hamująco, gdyż w miarę opadania ciepłoty spada intensywność procesów życiowych. Zdolność odpowiadania na *podniety świetlne* występuje u wyższych zwierząt tylko w komórkach pewnych organów zmysłowych. *Prąd elektryczny* przedstawia pod względem swego działania najlepiej poznane źródło podniety; jest on najzwyklejszym środkiem pobudzania, używanym w fizjologji. Wszelkie wzmożenie napięcia prądu działa pobudzająco na komórki, które odpowiadają na nie w najrozmaitszy sposób.

ad 3). Przez *przemianę materji* rozumiemy zdolność komórki do przyjmowania pokarmu, doprowadzonego z zewnątrz, przerabiania go we właściwy sposób i zużywania do własnej budowy lub też oddawania go innym komórkom.

Podczas tej czynności wytwarzają komórki pewne substancje, które są dla niej szkodliwe i dlatego muszą być usunięte z organizmu.

ad 4). *Rozmnażanie się komórki.* Rozmnażanie się komórek roślinnych przez podział zaobserwował dość dokładnie i opisał Dumortier i Mohl, i to przed odkryciem komórki zwierzęcej przez Schwanna. Schwann jednak miał mylne pojęcie o rozmnażaniu się komórek zwierzęcych. Sądził on, iż młode komórki tworzą się wewnątrz komórek lub pomiędzy niemi z bezkształtnej substancji zarodkowej, z tak zwanego *cytoblastemu.* Dopiero badania Koellikera, Remaka i innych wykazały jako niezbity fakt, że komórka może się rozmnażać tylko w ten sposób, iż najpierw dzieli się jądro, a następnie ciało komórki, i że każda z komórek potomnych otrzymuje połowę substancji jądrowej i połowę substancji komórkowej komórki macierzystej. Teorję tę ujął trafnie Virchow w krótkiem zdaniu: *Omnis cellula e cellula,* a Flemming uzupełnił ją drugą tezą: *Omnis nucleus e nucleo.*

Dziś wiemy, że komórka zwierzęca może się dzielić dwojakim sposobem: drogą *podziału bezpośredniego (amitoza)* lub też drogą *podziału pośredniego (mitoza).* Podział pośredni jest, jak się zdaje, bez porównania częstszym i typowym sposobem podziału komórek, znajdujących się w pełni sił życiowych; zajmiemy się więc nim najpierw.

a) Podział pośredni (mitoza, karjokineza).

Podział pośredni czyli mitotyczny jest procesem nadzwyczajnie skomplikowanym; cechuje go cały szereg przemian, zachodzących w jądrze i protoplazmie, które wskutek rozpuszczenia się błony jądrowej wchodzą z sobą w ściślejsze stosunki. Najważniejszym dla podziału pośredniego faktem jest rozpad chromatyny jądra na liczne odcinki równej wielkości, zwane *chromosomami,* oraz rozszczepianie się ich podłużne, celem rozdziału chromatyny na dwie równe części pomiędzy każdą z obu komórek potomnych. Chromosomy zwierząt wyższych i człowieka posiadają zwykle kształt pętli, ale u zwierząt niższych przyjmują kształty bardzo różnorodne, naprzykład: laseczek, kulek itd. Ilość ich jest różna w komórkach różnych gatunków zwierząt (2—100), lecz jest stała i charakterystyczna dla każdego poszczególnego gatunku. Komórki ludzkie posiadają według wszelkiego prawdopodobieństwa 24 chromosomów, tyleż jest w komórkach myszy, żaby i salamandry; glista końska natomiast posiada ich 4 (*ascaris megalocephala bivalens)* albo tylko 2 *(asc. megalocephala univalens).*

Jednocześnie z tworzeniem się i rozszczepianiem chromosomów występują w protoplazmie bardzo ważne zjawiska, jak podział ciałka środkowego i wystąpienie promienistego układu protoplazmy dokoła ciałek środkowych, przemieszczenie się centrjolów ku biegunom komórki i wytworzenie się pomiędzy niemi tak zwanego *wrzecionka.*

Wyjaśnienie tego niezmiernie skomplikowanego procesu zawdzięczamy całemu szeregowi badaczy; zasłużyli się tu najbardziej: Flemming, Boveri, M. Heidenhain, Hermann, Meves, Korschelt, van Beneden, van der Stricht, Carnoy, Henneguy, Prenant, Kostanecki, Siędlecki, Vejdowski, Mrazek i wielu innych.

Ryc. 23.

Obrazy podziału jądra w komórkach nabłonkowych rogówki kijanki.

Powiększenie około 1400-krotne. Uwzględnioną została tylko część chromatynowa.

a) Komórka nabłonkowa wraz z jądrem w okresie spoczynku. b) Kłębek zbity. c) Kłębek luźny. d) Gwiazda macierzysta (monaster), widziana z góry. e) Gwiazda macierzysta widziana z boku. f) Gwiazdy potomne (diaster). g) Jądra potomne oddalają się ku biegunom. h) Jądra potomne. tworzą kłębek luźny.

Cały ten proces rozpada się na cztery stadja:

1. *profazę,*
2. *metafazę,*
3. *anafazę*
4. i *telofazę.*

Zajmiemy się obecnie krótkiem ich objaśnieniem.

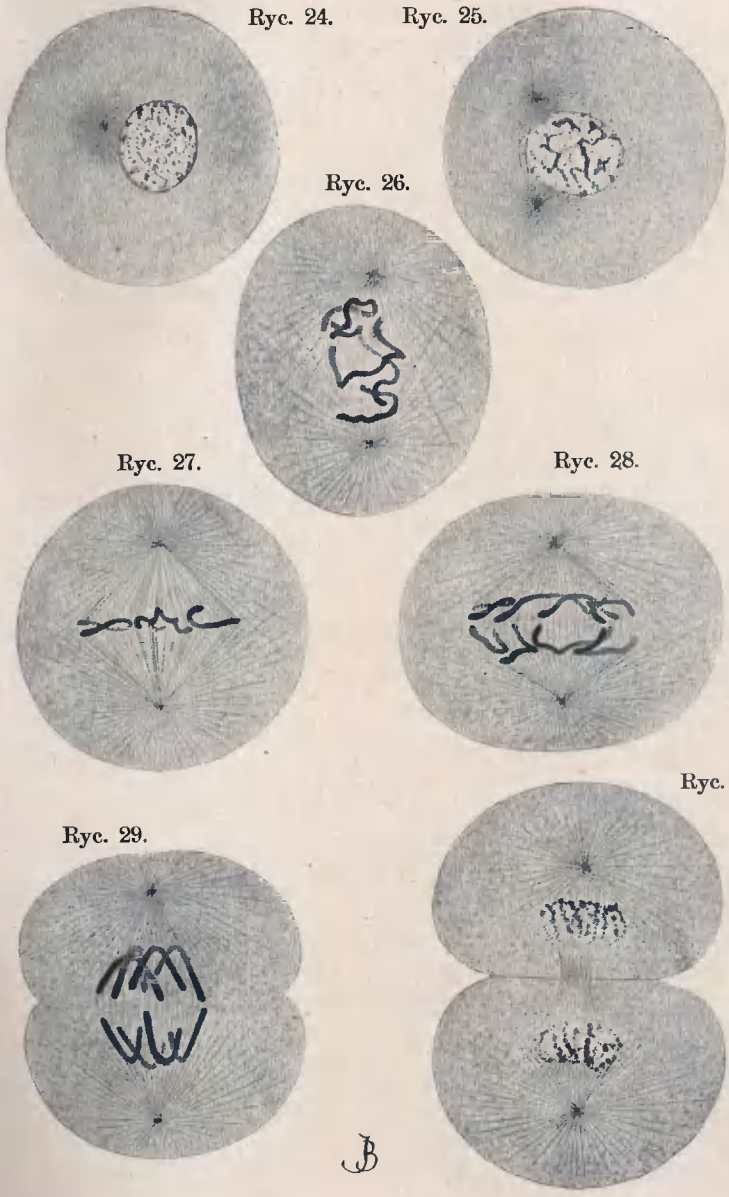
1. *Profaza.* Jest to stadjum przygotowawcze podziału (ryc. 23 a, b, c, d, i e. Ryc. 24, 25, 26 i 27). Pierwsza zapowiedź tego, iż jądro przygotowuje się do podziału występuje w zrębie chromatynowym jądra. Poszczególne ziarenka i grudki chromatyny zbliżają się mianowicie do siebie coraz bardziej i układają się inaczej, niż były dotychczas ułożone w zrębie lininowym. Ziarenka układają się szeregami, przez co tworzy się nitka niejednakowo gruba, postrzępiona,

zwinięta w kłębek, przebiegająca w kilku nieregularnych skrętach przez całe wnętrze jądra. Wkrótce jednak wygładzają się na niej wszystkie nierówności, ząbki znikają i mamy obecnie jedną grubą, skręconą w kłębek nitkę *(kłębek zbity, spirema*, ryc. 23 b). Teraz następuje rozluźnienie kłębka w ten sposób, iż nitka grubieje i dzieli się na szereg kawałków równej długości — *chromosomów*, leżących jeden za drugim. Jednocześnie z wytwarzaniem się chromosomów zachodzą dwie ważne zmiany w jądrze. Po pierwsze rozpuszcza się błona jądrowa tak, iż obecnie chromosomy mogą wejść w ściślejsze stosunki wymienne z protoplazmą, a po drugie znika jąderko. Podzielone są zapatrywania co do tego, co się dzieje z jąderkiem; prawdopodobnie dostarcza ono chromatyny i zostaje całkowicie zużyte podczas tego procesu.

W końcowych stadjach profazy chromosomy zmieniają zarówno swój kształt jak i położenie względem siebie. U wyższych zwierząt i człowieka przekształcają się one w pętle, których oba ramiona zamykają między sobą mniej lub więcej ostry kąt. Pętle układają się w ten sposób, że wszystkie skierowują się zamkniętym końcem ku jednemu punktowi, zwanemu *polem biegunowem* (R a b l).

W tem polu biegunowem obok jądra znajdują się oba tuż koło siebie leżące ciałka środkowe. Dokoła nich, a właściwie dokoła otaczającego je centrosomu występuje promienisty układ *nitek archoplazmatycznych;* promienistość ta rozszerza się coraz dalej, obejmując coraz większe części komórki. Następnie oba centrjole poczynają oddalać się od siebie, tak, że linja łącząca je przebiega równolegle do błony jądrowej, a pomost z jasnej substancji łączący oba centrjole, zwany *centrodesmozą*, wzrasta, rozdziela się na włókna i w ten sposób tworzy zawiązek *wrzecionka środkowego* czyli *centralnego* (H e r m a n n, M. H e i d e n h a i n). Wrzecionko to składa się z włókienek, przebiegających bez przerwy od jednego ciałka środkowego do drugiego; stopniowo wzrasta ono, a ilość włókienek się zwiększa. Ku końcowi profazy oba centrosomy tak dalece od siebie się oddalają, że zajmują przeciwległe bieguny komórki.

Po opisanych powyżej przygotowaniach następuje zupełne przemieszczenie chromosomów, co prowadzi do wytworzenia tak zwanej *gwiazdy macierzystej (monaster)*. A mianowicie chromosomy grupują się w płaszczyźnie równikowej komórki pomyślanej jako kula; prostopadle do tej płaszczyzny przebiega linja, łącząca oba centrjole, leżące na biegunach komórki. Zamknięte części pętli chromosomów zwracają się na wewnątrz, zaś końce otwarte na zewnątrz. Jeśli się patrzy z góry na chromosomy w tej fazie podziału, to znaczy z bieguna, wówczas całość przedstawia się jako regularna gwiazda (ryc. 23 d); jeśli się zaś ogląda taką gwiazdę macierzystą z boku,



Ryc. 24—30.

Proces podziału komórki i jądra u glisty końskiej (ascaris megalocephala), przedstawiony nawpół schematycznie. Według Kostanecki ego.

Ryc. 24. Komórka w okresie spoczynku.

Ryc. 25. Centrosom uległ podziałowi.

Ryc. 26. Profaza—centrosomy ustawiają się na biegunach, promieniowania wyraźne, chromatyna jądra rozpadła się na cztery chromosomy.

Ryc. 27. Stadyum gwiazdy macierzystej—chromosomy leżą w równiku.

Ryc. 28. Metafaza. Pętle chromosomów, rozszczepione podłużnie, oddalają się od siebie ku biegunom.

Ryc. 29. Anafaza. Ciało komórkowe zaczyna się dzielić.

Ryc. 30. Podział komórki prawie ukończony. Z wrzecionka środkowego tworzy się zaczątek przyszłego ciałka pośredniego. Jądra przechodzą w stadjum kłębka.

sprawia ona wrażenie nieregularnej, poprzerywanej płytki (*płytka równikowa* — ryc. 23 e).

2. *Metafaza.* Z wytworzeniem gwiazdy miacierzystej dzieląca się komórka wchodzi w drugą z wymienionych powyżej faz — *w metafazę (metakinezę).* Obecnie występują w chromosomach ważne zmiany, które nieraz zaznaczają się jeszcze w profazie, a polegają na tem, że każdy chromosom rozszczepia się wzdłuż na dwie równe pętle potomne, leżące tuż obok siebie i przebiegające równolegle do siebie, przez co ilość chromosomów podwaja się. Rozszczepienie każdego chromosomu zaczyna się w miejscu zgięcia pętli i postępuje powoli ku obu jej wolnym końcom (ryc. 28, 31 i 32).

Ryc. 31.

Ryc. 32.

Obrazy podziału jądra w komórkach owodni myszy.

Ryc. 31. Monaster widziany z boku. Ryc. 32. Monaster widziany z góry. Chromosomy są rozszczepione podłużnie (metafaza). Powiększenie około 1800-krotne.

Wśród *promieni archoplazmatycznych*, rozchodzących się od obu centrosomów, można wyróżnić w metafazie trzy kategorje; po pierwsze są *włókna wrzecionka środkowego*, które biegną równolegle do osi komórki przez całą przestrzeń jądra od jednego centrosomu do drugiego, po drugie *włókna płaszczowe* czyli *ciągnące*, które przebiegają od centrosomów do chromosomów i przyczepiają się do ostatnich, po trzecie są jeszcze włókna tworzące promieniowanie biegunowe i te rozchodzą się wśród protoplazmy we wszystkich kierunkach ku obwodowi komórki (ryc. 28).

3. *Anafaza.* Teraz następuje rozdział pętli potomnych w ten sposób, iż pętle te, leżące dotychczas parami równolegle obok siebie, zaczynają się od siebie odsuwać i rozchodzą się w kierunku przeciwnych biegunów (ryc. 23 f, g, ryc. 29). Pętle potomne jednakże zatrzymują się, zanim dosięgną bieguna, i każda z obu grup chromosomów przybiera w układzie swym kształt gwiazdy (*gwiazda po-*

tomna, diaster), przyczem zamknięte końce pętli są skierowane ku centrosomowi, otwarte zaś ku równikowi komórki.

Zwykle w tem stadjum zaczyna się już zaznaczać podział samej komórki. Ciało komórkowe zaczyna stopniowo przewężać się od obwodu ku wnętrzu w równiku komórki, a więc w tej płaszczyźnie, w której leżała poprzednio gwiazda macierzysta (ryc. 29).

Obecnie znajduje się każde z pochodnych jąder w stadjum, odpowiadającem stadjum jądra macierzystego przy końcu profazy.

4. *Telofaza.* W tej ostatniej fazie przekształcają się jądra pochodne z gwiazdy potomnej w jądra spoczynkowe (ryc. 23 h, ryc. 30). Gwiazdy potomne zatracają regularny układ, pętle chromosomowe splatają się razem i łączą z sobą tak, że się z nich wytwarzają dwa kłębki (d i s p i r e m a). Nitka chromatynowa każdego kłębka jest najpierw nierównomiernie gruba, później staje się ząbkowata i strzępiasta, a wreszcie rozpada się na oddzielne grudki chromatyny. Naokoło jądra powstaje ponownie błona jądrowa, która odgranicza jądro od cytoplazmy. Centrosom, leżący tuż obok jądra, traci swą promienistość, a leżący w nim centrjol dzieli się na dwa. Wreszcie nawet centrosom może zniknąć, tak że pozostają tylko dwa centrjole, leżące obok jądra. Telofaza jest więc, jak z powyższego opisu wynika, odwróceniem profazy.

Jednocześnie ciało komórkowe przewęża się zupełnie, tak iż tworzą się dwa całkowicie od siebie oddzielone osobniki komórkowe. Włókienka wrzeciona środkowego, które przebiegały nieprzerwanie od jednego centrosomu do drugiego, zbijają się w środku swego przebiegu w pęczek. Mają więc kształt wiązki, silnie w równiku komórki ściśniętej, której włókna rozchodzą się wachlarzowato w kierunku obu komórek. W miejscu przewężenia powstają na włókienkach małe nabrzmienia, łączące się następnie z sobą i tworzące ciałko, które po dokonanem przewężeniu komórki macierzystej leży pomiędzy obiema komórkami (c i a ł k o p o ś r e d n i e). Włókna, promienisto wychodzące z ciałka pośredniego do wnętrza ciała komórkowego, znikają w krótkim czasie w protoplazmie, ciałko pośrednie zaś utrzymuje się często jeszcze przez czas dłuższy.

Jak wynika z powyższego krótkiego opisu mitozy, wysuwają się podczas tego procesu na plan pierwszy dwie części figury mitotycznej: część chromatynowa i achromatynowa. Część chromatynowa figury mitotycznej pochodzi całkowicie z chromatyny jądra; pochodzenie zaś części achromatynowej, występującej w formie trzech rodzajów promieni, może być różne. Przedewszystkiem, co się tyczy wrzeciona środkowego, to w pewnych przypadkach powstaje ono z centrodesmozy, w innych zaś zaobserwowano fakty, które zdają się przemawiać raczej za zapatrywaniem, że włókna

wrzeciona środkowego przedstawiają czasowe zróżnicowanie mitomu komórkowego pod wpływem ciałek środkowych (jako ośrodków kinetycznych); wreszcie w wielu innych przypadkach włókna te pochodzą, jak się zdaje, od achromatynowej części zrębu jądrowego (lininy). Opisywano również i takie komórki, w których włókna wrzeciona środkowego były pochodzenia mieszanego, a zatem brały początek zarówno od protoplazmy jak i jądra, i to w ten sposób, że części wrzeciona, położone w okolicy równika, wytwarzały się z włókien lininy, części zaś zwrócone ku biegunom były produktami cytoplazmatycznemi.

Włókna ciągnące albo płaszczowe, t. j. łączące chromosomy z centrosomami, pochodzą w pewnych przypadkach tylko z protoplazmy i dopiero później wchodzą w związek z chromosomami, w niektórych innych zaś są one pochodzenia mieszanego, a mianowicie części, leżące bliżej centrosomów, pochodzą z protoplazmy, z lininy zaś tworzą się części najbardziej odległe od centrosomów, a zatem leżące tuż przy chromosomach.

Promieniowanie biegunowe musi być uważane jako wynik zróżnicowania jedynie protoplazmy, występującego pod wpływem ciałek środkowych.

Istnieje kilka teoryj, starających się wyjaśnić siły, kierujące procesem podziału jądra i komórki. Jedne z nich przyjmują, że włókna ciągnące, wychodzące z ciałek środkowych, podobnie jak włókna mięsne, są elementami kurczliwemi (*hipotezy kurczliwości* M. Heidenhaina, Rhumblera, Kostaneckiego); podług innych zaś włókna te są tylko fizycznym wynikiem sił i ruchów, wychodzących od ciałek środkowych (*teorje dynamiczne* Bütschliego, Zieglera, Erlangera). Trzecia wreszcie teorja, *teorja ekspanzji*, przyjmuje, że włókna wrzeciona, odchodzące z ciałek środkowych, wydłużają się i wskutek tego wywierają działanie odpychające. W ten sposób wyjaśnić sobie można wędrówkę ciałek środkowych ku biegunom, a także i wzajemne oddalanie się rozszczepionych wzdłuż chromosomów (Drüner, Meves).

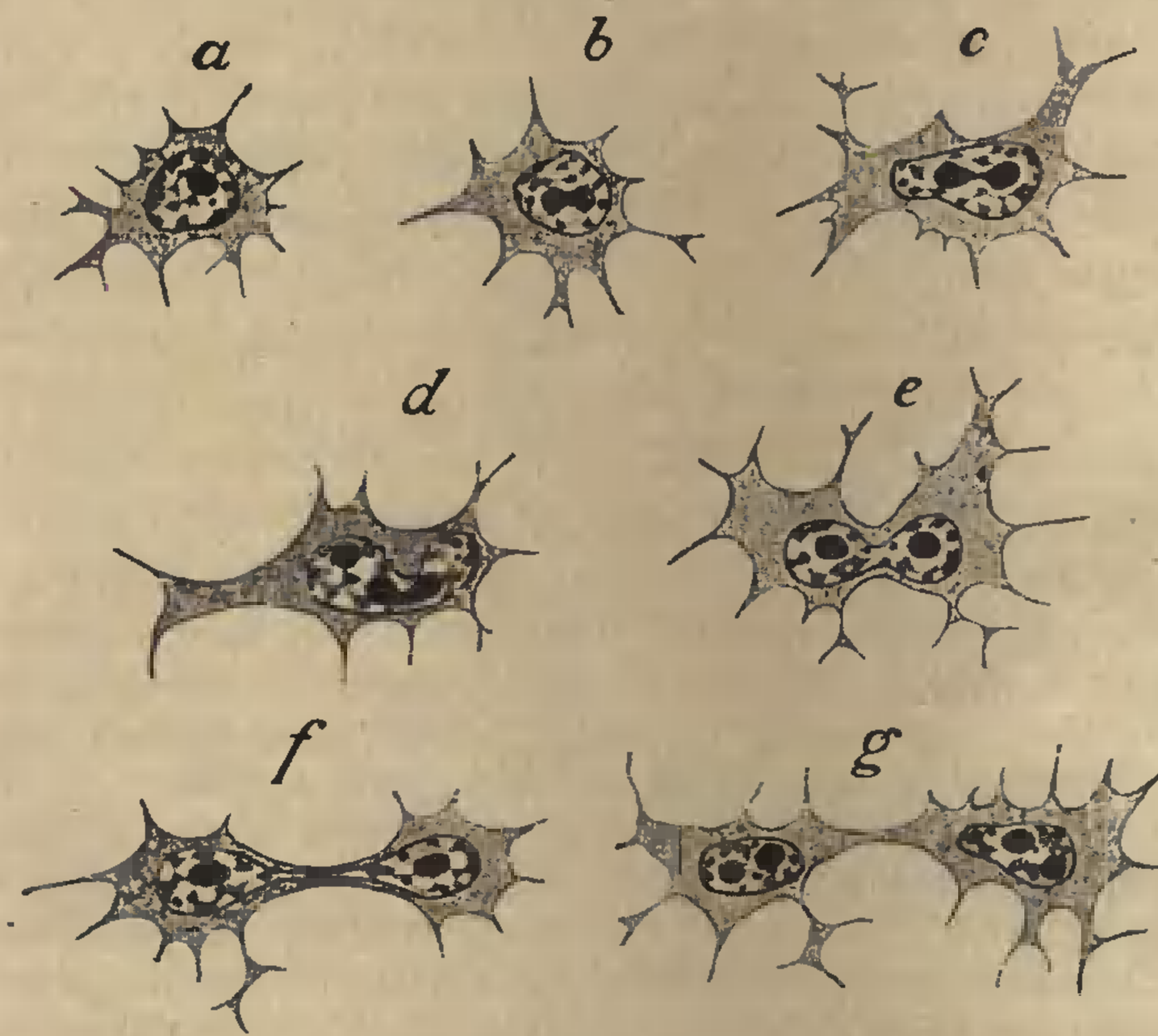
Tak zatem w warunkach normalnych powstają podczas mitozy z jednego jądra dwa jądra i z jednej komórki również dwie komórki. W wyjątkowych tylko przypadkach, i to głównie w patologicznych, z podziału jednego jądra powstaje równocześnie kilka jąder.

b) Podział bezpośredni (amitoza).

Podział bezpośredni charakteryzuje się tem, że podział jądra i komórki odbywa się bez ważnych zmian wewnętrznych w jądrze i w protoplazmie (ryc. 33). Podział amitotyczny zaczyna się od tego, że jądro pierwotnie kuliste, wydłuża się, następuje przewężenie jąderka i podział jego na dwie części, poczem jądro przybiera kształt biszkoptu, aż wreszcie cienki jak nitka pomost między dwiema poło-

wami przerywa się. Jądro rozdziela się w ten sposób na dwie oddzielne części. Podczas całego tego procesu — w przeciwieństwie do mitozy — jądro jest odgraniczone od cytoplazmy. Po podziale jądra następuje podział ciała komórkowego, albo też podział ten nie odbywa się, jak to bywa zwykle u zwierząt kręgowych.

Części jądra i protoplazmy, pochodzące z podziału, mogą być albo równe, albo też mogą różnić się znacznie wielkością. Ciałko środkowe podczas amitozy zazwyczaj się nie dzieli, w protoplazmie zaś nie tworzy się promieniowanie.



Ryc. 33.
Obrazy podziału bezpośredniego (amitotycznego) ze ścięgna noworodka myszy. Według Nowikowa.
Duże czarne punkty wewnątrz jądra są jąderkami. Powiększenie około 1000-krotne.

Jądro może przewężać się wielokrotnie, a ciało komórkowe może nie ulegać mimo to podziałowi; powstają wówczas *komórki wielojądrowe (polykarjocyty)*, jak n. p. komórki olbrzymie.

Zjawisko amitozy naogół spotykamy stosunkowo rzadko. Obserwowano je w pewnych składnikach krwi i limfy, w komórkach wątroby, w nabłonku pęcherza i w łożysku; we wszystkich tych przypadkach jednak po podziale jądra zwykle nie następuje przewężenie ciała komórkowego.

Co się tyczy znaczenia amitozy, to zapatrywania pod tym względem są bardzo rozbieżne i wzajem sobie przeczą. Jedni badacze upatrują w amitozie zjawisko odmładzania i regeneracji. Opierają

się oni na spostrzeżeniach, poczynionych u zwierząt niższych, u których komórki wyczerpane wytężoną czynnością fizjologiczną ustępują miejsca komórkom nowym, powstałym drogą amitozy (Frenzel, Plate, Loewit). Inni badacze twierdzą natomiast wprost przeciwnie, że amitoza zapowiada koniec rozwoju komórki, że jest ona oznaką starzenia się i pewnego rodzaju zwyrodnienia (Ziegler, v. Rath, de Bruyne). Według ich zapatrywania taka komórka, która się raz amitotycznie podzieliła, nie może się już nigdy dzielić mitotycznie. Natomiast spostrzeżenia, poczynione w latach ostatnich, przemawiają za zapatrywaniem, że amitoza jest sposobem podziału równowartościowym z mitozą. Zauważono bowiem, że w komórkach, które normalnie dzielą się mitotycznie, można wywołać podział amitotyczny drogą eksperymentalną pod wpływem pewnych czynników zewnętrznych, jak np. pod wpływem narkozy, niższej temperatury, obfitszego pożywienia itp., i że po powrocie do normalnych warunków komórki te mogą się znowu dzielić mitotycznie (Gerasimow, Pfeffer, Natansohn). Fakty te przemawiają za tem, że jedne i te same komórki mogą dzielić się mitotycznie lub amitotycznie zależnie od warunków, w jakich się znajdują. W ostatnich czasach gromadzi się coraz więcej spostrzeżeń (Wasielewski, Child, Patterson, Maximow, Nowikow), wskazujących na to, że nawet komórki młode mogą się dzielić amitotycznie i że komórki, pochodzące z takiego podziału, są zdolne do dalszego podziału i rozwoju. Nowikow np. obserwował stale podział amitotyczny w komórkach młodych kości, chrząstek i ścięgien. Autor ten przyjmuje jako moment przyczynowy, wywołujący amitozę, „brak równowagi pomiędzy stanem wewnętrznym komórki, a warunkami zewnętrznemi, zmuszającemi komórkę do podziału". Amitozę według tego autora wywołują warunki zewnętrzne, nie zaś stan wewnętrzny komórki, który wywiera wpływ na występowanie podziału mitotycznego.

Długość życia komórek zwierząt wyższych i człowieka jest niezmiernie rozmaita. Pewne komórki żyją tak długo, jak cały organizm; komórka taka powstaje jako produkt podziału komórki jajowej, a umiera dopiero wraz ze śmiercią całego ciała. To odnosi się jednak prawdopodobnie tylko do komórek nerwowych. Wszystkie inne komórki żyją krócej. W normalnych warunkach fizjologicznych nowe komórki tworzą się ustawicznie przez podział pośredni i zastępują komórki obumierające. Dotyczy to zwłaszcza takich komórek, które posiadają bardzo żywą przemianę materji, jak komórki gruczołowe. W gruczołach jelita n. p. po obfitem nakarmieniu spotykamy liczne obrazy

podziału komórek. Bardzo krótko żyją czerwone ciałka krwi, u człowieka prawdopodobnie tylko 3—4 tygodni. Warstwy wierzchnie naskórka nieustannie się złuszczają, ich miejsce zaś zajmują komórki nowe, pochodzące z warstw głębszych.

W sprzyjających warunkach komórka zwierzęca może żyć nieco dłużej niż cały organizm, z którego pochodzi; komórki zwierząt zimnokrwistych posiadają zdolność tę w stopniu wyższym niż ciepłokrwiste. Tak n. p. stosując odpowiednie środki ostrożności można przez dłuższy czas utrzymać bicie serca, wyjętego z ciała zwierzęcia, nawet ssącego. Udało się również pewne komórki i tkanki utrzymać w surowicy całemi tygodniami przy życiu, przyczem obserwowano nawet wzrost ich i podział *(eksplantacja — Carrel)*.

W obumierających komórkach zachodzą charakterystyczne zmiany, ujawniające się najpierw w jądrze komórkowem. Chromatyna jądra skupia się tam tak, iż tworzy w niej w końcu zbitą, kulistą masę *(karyopygnosis)*. Stan ten prowadzi zwykle do rozpadu chromatyny na kawałki *(karyorrhexis)*, przyczem powoli zanika zdolność do barwienia się, a kawałki w końcu rozpuszczają się wśród komórki *(karyolysis, karyophtisis)*.

Część druga.

Budowa tkanek zwierzęcych.

Najniższe organizmy zwierzęce (pierwotniaki, protozoa) są istotami jednokomórkowemi. Wobec tego, że u tych jednokomórkowców jedna tylko komórka stanowi cały organizm, musi ona spełniać wszystkie czynności życiowe. Tkankowce (metazoa), stojące wyżej niż pierwotniaki, składają się z licznych komórek, wszystkie te komórki pochodzą od zapłodnionego jaja i powstały z niego drogą szeregu kolejnych podziałów.

Wszystkie komórki tkankowców w najwcześniejszych stadjach rozwoju embrjonalnego są do siebie podobne i posiadają kształt charakterystyczny dla *komórek zarodkowych*, prawie kulisty, okrągławowielościenny; są one jednakowo zbudowane i równowartościowe. Z postępującym rozwojem zarodka komórki nabierają jednak coraz większych różnic, *różnicują* czyli *się dyferencjują*. W rozwijającym się wielokomórkowym organizmie różnicujące się komórki nabierają specjalnych właściwości co do formy i budowy wewnętrznej i nie są już zdolne do wykonywania wszystkich czynności życiowych, jak się to dzieje u zwierząt jednokomórkowych; przeciwnie poszczególne komórki mogą tu wykonywać jedynie pewne, określone czynności. W rozwijającym się organizmie następuje więc daleko posunięty *podział pracy*. Grupy komórek, rozwijające się w pewnym, określonym kierunku, zdolne jedynie do wykonywania pewnych, określonych czynności i połączone z sobą wedle pewnych praw, tworzą *tkanki*. Tkanką nazywamy więc zbiór komórek rozmieszczonych według pewnych zasad, zróżnicowanych w określonym kierunku i zdolnych do wykonywania pewnych, określonych czynności.

Tkanki składają się jednak nietylko z komórek, lecz również z produktów komórkowych, które obejmujemy nazwą *substancyj międzykomórkowych*; posiadają one w różnych tkankach różne a charakterystyczne właściwości. Substancja międzykomórkowa w pewnych

wypadkach stanowi produkt wydzielniczy komórek, w innych zaś produkt powstały z przekształcenia się wierzchnich warstw plazmy komórkowej. Niema jej jeszcze w najmłodszych tkankach zarodkowych i dopiero z biegiem czasu komórki ją wytwarzają.

Różne tkanki łączą się w najrozmaitszych kombinacjach, tworząc *narządy* czyli *organa*, t. zn. twory posiadające określoną wewnętrzną budowę, określony zewnętrzny kształt i służące do określonego celu fizjologicznego. Wyjątkowo jedynie organ składa się z jednej tylko tkanki, zazwyczaj w budowie jego przyjmuje udział kilka rodzajów tkanek, a nawet wszystkie ich rodzaje, np. w jelicie, skórze. Przeprowadzenie podziału tkanek należy do najtrudniejszych zadań nauki o tkankach. Obecnie podział ten może być jedynie sztuczny, gdyż nie można go oprzeć na jednolitej podstawie, np. morfologicznej. Muszą być bowiem wzięte pod uwagę nietylko forma, budowa i funkcja swoista tkanek, lecz również rozwój i chemiczne ich właściwości. Próbowano oprzeć klasyfikację tkanek jedynie na ich rozwoju; te próby wszakże rozbiły się o to, że tkanki jednego rodzaju mogą być różnego pochodzenia. Wedle podziału obecnie ogólnie przyjętego (Kölliker, Leydig) zestawia się wszystkie tkanki w 4 wielkie grupy. Rozróżniamy następujące rodzaje tkanek:

1) *nabłonkową (i gruczołową),*
2) *łączną (podstawową),*
3) *mięsną,*
4) *nerwową.*

Tkanka mięsna i nerwowa znajduje się jedynie w organizmach zwierzęcych; w roślinnych ich brak. Dlatego też te dwa rodzaje tkanek nazywamy zwierzęcemi. Tkankę nabłonkową i podstawową spotykamy również u roślin, to też mogą być one nazwane tkankami roślinnemi[1]).

I. Tkanka nabłonkowa.

Tkanka nabłonkowa składa się wyłącznie z komórek ułożonych ściśle obok siebie. W komórce nabłonkowej znajdujemy jako stałe jej składniki: plazmę komórkową (cytoplazmę), jądro, ciałko środkowe jedno albo kilka, wreszcie wewnętrzny aparat siateczkowy.

Cytoplazma może posiadać rozmaitą budowę, zależną od roli, jaką odgrywa komórka. Zawiera ona mitochondrja, które mogą mieć postać bardzo różnorodną. Mitochondrja wyjątkowo tylko (w przyszłych komórkach płciowych) zachowują cechy pierwotne, nie-

[1]) Z pewnych powodów można również uważać krew za piąty rodzaj tkanki; bliższe omówienie motywów, przemawiających za takim poglądem i przeciwko niemu, znajdzie czytelnik w rozdziale o krwi.

zmienione, takie, jakie posiadają w komórkach zarodkowych; przeważnie jednak są one zróżnicowane w rozmaity sposób i posiadają charakter tworów paraplastycznych. Tak więc (wedle mniemania Mevesa i Duesberga) wszystkie włókienkowe składniki płazmy różnych komórek nabłonkowych stanowią produkty zróżnicowania się mitochondrjów. Z tego też punktu widzenia możnaby oceniać np. tak zwane włókienka oporowe (Tonofibrillen) w nabłonku jelita i w naskórku, jak również włókienka przypodstawne (Basalfilamente) i twory ergoplazmatyczne w gruczołach itd.

Jądro komórek nabłonkowych posiada zazwyczaj wyraźny zrąb chromatynowy; *ciałko środkowe* ma często postać diplosomu. Wewnętrzny aparat siateczkowy jest w nabłonkowych komórkach dobrze rozwinięty i daje się zawsze wykazać. (ryc. 13—16.)

W komórkach nabłonkowych brak właściwej *błony komórkowej*, któraby otaczała komórkę ze wszystkich stron; jedynie zewnętrzna warstwa protoplazmy bywa niekiedy gęstsza i przypomina skórkę na chlebie (crusta). Ponadto na wolnej powierzchni komórek nabłonkowych mogą pojawiać się różne twory oskórkowe (kutikularne).

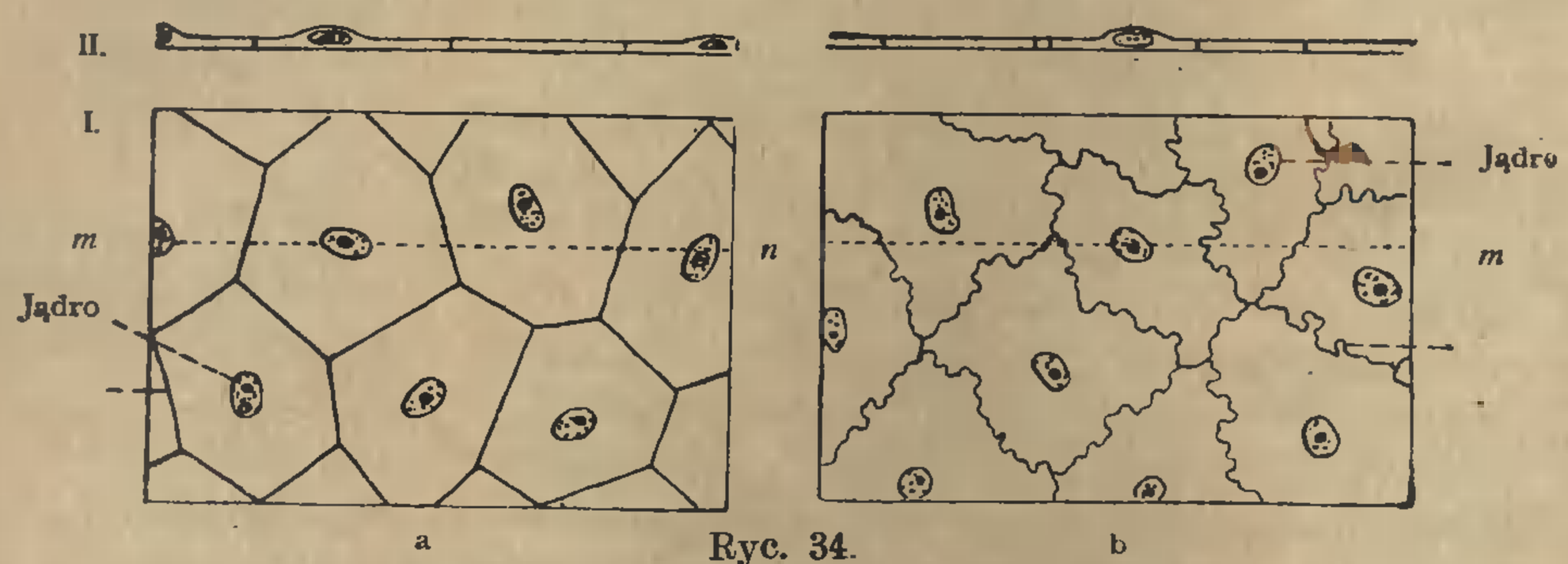
Klasyfikację tkanki nabłonkowej można przedewszystkiem oprzeć na podstawie fizjologicznej. Tkanka ta mianowicie pokrywa całą powierzchnię ciała i w tym wypadku stanowi *nabłonek pokrywający* albo *ochronny*. Następnie wyściela ona wszystkie jamy ciała i tutaj do roli pokrywania przyłącza się nowe zadanie: wydzielania lub wchłaniania pewnych substancyj czyli sekrecyj lub resorbcyj. Zadanie wydzielnicze przyjmuje przedewszystkiem na siebie tkanka nabłonkowa w specjalnych zagłębieniach zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni ciała, t. j. *w gruczołach (nabłonek gruczołowy)*. Tkanka nabłonkowa może mieć wreszcie zadanie odbierania wrażeń i przyjmowania podniet, działających na ciało z zewnątrz *(nabłonek zmysłowy)*.

Ze stanowiska czysto morfologicznego można podzielić tkankę nabłonkową na *nabłonek płaski* i *walcowaty*, zależnie od kształtu tworzących je komórek. Między niemi może być jeszcze forma pośrednia, którą będziemy nazywali *nabłonkiem brukowym* (kostkowym).

Nabłonek płaski składa się z komórek w mniejszym lub większym stopniu prawidłowych, wielobocznych; co do kształtu można je porównać ze znanemi płytkami mozaikowemi. Wysokość ich jest nieznaczna w zestawieniu z dwoma pozostałemi wymiarami. Patrząc z góry na nabłonek płaski, widzimy granice komórek jako linje proste albo też nieprawidłowo zazębione. Ryc. 34 przedstawia nabłonek płaski najpierw widziany z góry, a następnie w przekroju, czyli widziany z boku. Zauważyć tam możemy, że jądro, które leży zazwyczaj w środku komórki, wypukla jej zarysy na zewnątrz;

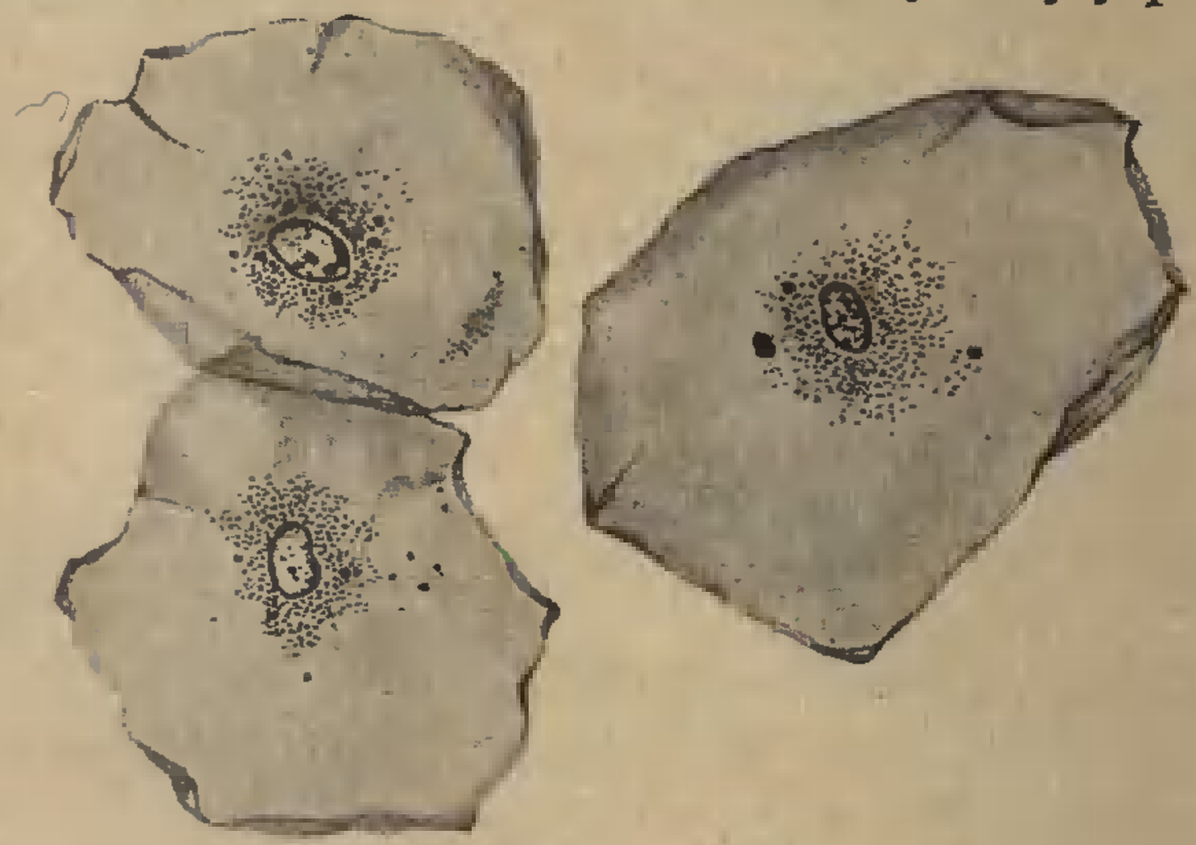
dzieje się to wskutek większej jego grubości; często też jądro otoczone jest nieco gęstszą protoplazmą (ryc. 34 i 35).

Nabłonek walcowaty posiada właściwości zupełnie odmienne. Wysokość jego przekracza mniej lub więcej oba pozostałe wymiary (ryc. 38c); przytem kształty komórek mogą być bardzo różnorodne.



Ryc. 34.
Schemat nabłonka płaskiego.
I) Widziany z góry.
II) Widziany z boku na przekroju w linji *m—m*.
a) Granice komórek przedstawiają się jako linje proste.
b) Granice komórek przedstawiają się jako linje wielokrotnie łamane.

Znajdujemy tutaj walce, słupy, pryzmaty, stożki i piramidy mniej lub wiecej prawidłowe. Jądro może zajmować bądź to środek komórki, bądź zbliżać się więcej do jej podstawy, bądź też wreszcie do powierzchni górnej. Ciałka środkowe umieszczone są albo w bliskości jądra albo też podsuwają się pod samą wolną powierzchnię komórki.



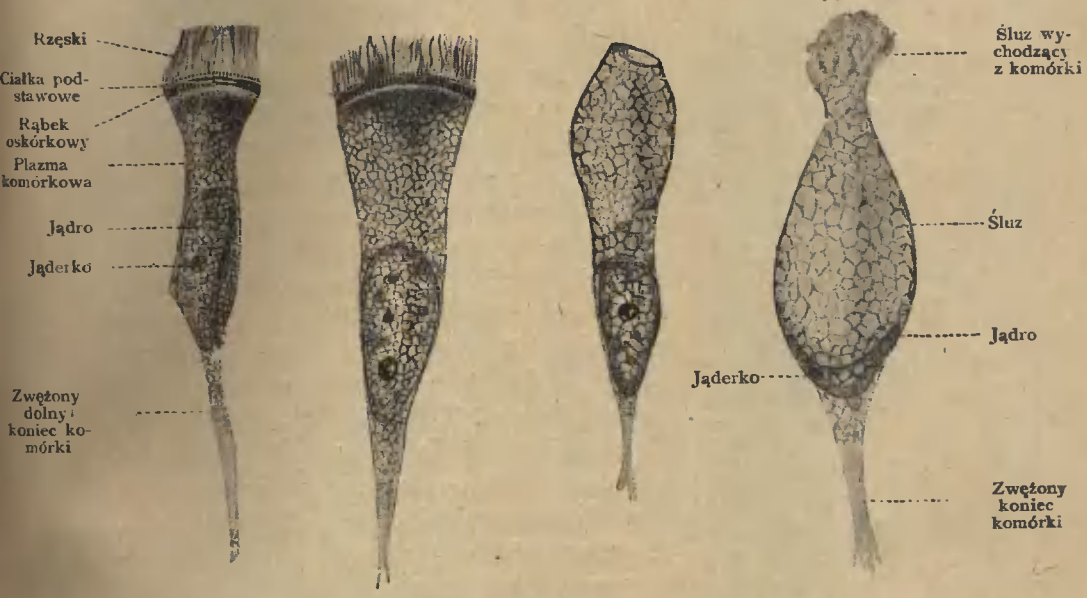
Ryc. 35.
Komórki izolowane nabłonka płaskiego z błony śluzowej jamy ustnej człowieka.
Powiększone około 500 razy.

Nabłonek brukowy, który zajmuje stanowisko pośrednie między płaskim i walcowatym, posiada prawie jednakowe wymiary we wszystkich trzech kierunkach (ryc. 38 b).

Wolna powierzchnia komórek nabłonka walcowatego i brukowego może podlegać wielu ważnym zmianom. Mogą więc wystawać z niej liczne dłuższe lub krótsze włoski, będące przez cały czas życia komórki w ciągłym ruchu wahadłowym. Taki nabłonek pokryty *rzęskami* czyli *migawkami* będziemy nazywali *nabłonkiem migawkowym* (ryc. 36).

W innych przypadkach komórka posiada na wolnej swej powierzchni rąbek mniej lub więcej wyraźnie prążkowany w kierunku prostopadłym do powierzchni komórki. Taki wytwór komórkowy nazywamy *rąbkiem oskórkowym* czyli *kutikularnym*.

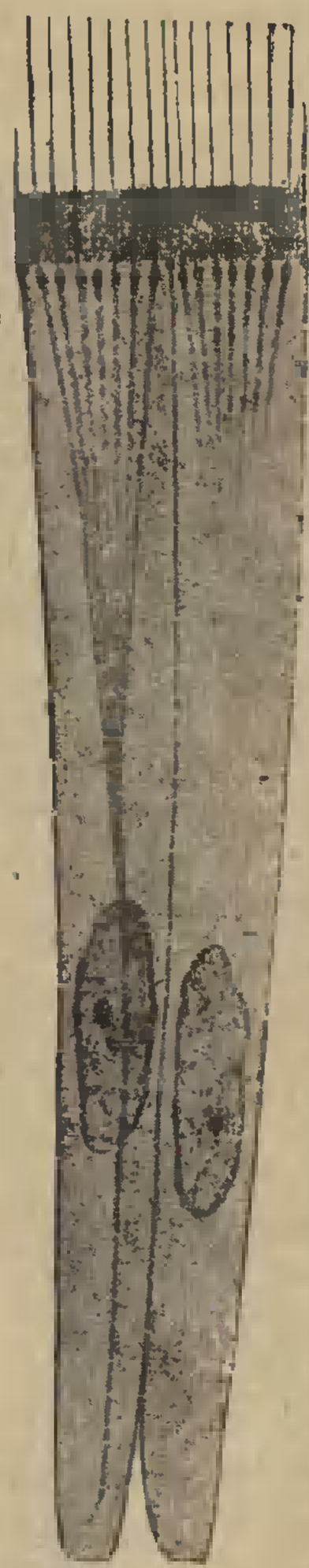
Komórka migawkowa posiada w najbardziej rozwiniętej swej formie budowę nadzwyczaj ciekawą i złożoną. Na ryc. 37 przedstawiona jest schematycznie budowa komórki migawkowej szczeżui. Widzimy tutaj, iż komórka na wolnej swej powierzchni pokryta jest



Ryc. 36.
Dwie odosobnione komórki rzęskowe i dwie kubkowe z przełyku żaby.
Silne powiększenie.

grubym rąbkiem oskórkowym. Przez rąbek ten przechodzą rzęski do protoplazmy komórkowej, której właściwie są wypustkami. Na każdym włosku wewnątrz rąbka widać drobne nabrzmienie (bulbus). Z drugiej strony rąbka, wewnątrz komórki, przechodzi każda rzęska w kuliste zgrubienie, które nazywamy *ciałkiem podstawowem*. Jeżeli rzęski umieszczone są bardzo gęsto, w takim razie ciałka podstawowe przylegają również bardzo ściśle do siebie; wywołać to może przy słabem powiększeniu wrażenie jednolitego prążka. Za ciałkami podstawowemi przedłużają się rzęski w dalszym ciągu w aparat nitkowy, który w głębi komórki możemy śledzić na mniejszej lub większej przestrzeni. Te tak zwane *korzonki rzęskowe* stanowią nitkowate zróżnicowania plazmy komórkowej. W pobliżu jądra zbliżają się one razem, przylegają do siebie i tworzą sznur, który przechodzi obok jądra; w podstawowej części komórki gubi się on

(Engelmann), kończąc się wolno w plazmie (Erhard). W innych przypadkach mogą komórki rzęskowe w budowie swej stanowić dość znaczne odstępstwa od schematu wyżej podanego. Może więc brakować rąbka oskórkowego, ciałka podstawowe mogą być przesunięte bardziej na zewnątrz, wreszcie budowa może być bardziej skomplikowana skutkiem pojawienia się nowych zgrubień wzdłuż przebiegu rzęski.



Ryc. 37.
Schemat nabłonka rzęskowego wedł. Apáthyego.

Rzęski nabłonka migawkowego wykonywują za życia ruch wahadłowy, wszystkie w tym samym kierunku, i mogą w ten sposób drobne elementy w tym kierunku posuwać: n. p. w narządzie oddechowym przesuwać na zewnątrz drobne cząsteczki kurzu, w jajowodzie zaś jaju ułatwiać dostanie się do macicy.

Na ruch rzęsek nie ma wpływu ani jądro ani protoplazma. Badania Petersa dowodzą, iż rzęski przestają się poruszać, skoro utracą łączność ze swemi ciałkami podstawowemi. Na zasadzie tych obserwacyj dochodzimy do przypuszczenia, że ciałka podstawowe stanowią centra ruchowe rzęsek. Początkowo przypuszczano (Henneguy, Lenhossék i Meves), iż ciałka podstawowe pochodzą od ciałek środkowych, z których wytwarzają się przez podział. Wkrótce jednak okazało się, że zapatrywanie to nie da się utrzymać przedewszystkiem wobec odkrycia przez Studničkę prawdziwych ciałek środkowych, w formie diplosomów, leżących głębiej niż ciałka podstawowe, następnie wobec obserwacji Wallengrena nad zachowaniem się ciałka środkowego zarówno jak całego aparatu rzęskowego podczas mitozy komórki rzęskowej, wreszcie wobec dowodu dostarczonego przez Gurwitscha, że aparat rzęskowy nie pozostaje w genetycznym związku z ciałkami środkowemi. Ciałka podstawowe musimy więc uważać za twory protoplazmatyczne, niezależnie od ciałek środkowych (Prenant).

Na wolnej powierzchni niektórych komórek nabłonkowych (np. w nerce) pojawia się w okresie ich czynności z krótkich, dość

grubych pręcików złożony rąbek, który określamy mianem *rąbka szczoteczkowego*.

Rąbki oskórkowe mogą występować na wolnej powierzchni komórek wszelkiego rodzaju; przedewszystkiem jednak występują wyraźnie na powierzchni komórek nabłonkowych jelita. Tutaj posiada rąbek oskórkowy delikatne prążkowanie w kierunku równoległym do osi komórki i składa się z niezliczonych cienkich pręcików lub włosków; włoski te, jak wykazał R. Heidenhain, tkwią w jednorodnej podstawowej istocie rąbka i stanowią delikatne wypustki protoplazmy komórkowej. Każdy pręcik albo włosek u podstawy swojej posiada podługowate zgrubienie, zapomocą którego przyczepia się do powierzchni komórki.

Podział nabłonków można też przeprowadzić na podstawie ilości warstw, z których się one składają; rozróżniamy wówczas nabłonki *jednowarstwowe* i *wielowarstwowe*. Jeśli nadto weźmiemy pod uwagę rozmaitość form komórek, tworzących te warstwy, otrzymamy następującą klasyfikację morfologiczną nabłonków:

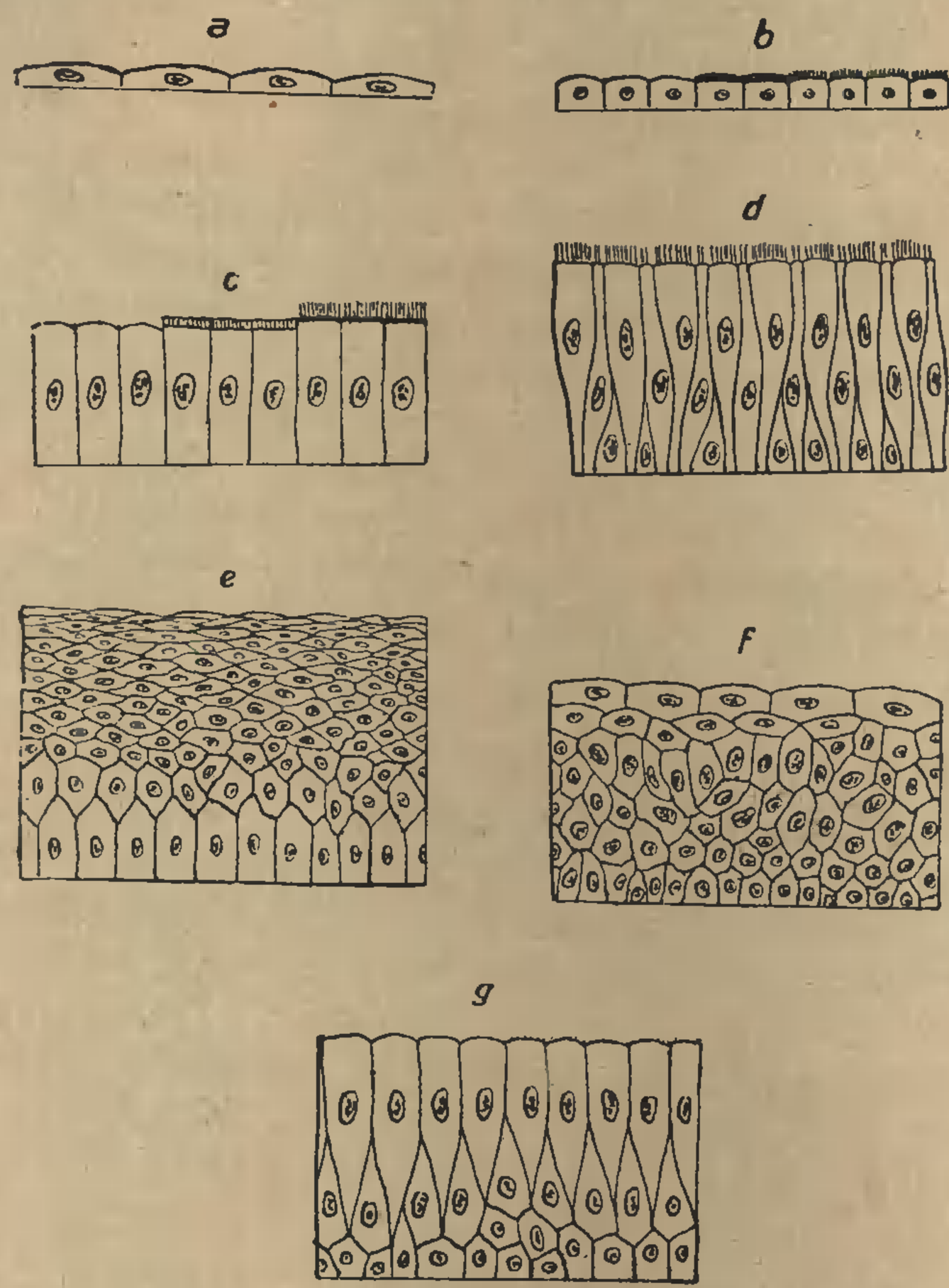
I. Nabłonki jednowarstwowe.

a) Nabłonek jednowarstwowy płaski. Komórki niskie, wieloboczne, leżące w jednej warstwie jedna obok drugiej na wzór płytek w mozaice (nabłonek pęcherzyków płucnych, naczyń krwionośnych i limfatycznych, serca, wielkich jam ciała, jam stawowych, woreczków maziowych i pochewek ścięgien, torebki Bowmana, wąskiego ramienia pętli Henlego, nabłonek tylny rogówki — (ryc. 35 i 38 a).

b) Nabłonek jednowarstwowy brukowy. Komórki ułożone jedną warstwą, jedna koło drugiej jak kostki kamienne w bruku ulicznym, prawie tak szerokie jak wysokie (nabłonek oskrzelików oddechowych — bronchioli respiratorii, pewnych części kanalików moczowych, pęcherzyków gruczołu tarczowego, nabłonek wydzielniczy wielu innych gruczołów, nabłonek jamy bębenkowej, nabłonek barwikowy siatkówki); komórki mogą posiadać rąbek rzęskowy n. p. w nabłonku najdrobniejszych oskrzeli lub rąbek szczoteczkowy np. w kanalikach nerkowych (ryc. 38 b).

c) Nabłonek jednowarstwowy walcowaty. Komórki umieszczone są w jednej warstwie, jedna koło drugiej, o wysokości mniej lub więcej przewyższającej szerokość (nabłonek przewodu jelitowego, żołądka, nabłonek wydzielniczy wielu gruczołów, większych przewodów wywodzących gruczołów ślinowych, wątroby i trzustki,

pęcherzyków nasiennych, a wreszcie nabłonek nasieniowodu (ductus deferens) i przewodu wytryskowego (d. ejaculatorius); komórki posiadają czasami rzęski np. w nabłonku macicy i jajowodów (ryc. 38 c).



Ryc. 38.
Schemat morfologicznej klasyfikacji nabłonków.
a) nabłonek jednowarstwowy płaski, b) nabłonek jednowarstwowy brukowy; komórki pokryte częściowo rąbkiem oskórkowym, częściowo rąbkiem szczoteczkowym, c) nabłonek jednowarstwowy walcowaty; komórki pokryte częściowo rąbkiem oskórkowym, częściowo migawkami, d) nabłonek wielorzędowy z migawkami, e) nabłonek wielowarstwowy płaski, f) nabłonek przejściowy, g) nabłonek wielowarstwowy walcowaty.

II. Nabłonek wielorzędowy (ryc. 38 d).

Nabłonek wielorzędowy stanowi przejście od jednowarstwowego do wielowarstwowego. Komórki są tutaj tak ułożone, że wszystkie opierają się na wspólnej podstawie, jednak nie wszystkie dosięgają wolnej powierzchni górnej. Mianowicie między podstawowemi końcami komórek walcowatych, które zajmują całą grubość warstwy nabłonkowej, umieszczone są niskie komórki kuliste albo klinowate;

komórki te nie dosięgają wolnej, górnej powierzchni nabłonka, kończą się bowiem krótką wypustką, zwróconą ku górze i gubiącą się pomiędzy komórkami walcowatemi. Następstwem tego jest, że jądra komórek są ułożone w dwa albo kilka rzędów; wywołać to może wrażenie, jakoby również komórki były ułożone w kilka warstw. Komórki walcowate na wolnej swej powierzchni posiadają zazwyczaj rzęski. Taki nabłonek znajdujemy w głównych przewodach wywodzących wielkich gruczołów ślinowych, w części oddechowej nosa, w trąbce słuchowej, w tchawicy, w grubszych oskrzelach, w przyjądrzu i na początku nasieniowodów.

III. Nabłonki wielowarstwowe.

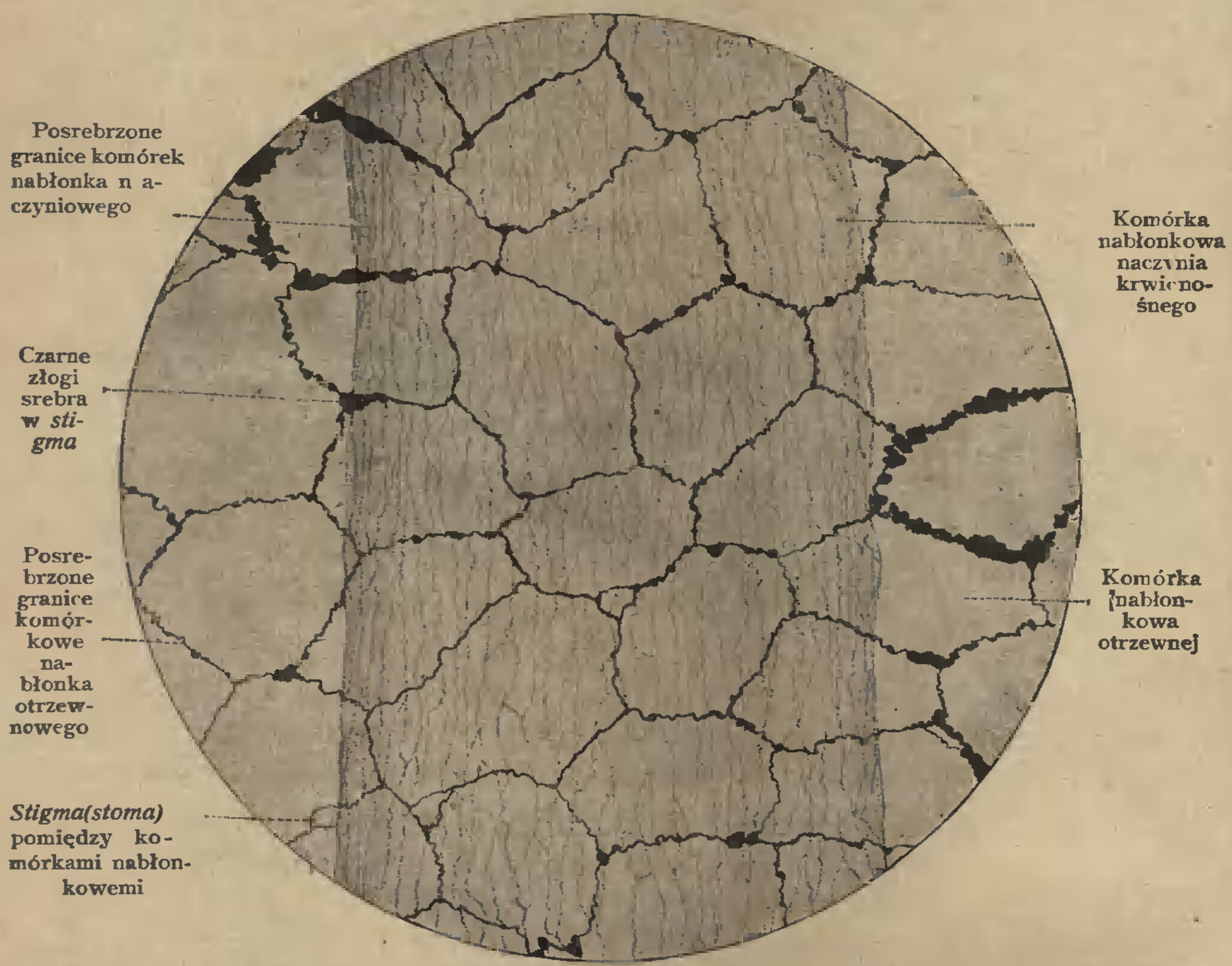
a) Nabłonek wielowarstwowy płaski. Komórki ułożone są w kilka lub więcej warstw. Wśród tych komórek najgłębiej leżące są walcowate; komórki umieszczone nad niemi są nieregularne, wieloboczne, a bliżej ku powierzchni coraz bardziej płaskie. (Nabłonek powierzchni ciała, jamy ustnej, gardzieli, przełyku, przedsionka nosa, tylnej powierzchni nagłośni, prawdziwych strun głosowych, fossa navicularis męskiej cewki moczowej, żołędzi prącia, nabłonek żeńskiej cewki moczowej, pochwy i części pochwowej macicy, przedniej powierzchni rogówki, spojówki w pobliżu brzegu powieki, rogówki i nabłonek przewodów łzowych — (ryc. 38 e).

b) Nabłonek przejściowy. Komórki uwarstwowione podobnie jak w poprzednim; ku górze nie przemieniają się jednak w zupełnie płaskie, lecz pozostają bryłowate. (Nabłonek miedniczek nerkowych, moczowodu, pęcherza moczowego i części sterczowej męskiej cewki moczowej — (ryc. 38 f.)

c) Nabłonek wielowarstwowy walcowaty. Wierzchnia warstwa tego nabłonka składa się z komórek walcowatych; między zwężającemi się końcami tych komórek, skierowanemi ku podstawie nabłonka, umieszczone są komórki walcowate, zwrócone stożkowatemi końcami ku wolnej powierzchni nabłonka; samą zaś podstawę nabłonka stanowi jedna albo kilka warstw komórek sześciennych. (Nabłonek części błoniastej i jamistej męskiej cewki moczowej, nabłonek spojówki (ryc. 38 g).

Poszczególne komórki nabłonka połączone są z sobą wypustkami komórkowemi, t. zw. *mostkami międzykomórkowemi*, które przechodzą od jednej komórki do drugiej. Aż do czasów ostatnich rozpowszechniony był ogólnie pogląd, że komórki nabłonka połączone

są istotą kitową, którą można rozpuścić środkami maceracyjnemi i w ten sposób komórki izolować. Pogląd ten obecnie coraz bardziej ustępuje miejsca nowemu, według którego taka istota łącząca wogóle nie istnieje (Kołossow, Waldeyer, Merkel), a przeciwnie komórki łączą się zapomocą mostków międzykomórkowych. Jako na dowód istnienia istoty kitowej między komórkami nabłonkowemi wskazywano na zachowanie się tkanki nabłonkowej wobec roztworu azotanu srebra; mianowicie przypisywano istocie kitowej



Ryc. 39.

Posrebrzony nabłonek krezki królika.

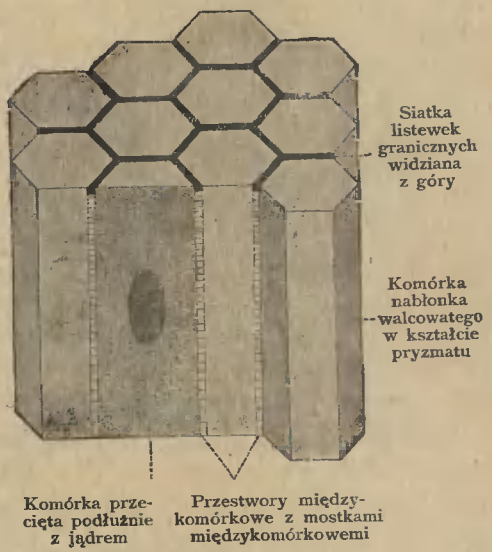
Na powierzchni warstwa komórek nabłonka płaskiego kształtu wielobocznego, którego granice komórkowe są czarno impregnowane. Z głębi przeziera naczynie krwionośne, którego wydłużone komórki nabłonkowe okazują szare, też srebrem zabarwione granice. Średnio silne powiększenie.

swoistą właściwość energicznego redukowania soli srebrowych. Jeżeli umieścimy kawałek tkanki, pokrytej nabłonkiem, na kilka minut w 0,5 % roztworze azotanu srebra, następnie zaś wystawimy go na działanie światła, wówczas wokoło komórek nabłonkowych powstają wzdłuż ich granic ciemne linje. Występowanie tego rodzaju linij służyło jako dowód istnienia redukującej czyli odtleniającej istoty kitowej. Zdaje się jednak, i to z dużem prawdopodobieństwem, że

linje te powstają wskutek tworzenia się osadów, które występują między komórkami przy zetknięciu się z solą srebra substancyj odżywczych, zawierających białko, a wypełniających przestwory międzykomórkowe (Merkel) (ryc. 39).

Mniejsze i większe przerwy *(stomata i stigmata)*, które za użyciem azotanu srebra występują wyraźnie pomiędzy komórkami nabłonkowemi płaskiemi, nie są, jak się zdaje, otworkami pierwotnemi, któreby już za życia istniały (Kołossow, Ussow, Merkel), lecz najprawdopodobniej powstają skutkiem kurczącego działania roztworu srebra na komórki (ryc. 39).

Jako twory prawie stałe pojawiają się na wolnych brzegach komórek nabłonka walcowatowego i brukowego t. zw. listewki graniczne albo kitowe (M. Heidenhain, Zimmermann, Bonnet, Cohn) (ryc. 7 i 40). Najwyraźniejsze są one w nabłonku jelitowym między wolnemi końcami komórek walcowatych. Tutaj, pomiędzy stykającemi się z sobą powierzchniami komórek walcowatych, znajdują się wąskie przestwory, przez które przechodzą mostki międzykomórkowe, a które od zewnątrz są zamknięte listewkami granicznemi. Z boku widziane listewki wyglądają jak punkty między wolnemi końcami komórek, z góry zaś widziane mają postać jakby sieci o prawidłowych wielobocznych oczkach, w których tkwią końce komórek walcowatych, zwrócone ku wolnej powierzchni. Wyobrażano sobie, że te listewki graniczne powstają wskutek nagromadzenia się istoty kitowej, która w ten sposób ma zapobiegać wydostawaniu się na powierzchnię i marnowaniu się płynów odżywczych, krążących w przestworach międzykomórkowych. Jakkolwiek nie znamy napewno ani pochodzenia listewek, ani ich przeznaczenia, możemy jednak wnioskować z ich nadzwyczaj wielkiego rozpowszechnienia, że widocznie muszą spełniać ważną rolę.



Ryc. 40.
Schemat nabłonka walcowatego jednowarstwowego z listewkami granicznemi.

Komórki nabłonkowe są więc bezpośrednio połączone mostkami międzykomórkowemi. Jako najbardziej znany przykład takiego

połączenia komórek nabłonka, można wymienić komórki kolczaste, jakie znajdujemy np. w głębszych warstwach ludzkiego naskórka (ryc. 41). Tutaj wszystkie komórki są oddzielone od siebie stosunkowo dość szerokiemi przestworami międzykomórkowemi, które się łączą z przestworami limfatycznemi właściwej skóry. Od jednej komórki do drugiej przechodzą przez przestwory międzykomórkowe delikatne nitki (ryc. 40 i 41). Są to włókienka protoplazmatyczne, przenikające przez mostki międzykomórkowe z jednej komórki do drugiej. Często można je obserwować na większej przestrzeni, jak przeciągają przez liczne komórki. Mostki międzykomórkowe nadają takiemu nabłonkowi charakter syncycjum. Przestrzenie międzykomórkowe posiadają zapewne duże znaczenie fizjologiczne. Mianowicie w nabłonku niema naczyń krwionośnych, które dostarczają pokarmu wszystkim tkankom. Że zaś wobec tego w nabłonku wielowarstwowym, jak np. w naskórku, dowóz pokarmu do warstw najbardziej oddalonych, zewnętrznych, byłby bardzo utrudniony, pomocne są tutaj przestwory międzykomórkowe, gdyż umożliwiają cieczy odżywczej międzykomórkowej dostęp od przestworów limfatycznych skóry właściwej do nabłonka.

B

Ryc. 41.

Przekrój przez nabłonek wielowarstwowy płaski z ludzkiego naskórka.

Kilka komórek nabłonka warstwy kolczastej (stratum spinosum), połączonych mostkami międzykomórkowemi. Powiększenie około 900-krotne.

Od zasady, iż *w nabłonku niema naczyń krwionośnych*, są jednak nieliczne odstępstwa. I tak np. włosowate naczyńka krwionośne przenikają między komórki nabłonka w błonie śluzowej podniebienia żaby (Maurer) i w jednem miejscu w nabłonku ślimaka u człowieka (Retzius).

W następnych rozdziałach dowiemy się, iż nabłonek często jest przepleciony nadzwyczaj obficie delikatnemi rozgałęzieniami *nerwów czuciowych*. Często również można znaleźć między komórkami nabłonka inne komórki obcego pochodzenia, przedewszystkiem więc tak zwane *komórki wędrujące*, które w pewnych miejscach stale i gromadnie wędrują przez nabłonek.

Liczne są wreszcie zmiany, którym ulega komórka nabłonkowa, gdy nabłonek przyjmuje na siebie specjalne czynności. Nabłonki mogą *zrogowacieć* (skóra, włosy, paznokcie), ulegać *zwapnieniu* (zęby), *przemianie śluzowej* (w narządzie oddechowym i trawiennym) i *stłuszczeniu* (gruczoły łojowe, mleczne), mogą wreszcie wytwarzać

i gromadzić w swych komórkach wielką ilość *barwika* (siatkówka, włosy, skóra barwnych ras ludzkich).

Tam, gdzie nabłonek styka się z tkanką łączną, oddziela się od niej jasną, błyszczącą błoną; błona ta albo nie posiada zupełnie struktury albo znać na niej jedynie lekkie prążkowanie. Takie twory nazywamy *błonami podstawowemi*. Co do ich pochodzenia istnieją rozbieżne poglądy. Stanowią one bądź produkt wydzielniczy komórek nabłonka, bądź wytwór tkanki łącznej, znajdującej się głębiej.

Ze stanowiska rozwojowego trzeba zauważyć, że nabłonki ciała pochodzić mogą od wszystkich trzech pierwotnych listków zarodkowych: tak więc z listka zewnętrznego powstaje nabłonek powierzchni ciała i nabłonek zmysłowy, z listka wewnętrznego nabłonek przewodu pokarmowego i jego gruczołów oraz nabłonek narządów oddechowych, wreszcie z listka środkowego nabłonek płciowy, nabłonek dróg moczowych i płciowych, nabłonek naczyń krwionośnych i limfatycznych i nabłonek wyścielający wnętrze jam ciała. Ostatni nazywa się również nabłonkiem nieistotnym albo *śródbłonkiem* (endothelium), niema jednak dostatecznych przyczyn, ażeby uznawać jego odrębność, gdyż komórki śródbłonka nie posiadają specjalnych, charakterystycznych cech, któreby wyróżniały go od nabłonków „istotnych."

Początkowo wszystkie nabłonki są jednowarstwowe; tam, gdzie rozwijają się nabłonki wielowarstwowe, dzieje się to drogą mnożenia się komórek przez podział. Komórki nowopowstałe albo wciskają się między stare albo układają się warstwami jedne nad drugiemi.

W wielu nabłonkach komórki najzewnętrzniejszej warstwy w ciągu życia organizmu stale odpadają i giną. Ubytek ich wyrównują komórki warstwy najgłębszej, które rozmnażają się drogą podziału pośredniego i wypychają ku górze komórki warstw następnych, a te wydostawszy się wkońcu na powierzchnię obumierają i znowu się łuszczą.

Liczne są ponadto twory, stanowiące *zwiększenie powierzchni pokrytej nabłonkiem*. Jeżeli przedstawiają się w postaci wybujałości nabłonka ponad wolną jego powierzchnię, wówczas powstają brodawki, włosy, paznokcie, pazury itd. Mogą jednak odwrotnie powstawać wpuklenia nabłonka w tkankę, leżącą pod nim; prowadzą one ostatecznie do wytworzenia rozgałęzionych jam i przewodów pokrytych nabłonkiem. Jeżeli twory te wykonywują czynności wydzielnicze, nazywamy je *gruczołami*.

Gruczoły i nabłonek gruczołowy.

Gruczołami (glandulae) nazywamy w pewien system ułożone jamy, wysłane nabłonkiem posiadającym zdolność wydzielania. Nabłonek tego rodzaju nazywamy *gruczołowym*. Czynność komórek gruczołowych polega na przerabianiu substancyj, dostarczanych im w stanie gotowym przez krew, a następnie na wydzielaniu powstałych produktów do światła gruczołu. Cały układ przewodów wydala następnie produkty te, zazwyczaj płynne, na zewnątrz. Proces ten przerabiania, wydzielania i wydalania oznaczamy mianem *wydzielania* czyli *sekrecji*, produkt zaś wytworzony bądź *wydzielinami (secreta)*, bądź *wydalinami (excreta)*. *Wydzielinami* nazywamy produkty, które w dalszym ciągu znajdują zastosowanie w organizmie (ślina, żółć, sok żołądkowy, sok jelitowy), *wydalinami* zaś produkty bezużyteczne lub wprost szkodliwe i dlatego usuwane z organizmu (mocz, pot).

Czynności wydzielnicze nie są wszakże związane jedynie i wyłącznie z gruczołami, lecz są również właściwością wielu nabłonków leżących na powierzchni, np. nabłonka żołądka i jelita; w ostatnim komórki gruczołowe mogą występować pojedyńczo pomiędzy innemi komórkami nabłonkowemi. Komórki te nazywają niektórzy, choć niezupełnie właściwie, *gruczołami jednokomórkowemi*. Jako przykład takich jednokomórkowych gruczołów możemy wymienić *komórki kubkowe*, spotykane w obfitości pośród komórek walcowatych nabłonka organów oddechowych i trawiennych. W stanie napełnienia składają się one, jak wskazuje ryc. 35, z dwu różnych części: dolnej, protoplazmatycznej, ostro zakończonej, i górnej, rozszerzonej i pękatej, wypełnionej śluzem. Jeżeli produkcja śluzu w komórce dosięgła szczytu, wolna powierzchnia komórki pęka i śluz wylewa się do światła jelita. Przytem komórka zapada i kurczy się, protoplazma wypełnia całe ciało komórkowe i komórka kubkowa przestaje się różnić od zwykłych komórek walcowatych. Jako pierwszy objaw przemiany protoplazmy w śluz występują w sąsiedztwie jądra *ziareńka mucynogenu*, których ilość pośród plazmy nieustannie się zwiększa. Zlewają się one w większe, kuliste ziarna, które wkońcu wypełniają szczelnie całe wnętrze komórki kubkowej. Wskutek wchłonięcia wody następuje pęcznienie ziarn i przemiana ich w śluz, który w kształcie czopka *(theca)* wypełnia komórkę i wkońcu wydostaje się na zewnątrz. Macierzystej substancji dla wytworzenia się ziarn mucynogenu dostarczają mitochondrja. Współudział zaś w tworzeniu się śluzu przypisuje Tschassownikow ciałkom środkowym, które się stale znajdują w komórkach kubkowych w formie diplosomów i położenie swe zmieniają zależnie od stanu wydzielania.

Przejdźmy teraz do właściwych, *wielokomórkowych gruczołów*. Wpuklenie, jakie tworzy gruczoł, może być różnych rozmiarów. W jednym wypadku stanowi ono jedynie płytkie wpuklenie nabłonka, w innym powstaje w znacznej wielkości narząd, oddzielony wyraźnie od otoczenia; gruczoł ostatniego rodzaju tworzy się, gdy wpuklenie nabłonka wzrasta silnie w głąb, a na boki oddaje wtórne wpuklenia, które się mogą znacznie rozrastać, jak to widzimy np. w gruczołach ślinowych, wątrobie, trzustce i nerce.

Część pierwotnie wpuklona stanowi w przyszłości *przewód odprowadzający*, który prowadzi do odcinka końcowego gruczołu, t. j. do właściwej *przestrzeni wydzielniczej*, wysłanej komórkami gruczołowemi; przytem zazwyczaj ta część wydzielająca łączy się z częścią odprowadzającą nie wprost, lecz za pośrednictwem przewodów wstawionych pomiędzy obydwie części. Na zewnątrz cały system przewodów odprowadzających, jak również przestrzeni wydzielniczych, jest otoczony rozmaicie zbudowaną *błoną własną (membrana propria)* i w ten sposób jest oddzielony od otaczającej tkanki łącznej.

Przewód odprowadzający przy przejściu w odcinek wydzielniczy może bądź zachowywać niezmiennie swoją szerokość, bądź też rozszerzać się pęcherzykowato. W tem właśnie leży podstawa do podziału morfologicznego gruczołów na *cewkowe* i *pęcherzykowe*, zależnie od tego, czy zasadniczą formę przestrzeni wydzielniczych (czyli odcinków końcowych) stanowi *cewka (tubulus)* czy też *pęcherzyk, (alveolus)*.

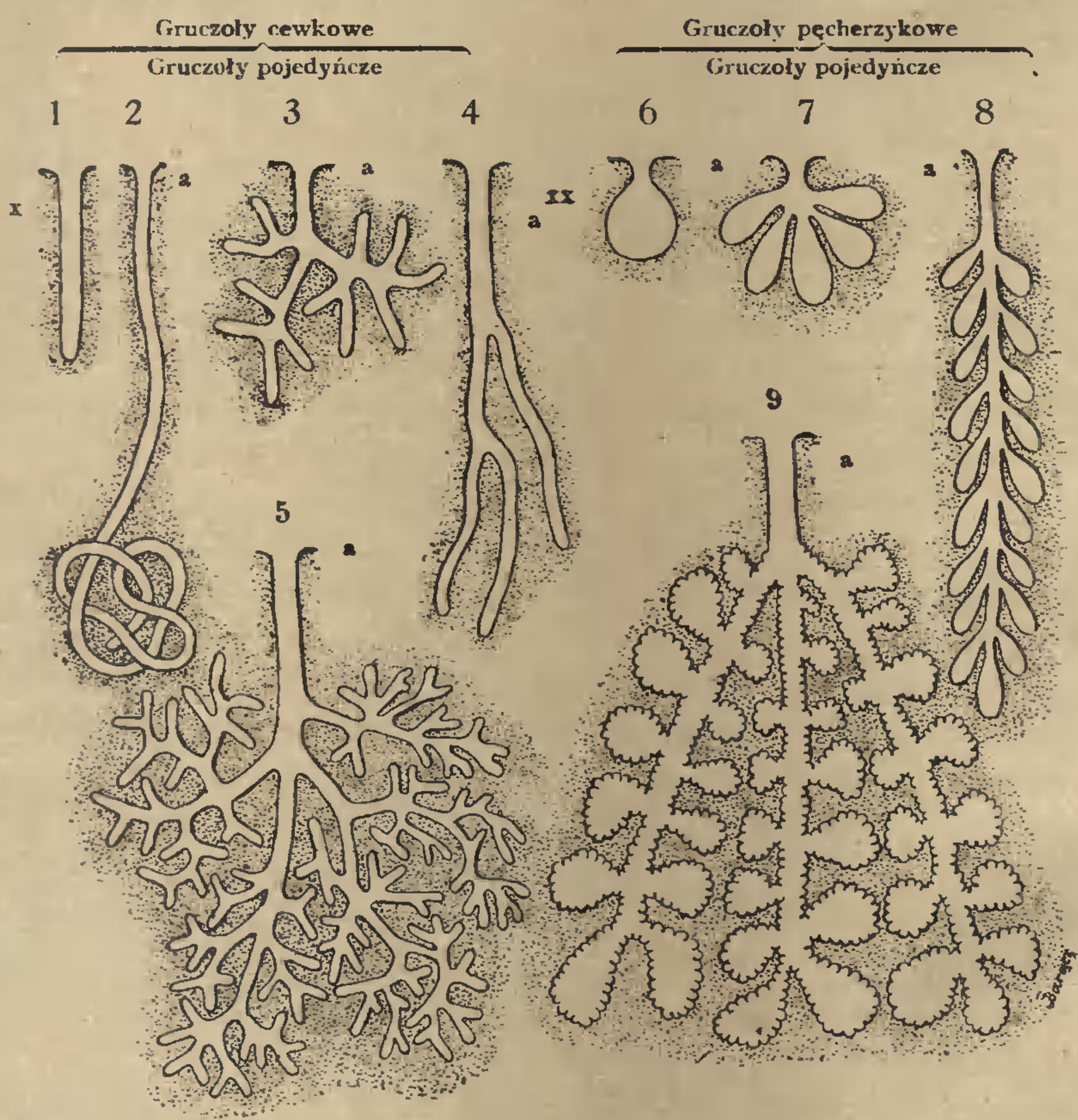
W najprostszym wypadku *gruczoł cewkowy* przedstawia krótką, prostą rurkę, kończącą się ślepo; światło jej w całym przebiegu jest prawie jednakowej szerokości (ryc. 42, 1). Takie *pojedyńcze gruczoły cewkowe* znajdują się w wielkiej obfitości w przewodzie jelitowym i mają tam nazwę *gruczołów Lieberkühna*.

Jeżeli cewka gruczołowa rozrasta się na długość, tworzy zazwyczaj skręty; ślepo kończąca się jej część może wskutek braku miejsca zwinąć się w kłębek. Mamy wtedy t. zw. *gruczoł kłębkowy* (ryc. 42, 2); jako najwybitniejszy przykład takich gruczołów możemy wymienić *gruczoły potne* w skórze.

Innego rodzaju zwiększenie powierzchni wydzielniczej powstaje w ten sposób, że cewka gruczołowa pojedyńcza rozgałęzia się; wtedy z jednego wspólnego pnia wychodzą 2, 3 albo i więcej gałęzi (ryc. 42, 4). Jako przykłady takich *pojedyńczych rozgałęzionych gruczołów cewkowych* mogą służyć: *gruczoły dna żołądka* i *gruczoły maciczne*.

Jeżeli liczne pojedyńcze rozgałęzione gruczoły cewkowe się połączą, powstaje *gruczoł cewkowy złożony*, o jednym głównym przewodzie odprowadzającym. W takim gruczole złożonym uchodzą gruczoły pojedyńcze albo wprost do głównego przewodu odprowadzającego

albo też do jego rozgałęzień (ryc. 42, 5). Taką budowę mają: j ą d r a, n e r k i, g r u c z o ł y ł z o w e i g r u c z o ł y s u r o w i c z e j ę z y k a (gruczoły E b n e r a). Specjalną modyfikację gruczołów cewkowych złożonych stanowi *wątroba;* tutaj cewki każdego pojedyńczego gruczołu łączą się z sobą zapomocą licznych odgałęzień tak, iż powstaje sieć.



Gruczoły złożone.

Ryc. 42.

Schemat różnych postaci gruczołów.

a) przewód odprowadzający, x) pojedyńcza cewka (tubulus), xx) pojedyńczy pęcherzyk (alveolus).

Podobne stosunki istnieją wśród *gruczołów pęcherzykowych.* Najprostsza postać tych gruczołów, *gruczoł pęcherzykowy pojedyńczy,* jest małym pęcherzykiem wysłanym komórkami wydzielającemi; pęcherzyk ten ma kształt kulisty, jajowaty lub gruszkowaty i otwiera się na zewnątrz zapomocą przewodu odprowadzającego, jakby szypułki cienkiej, wewnątrz pustej, wysłanej komórkami (ryc. 42, 6). Takiemi pojedyńczemi gruczołami pęcherzykowemi są np. małe gruczoły łojowe na powierzchni skóry.

Jeżeli więcej pęcherzyków uchodzi za pośrednictwem cienkich, pustych szypułek do wspólnego przewodu odprowadzającego, jak to mamy np. w dużych gruczołach łojowych lub też w gruczołach Meiboma w powiece, powstaje *gruczoł pęcherzykowy pojedyńczy rozgałęziony* (ryc. 42, 7, 8).

Liczne pojedyńcze rozgałęzione gruczoły pęcherzykowe mogą się znów łączyć z sobą i tworzyć w ten sposób *gruczoły pęcherzykowe złożone*. Wspólny przewód odprowadzający rozgałęzia się, a do jego odnóg otwierają się pojedyńcze rozgałęzione gruczoły pęcherzykowe. Taką budowę przedstawia *gruczoł mleczny, trzustka, gruczoł ślinowy przyuszny* (ryc. 42, 9).

Bardzo często budowa cewkowa gruczołu może być skombinowana z pęcherzykową w taki sposób, iż cewka gruczołowa na końcu swym posiada ślepe, woreczkowate rozszerzenie, kończy się więc pęcherzykiem; mówimy wtedy o *gruczole pęcherzykowo-cewkowym*. Rozróżniamy tu również, jak wśród gruczołów poprzednio omówionych: *gruczoły pęcherzykowo-cewkowe pojedyńcze* (gruczoły odźwiernikowe żołądka), *gruczoły pęcherzykowe-cewkowe pojedyńcze* rozgałęzione (gruczoły Littrégo w cewce moczowej) i *gruczoły pęcherzykowo-cewkowe złożone* (gruczoły ślinowe podszczękowe, ślinowe podjęzykowe, śluzowe jamy ustnej, gardzieli i przełyku, gruczoły Cowpera, gruczoły Brunnera w jelicie, gruczoł krokowy i płuca).

W przeciwstawieniu do tych gruczołów, które posiadają przewody odprowadzające czyli do *gruczołów właściwych*, (*glandulae apertae*), istnieją jeszcze gruczoły pozbawione takiego przewodu. Niektóre z nich mogą wprawdzie posiadać w życiu zarodkowem przewód odprowadzający, następnie jednak przewód ten zanika, jak np. w gruczole tarczowym. W gruczołach tego rodzaju wydzielinę, produkowaną przez komórki gruczołowe, odprowadzają naczynia limfatyczne lub krwionośne. Gruczoły takie łączymy w jedną grupę *gruczołów o wydzielaniu wewnętrznem* (*glandulae clausae, endokrine Drüsen*).

Cały układ kanałów gruczołowych wyłożony jest komórkami, których właściwości w różnych odcinkach, od przewodów odprowadzających zacząwszy, a na odcinkach końcowych skończywszy, różnią się zarówno co do formy jak i budowy.

W pewnych wypadkach światło gruczołowe może wnikać nawet między komórki, wyścielające przestrzeń wydzielniczą; występują wtedy delikatne kanaliki, zwane *kanalikami wydzielniczemi*; mogą one wchodzić nawet do wnętrza komórek gruczołowych.

Większość gruczołów, w szczególności gruczoły ślinowe i trzustka, posiada budowę wyraźnie *zrazikową*, t. zn. iż drobne odcinki substancji gruczołowej (*zraziki, lobuli*) są otoczone pasmami tkanki

łącznej i oddzielone niemi od sąsiednich zrazików. Do wnętrza każdego takiego zrazika gruczołowego wnika przewód odprowadzający, który wewnątrz niego rozgałęzia się; rozróżniamy więc *przewody odprowadzające międzyzrazikowe i śródzrazikowe*. Wraz z przewodem odprowadzającym wnikają do wnętrza zrazika naczynia i nerwy; ponadto tkanka łączna, otaczająca zrazik, wysyła w głąb niego wypustki, które mniej lub więcej dokładnie osłaniają poszczególne cewki i pęcherzyki.

W skład gruczołu mogą również wchodzić komórki mięsne gładkie; występują one najczęściej jako pokrycie większych przewodów odprowadzających i wtedy często są ułożone w liczne warstwy. W niektórych wypadkach znajdujemy je również wokoło odcinków wydzielniczych w postaci cienkiej warstwy.

Wygląd komórek gruczołowych w różnych gruczołach jest różny, zależnie od substancji, produkowanej przez gruczoł, jak łoju, śliny, glykogenu i t. p. Jednak nawet w tym samym gruczole mogą komórki mieć różny wygląd. Przedewszystkiem odmienna jest forma i budowa komórek gruczołowych w różnych odcinkach części odprowadzającej i wydzielającej tego samego gruczołu; następnie zaś komórki, które wyścielają część wydzielającą, ulegają różnym zmianom co do kształtu i budowy zależnie od stanu fizjologicznego, w jakim się znajdują.

Rozpatrując komórki gruczołowe w różnych okresach czynności wydzielniczej, stwierdzamy w budowie ich pewne zmiany morfologiczne, stojące w związku z tą czynnością. Na podstawie szeregu kolejnych obserwacyj możemy odtworzyć cały proces wydzielania, jakkolwiek zawsze jeszcze z pewnemi lukami.

W różnych stadjach swej czynności gruczołowej przedstawiają się komórki pod mikroskopem rozmaicie. Inny np. ma wygląd komórka *w stanie czynnym*, t. j. taka, która właśnie wytwarza wydzielinę, względnie produkt przedwstępny ostatecznej wydzieliny, inny zaś komórka, która ukończyła już proces wydzielania i jest wypełniona substancją, stanowiącą ostateczny produkt przemiany wydzieliny. Taka komórka, wypełniona wydzieliną, może już tylko usunąć na zewnątrz nagromadzoną substancję, może więc być nazwana, w przeciwieństwie do poprzedniej, komórką *spoczywającą*. Czynności komórki gruczołowej możemy wzmóc albo osłabić na drodze doświadczalnej zapomocą podrażnienia odpowiednich nerwów albo zadziałania pewnemi truciznami, które, wprowadzone do organizmu, wywołują bądź wzmożenie (pilokarpina), bądź obniżenie (atropina) czynności wydzielniczych. Dzięki temu możemy doświadczalnie wywołać różne stadja czynności komórek gruczołowych i utrwalić je w obrazie mikroskopowym. Zbadanie procesów wydzielniczych

napotyka jednak na poważne trudności, przedewszystkiem dla tego, iż nie posiadamy reakcyj dostatecznie charakterystycznych dla wydzielin tworzących się właśnie w komórce (np. dla mucigenu, fermentów); wskutek tego też nie możemy ich obserwować od pierwszej chwili powstawania. Jak dalecy jeszcze jesteśmy wciąż od ostatecznego wyjaśnienia problematu powstawania wydzieliny, widać choćby z tego, iż istnieją dwa biegunowo odmienne poglądy na powstawanie ziarenek wydzielniczych. Większość autorów uważa je za wytwory cytoplazmy (Altmann, Zoja, Prenant, Bouin, Regaud, Mavas, Hoven); inni natomiast utrzymują, że w tym procesie jądro odgrywa ważną rolę bądź pośrednią (Ogata, Garnier, Laguesse), bądź bezpośrednią (Galeotti, Maziarski).

Przedstawimy tutaj w krótkości obydwa te zapatrywania, tak bardzo różniące się między sobą.

Przedewszystkiem przypatrzmy się, w jaki sposób odbywa się proces wydzielniczy według Garniera, zwolennika poglądu, iż ziarenka wydzielnicze pochodzą z jądra; jako przykład wybierzemy gruczoł surowiczy. Cytoplazma komórki, w której zaczyna się wydzielanie, posiada budowę siateczkowatą i barwi się kwaśnemi barwikami (jest więc kwasochłonna, czyli acidofilna). W części podstawowej komórki, wśród cytoplazmy, dotąd prawie jednorodnej, występuje różnicowanie; mianowicie włókna siateczki łączą się w wiązki albo w zbite masy dookoła jądra, albo obok niego w pobliżu błony podstawowej.

Te przypodstawne utwory włókniste są początkowo zaledwie słabo zasadochłonne (bazofilne). Jądro ulega pewnym zmianom, powiększa się wraz z jąderkiem, a chromatyna przenika do soku jądrowego. W tej chwili twory przypodstawne zbliżają się do jądra, stykają się z niem i łączą się bezpośrednio ze zcieńczałą błoną jądrową. W następnym okresie chromatyna przenika z jądra do plazmy komórkowej i tworzy wśród niej obłoczki, barwiące się zasadowo; chromatyna ta dostaje się z jądra przedewszystkiem do tej zróżnicowanej części protoplazmy, którą Sołger nazywa włóknami przypodstawnemi *(Basalfilamente)*, Dawidow — *ergoplazmą*, Garnier zaś *ergastoplazmą*. W tym okresie zdolność barwienia się chromatyny jądra (chromatophilia) staje się daleko słabsza, niż na początku czynności wydzielniczych. Włókna przypodstawne, które obecnie wskutek przepojenia chromatyną stają się silniej zasadochłonne, odgrywają — wedle Garniera — najważniejszą rolę podczas wytwarzania ziarn wydzielniczych. Mianowicie substancja chromatynowa ergastoplazmy rozprzestrzenia się wśród sieci plazmatycznej, a włókna przypodstawne, do tej pory jednolite, rozpadają się na ziarna. Ziarna pojawiają się przedewszystkiem w punktach

węzłowych sieci, następnie w jej oczkach w podstawowej części komórki; zbliżają się następnie do wolnej części komórki, pęcznieją i wkońcu zostają usunięte na zewnątrz. Z tą chwilą włókna przypodstawne tracą swe znaczenie i mogą zupełnie zniknąć, względnie pewna ilość chromatyny wydalonej do cytoplazmy z jądra, a niezużytej podczas dopiero co minionego okresu wydzielniczego, przepaja nadal włókienka aż do następnego okresu wydzielniczego i daje początek tworom opisywanym jako jądro dodatkowe (Gaule, Nussbaum, Ogata). Są to twory jednolite, które zachowaniem się wobec barwików przypominają jądra i stanowią zapas chromatyny w protoplazmie na przyszłe okresy wydzielnicze.

Inne są poglądy zwolenników czysto protoplazmatycznego pochodzenia ziarn wydzielniczych. W ostatnich czasach liczni autorowie przypisują mitochondrjom rolę czynną przy tworzeniu się wydzieliny gruczołowej. (Regaud, Hoven, Kolster, Takagi). Podług Hovena są na początku procesu wydzielniczego mitochondrja bardzo liczne i zachowują się rozmaicie: u jednych zwierząt są dłuższe i cieńsze, przebiegają falisto i krzyżują się, u innych natomiast są krótsze i grubsze i biegną równolegle do osi komórki. W celu wytworzenia wydzieliny rozpadają się mitochondrja na bardzo drobne ziarenka, które pojawiają się najpierw w wewnętrznej części komórki. Ziarna te stopniowo zwiększają się, przyczem zmieniają swój skład histochemiczny i nie dają się już zabarwić metodami mitochondrjalnemi, lecz metodami specjalnemi (w trzustce zachowują wyjątkowo poprzednie zabarwienie mitochondrjalne). W miarę powstawania ziarn wydzielniczych mitochondrja zużywają się, w komórce zaś wypełnionej wydzieliną pozostają wkońcu jedynie nieliczne chondrjokonty i chondrjomity, jako rezerwa mitochondrjów, które mają służyć do rekonstrukcji chondrjomu danej komórki. Po wydaleniu wydzieliny, mitochondrja, zawarte w podstawowej części komórki, rosną na długość i znowu wypełniają komórkę. Wedle zdania Hovena, włókna przypodstawne i ergastoplazma odpowiadają źle utrwalonemu chondrjomowi i powstają ze zlania się włókien.

II. Grupa tkanek łącznych i podporowych.

Druga wielka grupa tkanek, do której omówienia przystępujemy, obejmuje tkanki łączne i podporowe. Co do ich pochodzenia podnieść należy, że powstają one ze wszystkich trzech listków zarodkowych, największą jednak ilość ich wytwarza t. zw. mezenchymę, t. zn. masy komórkowe, które wywędrowały z średniego listka zarodkowego. Z zewnętrznego listka zarodkowego wychodzi tkanka

neurogljowa, tkanka podporowa ośrodkowego systemu nerwowego i tkanka ciałka szklistego, wypełniającego wnętrze gałki ocznej. Wewnętrzny listek zarodkowy dostarcza tkankę struny grzbietowej, będącej u człowieka i wszystkich wyższych kręgowców tkanką podporową o przejściowem tylko znaczeniu.

Podczas gdy tkance nabłonkowej — zarówno jak tkance mięsnej i tkance nerwowej, o których później mówić będziemy — przypadają w udziale funkcje wybitnie czynne, odgrywają tkanki łączne i tkanki podporowe rolę przeważnie bierną, użyczając w najwyższej fazie swego rozwoju podpory i podstawy ciału. U człowieka tworzą one przedewszystkiem szkielet. Obok tego są jednak również częścią składową wszystkich prawie narządów ciała, łączą je w jeden organizm, otaczają każdy poszczególny organ osobną osłoną, przenikają też do wnętrza narządów, żeby użyczać podpory swoistym ich częściom składowym i zapomocą rozdzielających je przegród grupować je w sposób charakterystyczny.

Tkanki łączne i podporowe w tem jeszcze uwydatniają swój bierny charakter, że w nich przeważnie punkt ciężkości tworzenia tkanki nie leży w mnożeniu się i swoistym rozwoju komórek, lecz w wytwarzaniu przez te ostatnie istoty międzykomórkowej czyli podstawowej, które to zjawisko w żadnym innym rodzaju tkanek nie występuje w tym stopniu. Istota międzykomórkowa nadaje każdej grupie tkanek łącznych i podporowych charakterystyczne ich znamię, wobec niej same komórki — ta macierz istoty podstawowej — ustępują na plan dalszy. Fizyczne i chemiczne właściwości tej istoty podstawowej przedstawiają się w poszczególnych grupach rozmaicie: może być ona półpłynną, może być konsystencji stałej, przyczem jednak jest giętką i daje się jeszcze krajać, może być wreszcie twarda jak kamień, nie dająca się krajać i zupełnie sztywna.

Prócz tego może być istota podstawowa jednorodna i bezpostaciowa, albo też może przyjść w niej do wytworzenia elementów włóknistych, te zaś mogą dojść w danych wypadkach do takiego stopnia rozwoju, że cały obraz tkanki opanowują, podczas gdy sama istota podstawowa oraz komórki całkowicie na drugi plan schodzą. Wogóle te ostatnie w nielicznych tylko substancjach podporowych odgrywają rolę dominującą.

W uwzględnieniu momentów powyżej naprowadzonych możemy ustalić następujący podział tkanek łącznych i podporowych:

Podział tkanek łącznych i podporowych.

I. Tkanka podporowa złożona z samych komórek			1. Tkanka struny grzbietowej
II. Tkanka podporowa bezkomórkowa, złożona tylko z włókienek			2. Tkanka ciałka szklistego
III. Tkanka podporowa, składająca się z komórek i substancyj międzykomórkowej	a) Substancja międzykomórkowa, bezpostaciowa, płynna		3. Tkanka galaretowata.
	b) Substancja międzykomórkowa, czystowłóknista	α) Włókienka leżą śródkomórkowo	4. Tkanka siateczkowata. 5. Tkanka neurogljowa.
		β) Włókienka leżą międzykomórkowo	6. Tkanka. łączna włóknista.
	c) Substancja międzykomórkowa, bezpostaciowa, stała		7. Tkanka podporowa pęcherzykowata.
	d) Obok substancyj międzykomórkowej włóknistej, występuje także bezpostaciowa		8. Tk. chrząstkowa. 9. Tk. kostna.

Zanim przejdziemy do szczegółowego omówienia budowy tych tkanek, musimy wspomnieć o właściwości wspólnej całej grupie tkanek łącznych i podporowych. Jest nią wybitna ich zdolność do przekształcania się, która polega na tem, że jedna tkanka może przekształcać się w drugą. Tak np. może tkanka galaretowa przemienić się w łączną, zaś tkanka łączna i chrząstkowa w kostną. Przemiana ta odbywa się zarówno podczas ontogenezy jak i w czasie filogenezy. Część szkieletu, która u zwierząt niższych typów zbudowana jest z tkanki chrząstkowej, może u typu wyższego składać się z tkanki kostnej. Może być również odwrotnie i tak np. twardówka zbudowana jest z chrząstki w oku ryb i płazów, z tkanki kostnej u gadów i ptaków, z tkanki łącznej natomiast u zwierząt ssących.

1. Tkanka struny grzbietowej.

Tkanka struny grzbietowej stanowi u człowieka w najwcześniejszem stadjum rozwoju główną podporę ciała, tworząc rodzaj postronka, zwanego struną grzbietową *(chorda dorsalis)*, ciągnącego się wzdłuż pomiędzy cewką nerwową, a kanałem jelitowym. Ponieważ ona z czasem zupełnie prawie zanika i dla ciała człowieka dorosłego całkiem podrzędne przedstawia znaczenie, wspomnimy tu o niej w krótkości tylko. Tkanka struny grzbietowej składa się z komórek większych lub mniejszych, pęcherzyko-

watych, których kształt zależy od ścisłego ich ułożenia. Wewnątrz każdej komórki gromadzi się płyn, który protoplazmę w znacznej części wypycha tak, że jądro zostaje często wciśnięte aż ku ścianie. Na zewnątrz silnie zgęszczona ektoplazma ogranicza ciało komórkowe w formie błony. Ponieważ płyn zawarty w komórkach pozostaje pod znacznem ciśnieniem *(turgor)*, wskutek czego komórki ściśle przylegają jedna do drugiej, zyskuje tkanka cała znaczny stopień konsystencji, którą potęgują często występujące w ektoplazmie komórek zróżnicowania włókienkowe, t. zw. włókienka oporowe *(Tenofibrillen)*.

Komórki struny grzbietowej stanowią główną jej masę. Na zewnątrz są one otoczone warstwą małych komórek protoplazmatycznych, zwanych *nabłonkiem struny grzbietowej*. Wkońcu osłonięty jest ów cały postronek złożony z komórek *pochewkami struny grzbietowej*.

W miarę następującego później tworzenia się kręgów chrząstkowych zostaje tkanka struny grzbietowej pomiędzy nie wciśnięta i stanowi w kręgosłupie kostnym istotną część składową *jądra galaretowatego (nucleus pulposus)*, znajdującego się w każdej tarczy międzykręgowej.

2. Tkanka ciałka szklistego.

Tkanka ciałka szklistego stanowi *ciałko szkliste (corpus vitreum)* w oku człowieka i kręgowców i nadaje im specjalną konsystencję. W przeciwieństwie do tkanki struny grzbietowej składa się ona z najdrobniejszych włókienek, ułożonych w cieńsze i grubsze, luźne siatki. Tkanka ta w oku ludzkiem nie zawiera żadnych elementów komórkowych. Włókienka rozgałęziają się, tworzą siatki i są zarówno pod względem zachowania się wobec barwików jak pod względem pochodzenia swego zbliżone do włókienek neurogljowych, pochodzą bowiem, zarówno jak te ostatnie, z zewnętrznego listka zarodkowego. W okresie zarodkowym biorą one początek w oku z komórek siatkówki i nabłonka pęcherza soczewkowego. Później mieszają się po części z elementami mezenchymalnemi, których komórki jednak zanikają w ciągu dalszego rozwoju.

Wśród oczek, tworzących ten utwór siateczkowy, znajduje się płyn, t. zw. *humor vitreus*, który zawiera mukoid.

3. Tkanka galaretowata.

Tkanka galaretowata (śluzakowata, zarodkowa) składa się z rozgałęzionych, gwiazdzistych komórek, łączących się z sobą swemi wypustkami i przy pomocy tych wypustek przechodzących jedna w drugą (Ryc. 43). W ten sposób tworzy się jakgdyby sieć protoplazmatyczna, w której oczkach gromadzi się śluzowata istota,

wydzielana przez komórki. Ta istota podstawowa jest konsystencji ciągliwej, nie posiada struktury i obfituje w wodę. Pod względem chemicznym przedstawia ona mieszaninę prawdziwej, nierozpuszczalnej w wodzie, a w kwasie octowym strącającej się *mucyny* i *mukoidu*, nie strącającego się w kwasie octowym.

Tkanka galaretowata występuje bardzo obficie u wyższych zwierząt i u człowieka w okresie zarodkowym, jednak jedynie we wczesnych stadjach rozwoju, w okresach późniejszych znajdujemy ją jeszcze, np. w miąższu organu szkliwa i w sznurze pępkowym.

Ryc. 43.

Tkanka łączna zarodkowa z warstwy podskórnej zarodka kurczęcia 3½ dniowego.

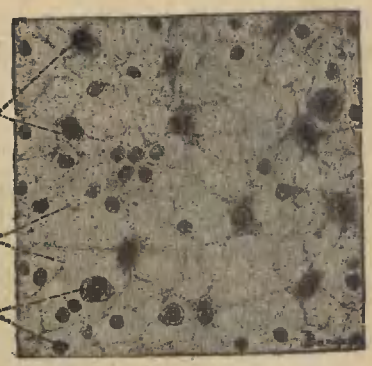
Pow. około 640 razy. Widać dwie figury mitotyczne.

W tym ostatnim tworzy ona pod nazwą *śluzu Whartona* osłonkę naczyń krwionośnych. Jednakże już w drugim miesiącu życia zarodkowego u człowieka przekształca się tkanka galaretowata w sznurze pępkowym w tkankę łączną włóknistą skutkiem tego, że komórki jej wydzielają włókna.

4. Tkanka siateczkowata.

Najwięcej zbliżona do tkanki galaretowatej jest tkanka siateczkowata. Składa się ona zarówno, jak i tamta, z siatki komórek, łączących się z sobą; tu jednak nie wytwarza się istota podstawowa (Ryc. 44).

W tkance siateczkowatej występują stale *włókna tkanki łącznej*. Stanowią one produkt komórek; dlatego też znajdujemy je wewnątrz powierzchniowej części komórek i jej wypustek, otoczone dokoła protoplazmą. U młodszych osobników są one delikatniejsze, niż u starszych i tworzą sieci. Co się tyczy rodzaju tych włókien, to według Morjachina zajmują one stanowisko pośrednie między włóknami klejodajnemi i sprężystemi (zob. tkanka łączna włóknista). Tkanka siateczkowata znajduje się w różnych miejscach ciała ludzkiego, nie występuje jednak nigdy sama, lecz tworzy zawsze zrąb dla ciałek limfatycznych, które wypełniają ściśle oczka jej sieci; ażeby wykazać obecność tej sieci, trzeba wpierw drogą mechaniczną (przy pomocy pędzelka, bądź wytrząsania) usunąć z cienkich skrawków ciałka limfatyczne. Taką tkankę siateczkowatą, wypełnioną szczelnie ciałkami limfatycznemi, nazywamy *tkanką limfoidalną*, *adenoidalną* albo *limfo-adenoidalną*. Znajduje się ona w gruczołach limfatycznych, śledzionie, migdałkach i grudkach limfatycznych przewodu pokarmowego. Co się zaś tyczy tkanki siateczkowatej grasicy, tu już nadmienić należy, że jest ona pochodzenia nabłonkowego (entodermalnego).



Ryc. 44.

Tkanka łączna siateczkowata z gruczołu limfatycznego kota.

Limfocyty usunięto za pomocą pędzelka.

Pow. około 430 razy

Pod względem chemicznym zajmuje tkanka siateczkowata do pewnego stopnia odrębne stanowisko. Zawiera ona mianowicie substancję o właściwościach swoistych, t. zw. *retikulinę* (Mall, Siegfried); substancja ta jest odporniejsza na odczynniki i na trawienie, niż tkanka łączna włóknista, podczas gotowania zaś nie tworzy kleju.

5. Tkanka neurogljowa.

Tkanka neurogljowa stanowi substancję podporową dla elementów nerwowych układu nerwowego ośrodkowego, znajduje się zatem w rdzeniu pacierzowym, w mózgu, w nerwie wzrokowym i w siatkówce i pochodzi również z listka zarodkowego zewnętrznego. Złożona jest z komórek neurogljowych i włókienek neurogljowych. Tkanka neurogljowa zgadza się pod względem budowy z tkanką siateczkowatą o tyle, że w niej również włókienka w całości lub częściowo leżą w komórkach.

Bliższe szczegóły budowy znajdzie czytelnik w rozdziale: „Układ nerwowy ośrodkowy.“ Tutaj wspomniemy tylko, że komórki neurogljowe występują w dwu różnych ukształtowaniach. Po-pierwsze w formie ukształtowania nabłonkowego, jako t. zw. *komórki ependymalne,* które wyścielają światło układu nerwowego ośrodkowego, t. j. kanał środkowy rdzenia pacierzowego i komory mózgu, powtóre jako *astrocyty*, czyli komórki kształtu gwiaździstego o licznych wypustkach, które znajdują się wszędzie pomiędzy swoistemi elementami układu nerwowego ośrodkowego, t. j. pomiędzy komórkami i włóknami nerwowemi.

Włókna neurogljowe są to długie włókna o różnorodnej, ale w swej całej długości równomiernej grubości, które przenikają ciało komórki neurogljowej i są na znacznej przestrzeni osłonięte jego wypustkami protoplazmatycznemi.

Ryc. 45.

Tkanka łączna włóknista luźna z warstwy podskórnej szczura.

Pow. około 300 razy.

6. Tkanka łączna włóknista.

Wprawdzie w obydwu dopiero co umówionych rodzajach substancyj łącznych wytwarzają się włókna stale, nigdy jednak nie występują tak dalece na plan pierwszy, jak *w tkance łącznej włóknistej,* do której omówienia obecnie przechodzimy. Tutaj istota międzykomórkowa, wydzielona w postaci włókien, tworzy główną część składową tkanki, komórki zaś zajmują miejsce drugorzędne.

Istota międzykomórkowa (podstawowa). Istota międzykomórkowa występuje w tkance łącznej włóknistej w postaci dwojakiego rodzaju włókien, *włókien łączno-tkankowych* i *sprężystych,* które zasadniczo różnią się pomiędzy sobą pod względem fizycznym, chemicznym i morfologicznym.

Między włóknami znajduje się skąpa ilość miękkiej, jednorodnej, bezpostaciowej istoty międzywłókienkowej, która w stosunku do wspomnianych włókien jest prawie niedostrzegalna.

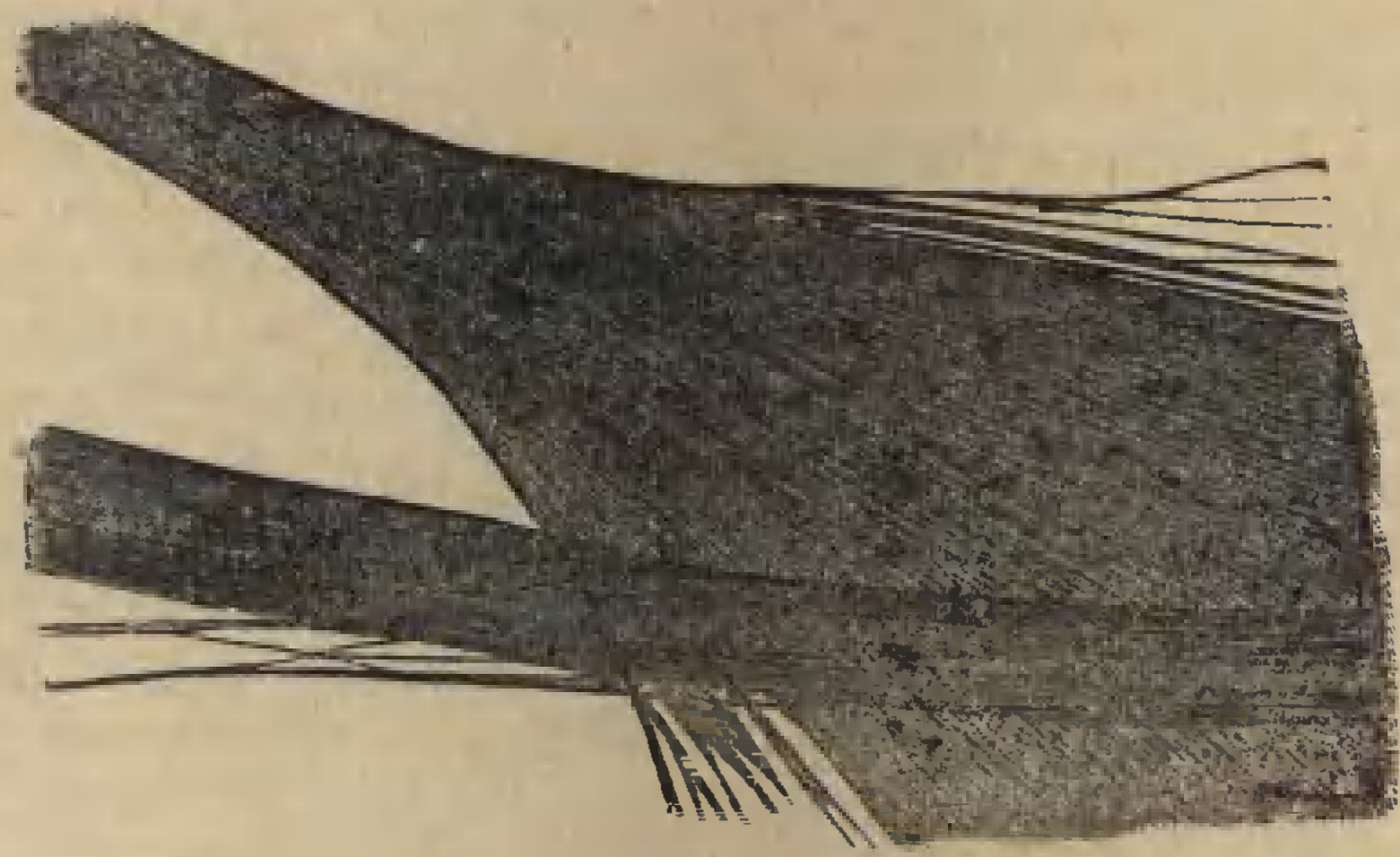
a) *Włókna łącznotkankowe.* Włókna łącznotkankowe są to włókienka nadzwyczaj delikatne, grubości 0,6—1 μ, jednolite, które się nie rozgałęziają i układają się zawsze w wiązki. Wiązki te mogą być grubsze lub cieńsze, zawsze jednak okazują wyraźnie podłużne prążkowanie, ponieważ składają się z bardzo cieniutkich włókienek. Te włókienka są sklejone zapomocą bezpostaciowej białkowatej lub śluzowatej istoty międzywłókienkowej w wiązki łącznotkankowe. Wiązki mogą przebiegać prosto, wężykowato lub falisto, mogą się krzyżować i przeplatać i, w przeciwieństwie do włókienek nigdy nie rozgałęziających się, mogą się rozgałęziać.

Ciekawe i niewyjaśnione jest zachowanie się wiązek włókienek tkanki łącznej wobec takich odczynników, które jak np. kwas octowy wywołują ich pęcznienie. Przytem wiązka nie ulega równomiernemu pęcznieniu w całym swym przebiegu, lecz okazuje miejscami przewężenia. Przyczynę powstawania tych ostatnich tłómaczą badacze w rozmaity sposób. Jedni przypuszczają, że zależą one od włókien sprężystych, które okrężnie owijają wiązki włókien tkanki łącznej; inni wiążą je z wypustkami komórek tkanki łącznej, które opasują wiązki; według innych wreszcie wiązka włókien jest osłonięta delikatną bezpostaciową pochewką, która skutkiem pęcznienia pęka z wyjątkami tych miejsc, gdzie znajdują się cienkie włókienka wzmacniające, przeszkadzające silniejszemu napęcznieniu. Co do właściwości optycznych należy zaznaczyć, że włókna tkanki łącznej są dwójłomne, to znaczy *załamują podwójnie światło* i są dodatnio jednoosiowe.

Pod względem chemicznym odznaczają się włókna te ważnemi charakterystycznemi właściwościami. Mianowicie, w zimnej wodzie pęcznieją nieco, w gotujące jsilnie się kurczą, a przy dłuższem ogrzewaniu w parze o zwiększonem ciśnieniu rozpuszczają się w zupełności. Jeżeli się działa na tkankę łączną włóknistą rozcieńczonemi kwasami, jak kwasem octowym, cytrynowym, solnym, azotowym, to włókna łącznotkankowe ulegają bardzo znacznemu napęcznieniu, układają się ściśle obok siebie i w całości zmieniają się w przeźroczystą, napęczniałą masę, w której nie można rozróżnić ani oddzielnych wiązek, ani włókien, gdyż zarysy ich zupełnie się zacierają. Jeżeli się ogrzeje taką napęczniałą w kwasach tkankę łączną, rozpuszcza się ona i zamienia na *klej*, zwany *glutyną*. Dlatego nazywamy też włókna tkanki łącznej *włóknami klejodajnemi* (klejorodnemi), zaś główną ich część składową — *kollagenem* (substancją klejorodną). Kollagen i glutyna, chociaż mają zupełnie podobny skład chemiczny,

posiadają odmienne właściwości. Są to albuminoidy; prawdopodobnie glutyna jest wodorotlenkiem kollagenu.

Wiązki włókienek łącznotkankowych ulegają strawieniu w soku żołądkowym, również w soku trzustkowym; w ostatnim wypadku jednak tylko po poprzedniem napęcznieniu w rozcieńczonych kwasach. Jeżeli działa się na nie zasadami (wodorotlenkami), pęcznieją również, rozpadają się jednak na oddzielne włókienka. Wodorotlenki bowiem rozpuszczają istotę, łączącą z sobą włókienka (istotę międzywłókienkową); najlepiej używać w tym celu wody wapiennej lub barytowej (ryc. 46).



Ryc. 46.

Włókna tkanki łącznej ze ścięgna myszy po zadziałaniu kwasem pikrynowym i rozskubane igiełkami.

Pow. około 800 razy.

b) *Włókna sprężyste (elastyczne).* Włókna łącznotkankowe stanowią główną część składową zwykłej tkanki łącznej włóknistej, obok nich zaś występuje już to obficiej, już też mniej obficie drugi rodzaj włókien, które nazywamy włóknami sprężystemi (Ryc. 45, ryc. 50 elf). Mogą one być grubsze lub cieńsze, zawsze jednak przebiegają pojedyńczo, nie tworząc nigdy wiązek, jak włókna łącznotkankowe. Biegną one zazwyczaj wijąc się biczykowato i rozgałęziają się dwudzielnie; rozgałęzieniami temi mogą się z sobą łączyć (anastomozować). Włókna sprężyste wyróżniają się znaczną sprężystością i silnem *załamywaniem światła,* co im nadaje pod mikroskopem znaczny połysk. W mikroskopie polaryzacyjnym włókna sprężyste wykazują daleko mniejszą anizotropję, niż włókna klejodajne.

Pod względem chemicznym włókna sprężyste, względnie ich główna część składowa, *elastyna*, posiadają godną uwagi właściwość, mianowicie znaczną odporność wobec odczynników rozpuszczających. W zwykłych warunkach nie wywołuje w nich zmiany ani woda zimna, ani gorąca, ani rozcieńczone kwasy, ani też rozcieńczone alkalja. Przy dłuższem ogrzewaniu pod ciśnieniem włókna sprężyste rozpuszczają się, przyczem elastyna rozszczepia się na protoelastozę i deuteroelastozę, jednak nie wytwarzają kleju. Wobec tego, iż na preparatach mikroskopowych włókna sprężyste często z trudem zaledwie można odróżnić od włókien klejodajnych, przewyższających je znacznie ilością, doskonałym środkiem rozpoznawczym jest ich zachowanie się wobec rozcieńczonych kwasów. Jeżeli do takiego preparatu doda się kilka kropli rozcieńczonego kwasu octowego, wówczas włókna łączno-tkankowe silnie pęcznieją, stają się przeźroczyste, a wśród tej napęczniałej masy występują nadzwyczaj wyraźnie niezmienione, połyskujące włókna sprężyste. W soku żołądkowym rozpuszcza się elastyna bardzo powoli, szybciej w soku trzustkowym.

Ryc. 47.
Kawałek ścięgna z ogona białej myszy.
Między wiązkami włókien łączno-tkankowych ułożone są szeregami komórki, z których część widzimy z góry, a część z boku.
Pow. około 400 razy.

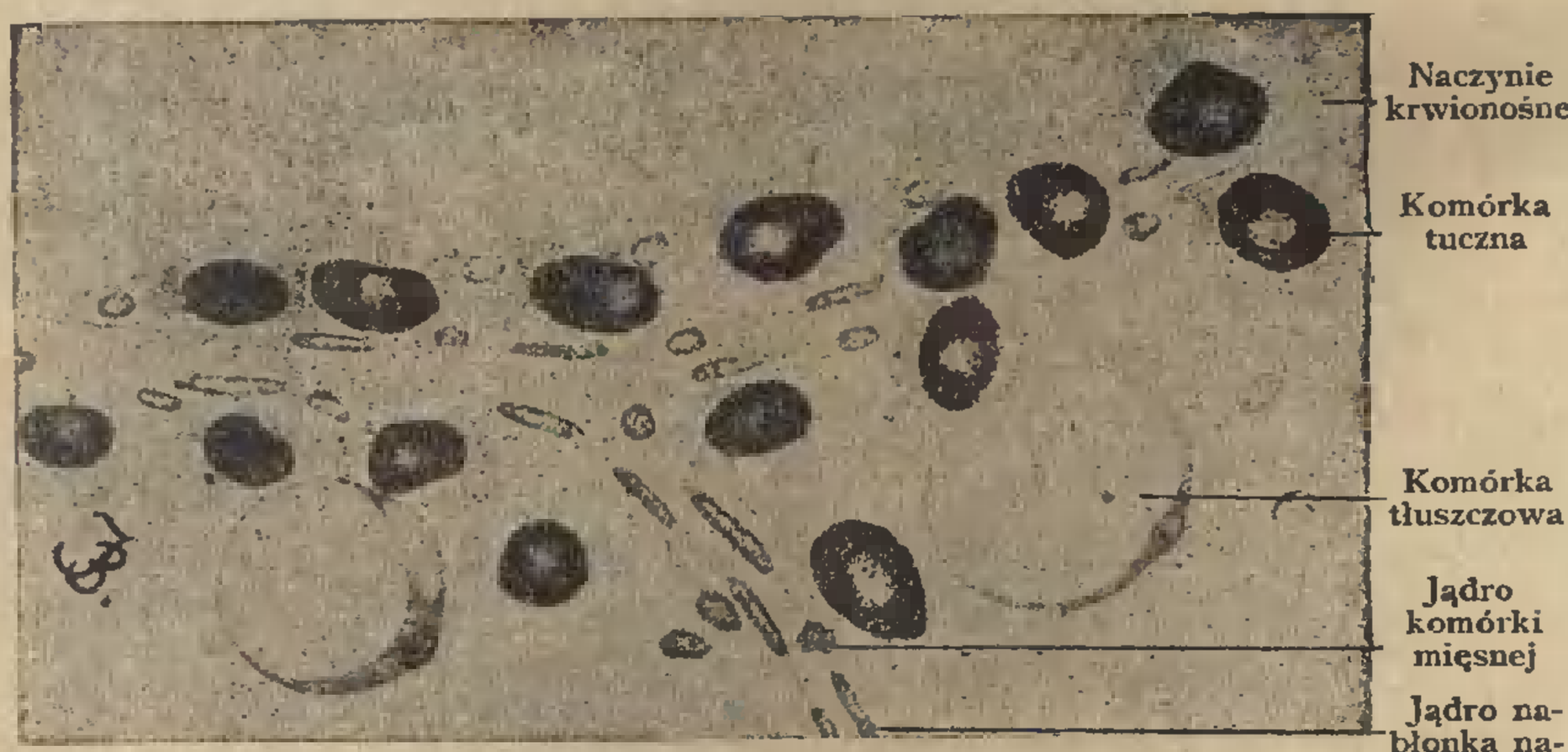
Między temi elementami stoty międzykomórkowej znajduje się, różnie rozwinięty w różnych miejscach, system luk i szczelin, łączących się z sobą, (Saftlückensystem); służy on do odżywiania tkanki łącznej i wypełniony jest limfą. W szczelinach tych leżą ponadto komórki łącznotkankowe.

Komórki tkanki łącznej. Pomimo, iż komórki w zwykłej tkance łącznej ustępują wobec masy włókien na plan dalszy, to jednak ilość ich jest dość znaczna, a formy bardzo charakterystyczne. Można rozróżnić w tkance łącznej 6 różnych rodzajów komórek: a) *fibroblasty*, b) *komórki tuczne*, c) *klazmatocyty*, d) *limfocyty*, e) *komórki plazmatyczne i* f) *komórki cozynochlonne.*

a) *Fibroblasty (komórki twórcze tkanki łącznej)* — (ryc. 45, ryc. 46, ryc. 50 Fb). Są to właściwe komórki tkanki łącznej i jedynie one mają zdolność wytwarzania włókien istoty międzykomórkowej.

Stanowią one komórki duże, rozrzucone wszędzie między włóknami i wyróżniające się tem, iż ciało ich jest płaskie, bardzo cienkie i wysyła liczne płatowate lub żaglowate wypustki, które przylegają ściśle do włókien łącznotkankowych; z boku mają kształt wrzecionowaty. Jądro ich jest wielkie, owalne, blade wskutek nieznacznej ilości chromatyny, rozłożonej równomiernie i posiada wyraźne jąderka. W plazmie znajdujemy niekiedy delikatne ziarnistości i małe kropelki tłuszczu. Kształt i układ fibroblastów ulegają znacznym zmianom zależnie od mniej lub bardziej zwartego układu włókien łącznotkankowych i od ich ułożenia. Tak więc w tkance łącznej luźnej mogą one leżeć gromadnie, w tkance łącznej zbitej tworzą szeregi, pasy lub słupy (ryc. 47). Fibroblasty mogą zawierać w swem ciele *barwik (pigment)*; nazywamy je wtedy *komórkami łącznotkankowemi barwikowemi* (ryc. 48). Mogą też one gromadzić w dużej ilości tłuszcz, stanowiąc wówczas *komórki tłuszczowe*.

Ryc. 48.
Komórka barwikowa ze skóry nowonarodzonej salamandry.
Pow. około 200 razy.



Ryc. 49.
Z tkanki podskórnej szczura.
Wzdłuż naczyń znajdują się komórki tuczne i dwie komórki tłuszczowe. Pow. około 540 razy.

b) *Komórki tuczne* (ryc. 49 i 50 Mz). Tą nazwą, wprowadzoną przez Ehrlicha, oznaczamy komórki duże, kształtu mniej więcej kulistego lub owalnego, czasem wydłużonego, posiadające w plazmie, jako charakterystyczny składnik, liczne bardzo ziarenka, które za-

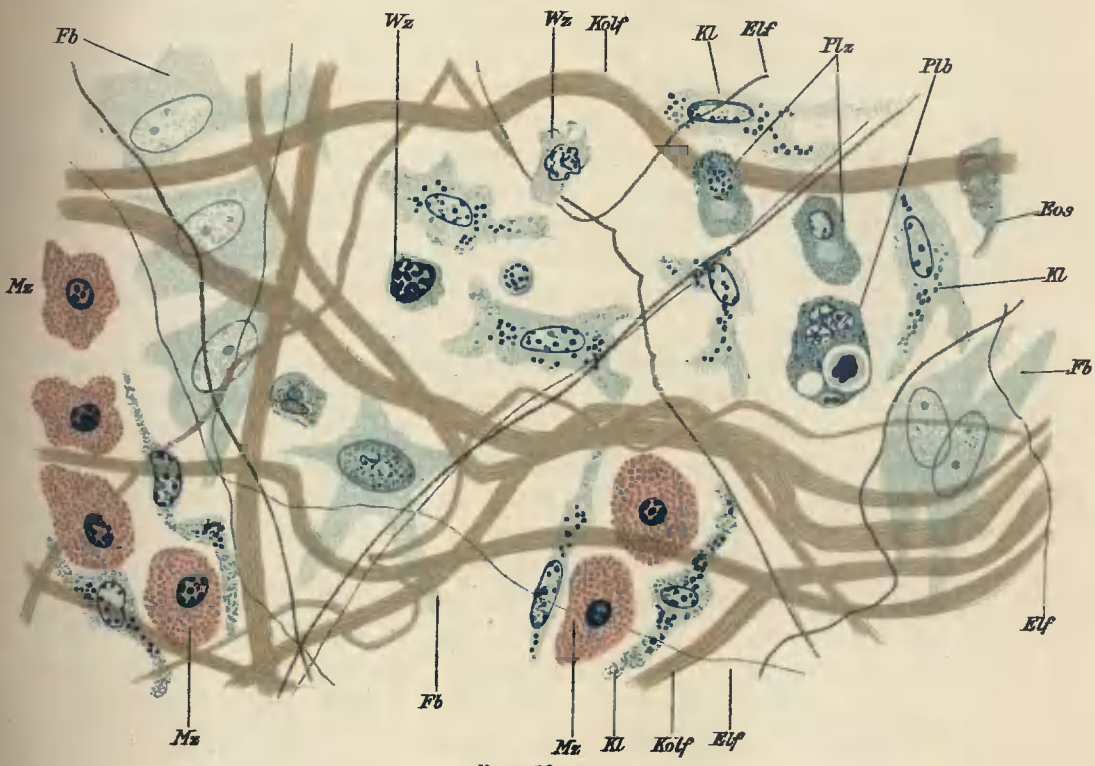
chowują się w swoisty sposób wobec zasadowych barwików anilinowych. Ziarenka komórek tucznych utrwalają się z trudem, gdyż rozpuszczają się mniej lub więcej łatwo w wodzie i w roztworach wodnych; za życia barwią się silnie czerwienią obojętną (Neutralrot), na utrwalonych zaś preparatach pewne niebieskie zasadowe barwiki (tionina, błękit toluidynowy) nadają im barwę mocno czerwoną. Takie barwienie nazywamy *metachromatycznem*. Jądra komórek tucznych, często przysłonięte ziarnami, są kuliste albo owalne i jasne; po zabarwieniu pozostają one też bledsze, niż jądra innych rodzajów komórek. Komórki tuczne znajdują się wszędzie wśród tkanki łącznej, jużto pojedyńczo rozproszone, jużto w skupieniach, najobficiej w bliskości naczyń, którym często na znacznej przestrzeni towarzyszą jak np. w krezce (mesenterium). Również w większej ilości komórki te znajdują się w otoczeniu zrazików tłuszczowych. Najobficiej występują one w tkance łącznej myszy i szczura. Ehrlich był początkowo mniemania, że komórki te przy obfitszem doprowadzaniu pożywienia obficiej też się rozwijają i dla tego dał im nazwę „*komórek tucznych*" (*Mastzellen*); jednak pogląd ten nie utrzymał się wobec późniejszych badań, które wykazały, że komórki tuczne w równym stopniu występują też u zwierząt głodzonych i zimujących w śnie (Ballowitz). Zdaje się, że komórki te w każdym razie odgrywają w ciele dość znaczną rolę fizjologiczną; przemawia za tem ich stałe występowanie, jak również zachowanie się podczas chorobowych procesów zapalnych i ropnych (Maximow).

Są pewne podstawy do przypuszczenia, że substancja, tworząca ziarna, powstaje w jądrze i stąd przechodzi do plazmy (Maximow); przemawia za tem fakt, iż u niektórych zwierząt wewnątrz jądra komórek tucznych istnieją ziarna barwiące się również metachromatycznie (Ehrlich i Lazarus). Maximow jest nawet zdania, że komórki tuczne spełniają czynności gruczołowe i wydalają do otaczających je tkanek substancję, wytwarzaną w ich protoplazmie, bliżej jednak nieznaną. Komórki tuczne występują, oprócz tkanki łącznej, również we krwi, jako osobny rodzaj leukocytów. Różnią się one od komórek tkanki łącznej przedewszystkiem właściwościami jądra, które w komórkach tucznych krwi ma kształt zgiętego węża o nierównomiernej grubości, często z bardzo głębokiemi wrębami. Stosunek komórek tucznych tkanki łącznej do komórek tucznych krwi nie jest wyjaśniony. Być może, że obydwa te rodzaje komórek mogą się nawzajem zastępować, gdyż u zwierząt, posiadających nieliczne komórki tuczne w tkance łącznej (u królików), występują licznie komórki tuczne we krwi i naodwrót (u szczura, myszy, kota).

c) *Klazmatocyty* (ryc. 50 Kl.). Ta postać komórek, odkryta przez Ranviera, tworzy również stały składnik tkanki łącznej. Są to komórki zazwyczaj wydłużone, często różnokształtne o wyraźnych zarysach, posiadające czasami kilka kończastych wypustek. W bliskości jądra zawiera zazwyczaj plazma połyskujące, żółtawe ziarenka, nie barwiące się jednak metachromatycznie barwikami zasadowemi. Jądra posiadają nieregularne kształty i są mniejsze i ciemniejsze, niż w fibroblastach. Klazmatocyty znajdują się wszędzie w tkance łącznej w towarzystwie fibroblastów, zazwyczaj jednak w sąsiedztwie naczyń krwionośnych i zrazików tłuszczowych. Według Ranviera komórki te u płazów miałyby stanowić rodzaj gruczołów; mianowicie cząstki wypustek komórkowych mają się odrywać i rozpuszczać w płynie tkankowym *(klasmatoza)*. Okazało się jednak, że komórki opisane przez Ranviera u płazów nie są wcale klazmatocytami, lecz komórkami tucznemi. Według nowych badań są klazmatocyty osiadłemi i zmienionemi komórkami wędrującemi; zgodnie też z tym poglądem Maximow proponuje dla nich nazwę *wędrujących komórek w spoczynku.*

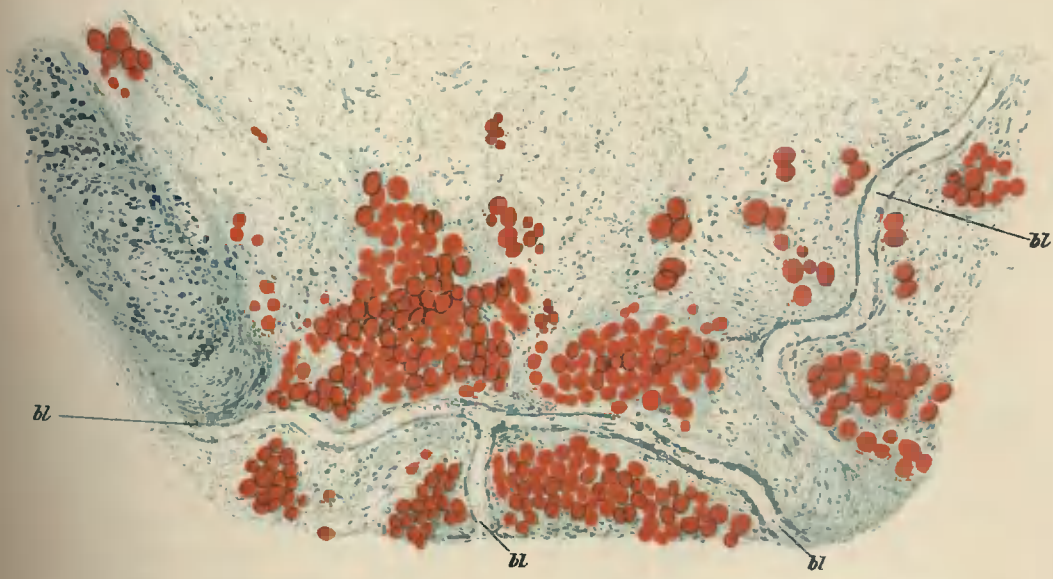
d) *Limfocyty* czyli *komórki wędrujące* (ryc. 50 Wz.) znajdują się wszędzie w tkance łącznej, a zasila je stale dopływ elementów komórkowych krwi i limfy, które wywędrowują z naczyń i przenikają do tkanki łącznej. Najobficiej występują one w otoczeniu naczyń pomiędzy komórkami tłuszczowemi i w błonach surowiczych, szczególnie w sieci. Kształty ich są równie zmienne, jak wielkość, jednak nigdy nie osiągają rozmiarów poprzednio opisanych rodzajów komórek. Komórki wędrujące posiadają w wysokim stopniu zdolność *ruchu pełzakowatego* (*amebowatego)*. Mogą one podczas wędrówki swej przez szczeliny tkanki łącznej przyjmować do wnętrza swego ciała najrozmaitsze substancje i przerabiać je; tak też mogą pochłaniać szkodniki, które dostały się do organizmu, jak bakterje i uczynić je nieszkodliwemi *(fagocyty* — Ryc. 50 Plb.). Odgrywają one wskutek tego podczas procesów chorobowych nadzwyczaj ważną rolę. Wędrują nietylko przez tkankę łączną, lecz wchodzą również w nabłonki i, przeciskając się pomiędzy komórkami nabłonka, przedostają się wreszcie na zewnętrzną lub wewnętrzną powierzchnię ciała.

e) *Komórki plazmatyczne* (Ryc. 50 Plz.). Ten rodzaj komórek, opisany po raz pierwszy przez Unnę, zjawia się w normalnej tkance łącznej dosyć rzadko, częściej natomiast występuje w narządach krwiotwórczych. Są to po większej części komórki kuliste i wieloboczne, bardzo różnej wielkości; siateczkowata ich plazma nie zawiera żadnych ziarenek, okazuje jednak charakteryzujące je wybitne powinowactwo do niektórych zasadowych barwików anilinowych, jak np. do błękitu metylenowego. Wewnątrz ciała komórkowego



Ryc. 50.

Różne rodzaje komórek tkanki łącznej luźnej (według Maximowa). Barwione błękitem metylenowym. (Objaśnienie w tekście.) Pow. około 1000 razy.



Ryc. 51.

Tkanka tłuszczowa z krezki królika. Barwienie hematoksyliną ałunową i sudanem III. Tłuszcz zabarwiony na czerwono; bl = Naczynie krwionośne. Pow. około 50 razy.

jest zawsze miejsce słabiej zabarwione, zawierające liczne ciałka środkowe. Zdaje się jednak, że w normalnych warunkach ciałka środkowe występują w komórkach plazmatycznych pod postacią diplosomów. Najczęściej spotyka się je w sieci (omentum) królika. Bardzo ważną jest ich rola w procesach chorobowych; wtedy rozwijają się one z wywędrowanych limfocytów.

f) *Komórki eozynochłonne* (Ryc. 50 Eos.). W normalnych warunkach występują one bardzo rzadko i nie są niczem innem jak leukocytami eozynochłonnemi, które wywędrowały z dróg krwionośnych, straciły zdolność ruchu i osiedliły się w tkance łącznej. Część ich, przeznaczona na zagładę, ulega zwyrodnieniu. Są to komórki po większej części kuliste, średniej wielkości, z jądrem różnokształtnem, pierścieniowatem i wężykowatem. Dokoła jądra leżą liczne drobne, lub nieco grubsze ziarenka, posiadające specjalne powinowactwo do kwaśnych barwików anilinowych, jak np. eozyny.

Wszystkie te tak różnorodne komórki tkanki łączej pochodzą ostatecznie od komórek *mezenchymy*. Początkowo wszystkie komórki mezenchymy w stadjum opisanej poprzednio tkanki galaretowatej są jednakowe i stałe. U królika następuje różnicowanie dopiero w 12-tym dniu i to przedewszystkiem w otoczeniu naczyń. Część komórek mezenchymatycznych traci tutaj swą postać gwiaździstą i zamienia się na okrągłe komórki wędrujące, komórki wędrujące tkankowe. Mamy więc w mezenchymie dwa rodzaje komórek; zadaniem jednych jest wytworzenie typowej istoty międzykomórkowej późniejszej tkanki łącznej w formie włókien klejorodnych i sprężystych i te nazywamy *fibroblastami;* drugie, komórki wędrujące tkankowe, dostarczają większej części reszty składników komórkowych tkanki łącznej (M a x i m o w). Podczas więc, gdy fibroblasty zachowują przez całe życie swój pierwotny charakter, komórki wędrujące tkankowe ulegają ważnym zmianom. Rozmnażając się znacznie, zamieniają się stopniowo w limfocyty, komórki zupełnie analogiczne do limfocytów krwi. Część ich osiedla się, zwiększa i przekształca na klazmatocyty, inna część wytwarza swoiste ziarnistości i zamienia na komórki tuczne, wreszcie trzecia część przechodzi w komórki plazmatyczne. Komórki eozynochłonne pochodzą wszystkie z dróg krwionośnych; są one leukocytami, które ze krwi wywędrowały.

Tworzenie się włókien klejorodnych z fibroblastów stanowiło przez długi czas w dziedzinie histogenezy kwestję, będącą przedmiotem namiętnych sporów. Obecnie jeszcze zwalczają się nawzajem dwa poglądy, przyjmujące zewnątrzkomórkowe, względnie śródkomórkowe pochodzenie włókien. Według pierwszego z tych poglądów fibroblasty wydzielają najpierw istotę podstawową kolloi-

dalną, w której następnie, niezależnie od komórek, wskutek napięcia spowodowanego ciągnieniem i uciskiem w pewnym kierunku powstają włókna, układające się w pewien określony sposób (Virchow, Kölliker, von Ebner, Merkel). Drugi pogląd przyjmuje, iż włókienka tworzą się w zewnętrznej warstwie protoplazmy komórkowej (Lwów, Flemming, Reincke, Spuler, Maximow, Livini, v. Korff, Meves, Frederikse). Trzej ostatni z wymienionych autorów twierdzą, iż w wytworzeniu włókienek łącznotkankowych przyjmują bezpośredni udział mitochondrja, występujące obficie w komórkach tak, że włókienka tkanki łącznej są poprostu czynnościowo zróżnicowanymi chondrjokontami, które to ostatnie twierdzenie musimy z niejaką pewnością uznać za słuszne. Według Mevesa chondrjokonty, znajdujące się początkowo wewnątrz cytoplazmy, układają się następnie na powierzchni komórki, przyczem zmieniają w taki sposób swe właściwości chemiczne, iż nie barwią się już metodami mitochondrjalnemi. W wytworzeniu jednego włókienka biorą udział liczne komórki, przyczem każda z nich wytwarza pewien tylko odcinek włókienka, poczem poszczególne odcinki łączą się z sobą. Następnie zmieniają włókienka powtórnie swe właściwości chemiczne i zmieniają się w kollagen. Teraz uwalniają się od komórek i układają swobodnie między niemi. Frederikse zauważył na swych preparatach nawet wyraźne przechodzenie z mitochondrjów w włókienka łącznotkankowe. Włókienka łącznotkankowe powstają zatem wewnątrz ciała fibroblastów i uwalniają się z nich w taki sposób, iż plazma komórkowa usuwa się od nich i oswobadza je.

Również sporną jest sprawa powstawania włókien sprężystych. Jedni twierdzą, jakoby powstawały one w istocie podstawowej (Gerber, Schwalbe, v. Ebner, Henneguy), inni zaś sądzą, że pewne zaczątki włókien sprężystych tworzą się wewnątrz plazmy komórkowej pod postacią drobnych ziarenek; ziarenka te układają się obok siebie i zlewają się z sobą, tworząc w ten sposób delikatne włókienko (O. Hertwig, Bubnow, Gardner, Spuler, Spaltehol z). Niektórzy autorowie (Kuskow, Retterer) wypowiadają także zdanie, iż w tworzeniu włókien sprężystych przyjmują udział jądra komórek. Pozostaje kwestją nierozstrzygniętą, czy włókna sprężyste i klejorodne są wytworami odrębnego rodzaju komórek *(elastoblastów)*, czy też fibroblasty mają zdolność wytwarzania również włókien sprężystych.

Zależnie od rozmaitego stopnia wykształcenia i od układu substancji włóknistej, jako też od tego, w jakim kierunku odbywa się rozwój fibroblastów, możemy rozróżnić następujące podgrupy tkanki łącznej włóknistej.

1. *Tkanka łączna luźna czyli wiotka* (Ryc. 45 i 50). W tkance tej wiązki włókien łącznotkankowych tworzą luźny splot, przetkany cienkiemi włóknami sprężystemi, mniej lub więcej obficie rozwiniętemi. W tkance łącznej luźnej występują wszystkie wyżej omówione rodzaje komórek. Tkanka ta tworzy luźną masę wypełniającą przestrzenie pomiędzy włóknami mięsnemi wewnątrz mięśni (perimysium internum), pomiędzy zrazikami wewnątrz rozmaitych gruczołów, między skórą a systemem mięśniowym (tkanka łączna podskórna) i w wielu innych miejscach.

2. *Tkanka łączna zbita czyli ukształtowana.* Postacie, pod jakiemi może występować ta tkanka, są bardzo rozmaite, wszystkie jednak mają tę wspólną właściwość, że wiązki włókien łącznotkankowych są ułożone gęsto i mają określony kierunek, jako następstwo czynników mechanicznych (ciśnienia i ciągnienia). Z tem wiąże się również wyraźna prawidłowość w układzie elementów komórkowych, które tutaj należą prawie wyłącznie do grupy fibroblastów; układają się one warstwami albo szeregami. Tak np. *w ścięgnach* wszystkie włókna tkanki łącznej biegną obok siebie równolegle (ryc.46), ściśle do siebie przylegając, i układają się w wiązki. Komórki tworzą między wiązkami włókien podłużne szeregi (ryc. 47). Układają się one bezpośrednio jedna za drugą, wypełniając płaskiemi swemi ciałami nieznaczną przestrzeń, jaka pozostaje między sąsiedniemi wiązkami, przyczem wysyłają błoniaste wypustki w kształcie skrzydeł i osłaniają niemi wiązki. Wzdłuż rzędów komórek występują dwa lub trzy równoległe szeregi ciemniejszych prążków, które są po prostu listewkami biegnącemi na powierzchni komórek w formie żeberek, jakie powstają wskutek ucisku ze strony sąsiednich wiązek, pomiędzy które komórki się wciskają. Natomiast w innych miejscach, np. *w rogówce*, wiązki włókien tkanki łącznej posiadają układ wyraźnie warstwowy, a komórki są rozmieszczone pokładami w płaszczyznach równoległych do powierzchni; wskutek tego też na poprzecznym przekroju rogówki widzimy komórki, ułożone równoległymi szeregami. Tkanka łączna zbita czyli ukształtowana tworzy powięzie (fasciae), rozcięgna (aponeurosis), pochewki mięśniowe zewnętrzne (perimysium externum), ścięgna i więzadła, podstawę błon surowiczych, błon śluzowych, jakoteż rogówkę i twardówkę.

3. *Tkanka łączna sprężysta.* Jeżeli w tkance ilość włókien sprężystych przewyższa znacznie ilość klejorodnych, nazywamy ją *tkanką sprężystą.* Tkanka sprężysta występuje nie tylko w postaci włókien, lecz także w kształcie sieci, błon i płytek. Tkanka ta może tworzyć specjalne narządy jak np. więzadło karkowe (ryc. 52). Tutaj włókna sprężyste osiągają dość znaczną grubość i leżą gęsto obok siebie, rozdzielone jedynie nieznaczną ilością tkanki klejorodnej.

Do włókien przylegają ściśle komórki o cienkiem błoniastem ciele plazmatycznem; komórki te obejmują prawdopodobnie włókna sprężyste ciągłą, delikatną powłoką protoplazmatyczną. Tkanka sprężysta rozwija się obficie w ścianach naczyń krwionośnych; tutaj tworzy ona sieci, które przy znacznem rozszerzeniu i spłaszczeniu włókien i odpowiedniem do tego zwężeniu oczek tworzą t. zw. elastyczne *błony okienkowate (membranae fenestratae)*. Tkanka sprężysta przyjmuje również wybitny udział w budowie niektórych innych narządów, jak np. narządu oddychania.

Ryc. 52.
Przekrój przez więzadło karkowe (ligamentum nuchae) wołu.
Pow. około 200 razy.

4. *Tkanka tłuszczowa.* Tkanka tłuszczowa może osiągnąć w niektórych miejscach stopień bardzo znacznego rozwoju i posiada wówczas swe własne zawiązki. Istnieją mianowicie pewne stałe punkty wyjścia dla rozwoju tkanki tłuszczowej, t. zw. *narządy pierwotne zrazików tłuszczowych* (Kölliker, Fettkeimlager, Toldt), które znajdują się w okolicy nerek, w krezce, w okolicy nasad kończyn (w dole pachowym i pachwinowym), w szyi i w tkance podskórnej (podściółka tłuszczowa — panniculus adiposus). W innych razach widzimy komórki tłuszczowe, występujące wśród tkanki łącznej luźnej w skupieniach drobnych, przypadkowych lub nawet pojedyńczo rozrzucone.

Co do istoty i stanowiska tkanki tłuszczowej istnieją dwa różne poglądy. Według jednego z nich jest tkanka tłuszczowa niczem innem, jak tylko odmianą tkanki łącznej włóknistej, (Fleming); inni upatrują w niej osobny rodzaj tkanki (Kölliker, Toldt), która wytwarza się ze swoistych komórek tkanki tłuszczo-

wej (Toldt), albo z komórek wytwarzających tłuszcz (*Steatoblasty*, Schaffer). Zwolennicy teorji pierwszej przypisują fibroblastom zdolność wytwarzania i gromadzenia tłuszczu w swem ciele i twierdzą, że owe rzekomo swoiste komórki tkanki tłuszczowej innych badaczy pochodzą ze stałych komórek tkanki łącznej (fibroblastów) (Flemming, Hammar, Berg), które zatracają właściwy swój charakter, a mianowicie gwiaździsty kształt swój zmieniają w kulisty i tracą swą zdolność włóknotwórczą. Tam, gdzie ma przyjść do masowego tworzenia się tłuszczu w komórkach, proces ten zaczyna się od obfitego rozwoju naczyń. Komórki wytwarzające tłuszcz w swem ciele obfitują w protoplazmę, mają kształt prawie kulisty, są duże i pozbawione początkowo błony komórkowej. Już w najwcześniejszym okresie istnienia swego wytwarzają one w swej drobnoziarnistej protoplazmie pierwsze kropelki tłuszczu, których ilość szybko wzrasta; kropelki te powiększają się wkrótce i zlewają w duże krople, których wielkość dochodzi często do 130 μ. Przytem rozwija się na powierzchni komórek błona komórkowa, powstająca wskutek zagęszczenia się cytoplazmy, pierwotna zaś protoplazma komórkowa wraz z jądrem zostaje coraz bardziej zepchnięta na obwód komórki, aż wreszcie tworzy wąski rąbek zawierający jądro, który w formie sygnetu okala ze wszech stron wielką kulę tłuszczu. (Ryc. 49 i 53).

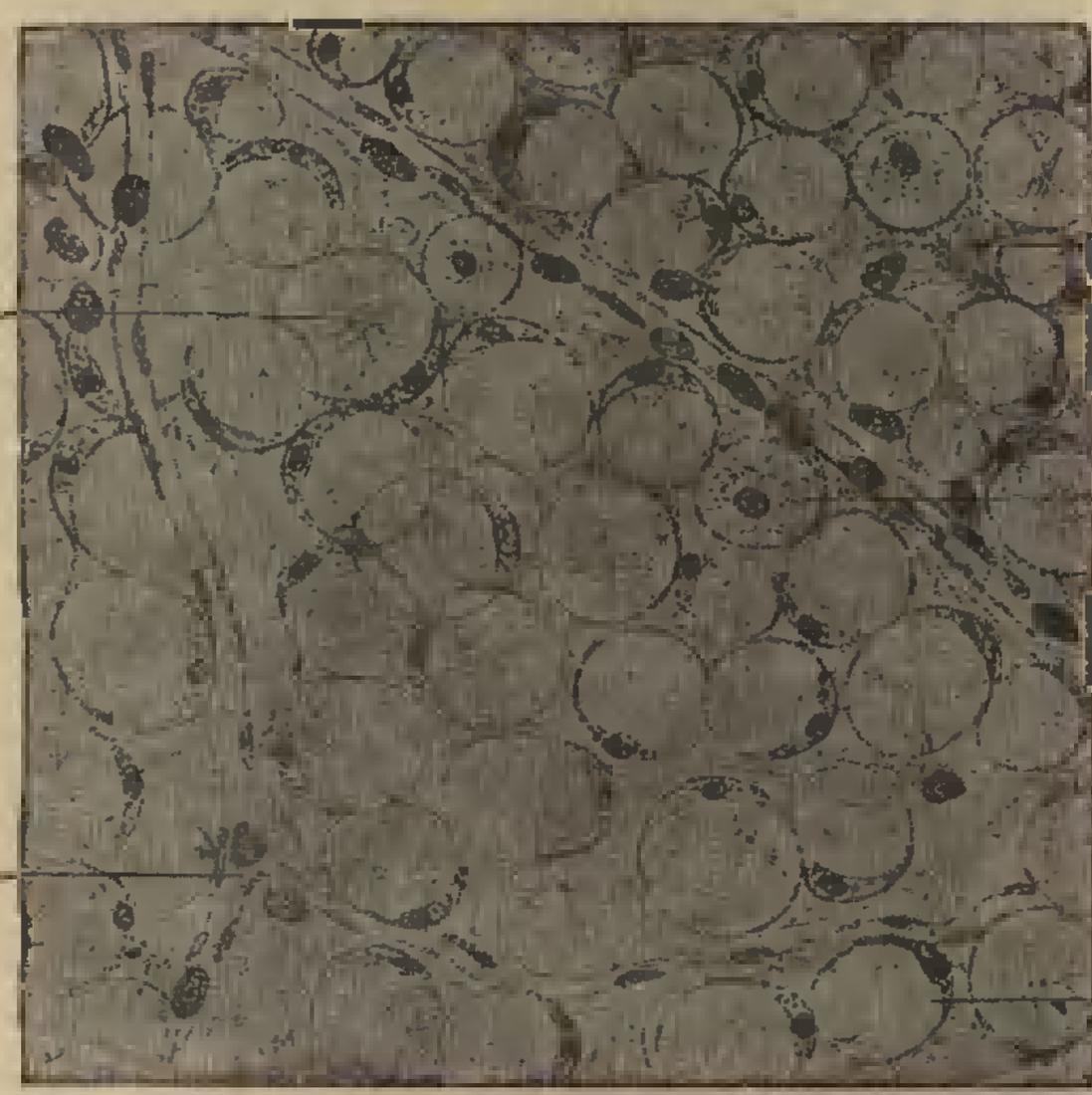
Komórki takie gromadzą się w drobne grupy, zwane zrazikami tłuszczowemi (Ryc. 51), które otoczone są nielicznemi włóknami klejorodnemi, wytworzonemi przez dawne fibroblasty. Pomiędzy komórkami tłuszczowemi znajdują się również w niewielkiej ilości komórki wędrujące; natomiast w otoczeniu zrazików tłuszczowych występują komórki tuczne i klazmatocyty. Zraziki tkanki tłuszczowej są nadzwyczaj obficie unaczynione: Każdy zrazik tłuszczowy posiada samoistny i odrębny system naczyń krwionośnych. Doprowadza do niego krew jedna tętnica, przechodząca w gęstą sieć włosowatą, z której biorą początek dwie żyły, krew odprowadzające.

Ważną rolę w wytwarzaniu tłuszczu przypisują z wielu stron ziarnistościom (granula), zawartym w młodych komórkach tłuszczowych (Metzner, Altmann). Najnowsze badania wykazały, że przy tworzeniu się tłuszczu współdziałają czynnie mitochondrja. Według Dubreuil'a przechodzą mitochondrja w kropelki lipoidalne, następnie zaś w krople tłuszczu.

Innego poglądu jest Schreiner, według którego powstają wakuole tłuszczowe z ziarenek, nie będących jednak identycznemi z plastosomami Mevesa, lecz pochodzących z jądra, a mianowicie z substancji jąderkowej, która przechodzi z jądra do cytoplazmy.

Pod względem chemicznym są tłuszcze zwierzęce estrami glicerynowymi kwasów tłuszczowych, mianowicie kwasu stearynowego, palmitynowego i olejowego. Ponadto mogą tu występować w małej ilości powyższe kwasy tłuszczowe w stanie wolnym. Tłuszcz jest nierozpuszczalny w wodzie i w zimnym alkoholu, rozpuszczalny w eterze, benzolu i chloroformie. Jeżeli tłuszcz leży na wolnem powietrzu, następuje jego rozkład: rozszczepia się na glicerynę i wolne kwasy tłuszczowe, które utleniają się następnie na związki o nieprzyjemnej woni, charakterystycznej dla zjełczałego tłuszczu. Przytem wolne kwasy, szczególniej mieszanina kwasu stearynowego i palmitynowego, krystalizują pod postacią długich i cienkich igieł. Są to t. zw. *kryształki margaryny*, które mogą powstawać również wewnątrz komórek tłuszczowych w obumarłych tkankach (ryc. 51 i 53).

Ważną rzeczą, ze względu na mikroskopowe wykazanie tłuszczu, jest jego zachowanie się wobec czterotlenku osmu, t. zw. *kwasu osmowego*. Jeżeli zadziała



Ryc. 53.
Tkanka tłuszczowa z warstwy podskórnej białej myszy.
Pow. około 200 razy.

się na świeżą tkankę tłuszczową 0,5—1 % roztworem tego kwasu, to krople tłuszczu barwią się najpierw na jasno-brunatno, następnie ciemno-brunatno, wreszcie na czarno. Podczas tego procesu tłuszcz odciąga najzupełniej tlen od kwasu osmowego, który odtlenia się na osm metaliczny i osadza się w tłuszczu pod postacią bardzo delikatnych złogów. Jednakże, jak się okazało, właściwość ta kwasu osmowego nie jest swoistą wyłącznie dla tłuszczu; Altmann bowiem wykazał, że z jednej strony sama już oleina, z drugiej zaś strony inne jeszcze składniki organizmu zwierzęcego, jak np. pewne ziarnistości gruczołowe posiadają tę samą zdolność odtleniania.

Równie swoistym odczynnikiem na tłuszcz jest barwik roślinny zwany *alkanniną*, a zawarty w korzeniu alkanny (Anchusa tinctoria); jest on rozpuszczalny w alkoholu, eterze i tłustych olejach. Wyciąg z korzenia alkanny barwi tłuszcz silnie czerwono. Charakterystyczne wreszcie jest zachowanie się tłuszczów wobec małej grupy barwików anilinowych t. zw. *barwików obojętnych*, do których, po-

między innemi, należy sudan III., szkarłat R. i szkarłat Biebricha; rozpuszczone w alkoholu barwią one tłuszcz intenzywnie na czerwono, podczas gdy otaczające tkanki pozostają niezabarwione (ryc. 50).

Gromadzenie tłuszczu w plazmie nie stanowi swoistej właściwości komórek tłuszczowych i fibroblastów, lecz występuje bardzo powszechnie; znaczną ilość tłuszczu mogą zawierać komórki nabłonkowe rozmaitych gruczołów, komórki walcowate przewodu pokarmowego, komórki wątrobowe i chrzęstne.

Tłuszcz, który znajdujemy w organizmie, pochodzi w przeważnej części z pobranego pokarmu, jest to *tłuszcz pożywienia*. Wchłonięty przez przewód pokarmowy, dostaje się drogą ogólnego krążenia krwi do poszczególnych organów; tutaj może być bądź zużyty, bądź nagromadzony. W ten sposób organizm, otrzymując pokarm obfitujący w tłuszcz, gromadzi w tkance tłuszczowej, szczególnie zaś w podściółce tłuszczowej podskórnej, znaczne ilości materjałów odżywczych, stanowiące potężny zapas energji. W razie niewystarczającego odżywiania może czerpać z tych zapasów. Bardzo pouczający przykład tego rodzaju urządzeń stanowią t. zw. *gruczoły snu zimowego;* nie są one niczem innem, jak tylko tkanką tłuszczową, silnie rozwiniętą podczas lata i przeznaczoną do zużycia podczas okresu snu zimowego, gdy zwierzę nie może przyjmować pokarmu.

Czy oprócz tłuszczu, pochodzącego bezpośrednio z pożywienia, może się jeszcze wytwarzać wewnątrz organizmu zwierzęcego tłuszcz z innych pobranych substancyj pokarmowych, jest to jedno z najbardziej spornych zagadnień fizjologicznych. Z niejaką pewnością możemy przyjąć, jak to starał się już wykazać Liebig, że tłuszcz może powstawać z węglowodanów; co do powstawania tłuszczu z białek, jedna grupa fizjologów uważa to za możliwe (Pettenkofer, Voit), druga przeczy temu z całą stanowczością (Pflüger).

Podczas zużywania się tłuszczu u młodych zwierząt znikają z komórek krople tłuszczowe i komórki przybierają znowu postać pierwotnych fibroblastów. Według Poljakowa drobne kropelki tłuszczu, powstające z rozpadu większych kropli, zostają pochłonięte przez komórki wędrujące, które zawsze znajdują się pomiędzy komórkami tłuszczowemi. Komórki wędrujące przekazują tłuszcz włosowatym naczyniom krwionośnym, które przenoszą go dalej. U zwierząt starszych komórki tłuszczowe nie mogą powrócić do stanu fibroblastów. Z utratą tłuszczu stają się one mniejsze, ulegają atrofji, a protoplazma, dotychczas odsunięta na samą powierzchnię komórki, obecnie układa się wewnątrz niej promienisto. W oczkach sieci protoplazmatycznej gromadzi się następnie śluzowaty płyn. Proces ten nazwano, niezupełnie zresztą trafnie, *atrofją surowiczą* tkanki tłuszczowej.

Flemming wykazał, że podczas znikania tłuszczu może czasem przychodzić do rozmnażania się jąder, tak iż wewnątrz ciała komórki tłuszczowej powstają liczne jądra. Każde jądro może wytworzyć dookoła siebie małe ciało komórkowe tak, że w rezultacie widzimy wewnątrz dawnej komórki tłuszczowej pewną ilość młodych komórek. Cały ten proces polega zatem na zaniku połączonym z bujaniem (Wucherungsatrophie Flemming) i dlatego Flemming uważa go za odmłodzenie się zanikającej komórki tłuszczowej.

Od *nacieczenia tłuszczowego (infiltracji tłuszczowej)*, czyli wchłaniania tłuszczu przez komórki, trzeba ściśle odróżniać *zwyrodnienie (degenerację) tłuszczowe*, czyli *przeobrażenie (metamorfozę) tłuszczowe*. W ostatnim wypadku tworzy się wewnątrz plazmy komórkowej tłuszcz pod postacią bardzo drobnych, nie zlewających się kropelek. Za taki proces uważano dawniej ogólnie powstawanie tłuszczu w gruczołach mlecznych. Nowsze badania wykazały jednak, że i tutaj

również chodzi jedynie o tłuszcz pożywienia. Tak więc, w normalnych warunkach możemy mówić jedynie o nacieczeniu tłuszczowem, zaś zwyrodnienie tłuszczowe zachodzi wyłącznie w wypadkach patologicznych. Jednak jest bardzo wątpliwem, jak wykazują nowsze badania, czy także podczas tego ostatniego procesu może się tłuszcz tworzyć z białka.

5. *Tkanka łączna barwikowa.* W podobny sposób, jak tłuszcz, mogą też rozmaite komórki gromadzić w sobie *barwik (pigment)*. Jeżeli w tkance łącznej luźnej lub zbitej wszystkie fibroblasty, lub znaczniejsza ich część zawiera w swej plazmie barwik, mówimy o tkance łącznej barwikowej. Takie fibroblasty, zawierające barwik, mogą

Ryc. 54.
Tkanka łączna barwikowa z tęczówki szympansa.
Pow. około 300 razy.

w pewnych warunkach zamieniać się w komórki wędrujące, posiadające w wysokim stopniu zdolność wykonywania ruchu.

W tkance łącznej barwikowej znajdują się, obok elementów komórkowych, również włókienka i to w rozmaitej ilości. Tak np. warstwa podstawowa tęczówki zawiera, oprócz rozgałęzionych fibroblastów barwikowych, stosunkowo mało włókien klejorodnych i sprężystych (ryc. 54), natomiast blaszka naczyniowa błony ocznej środkowej ma nadzwyczaj liczne włókna sprężyste. U ras ludzkich kolorowych również skóra zawiera tkankę łączną barwikową; w tkance tej wszędzie znajdujemy rozgałęzione komórki barwikowe, przedewszystkiem jednak tuż pod naskórkiem. Komórki barwikowe wysyłają wypustki między najgłębsze warstwy komórkowe naskórka i w ten sposób zapewne umożliwiają przedostawanie się barwika do tych komórek.

Daleko większe rozpowszechnienie tkanki łącznej barwikowej niż u człowieka znajdujemy u niższych kręgowców. W skórze ich występują komórki barwikowe jako wielkie twory gwiaździste lub drzewkowate (ryc. 42), często z wypustkami płatowatemi, daleko się rozgałęziającemi. Ciało komórkowe i wypustki wypełnione są szczelnie delikatnemi ziarenkami barwikowemi. Pod wpływem bodźców zewnętrznych lub wewnętrznych może barwik spływać z wypustek do ciała komórkowego i tutaj może skupiać się w jedną grudkę. Na tej właściwości opiera się zmiana barwy, zachodząca u wielu zwierząt pod wpływem światła lub wzruszeń psychicznych (np. u żaby, kameleona, głowonogów). Można też wykazać istnienie specjalnych włókien nerwowych, które kończą się w tych komórkach (Leydig, Ballowitz, Eberth, Bunge). Barwik występuje wewnątrz komórek pod postacią małych ziarenek, pręcików lub igiełek.

Pod względem chemicznym stanowią te barwiki wspólną grupę *melanin*. Są one nierozpuszczalne w większości rozpuszczalników, blakną pod wpływem chloru, tlenu in statu nascendi i kwasu siarkowego. Niektóre z nich zawierają siarkę, niektóre znowu żelazo, co wskazywałoby na pochodzenie ich od barwika krwi.

Dwa istnieją zapatrywania, wprost sobie przeciwne, co do pochodzenia pigmentu: Według jednego pochodzi on z barwika krwi (Quincke, Schwalbe, Ehrmann), według drugiego zaś wytwarza się samoistnie wśród komórki przy znacznym udziale substancyj jądrowych (Kaposi, Sieber, Meirowsky).

2. Tkanka chrząstkowa.

Tkanka chrząstkowa różni się od innych dotąd omówionych tkanek łącznych przedewszystkiem twardszą konsystencją istoty podstawowej, czyli międzykomórkowej, którą zawdzięcza pewnym specjalnym substancjom chemicznym, występującym w jej istocie podstawowej.

Podstawowa istota chrząstkowa przetkana jest włóknami klejodajnemi, względnie sprężystemi, które jednak nie zawsze bez użycia odczynników występują w obrazie mikroskopowym chrząstki. Czasem zaś istota podstawowa chrząstki nie różni się pod mikroskopem niczem od istoty podstawowej tkanki łącznej włóknistej.

Wedle badań Mörnera istota podstawowa chrząstkowa zawiera trzy swoiste ciała, mianowicie *chondromukoid, kwas chondroitinosiarkowy* i *albumoid*. Pierwszy z tych związków jest nierozpuszczalny w wodzie, rozpuszcza się zaś w rozcieńczonych zasadach, z których to roztworów można go strącić zapomocą kwasu octowego, podobnie jak mucynę. Kwas chondroitinosiarkowy natomiast rozpuszcza się łatwo w wodzie; wespół z chondromukoidem tworzy on dokoła komórek chrząstkowych i całych ich grup otoczki, które występują w obrazie mikroskopowym w formie nieregularnych tworów kulistych (Chondrinballen) i leżą w oczkach sieci

utworzonej z albumoidu. Albumoid jest ciałem białkowem, pokrewnem keratynie i elastynie.

Tkanka chrząstkowa gotowana daje t. zw. klej chrząstkowy czyli *chondrynę*, którą uważano dawniej za specjalny rodzaj kleju i odróżniano od kleju łącznotkankowego. Dziś wiemy, że klej chrząstkowy stanowi właśnie mieszaninę glutyny, zawartą we włóknach klejodajnych, albumoidu, kwasu chondroitinosiarkowego i produktów rozpadu chondromukoidu, powstałych podczas gotowania.

Chrząstka zatem składa się, jak przeważna część tkanek łącznych, z komórek i istoty podstawowej czyli międzykomórkowej, która zawiera wiązki włókien klejodajnych, względnie włókna sprężyste.

Istota podstawowa chrząstki składa się zatem z 2 części: z włókienek i z jednolitej substancji zasadniczej, leżącej między włóknami i nadającej chrząstce charakterystyczne właściwości chemiczno-fizyczne. Substancja ta stanowi wobec włókien istotę międzywłókienkową i międzywiązkową.

Zależnie od rodzaju, tudzież ułożenia włókien, które zawiera istota podstawowa chrząstki, rozróżniamy trzy rodzaje tej tkanki: *a) chrząstka szklista, b) chrząstka włóknista, c) chrząstka sprężysta.*

a) Chrząstka szklista.

Chrząstka szklista u szczytu swego rozwoju przedstawia się jako ciało niebieskawo-białe z matowym połyskiem, na cienkich skrawkach jest przeświecająca, a nawet przezroczysta. U zarodka chrząstka jest bardzo rozpowszechniona jako podpora ciała, poprzedzająca szkielet kostny; w życiu pozazarodkowem znajdujemy ją jako pokrycie końców kości, łączących się w stawach, spojeniach (symphysis) i zrostach (synchondrosis), jako zrąb i podpora krtani (z pewnemi wyjątkami), tchawicy i oskrzeli, jako zrąb chrząstkowy nosa, w chrząstkowych częściach żeber i w rowkach kości, przez które przechodzą ścięgna (sulcus m. peronaei ossis cuboidei, sulcus hamuli pterygoidei). Pokryte chrząstką jest również wcięcie między spina ischiadica i tuber ischiadicum (incisura ischiadica minor).

Chrząstka szklista składa się z *istoty podstawowej i z komórek chrząstkowych.* Istota podstawowa jest bezpostaciowa, przezroczysta i zawiera *włókna klejodajne,* których jednak bez specjalnych zabiegów rozróżnić nie można.

Komórki chrząstkowe (ryc. 55 i 56) są to małe lub średniej wielkości komórki (3—30 μ), kuliste albo owalne; rzadko występują pojedyńczo, zazwyczaj grupami po dwie lub więcej. Przylegać mogą do siebie tak ściśle, że wpływa to na ich kształt. Mogą w ten sposób

powstawać komórki kształtu bułeczek, wycinków kuli lub klinów. (Ryc. 55.) W wierzchnich warstwach chrząstki komórki są zazwyczaj mniejsze, więcej spłaszczone i ułożone warstwami, przebiegającemi równolegle do powierzchni chrząstek. Wewnątrz chrząstki są one natomiast większe i bardziej kuliste. Komórki chrząstkowe gwiaździste, rozgałęzione i łączące się swojemi wypustkami, pojawiają się u wyższych kręgowców tylko w okresie zarodkowym i w patologicznych nowotworach chrząstkowych; natomiast u niższych kręgowców (selachia) i u bezkręgowych (cephalopoda) występują powszechnie.

Protoplazma komórek chrząstkowych posiada budowę włókienkową. Włókienka biegną wijąc się i układają się gęściej dokoła

Ryc. 55.
Chrząstka szklista.
Ze skrawka przez (chrząstkę tarczową) kota. Pow. ok. 190 razy.

jądra. (Ryc. 3.) Odpowiadają one Flemmingowskiej sieci nitkowej i Mevesowskim chondrjokontom. W protoplazmie często pojawia się tłuszcz w postaci małych kropelek, glygoken w postaci małych bryłek, rzadziej barwik w drobnych ziarenkach.

Jądro jest kuliste, pęcherzykowate, z wyraźnem zrębem jądrowym i dokładnie zaznaczoną błoną jądrową; zawiera jedno lub kilka jąderek. W jednej komórce chrząstkowej znajduje się zazwyczaj tylko jedno jądro, rzadziej dwa. Komórki chrząstkowe zawierają ciałka centralne (Van der Stricht), jakoteż pięknie wykształcony wewnętrzny aparat siateczkowy, który czasami obejmuje dokoła jądro (Bergen, Pensa).

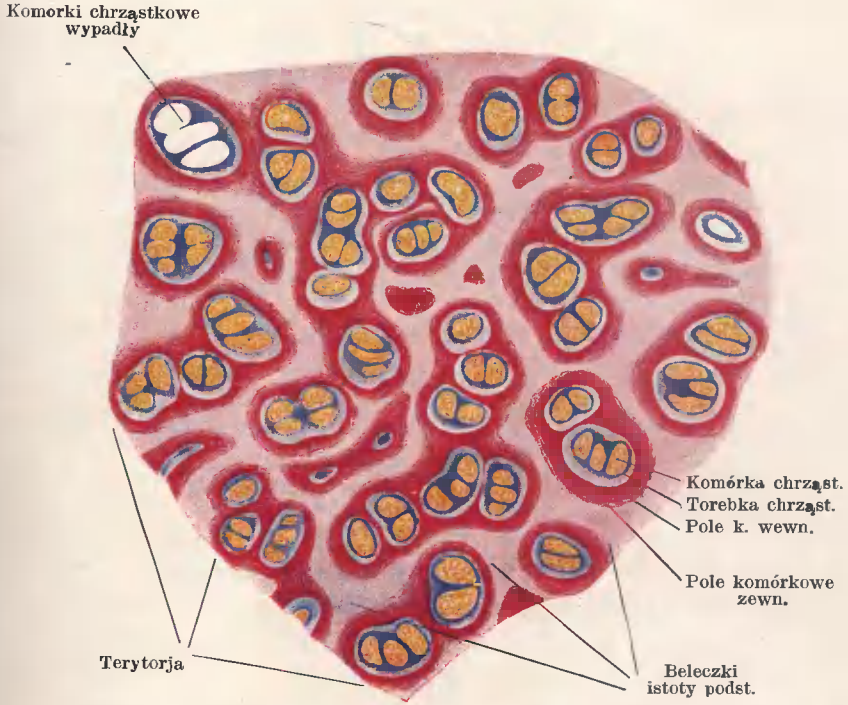
Rozmnażanie się komórek odbywa się zazwyczaj drogą podziału pośredniego. Amitoza, jak się zdaje, zachodzi rzadko.

Istota podstawowa w świeżej, młodej chrząstce jest najzupełniej przejrzysta, jednorodna i pozornie bezpostaciowa. Zawiera ona jamki odpowiadające kształtem komórkom chrząstkowym, t. zw. *jamki chrząstkowe*; w jamkach tych leżą komórki, które wypełniają

je w zupełności. Komórka chrząstkowa jest bardzo wrażliwa na odczynniki, łatwo się kurczy, zmieniając się przytem często w małą pomarszczoną grudkę, zajmującą zaledwie część jamki chrząstkowej. Na cienkich skrawkach mogą czasem jamki chrząstkowe być zupełnie puste; w tym wypadku komórki wypadły z jamek podczas krajania i przygotowania preparatu (Ryc. 55 i 56).

Jakkolwiek istota podstawowa chrząstki szklistej w stanie świeżym nie posiada na pozór żadnej struktury, przedstawia jednak w swej budowie pewne zróżnicowanie i szczegóły, które występują przedewszystkiem po zadziałaniu pewnemi odczynnikami i przy użyciu pewnych metod barwienia. Mianowicie ta część istoty podstawowej, która bezpośrednio otacza jamki chrząstkowe w postaci cienkiej warstwy, przedstawia właściwości, które ją do pewnego stopnia odróżniają od reszty istoty podstawowej, tak że się od niej odgraniczają. Załamują one silniej światło i skutkiem tego bardziej połyskują, intenzywniej się barwią pewnymi barwikami, są odporniejsze na odczynniki i dają się odosobnić środkami chemicznemi jak np. maceracją w rozcieńczonym kwasie solnym, tak że mówiono nawet o specjalnych *torebkach chrząstkowych* (Ryc. 56). Nazwie tej jednak nie należy przypisywać znaczenia osobnej jednostki morfologicznej, lecz rozumieć przez nią tylko odcinającą się nieco od otoczenia część istoty podstawowej.

Charakterystycznem jest zachowanie się istoty podstawowej chrząstki szklistej wobec odczynników. Posiada ona, przynajmniej w młodej chrząstce, we wszystkich swych częściach znaczne powinowactwo do barwików zasadowych, jest więc zasadochłonną. Właściwość tę należy przypisać obecności kwasu chondroitinosiarkowego w istocie podstawowej chrząstki. Jeżeli się zabarwi skrawki chrząstki odpowiednią mieszaniną zasadowego barwika niebieskiego i kwaśnego czerwonego (np. błękitu metylenowego i kwaśnej fuksyny), otrzymamy w niebiesko zabarwionej istocie podstawowej miejsca zabarwione czerwono. Barwa czerwona przeważa w wierzchnich częściach chrząstki; stąd ciągną się między torebkami chrząstkowemi czerwone smugi przez niebieską istotę podstawową. To kwasochłonne czerwone zabarwienie jest następstwem obecności włókien klejodajnych w podstawowej istocie chrząstkowej (Hansen). Tam, gdzie istota podstawowa w stosunku do włókien klejodajnych przeważa, otrzymujemy zabarwienie czysto zasadochłonne niebieskie, gdyż kollagen jest przykryty, jakby zamaskowany (Hansen), tam zaś, gdzie zawartość włókien klejodajnych się wzmaga, wpływa ona na wynik barwienia i otrzymujemy zabarwienie kwasochłonne czerwone (niezamaskowany kollagen, Hansen).



Ryc. 56. Chrząstka szklista cielęcia. Skrawek zamrożony barwiony pikrofuchsyną błękitem metylenowym. Komórki chrząstkowe żółte, torebki chrząstkowe ciemno niebieskie, pola komórkowe wewnętrzne jasno niebieskie, pola komórkowe zewnętrzne ciemno czerwone, beleczki istoty podstawowej jasno niebiesko-czerwone.

Pow. ok. 250 razy.

Tak zabarwiony skrawek (Ryc. 56) okazuje całą masę chrząstkową podzieloną na liczne *terytorja*, które obejmują komórki chrząstkowe. Komórki te są przedewszystkiem otoczone wąskim rąbkiem istoty podstawowej silnie niebiesko zabarwionej, która stanowi t. zw. *torebki chrząstkowe*. Wciska się ona pomiędzy poszczególne komórki i oddziela je od siebie. Od zewnątrz przylega do niej otoczka jasnoniebieska, więc znacznie słabiej zasadochłonna, która stanowi t. zw. *pole komórkowe wewnętrzne*, objęta wreszcie substancją intenzywnie czerwono zabarwioną, więc silnie kwasochłonną, stanowiącą t. zw. *zewnętrzne pole komórkowe*. Każde zewnętrzne pole komórkowe zawiera zazwyczaj większą ilość komórek chrząstkowych i odpowiada jednemu *terytorjum komórkowemu*. Poszczególne terytorja są oddzielone od siebie pasmami istoty zabarwionej blado-niebiesko-różowo.

Obecność włókien wśród istoty podstawowej można wykazać również, działając na chrząstkę nadmanganianem potasowym, 10%-towym roztworem soli kuchennej, wodą wapienną i barową lub poddając ją trawieniu w soku trzustkowym (Tillmanns, Baber). Że w normalnych warunkach włókien w istocie podstawowej nie widać, pochodzi stąd, iż włókna i istota międzywłókienkowa załamują światło w jednakowy sposób. Wymienione wyżej odczynniki zmieniają łamliwość bądź w włóknach, bądź też w substancji międzywłókienkowej i wskutek tego włókna stają się widocznemi. Włókna podstawowej istoty chrząstkowej są zupełnie podobne do włókien łącznotkankowych. Im też zawdzięcza chrząstka swą ważną właściwość optyczną, dwójłomność (*anizotropję*). Włókna przebiegają w wierzchnich warstwach chrząstki przeważnie równolegle, w głębszych zazwyczaj prostopadle do powierzchni. Zresztą często się krzyżują tworząc mniej lub więcej gęste sploty i obejmując komórki chrząstkowe łukowatemi smugami.

Już z góry można przypuścić, że przemiana materji w chrząstce odbywa się bardzo leniwie, gdyż istota podstawowa u wyższych zwierząt jest tylko wyjątkowo unaczyniona i nie posiada żadnych widocznych dróg, któremi mogłyby krążyć soki odżywcze. Wprawdzie u niższych zwierząt istnieją w istocie podstawowej widoczne nawet bez użycia odczynników kanaliki, łączące poszczególne jamki chrząstkowe i tem samem umożliwiające żywsze krążenie soków odżywczych, jednakże u zwierząt wyższych nie znajdujemy, przynajmniej w stanie normalnym, żadnych specjalnych urządzeń do ich przeprowadzenia. Dopiero za użyciem pewnych metod preparacyjnych wykazali niektórzy autorowie (Spina, Budge, Wolters, Srdinko) w chrząstce drogi krążenia soków pod postacią kanalików, które przebiegają wiązkami od jednej jamki chrząstkowej do drugiej. Po-

nieważ jednak obrazy te otrzymano metodami przeważnie bardzo grubemi, należy te kanaliki uważać raczej za twory sztuczne.

Fakt, że barwiki wprowadzone za życia do ciała zwierząt można wykazać w istocie podstawowej chrząstki, dowodzi wprawdzie, że wśród tej istoty odbywa się krążenie soków, nie dowodzi jednak bynajmniej, aby się ono miało odbywać zapomocą z góry do tego przeznaczonych kanalików. Soki odżywcze przenikają do wnętrza chrząstki najprawdopodobniej drogą przesiąkania z naczyń krwionośnych między włóknami klejodajnemi przez łatwo przenikliwą istotę międzywłókienkową.

Chrząstka jest z zewnątrz otoczona warstwą tkanki łącznej zbitej, którą nazywamy *ochrzęstną (perichondrium)*. Wiązki tej tkanki łącznej są ściśle spojone i wielokrotnie splecione i pokrzyżowane. Ochrząstna posiada naczynia krwionośne, które służą do odżywiania chrząstki. Może ona wytwarzać nową chrząstkę w taki sposób, iż fibroblasty ochrzęstny wydzielają dokoła siebie jednolitą substancję, która przepaja wiązki łącznotkankowe i wytwarza wspólnie z niemi międzykomórkową istotę chrząstkową, fibroblasty zaś przemieniają się w komórki chrząstkowe.

Punktem wyjścia dla *rozwoju* tkanki chrząstkowej — jak dla przeważnej części tkanek łącznych — jest tkanka mezenchymatyczna. Co do pierwszego zawiązku tkanki chrząstkowej panują jednak wśród badaczy dość znaczne różnice zapatrywań. Jedni sądzą mianowicie, że chrząstka rozwija się z komórek gwiaździstych tkanki łącznej zarodkowej, która powiększając się i zmieniając swój układ przechodzi w komórki chrząstkowe (Studnička). Inni natomiast upatrują pierwszy zawiązek chrząstki w „symplastycznej," syncycjalnej masie, obfitującej w jądra i niezróżnicowanej w pojedyńcze komórki (Strasser, Retterer, Schaffer).

Pozostało jednak niewyjaśnione, czy ta w jądra obfitująca masa jest wynikiem zlania się z sobą większej ilości komórek mezenchymatycznych, czy też następstwem wielokrotnego podziału jąder bez następowego podziału ciała komórkowego swoistych komórek mezenchymatycznych.

Wśród tego syncycjum występuje następnie pomiędzy jądrami kwasochłonna i silnie światło łamiąca istota podstawowa w postaci delikatnych linij. Ta t. zw. „*prochondralna*" (*przedchrząstkowa*) istota podstawowa według Studničkí nie jest produktem wydzielania komórek, lecz zmienioną i zagęszczoną protoplazmą obwodową (*exoplasmą*), która się od reszty protoplazmy (*endoplasmy*) wyróżnicowuje. Przedchrząstkowa substancja podstawowa przybiera na ilości i wytwarza przegrody pomiędzy komórkami w postaci zamkniętej w sobie sieci. Ta istota przedchrząstkowa tworzy podczas rozwoju chrząstki tylko stadjum przejściowe, gdyż wkrótce zmienia swe właściwości chemiczne i przechodzi w zasadochłonną, „*protochondralną*" substancję. Tymczasem komórka chrząstkowa dostarcza dokoła siebie nowej kwasochłonnej substancji podstawowej prochondralnej, która otacza komórkę w postaci cienkiej torebki i oddziela ją od zasadochłonnej, protochondralnej substancji podstawowej. Ta ostatnia zmienia jeszcze

raz swój charakter chemiczny, traci bowiem swą zasadochłonność i przechodzi wreszcie w t. zw. „*metachondralną*" istotę podstawową (Schäffer), to znaczy w definitywną istotę podstawową chrząstkową. Równocześnie nowowytworzona, kwasochłonna istota podstawowa, występująca w postaci torebek komórkowych staje się zasadochłonną, t. zn., że substancja prochondralna przechodzi w substancję protochondralną. Razem z substancją podstawową powstają też *włókna klejodajne*, które wśród niej leżą. Komórki chrząstkowe mnożą się przez podział pośredni. W ten sposób więc powstają wewnątrz każdej jamki chrząstkowej dwie komórki potomne, otoczone wspólną torebką. Każda z tych komórek zaczyna wydzielać na swej powierzchni istotę podstawową, skutkiem czego oddalają się od siebie. Gdy nastąpi ponowny podział, wówczas wszystkie cztery komórki leżą razem w pierwotnej torebce chrząstkowej, poprzedzielane nieznaczną ilością istoty podstawowej chrząstkowej. Komórki te mogą pozostać nadal w wspólnej torebce albo też, skutkiem resorbcji torebki i wydzielania nowej istoty chrząstkowej, mogą się od siebie odsunąć i zupełnie się oddzielić.

Tego rodzaju wzrost chrząstki nazywamy *wzrostem śródmiąższowym* w przeciwstawieniu do *wzrostu przez przywarstwianie czyli przyrostu*, który, jak to wskazaliśmy już poprzednio, zaczyna się od ochrzęstnej. Wzrost śródmiąższowy prawdopodobnie odbywa się głównie w młodej tkankce chrząstkowej.

W późniejszym wieku ulega chrząstka zmianom trojakiego rodzaju: *zmianie azbestowej, zwapnieniu i skostnieniu.*

Zmiana azbestowa widoczna jest już wolnem okiem, gdyż miejsca, w których występuje, posiadają charakterystyczny azbestowy połysk. Zmiana ta zaczyna się zazwyczaj w środku chrząstki w ten sposób, iż wewnątrz istoty podstawowej zjawiają się równoległe do siebie włókna *(włókna azbestowe)*. Zmiany te rozpoczynają się w istocie podstawowej w pewnem oddaleniu od torebek chrząstkowych, przechodzą następnie na najbliższe ich sąsiedztwo, które z czasem również zmianom ulega i zajmują stopniowo coraz dalsze części chrząstki. Włókna azbestowe są prawdopodobnie chemicznie zmienionemi włóknami klejodajnemi, gdyż zatraciły zdolność pęcznienia w kwasie octowym; rozpuszczają się zaś w rozcieńczonym ługu sodowym i we wrzącej wodzie. Zmiana azbestowa prowadzi ostatecznie do zupełnego rozmiękczenia chrząstki i do wytworzenia się w niej jam.

Wapnienie chrząstki polega na tworzeniu się złogów soli wapiennych (fosforanu i węglanu wapnia) w jej istocie podstawowej; zaczyna się ono w bezpośredniem sąsiedztwie komórek i posuwa się powoli wśród istoty podstawowej. Takie złogi mają w świetle odbitem barwę białą, w przepuszczonem zaś są czarne. Rozpuszczają się one w kwasie solnym, przyczem powstają bańki kwasu węglowego. Wapnieniu ulegają przedewszystkiem chrząstki krtani, tchawicy i żeber, które stają się wskutek tego mniej przeświecające, twardsze i kruchsze.

Kostnienie rozpoczyna się wrastaniem naczyń krwionośnych w chrząstkę; szczegóły tego procesu będą podane później przy omawianiu rozwoju kości. Kostnienie zmienia chrząstkę w kość.

b) Chrząstka włóknista.

Jeżeli w istocie podstawowej chrząstki włókna klejodajne bardzo obficie występują tak, że opanowują cały obraz mikroskopowy, a widoczne są pod mikroskopem bez stosowania specjalnych metod, mówimy o chrząstce włóknistej. Ten rodzaj chrząstki znajduje się w niewielu miejscach ciała ludzkiego, a mianowicie w chrząstkach międzykręgowych, w spojeniu łonowem, w chrząstkach śródstawowych i w miejscu przyczepu więzadła obłego kości udowej (ligamentum teres femoris).

Ryc. 57.
Chrząstka włóknista z miejsca przyczepu więzadła kości udowej psa.
Pow. ok. 570 razy.

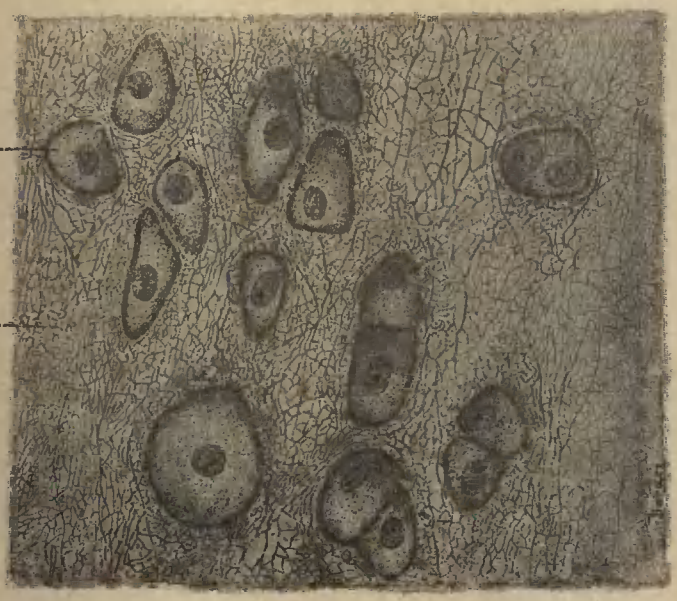
Na obrazie mikroskopowym tej chrząstki widzimy (ryc. 57) gęsto ułożone wiązki włókien klejodajnych, umieszczone w jednolitem podłożu w formie skąpo rozwiniętej i trudno dostrzegalnej jednolitej istoty międzywłókienkowej i międzywiązkowej. Najłatwiej jeszcze można odróżnić tę zasadniczą część istoty podstawowej w bezpośredniem sąsiedztwie komórek chrząstkowych, które ona otacza w postaci torebek. Komórki są tu daleko mniej liczne, niż w chrząstce szklistej i nie posiadają żadnych, wyróżniających je właściwości.

c) Chrząstka sprężysta.

Chrząstka sprężysta różni się zasadniczo od obu poprzednio wymienionych tem, iż zawiera w swej istocie podstawowej obok włókien klejodajnych także *włókna sprężyste*. Jest ona również mało rozpowszechniona w ludzkiem ciele. Znajduje się w chrząstkach krtani, otaczających wejście do niej, mianowicie w chrząstce nagłośniowej, w chrząstce różkowatej (cart. corniculata), w chrząstce klinowatej (cart. cuneiformis), w wyrostku głosowym chrząstki nalewkowatej (processus vocalis cartilaginis arytaenoideae) i w chrząstkach

trzeszczkowych (cart. sesamoideae), następnie w małżowinie usznej, w zewnętrznym przewodzie słuchowym i w trąbce Eustachego.

Istota podstawowa chrząstki sprężystej różni się tylko tem od istoty podstawowej chrząstki szklistej, że zawiera w sobie w sposób charakterystyczny rozmieszczoną mniej lub więcej gęstą sieć włókien sprężystych (ryc. 58). Włókna te są zazwyczaj najcieńsze w częściach przybrzeżnych chrząstki i stąd przechodzą bez przerwy w włókna sprężyste ochrzęstnej. Ku wnętrzu chrząstki zgęszczają się włókna w zbitą sieć. Zresztą włókna sprężyste mogą w różnych miejscach u tego samego zwierzęcia, lub w tem samem miejscu u różnych



Ryc. 58.
Chrząstka sprężysta z małżowiny człowieka.
Pow. około 570 razy.

zwierząt; posiadać rozmaitą grubość tak np. w chrząstce usznej u człowieka włókna sprężyste są bardzo cienkie, u konia zaś bardzo grube.

Komórki chrząstkowe nie różnią się tutaj zupełnie od komórek chrząstki szklistej; wypełniają również szczelnie jamki chrząstkowe i na powierzchni są bardziej płaskie, w środku zaś chrząstki bardziej kuliste. Zazwyczaj są ułożone w grupy po dwie lub trzy (ryc. 58).

Także chrząstka sprężysta może na starość wapnieć, jednak rzadziej, niż szklista.

d) Tkanka kostna.

Tkanka kostna jest najtwardsza i najodporniejsza ze wszystkich rodzajów tkanek łącznych i jest wogóle, obok szkliwa zębów, najtwardszą tkanką ciała ludzkiego. Właściwości te czynią z tkanki kostnej jedną z najważniejszych tkanek ciała; ona to użycza ciału człowieka i zwierząt kręgowych podpory i oparcia, a równocześnie tworzy dokoła najważniejszych części ciała silne ochronne osłony.

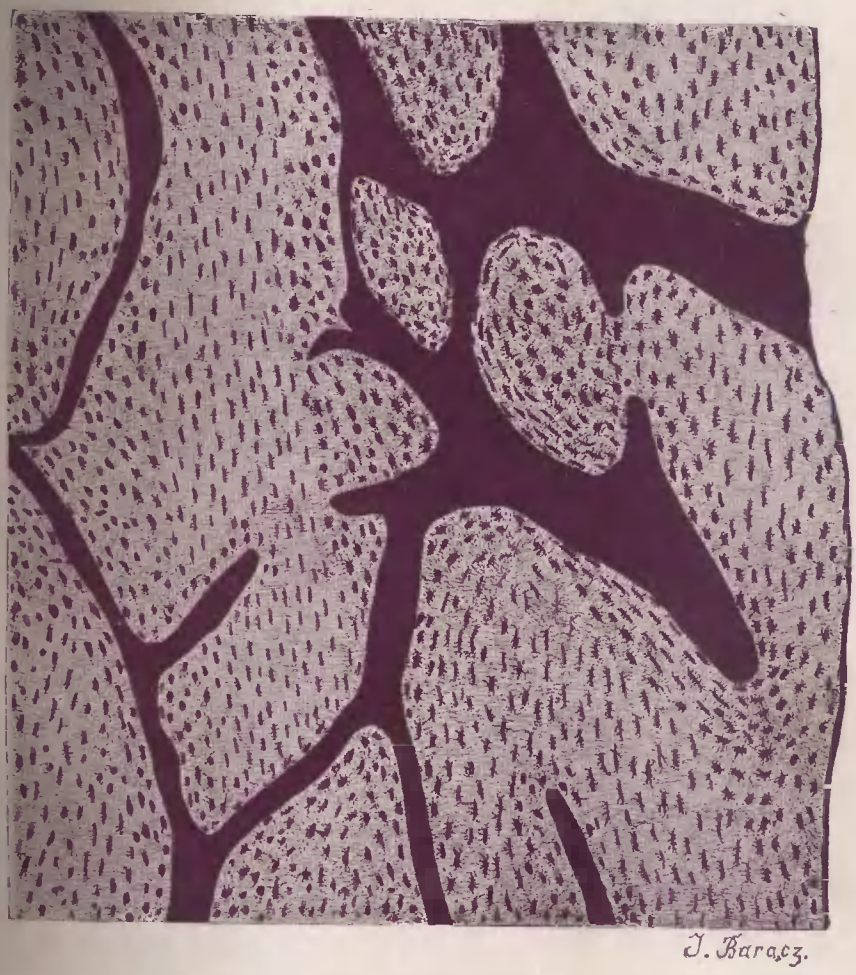
Podobnie jak wszystkie inne rodzaje tkanek łącznych, posiada także kość obficie rozwiniętą *istotę podstawową* czyli *międzykomórkową;* jej właśnie zawdzięcza kość swe wyróżniające ją właściwości. Twardość tej istoty zależy od nieorganicznych czyli mineralnych składników, przedewszystkiem fosforanu wapniowego (83 do 88% popiołu) i węglanu wapniowego (10%). Jeżeli się kość ostrożnie wypala (praży), pozostaje popiół, stanowiący sumę wszystkich części nieorganicznych w postaci kruchej, łamliwej masy, zachowującej pierwotny kształt i budowę kości.

Sole wapniowe są zawarte *w części organicznej* istoty podstawowej; chcąc ją odosobnić, trzeba ją pozbawić składników nieorganicznych czyli odwapnić, co uzyskuje się najłatwiej, działając na zmacerowaną kość rozcieńczonemi kwasami, np. 5—10% kwasem azotowym, lub solnym. Wtedy rozpuszczają się części składowe nieorganiczne, a pozostaje jedynie istota podstawowa organiczna. Kość nie zmienia przytem ani kształtu, ani rozmiarów, zatraca tylko swą twardość, staje się giętka, sprężysta i zbliża się ze względu na swe właściwości fizyczne do chrząstki. To też tę odwapnioną pozostałość nazywamy *chrząstką kostną* czyli *osseiną*.

Istota miedzykomórkowa kostna wytwarza, równie jak chrząstkowa, podczas gotowania *klej*, który tak samo jak chondryna, stanowi zanieczyszczoną glutynę, a powstanie swoje zawdzięcza także obecności włókien klejodajnych w istocie podstawowej. Oprócz kollagenu zawiera istota podstawowa kości podobnie jak istota chrząstkowa swoisty mukoid i albumoid, t. zw. *osseomukoid* i *osseoalbumoid*.

Istota podstawowa kostna zawiera około 30—50% części składowych organicznych i 14—44% wody, zależnie od rodzaju kości i od wieku zwierzęcia; z wiekiem bowiem zwiększa się ilość części mineralnych kosztem obydwu poprzednich. W stosunkach patologicznych (krzywica i zmięknienie kości) może się znajdować w podstawowej istocie kostnej nienormalnie mało części mineralnych, co powoduje rozmiękczenie, wygięcia i skrzywienia kości.

Ze względu na strukturę kości możemy rozróżniać: *istotę kostną zbitą i gąbczastą*. Obydwie formy występują prawie zawsze obok siebie w tych samych kościach; w jaki sposób one się kombinują, o tem poucza nas anatomja opisowa. Tak więc trzony długich kości, warstwa



Ryc. 59.

Część szlifu podłużnego trzonu kości długiej (kość łokciowa) człowieka.

Pow. około 90 razy. Wszystkie przewody i jamki kostne wypełnione są barwikiem. Przewody Haversa przecięte wzdłuż.

korowa krótkich i płaskich kości są utworzone z istoty kostnej zbitej, natomiast nasady (epiphysis) kości długich i wewnętrzne części krótkich i płaskich z gąbczastej.

Najwyraźniej budowa kości występuje na cienkich wycinkach kości zbitej dobrze macerowanej, które następnie szlifuje się z obydwu stron aż do grubości papieru. Jeżeli rozpatrywać będziemy taki *cienki szlif* z kości zbitej, przeprowadzony równolegle do długiej osi kości, to już przy małem powiększeniu (ryc. 59) zauważymy przedewszystkiem dość szerokie kanały, biegnące mniej więcej równolegle do długiej osi kości. Kanały te są połączone z sobą przewodami poprzecznemi i tworzą w ten sposób wraz z nimi system kanałów, przenikający całą kość. Są to *kanały Haversa*. Za życia biegną w nich naczynia krwionośne, w opisanym zaś powyżej preparacie kanały są puste, gdyż przez maceracje usunięto wszystkie części miękkie.

Oprócz tego na obrazie mikroskopowym widzimy liczne, małe, podłużne jamki z cienkiemi wypustkami; te *jamki kostne* są tutaj, w kości macerowanej, także puste; za życia każdą jamkę kostną wypełnia całkowicie *komórka kostna*. W preparacie mikroskopowym z kości macerowanej przy odpowiedniem sporządzeniu preparatu, jamki kostne w świetle przepuszczonem, odbitem od zwierciadła, przedstawiają się czarno. Promienie bowiem świetlne przy przejściu przez jamkę kostną wypełnioną powietrzem ulegają całkowitemu odbiciu, z powodu zbyt znacznej różnicy w załamywaniu światła powietrza i istoty kostnej. Jamki kostne wykazują w swym układzie wybitną prawidłowość. Leżą one mianowicie warstwami, przebiegającemi równolegle do kanałów H a v e r s a.

Jeżeli z kości wytniemy prostopadle do jej osi długiej skrawek, to na takim szlifie (ryc. 60) zobaczymy *kanały Haversa* w postaci okrągłych lub owalnych przekrojów. Jeżeli zaś przekrój wypadnie w miejscu, w którem od kanału głównego odchodzi boczne odgałęzienie łączące go z drugim kanałem, wówczas przekrój taki ma kształt zdeformowanego, w jednym kierunku wyciągniętego koła. Jamki kostne są tutaj również ułożone prawidłowo, tworząc współśrodkowe koła lub owale, okrążające przewody H a v e r s a. Powstaje w ten sposób dokoła każdego kanału odgraniczony system współśrodkowych kręgów, które, jak to możemy stwierdzić przy nieco znaczniejszem powiększeniu, zawdzięczają swe istnienie współśrodkowemu uwarstwowieniu istoty podstawowej. Istota ta składa sie mianowicie *z blaszek*, przebiegających współśrodkowo dokoła kanałów, a w tych blaszkach istoty podstawowej leżą jamki kostne. Jednakże nie wszędzie na szlifie, o którym mowa, jest układ blaszek i jamek kostnych ułożonych współśrodkowo dokoła kanałów (H a v e r s a; odmienne stosunki znajdujemy w górnej i dolnej części, (ryc. 60), t. j. na zewnętrznej

i wewnętrznej powierzchni kości, jakoteż w wielu miejscach pomiędzy systemami blaszek. Możemy rozróżniać zatem *w istocie kostnej zbitej* cztery rodzaje układu blaszek kostnych:

1. *Blaszki okołokanałowe (specjalne)* albo *blaszki Haversa* ułożone są współśrodkowo wokoło kanałów Haversa i tworzą dokoła każdego z nich zamknięty w sobie system, t. zw. *system blaszek Haversa.* Każdy taki system składa się z 8—15 blaszek, przypominających słoje drzewa, a ułożonych w postaci rur, tkwiących jedna w drugiej. Układ ten jest nadzwyczaj ciekawy z punktu widzenia mechanicznego, gdyż niewątpliwie na nim właśnie polega wielka wytrzymałość kości na ciśnienie (ryc. 61, 62, 63).

2. *Blaszki międzysystembwe (interstycjalne)* wypełniają, jak już sama ich nazwa wskazuje, przestrzenie wolne między systemami blaszek Haversa. Ze względu na pochodzenie rozróżniamy blaszki międzysystemowe *prawdziwe i rzekome.* Pierwsze pochodzą z okostnej (periosteum) i przebiegają też do niej równolegle, drugie stanowią pozostałości blaszek Haversa, które uległy wstecznym przemianom.

3. *Blaszki podstawowe (główne) zewnętrzne* przebiegają równolegle do zewnętrznej powierzchni kości i leżą tuż pod okostną, pokrywającą kość.

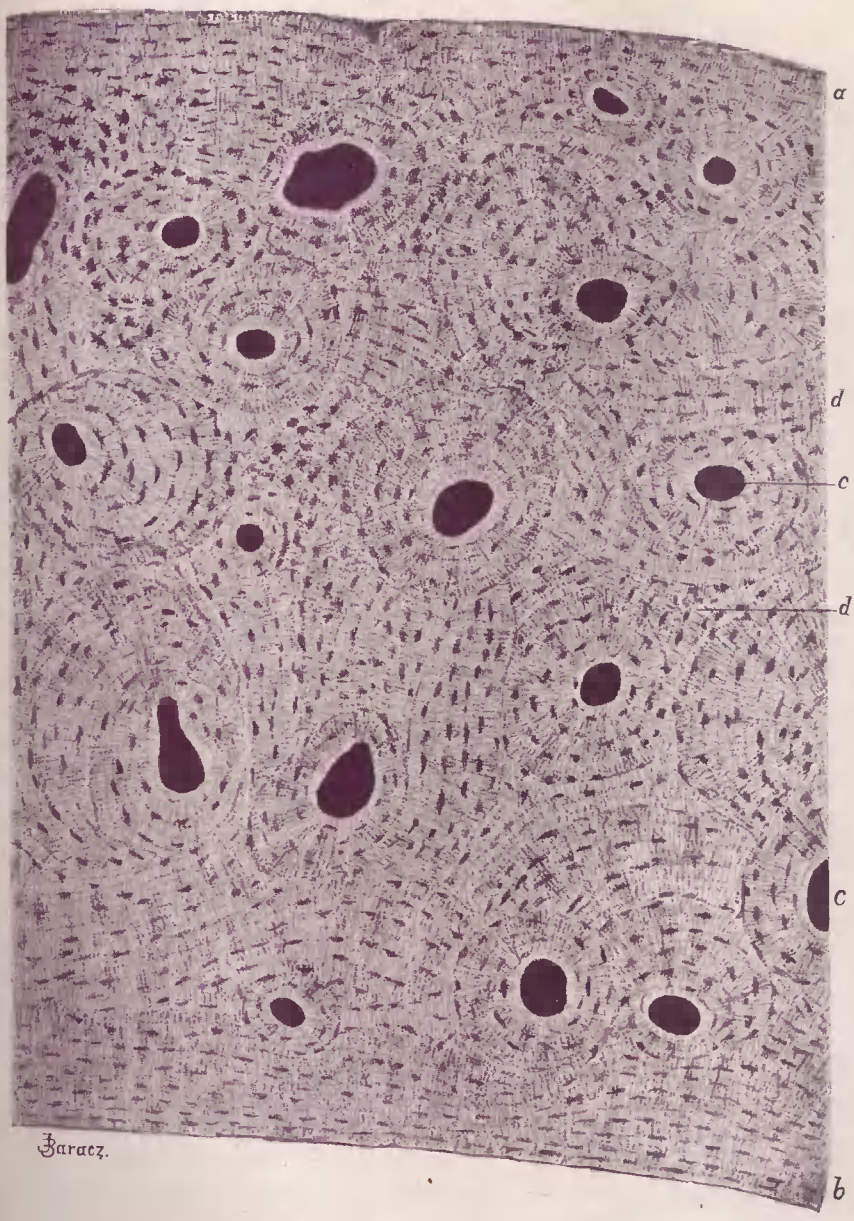
4. *Blaszki podstawowe (główne) wewnętrzne* tworzą w podobny sposób wewnętrzne ograniczenie kości od strony jamy szpikowej.

Zewnętrzne i wewnętrzne blaszki podstawowe są miejscami przedziurawione przez naczynia krwionośne, które przenikają z okostnej lub z jamy szpikowej do wnętrza kości. Tak powstałe *kanały Volkmanna* nie posiadają dokoła siebie specjalnego systemu blaszek, jak kanały Haversa. Kanał taki przedziurawia blaszki podstawowe poprzecznie lub skośnie.

Sąsiadujące z sobą systemy blaszek są spojone specjalną istotą łączącą (kitową); w miejscach, gdzie ta istota jest w większej ilości nagromadzona, powstają *linje kitowe* (Ebner), obejmujące z zewnątrz systemy blaszek (ryc. 61, 63).

Blaszki, które tworzą te systemy, składają się *z włókien klejodajnych* i *z istoty kitowej*, która je z sobą łączy. Włókna łączą się przy pomocy *istoty pośredniej międzywłókienkowej*, wiązki zaś wśród blaszek połączone są z sobą *istotą pośrednią międzywiązkową*. Według poglądu Ebnera sole wapniowe znajdują się wyłącznie w istocie pośredniej, podczas gdy włókna same soli wapniowych nie zawierają.

Wiązki włókien biegną wewnątrz każdej blaszki równolegle, i w jednym kierunku; w różnych blaszkach kierunek ich jednak jest różny. Tak więc kierunek przebiegu wiązek w jednej blaszce może



Ryc. 60.

Część szlifu poprzecznego trzonu kości długiej (kość śródstopia) człowieka.

Pow. ok. 90 razy. a) blaszki podstawowe zewnętrzne; b) blaszki podstawowe wewnętrzne; c) system blaszek Haversa; d) blaszki międzysystemowe. Wszystkie przewody i jamki kostne wypełnione są barwikiem.

być prostopadły do wiązek w sąsiedniej. Na rycinie 61 widzimy system blaszek Haversa, który odgranicza się od systemów sąsiednich wyraźną linją kitową. Blaszki poprzecznie przecięte tworzą współśrodkowe kręgi, które naprzemian są delikatnie prążkowane i kropkowane. Prążki stanowią optyczny obraz włókien, trafionych wzdłuż, punkty zaś przedstawiają poprzeczne ich przekroje. Tak więc, w jednej blaszce przebiegają włókna wzdłuż, równolegle do długiej osi *kanału Haversa*, w sąsiedniej zaś okrężnie, okalając światło kanału.

Ryc. 61 i 62.

Część szlifu poprzecznego przez trzon kości łokciowej ludzkiej w świetle spolaryzowanem.

Pow. ok. 170 razy. Widać cały system blaszek Haversa z częściami przylegających międzysystemowych i Haversowskich systemów. Pośrodku kanał Haversa Dookoła widać blaszki, zawierające jamki kostne. Między sąsiadującemi systemami linje kitowe. Na ryc. 61 u dołu na prawo ciemne, ukośnie biegnące linje są włóknami Sharpeya.

Ryc. 62 sporządzona przy nieskrzyżowanych, ryc. 61 przy skrzyżowanych pryzmatach Nikola.

Ciemny krzyż na ryc. 62 jest zjawiskiem, towarzyszącem polaryzacji.

Jeżeli będziemy rozpatrywali ten sam preparat *w świetle spolaryzowanem*, przy skrzyżowanych pryzmatach Nikola, otrzymamy obraz przedstawiony na ryc. 62. Cały system będzie się nam przedstawiał jako zbiór naprzemian ułożonych jaśniejszych i ciemniejszych blaszek; oprócz tego widzimy na tle systemu blaszek czteroramienny krzyż, którego punkt środkowy leży w kanale Haversa. Nad przyczyną powstawania tego krzyża, stanowiącego zjawisko towarzyszące polaryzacji, zastanawiać się tu dłużej nie będziemy. Powyższe różnice blaszek dadzą się wyjaśnić znanemi właściwościami optycznemi włókien klejodajnych. Są one dodatnio jednoosiowe, oś optyczna leży w kierunku podłużnym włókien; dlatego też przy skrzyżowanych nikolach są one na przekroju poprzecznym ciemne, na podłużnym jasne.

Włókna klejodajne w zupełnie rozwiniętych kościach są prawie wszędzie jednakowo cienkie, jedynie w otoczeniu szwów kostnych, tudzież w miejscu przyczepu ścięgien są grubsze. Tego rodzaju grubowłóknista istota podstawowa charakteryzuje także kości zarodkowe.

Należy wspomnieć jeszcze o jednym rodzaju włókien, o t. zw. *włóknach Sharpeya* (ryc. 61). Tą nazwą określa się wiązki włókien

Ryc. 63.
System blaszek Haversa na szlifie poprzecznym trzonu kości ramieniowej ludzkiej.
Miejscami, osobliwie na dolnej granicy, widać linię kitową. Tylko poszczególne kanaliki przebijają tę linię kitową i łączą jamki kostne sąsiednich systemów. Kanały, jamki i kanaliki kostne są wypełnione barwikiem. Średnie powiększenie.

klejodajnych zupełnie niezwapniałych, lub zwapniałych częściowo, które, wychodząc z okostnej, przenikają przez zewnętrzne blaszki podstawowe i przez blaszki międzysystemowe prawdziwe, jako pochodzące z okostnej. Nie znajdujemy ich nigdy w blaszkach Haversa ani w wewnętrznych podstawowych. W blaszkach podstawowych przebiegają one zazwyczaj w kierunku prostopadłym lub nieco ukośnym do osi długiej, w blaszkach zaś międzysystemowych niekiedy także w kierunku podłużnym. Najobficiej występują w kościach zarodkowych. Mogą dochodzić do grubości 30 μ, a na szlifach z kości pozbawionych części miękkich przedstawiają się albo jako rurki wypełnione powietrzem, jeżeli włókna nie były zwapniałe, albo, o ile włókna są częściowo zwapniałe, jako rurki wapienne z światłem

w środku. Włóknom Sharpeya mogą towarzyszyć włókna sprężyste; wychodzą one z okostnej wraz z niemi, mogą jednak także same przenikać blaszki podstawowe wewnętrzne.

Jamki kostne leżą wśród istoty podstawowej blaszek, albo też na granicach blaszek sąsiadujących z sobą i przedstawiają się jako puste przestrzenie 13—31 μ długie, 6—15 μ szerokie, 4—9 μ grube, przypominające swym kształtem ziarna dyni; najdłuższą osią swoją

Ryc. 64.
Część szlifu kości rogacza.
Jamki kostne widać tu z powierzchni; są one, zarówno jak kanaliki kostne, wypełnione barwikiem. W niektórych miejscach widzimy małe punkty, które są przekrojami poprzecznemi przez kanaliki kostne. Pow. ok. 850 razy.

leżą one w kierunku długiej osi włókien, najkrótszą skierowane są: w blaszkach specjalnych promienisto, w pozostałych blaszkach zaś prostopadle do powierzchni blaszek; średni wymiar (szerokość) układa się równolegle do powierzchni blaszek. Od jamek kostnych odchodzą na wszystkie strony nadzwyczaj liczne, delikatne, rozwidlające się i rozgałęziające rurki, t. zw. *kanaliki kostne*, zapomocą których łączą się nietylko jamki sąsiednie, lecz również bardziej oddalone (ryc. 64, 65 i 66). W tych jamkach kostnych, które w zewnętrznych i wewnętrznych blaszkach podstawowych leżą tuż przy zewnętrznej ewentualnie wewnętrznej powierzchni kości w ostatniej jej warstwie, część kanalików otwiera się nazewnątrz pod okostną, ewentualnie

ku wnętrzu do jamy szpikowej. Jamki kostne blaszki, okalającej bezpośrednio kanał H a v e r s a, łączą się z nim swemi kanalikami (ryc. 66). W rezultacie więc powstaje system jam, przenikający całą istotę kostną i łączący z sobą zewnętrzną i wewnętrzną powierzchnię kości, a mający dla odżywiania kości bardzo wielkie znaczenie.

Warstwa istoty podstawowej, ograniczająca bezpośrednio jamki i kanaliki kostne, okazuje znaczniejszą odporność na działanie odczynników, niż reszta istoty podstawowej. Można się o tem prze-

Ryc. 65.

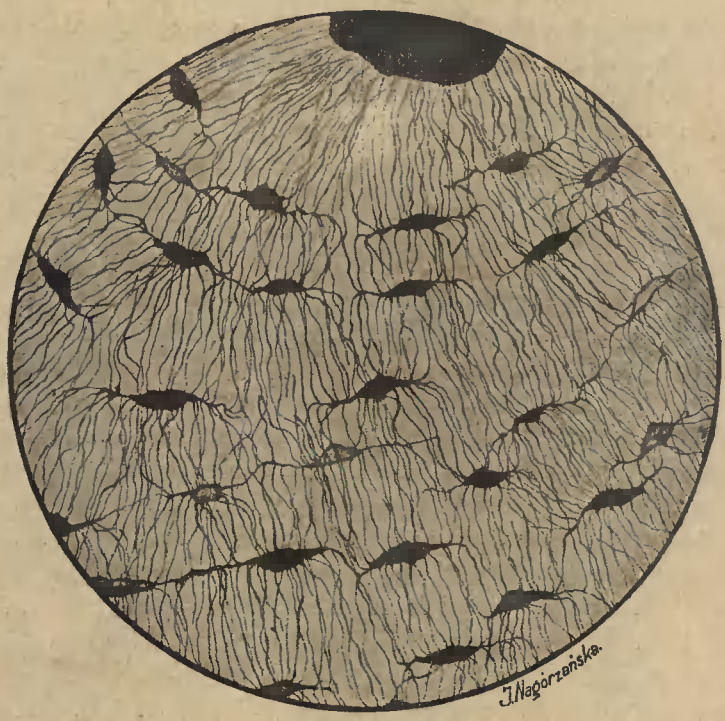
Część szlifu kości rogacza.

Jamki kostne widać tu z boku; są one, zarówno jak kanaliki kostne, wypełnione barwikiem. Pow. około 850 razy.

konać, poddając cienkie szlify kostne działaniu stężonego kwasu azotowego lub solnego. Wówczas mianowicie rozpuszcza się większa część istoty podstawowej, a jedynie przez dłuższy czas opiera się działaniu odczynników cienka warstwa dokoła jamek kostnych i ich wypustek, oddająca najdokładniej kształt tych przestworów. W ten sposób otrzymuje się sztucznie wyosobnione *torebki*, utworzone z zagęszczonej i odporniejszej części istoty podstawowej.

W zmacerowanej kości są jamki i kanaliki kostne wypełnione powietrzem, w kości świeżej zawierają one *komórki kostne*. Wobec

tego, że te komórki wypełniają szczelnie jamki, mają one również kształt ziaren dyni i posiadają liczne plazmatyczne wypustki, wnikające do kanalików kostnych. W preparatach krajanych, odwapnionych przedtem zazwyczaj kwasami, wypustki plazmatyczne są zwykle częściowo zniszczone, a komórki skurczone w małe grudki. Prawdopodobnie komórki kostne u wyższych kręgowców nie łączą się swemi wypustkami; natomiast u kręgowców niższych istnienie takich połączeń jest rzeczą stwierdzoną.



Ryc 66.

Część szlifu poprzecznego przez trzon kości ramieniowej ludzkiej.

W górze widać część poprzecznie trafionego kanału Havers a. Jamki kostne są przecięte poprzecznie i wraz z kanalikami kostnemi wypełnione barwikiem.

Silne powiększenie.

Istota kostna gąbczasta w szczegółach swej delikatnej budowy odpowiada istocie zbitej; składa się ona z istoty podstawowej z jamkami i komórkami kostnemi, nie posiada jednak kanałów Havers a. Grubsze beleczki posiadają budowę blaszkową, przyczem blaszki leżą równolegle do szerokiej powierzchni beleczek. W najcieńszych beleczkach kostnych brak uwarstwowienia blaszkowego; można je zatem uważać za oddzielne blaszki.

Bliższe omówienie budowy okostnej, szpiku kostnego, unaczynienia kości i jej rozwoju znajdujemy w rozdziale p. t. „Układ szkieletowy."

Zębina stanowi odmianę tkanki kostnej i przedstawia główną część składową zębów; ażeby uniknąć powtarzania, omówimy ją w związku z zębami.

III. Tkanka mięsna.

Zdolność reagowania na podniety zewnętrzne zapomocą skurczu jest właściwością każdej protoplazmy; *w tkance mięsnej* zdolność ta jednak rozwinięta jest w szczególniejszym stopniu i tylko w jednym kierunku tak, że możemy tkankę tę uważać za tkankę w całem tego słowa znaczeniu kurczliwą. Komórki mięsne, tworzące tkankę mięsną, reagują na podnietę zawsze przez skrócenie się i kurczą się zawsze w jednym określonym kierunku; właściwość ta polega na swoistym układzie podłużnym jednostek kurczliwych, zawartych w komórkach mięsnych. Te jednostki kurczliwe występują wewnątrz komórek mięsnych pod postacią długich włókien, t. zw. *włókienek kurczliwych;* powstają one, jak to później wyłuszczymy bliżej, z mitochondrjów, zawartych w komórkach, tworzących tkankę mięsną (mjoblastach) i są rozmieszczone w mniejszej lub większej ilości niezróżnicowanej protoplazmy, zwanej *sarkoplazmą*. Są one jużto w całej swej długości *anizotropowe*, jużteż składają się naprzemian z ułożonych *cząstek anizotropowych i izotropowych*. Ta ostatnia właściwość nadaje włókienkom kurczliwym regularne prążkowanie poprzeczne, którego oczywiście nie posiadają włókienka, w całej swej długości anizotropowe. Stanowi ona wyraz wyższego zróżnicowania w plazmie, stojącego w związku z szybszą i wydatniejszą kurczliwością włókien. Zależnie od wspomnianej powyżej budowy dzielimy mięśnie na *gładkie i prążkowane*.

1. Tkanka mięsna gładka.

Tkanka mięsna gładka jest znacznie rozpowszechniona w organizmie, rzadko jednak występuje w większych, zbitych masach; zazwyczaj tworzy ona błony żółtawo-białej barwy, złożone jedynie z komórek, które nazywamy *komórkami mięsnemi gładkiemi*.

Komórka mięsna gładka ma zazwyczaj kształt długiego, wrzecionowatego walca albo pryzmatu o przekroju okrągłym lub nieregularnie wielobocznym (ryc. 67). Komórka jest w środku najgrubsza, ku obu zaś końcom staje się cieńsza i jest ostro zakończona lub ścięta. Długość jej u człowieka waha się między 15 μ (w naczyniach), a 200 μ (w jelicie); w ciężarnej macicy może dochodzić nawet

do 600 μ. Daleko dłuższe jeszcze komórki mięsne znajdujemy u płazów, gdzie mogą przekraczać 1 mm długości. Grubość ich waha się między 4 a 7 μ. Czasami, szczególniej u zwierząt niższych, komórki te są na końcach rozwidlone.

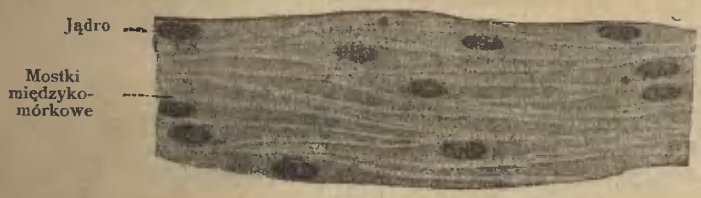
W każdej komórce znajduje się *jądro*, owalnie wydłużone lub kształtu pałeczkowatego, umieszczone w środku komórki; posiada ono wyraźny zrąb chromatynowy i kilka zazwyczaj dość dużych jąderek. Tuż obok jądra, zwykle w zagłębieniu, znajdującem się na

Ryc. 67.

Cztery komórki mięsne gładkie z żołądka żaby.

Izolowane zapomocą 33% ługu potasowego. W środku każdej komórki leży owalne jądro; na obydwu końcach jądra widoczne są skupienia ziarnistej protoplazmy. Pow. ok. 400 razy.

podłużnej jego stronie, leży *mikrocentrum*, złożone z dwóch ciałek środkowych (Lenhossék, Zimmermann). Kształt jądra zależy w znacznej mierze od stanu skurczenia się komórki; w komórce, będącej w spoczynku, jądra są dłuższe, a kontury ich gładkie; w komórce zaś skurczowej są one krótsze, zazwyczaj wężowato zgięte, kontury zaś ich pozaginane i pofałdowane.



Ryc. 68.

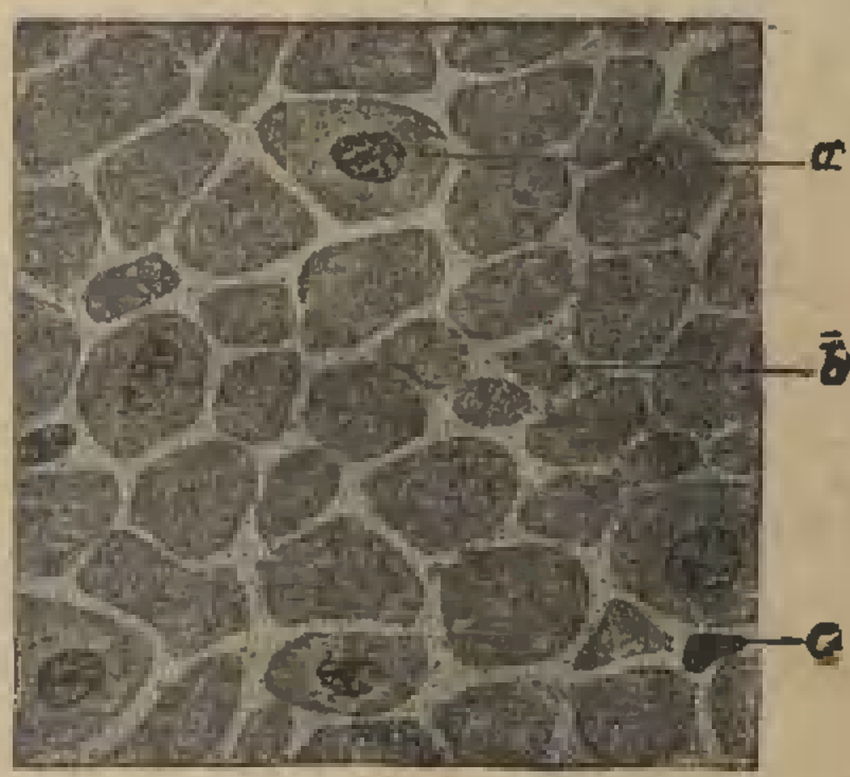
Przekrój podłużny przez część warstwy mięsnej z kiszki grubej psa.

Pow. ok. 530 razy.

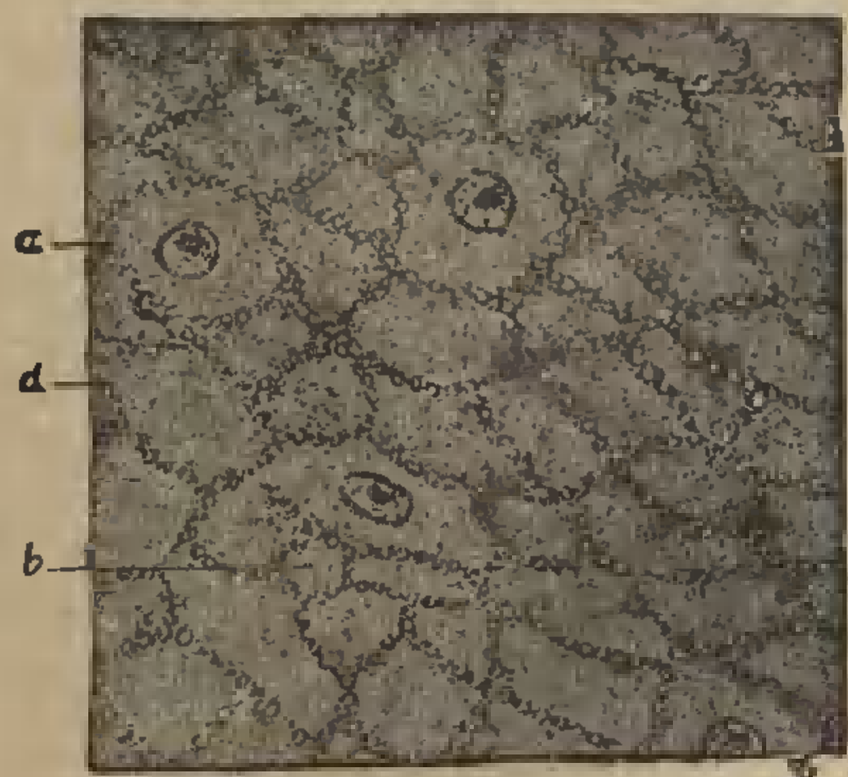
Jądro leży wśród plazmy komórkowej, która zawiera mniej lub więcej wyraźnie widzialne *włókienka kurczliwe*, bieżące równolegle do podłużnej osi komórki. Są to cienkie i w całym swym przebiegu równej grubości nitki, których przekrój poprzeczny waha się pomiędzy 0,3—1,0 μ. Leżą nadzwyczaj gęsto obok siebie i nie wykazują delikatniejszych szczegółów budowy. Niektórzy badacze (Heidenhain, Benda) opisali nadto specjalne *włókienka graniczne*, które znajdują się rzekomo tylko w wierzchnich częściach komórek i odznaczają się szczególną grubością.

Te włókienka kurczliwe rozdziela nieznaczna ilość protoplazmy niezmienionej, którą nazywamy *sarkoplazmą*. Jest ona nagromadzona obficiej wzdłuż osi komórki w postaci dwu wąskich, rozmaicie długich koniuszków, wychodzących z obydwu końców jądra. Ponadto znajdujemy jeszcze na zewnętrznej powierzchni komórki jednolitą bardzo cienką warstewkę sarkoplazmy, która otacza komórkę jakby błoną i zowie się *sarkolemmą*.

Charakterystyczny jest przekrój przez komórki mięsne gładkie, ułożone obok siebie w większych masach. Przedstawiają się one wtedy jako okrągłe lub skutkiem wzajemnego ucisku wieloboczne pola.



Ryc. 69.



Ryc. 70.

Ryc. 69.

Przekrój poprzeczny przez część warstwy mięsnej i kiszki grubej psa.

Mostków międzykomórkowych tutaj nie widać. Pow. ok. 800 razy.

Ryc. 70.

Przekrój poprzeczny przez część warstwy mięsnej z kiszki grubej psa.

Mostki międzykomórkowe są tutaj widoczne. Pow. ok. 800 razy.

a) Komórki mięsne, przecięte poprzecznie w okolicy jądra. b) Komórki mięsne, przecięte poprzecznie w bliskości końca. c) Jądro tkanki łącznej. d) Mostki międzykomórkowe.

Pola te są różnej wielkości; jedne są małe, gdy przekrój wypadł na koniec wrzecionowatej komórki, inne zaś, przecięte w środkowej części komórki, są większe. Na największych przekrojach widzimy trafione jądra.

Sposób, w jaki łączą się komórki mięsne gładkie, do tej pory nie jest wyjaśniony. Dawniej sądzono, iż istnieje specjalna istota kitowa, która spaja komórki; obecnie, jako przyczynę ścisłego związku między komórkami przyjmują bezpośrednie protoplazmatyczne ich połączenie albo zapomocą t. zw. *mostków międzykomórkowych* (Kulczycki, Barfurth, Klecki, de Bruyne, Bohemann, Triepel), albo wskutek bezpośredniej ciągłości włó-

kienek, przechodzących przez kilka komórek (Rouget, Benda, Schaper). Co do mostków międzykomórkowych, to wprawdzie na preparatach, traktowanych różnymi odczynnikami, widać bardzo często jakby ciernie i kolce, wychodzące z komórek (ryc. 68 i 70), jednakże na innych preparatach, zupełnie niepokurczonych, kontury komórek są gładkie (ryc. 69). Na podstawie tego musimy się skłonić raczej do poglądów tych autorów, którzy uważają mostki międzykomórkowe za twory sztuczne. (Drasch, Garnier, Schaffer, Lenhossék, Henneberg).

Wydaje się rzeczą niewątpliwą, że ważną rolę w wzajemnem łączeniu komórek mięsnych gładkich odgrywa tkanka łączna. Tworzy ona tutaj delikatne blaszki między komórkami, przyczem niektóre

Ryc. 71.

Przekrój podłużny przez warstwę mięsną jelita kota z poprzecznemi włóknami łącznotkankowemi międzykomórkowemi.

Z Heidenhaina, według Bohemana.

z nich biegną wzdłuż i otaczają komórki jakby pochewkami, inne zaś łączą blaszki podłużne w kierunku poprzecznym. Tym błoniastym pochewkom towarzyszą bardzo delikatne włókienka, przebiegające między komórkami i otaczające je delikatną siatką (Bohemann, M. Heidenhain, Holmgren — ryc. 71).

Tkanka łączna włóknista spaja komórki mięsne gładkie w większe kompleksy, wchodząc między nie w postaci grubszych przegród i wprowadzając z sobą naczynia krwionośne i nerwy.

Skurcz komórek mięsnych gładkich odbywa się bardzo powoli i, z wyjątkiem bardzo niewielu wypadków, woli nie podlega.

Tkanka mięsna gładka znajduje się obficie w ścianach tętnic żył i naczyń limfatycznych, w ścianie całego przewodu żołądkowo-jelitowego, począwszy od dolnej części przełyku aż do końcowej

części kiszki odchodowej, w tchawicy i oskrzelach, w drogach odprowadzających organów moczopłciowych, w niektórych gruczołach, w skórze i w oku.

2. Tkanka mięsna poprzecznie prążkowana.

Podczas, gdy włókienko kurczliwe w tkance mięsnej gładkie- w całej swej długości jest jednakowo anizotropowe, składa się ono w tkance mięsnej poprzecznie prążkowanej z odcinków anizotropowych i izotropowych, ułożonych regularnie jeden za drugim. Poszczególne włókienka, znajdujące się w włóknie mięsnem, ułożone są bardzo ściśle i przylegają do siebie w taki sposób, iż w sąsiednich włókienkach odcinki, jednakowo załamujące światło, leżą obok siebie; wskutek tego przez całą szerokość poprzecznie prążkowanego włókna mięsnego biegną poprzeczne prążki, naprzemian jasne i ciemne i wywołują w niem charakterystyczny obraz *poprzecznego prążkowania*.

Do mięśni poprzecznie prążkowanych należą: *mięsień sercowy* i *mięśnie szkieletowe*. Obydwa te rodzaje różnią się pewnemi charakterystycznemi cechami, dlatego też będziemy je rozpatrywali oddzielnie.

a) Tkanka mięsna poprzecznie prążkowana sercowa.

Mięsień sercowy u niższych kręgowców tworzy jak gdyby formę przejściową między mięśniami gładkiemi i poprzecznie prążkowanemi, gdyż łączą w sobie pewne właściwości obu rodzajów mięśni. Tak np.

Ryc. 72.

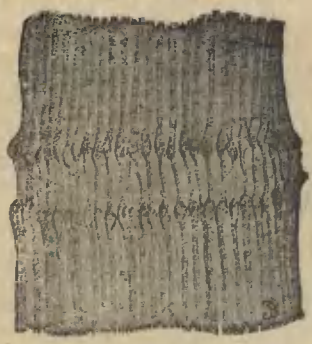
Dwie komórki z mięśnia sercowego żaby, odosobnione ługiem potasowym.

W górnej komórce widać jedno, w dolnej zaś dwa jądra; na obu końcach jąder nagromadzona jest ziarnista sarkoplazma. Pow. ok. 700 razy.

u płazów komórki mięśnia sercowego mają, podobnie jak mięśnie gładkie, kształt wrzecionowaty, na obydwu końcach rozwidlony, posiadają zarówno jak tamte tylko jedno jądro i ledwo zaznaczoną sarkolemmę, równocześnie jednak posiadają wyraźne poprzeczne prążkowanie (ryc. 72), charakterystyczne dla mięśni poprzecznie prążkowanych.

Daleko więcej złożona i dotąd sporna jest budowa mięśnia sercowego człowieka i ssaków. Dawniej przyjmowano powszechnie, że muskulatura serca składa się z komórek walcowatych, łączących się z sobą końcami. Powierzchnie łączące się są, według tego poglądu, spojone z sobą istotą kitową, która czerni się w roztworze azotanu srebra i rozpuszcza się łatwo w silnych ługach; w tym ostatnim wypadku mięsień sercowy rozpada się na oddzielne komórki. Powierzchnie boczne natomiast nie łączą się z sobą zapomocą istoty kitowej. Z komórek sercowych wychodzą pod kątem ostrym krótkie odgałęzienia boczne, które łączą się z odpowiedniemi odgałęzieniami

Ryc. 73.
Dwie komórki mięśnia sercowego człowieka.
Prawa komórka posiada odgałęzienie.
Pow. ok. 500 razy.



Ryc. 74.
Połączenie dwu komórek mięsnych z obrzękłego mięśnia sercowego człowieka.
Przy b widać wypustki nitkowate, które łączą pierwotne włókienka kurczliwe sąsiednich komórek. Powiększenie bardzo znaczne.
(Wedł. Przewoskiego).

sąsiednich komórek i tworzą w ten sposób rodzaj sieci mięśniowej (Weismann, Kölliker, Eberth, Schweigger-Seidel, Zimmermann i jego szkoła) (ryc. 73).

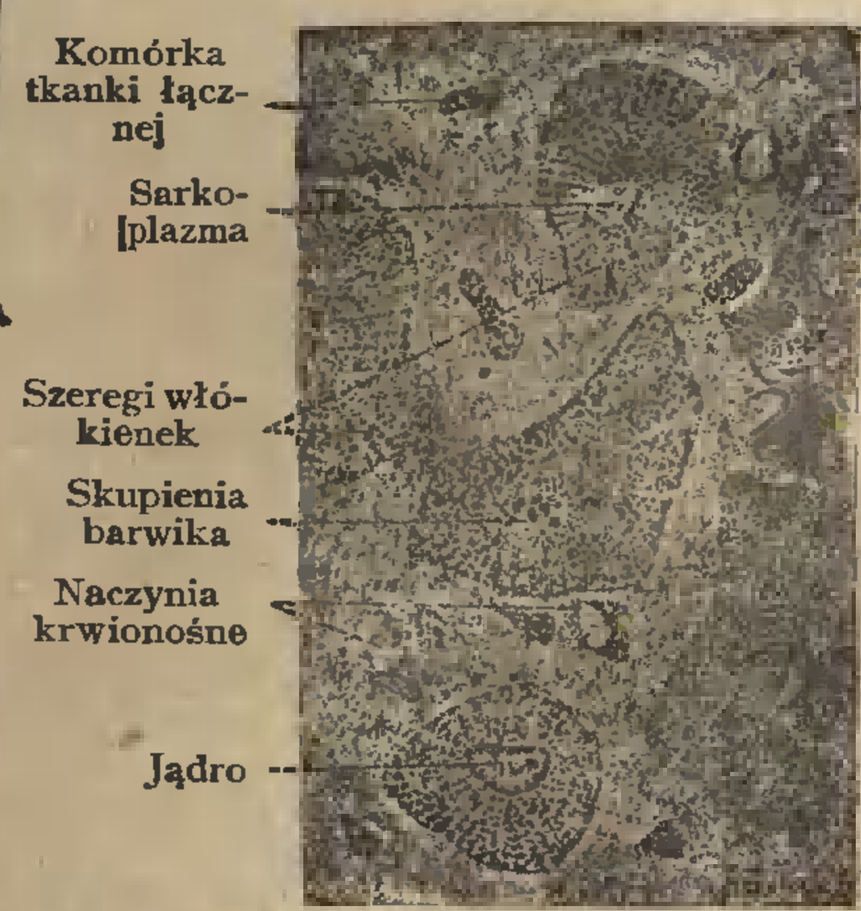
W ostatnich latach zaczął zdobywać sobie coraz więcej zwolenników pogląd wprost przeciwny tamtemu, mianowicie, iż mięsień sercowy nie składa się z komórek, lecz jest siatkowatem syncycjum (Wagener, Ebner, M. Heidenhain, Marceau, Renaut). Okazało się mianowicie, iż walcowate odcinki, na które rozpada się mięsień sercowy pod działaniem silnego ługu potasowego, nie odpowiadają komórkom, t. zw. komórkom mięsnym sercowym i że to, co uważano za linje kitowe, łączące komórki, a co obecnie nazwano „*wstawkami*", ma zupełnie inne znaczenie. Mianowicie Browicz wykazał, że te linje kitowe mają budowę pręcikową, a Przewoski, że się one składają z włókien, które łączą nawzajem włó-

kienka sąsiednich komórek na wzór mostków międzykomórkowych w naskórku (ryc. 74). Wkrótce przekonano się (Hoyer jun.), że przez te linje kitowe przechodzą bez przerwy włókienka z jednej komórki do drugiej tak, iż istnieje niewątpliwa ciągłość tych elementów.

Ponieważ ostatni pogląd jest, jak się zdaje, słuszny, przeto w dalszym ciągu oprzemy się na badaniach M. Heidenhaina, z którego pracy podamy też dwie nadzwyczaj pouczające ryciny.

Muskulatura serca człowieka i ssaków składa się *z włókien*, które w przebiegu swym ulegają nadzwyczaj daleko idącym rozszczepieniom podłużnym. Wskutek łączenia się z sobą odgałęzień sąsiednich włókien, powstaje pewien rodzaj splotu (ryc. 76).

Ryc. 76.

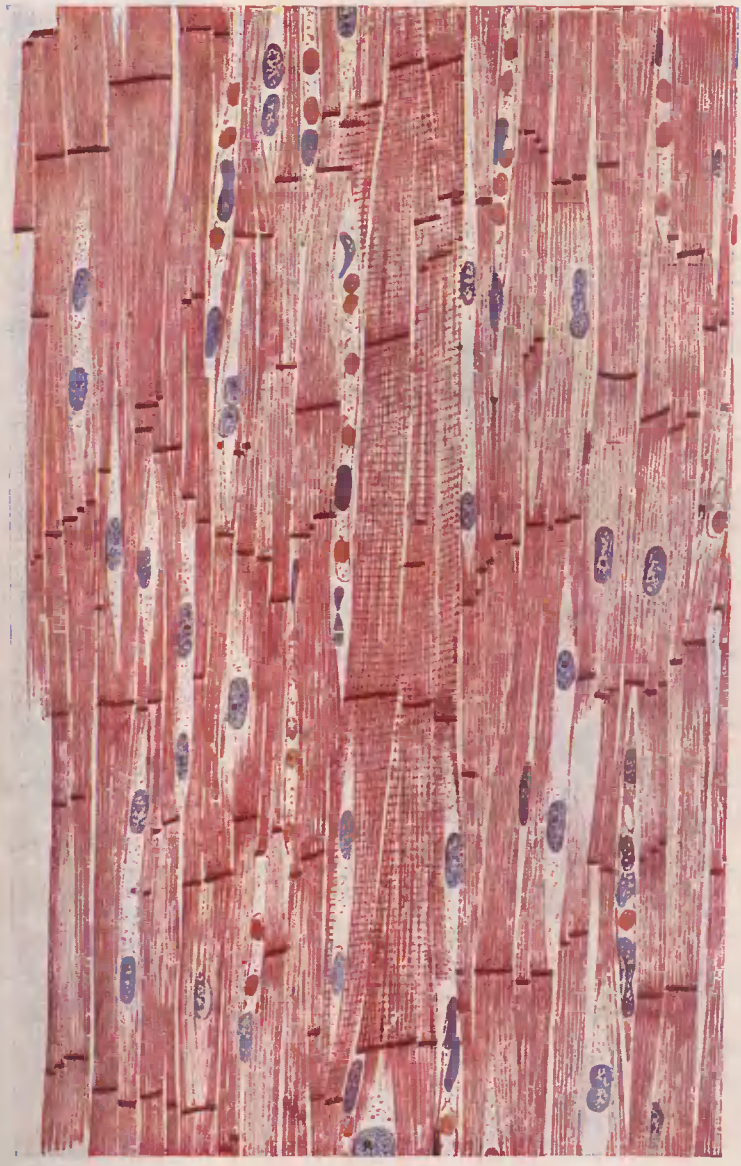


Ryc. 77.

Ryc. 76. Schemat rozgałęzień włókien mięśnia sercowego człowieka.
Gwiazdki oznaczają miejsca, gdzie wiązki odginają się do sąsiednich płaszczyzn przekroju. (Kopja z Heidenhaina).

Ryc. 77. Część przekroju poprzecznego przez mięsień sercowy człowieka.
Pow. ok. 800 razy.

Włókna te składają się *z sarkoplazmy, sarkolemmy, włókienek kurczliwych poprzecznie prążkowanych* i *z jąder*. W przebiegu włókien znajdujemy ponadto przerwy, nazywane *wstawkami*. Na ryc. 75 widzimy łączenie się wzajemne włókien mięśnia sercowego w splot. Odgałęzienia, wytworzone przez rozszczepienie, łączą się z innemi włóknami i to w różnych płaszczyznach, a nie tylko w płaszczyznie przekroju (ryc. 76). Między włóknami powstają przytem szczeliny, które wypełnia tkanka łączna, zawierająca w sobie włosowate naczynia



Ryc. 75.
Obraz poglądowy muskulatury serca ludzkiego.

Pow. 540 razy. Jądra zabarwione na niebiesko, wstawki na ciemno-czerwono.
Według M. Heidenhaina.

krwionośne. Włókienka kurczliwe poprzecznie prążkowane, rozmieszczone wśród niezróżnicowanej sarkoplazmy, są w swej budowie zupełnie takie same, jak włókienka mięśni szkieletowych; tam też budowę ich omówimy. *Sarkoplazma* tworzy w mięśniu sercowym, podobnie jak w komórkach mięsnych gładkich, tylko silniej rozwinięte pasmo osiowe, łączące się z obu końcami wydłużonego jądra. Często od tego osiowego pasma sarkoplazmy odchodzą promienisto ku powierzchni włókna przegrody sarkoplazmatyczne i, wchodząc między włókienka kurczliwe, układają się w wiązki w kształcie podłużnie biegnących wstęg, przegródki zaś sarkoplazmatyczne rozdzielają je w dalszym ciągu na oddzielne *słupki mięsne* (ryc. 77). W sarkoplazmie znajdujemy często ziarnisty brunatny barwik (ryc. 77). Sarkoplazma mięśnia sercowego zawiera, podobnie jak sarkoplazma mięśni szkieletowych, pewne składniki, jak mitochondrja, sarkosomy i poprzeczne siatki włókienkowe; ażeby uniknąć powtarzania, omówimy je obszerniej łącznie z mięśniami szkieletowemi. Włókna mięśnia sercowego pokryte są na powierzchni cienką warstwą sarkoplazmy, która tworzy, tak samo jak w mięśniach szkieletowych, *sarkolemmę*, ograniczającą włókno od zewnątrz. Sarkolemma, według Hocha i Heidenhaina spaja się bardzo silnie z błoną graniczną (Zwischenscheibe =Z) włókienek kurczliwych.

Jądra znajdują się zazwyczaj w osi włókien, otoczone sarkoplazmą, mogą jednak leżeć również mimośrodkowo, a nawet na powierzchni włókna. Często spotkać można w obficiej nagromadzonej sarkoplazmie dwa jądra tuż obok siebie leżące (ryc. 75).

Co się tyczy ciekawych i zagadkowych tworów, zwanych *wstawkami*, uważanych dawniej za „linje kitowe", łączące sąsiednie komórki, to stanowią one płytki, wstawione poprzecznie w bieg włókien, grubości 1—1·7 μ, a różnej szerokości; wstawki te mogą być mianowicie albo tak szerokie, jak całe włókno, albo też zajmować zaledwie małą część jego przekroju poprzecznego. Często są one tak ułożone, że przenikają przekrój włókna w postaci schodków. Wstawki dzielą włókna mięsne na odcinki czasami dość regularne. Odcinki zawierają zazwyczaj jedno albo dwa jądra, co nadaje im wielkie podobieństwo do komórek, za które też część badaczy je uważa. Często jednak, wskutek niezupełnego wykształcenia wstawek, sąsiadujące odcinki łączą się bezpośrednio z sobą. Wstawki składają się z krótkich pręcików (ryc. 74), włączonych w bieg włókienek kurczliwych. Według Heidenhaina przedstawiają one niezróżnicowaną substancję, stanowiącą materjał dla wzrostu włókienek mięsnych. Gdy wstawka przekroczy pewną grubość, część jej zamienia się w odpowiedniej wielkości cząsteczkę istoty kurczliwej włókna mięsnego.

Wstawki są również uważane jako pasma zagęszczonej substancji włókien mięsnych, powstałe wskutek skurczu podczas zamierania włókien. Ebner, który te linie, silnie załamujące światło, *lśniącemi pasmami* nazywa, uważa je za kurczliwe odcinki włókien mięśnia sercowego, których zadaniem ma być regulowanie odpływu fal skurczowych.

b) Tkanka poprzecznie prążkowana szkieletowa.

Tkanka mięsna szkieletowa przedstawia obraz najdalej posuniętego zróżnicowania; składa się ona z oddzielnych włókien, nie łączących się z sobą i wskutek tego dających się z łatwością wszelkiego rodzaju środkami maceracyjnemi w całej swej długości wyosobnić. Włókna te mogą być nieporównanie dłuższe, niż komórki mięsne gładkie; w małych mięśniach mogą się ciągnąć wzdłuż całego mięśnia, w większych natomiast nie dosięgają prawdopodobnie nigdy długości całego mięśnia. Stwierdzono, że włókna mięsne mogą dosięgać

Ryc. 78.

Koniec włókna mięsnego poprzecznie-prążkowanego z mięśnia żaby.

Pow. ok. 300 razy.

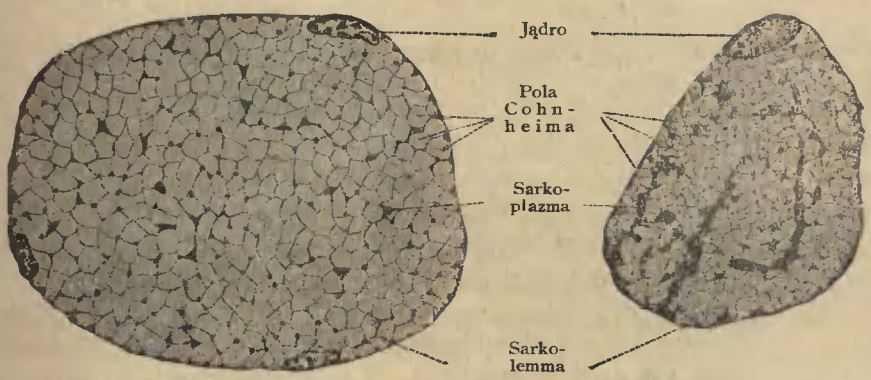
długości 12 cm. Wielkość przekroju poprzecznego ulega bardzo znacznym wahaniom (30—80 μ); zdaje się jednak, iż nie przekracza on nigdy 100 μ.

Wobec tego, że przekrój włókna mięsnego nigdy nie jest zupełnie okrągły, lecz nieprawidłowo wieloboczny z mocno stępionemi narożami, stanowi włókno długi pryzmat, którego przekrój podłużny jest sto i tysiąckrotnie większym, niż przekrój poprzeczny. Obydwa końce tego pryzmatu mają kształt tępych stożków, albo też są bardziej zaokrąglone (ryc. 78).

W rozwiniętem włóknie mięsnem rozróżniamy następujące części składowe (ryc. 78): niezmieniona protoplazma, nazywana tutaj *sarkoplazmą*, zagęszczona jej warstewka leżąca na powierzchni i tworząca zewnętrzną powłokę włókna, zwana *sarkolemmą*, *jądra mięsne* i wreszcie, jako najważniejsza składowa część włókna, *włókienka*

kurczliwe poprzecznie prążkowane. Te części składowe omówimy kolejno.

O rozmieszczeniu *sarkoplazmy* w włóknach mięsnych pouczyć nas mogą najlepiej przekroje poprzeczne, jakie mamy przedstawione na ryc. 79 i 80. Na ryc. 79 widzimy na całym przekroju dość regularną siatkę, która łączy się z zewnętrznym konturem włókna. Siatkę ową stanowi sarkoplazma, obwódkę na powierzchni — sarkolemma. Wskutek tego prawidłowego układu sarkoplazmy cały przekrój poprzeczny włókna mięsnego rozkłada się na znaczną ilość małych, wielobocznych pól, które, według odkrywcy, nazywamy *polami Cohnheima.*



Ryc. 79. Ryc. 80.

Ryc. 79. Przekrój poprzeczny włókna mięsnego z mięśnia brzuchatego łydki (musc. gastrocnemius) kota. Barw. hematoksyliną ałunową. Sarkoplazma ułożona regularnie (włókno mięsne jasne).

Pow. ok. 800 razy.

Ryc. 80. Przekrój poprzeczny włókna mięsnego z mięśnia prostego górnego oka kota. Barw. hematoksyliną ałunową. Bardzo obficie rozwinięta sarkoplazma tworzy w niektórych miejscach przekroju szerokie smugi. (Włókno mięsne ciemne).

Pow. ok. 800 razy.

Nie zawsze jednak układ beleczek, a właściwie przegródek sarkoplazmy, jest tak regularny. Na ryc. 80 widzimy przekrój poprzeczny włókna mięśnia ocznego; widać tutaj sarkoplazmę pod postacią grubych beleczek, wychodzących częściowo z sarkolemmy i przenikających przekrój. Ze względu na ilość sarkoplazmy w włóknach mięsnych, rozróżniamy włókna mięsne *ubogie w sarkoplazmę,* t. zw. *jasne* czyli *białe,* i *bogate w sarkoplazmę,* t. zw. *ciemne* czyli *czerwone.* Nietylko ilość sarkoplazmy stanowi różnicę pomiędzy temi dwoma rodzajami włókien mięsnych; różnią się one jeszcze innemi właściwościami. I tak, włókna mięsne obfitujące w sarkoplazmę, ciemne czyli czerwone odznaczają się obfitością ziaren, t. j.

silnem nagromadzeniem w sarkoplazmie t. zw. sarkosomów i lipoidów, zawdzięczają czerwoną swą barwę obecności w włóknach barwika krwi, t. zw. hemoglobiny, a nadto są obficiej zaopatrzone w naczynia krwionośne. W związku z znaczniejszą zawartością sarkoplazmy włókna te posiadają wyraźniejsze prążkowanie podłużne, jądra ich leżą nietylko na obwodzie, lecz także wewnątrz włókna, i odznaczają się tem, iż się wolniej kurczą i później ulegają znużeniu. Natomiast włókna ubogie w sarkoplazmę, jasne czyli białe, posiadają wyraźne prążkowanie poprzeczne, mają jądra ułożone przy powierzchni, tuż pod sarkolemmą, kurczą się szybciej, ale prędzej ulegają znużeniu.

Okazało się jednak, że włókna mięsne bogate w sarkoplazmę nie zawsze są zarazem ciemnemi; tak np. należą mięśnie oczne u człowieka, małpy i królika do włókien mięsnych białych, pomimo, że są one nadzwyczaj bogate w sarkoplazmę (Thulin). U człowieka składa się cała muskulatura przeważnie z obu rodzajów włókien mięsnych, które są pomieszane z sobą, tak, że muskuły w ogólności zawierają zarówno włókna mięsne bogate w sarkoplazmę, ciemne czyli czerwone, jak i w sarkoplazmę ubogie, jasne czyli białe. Ciemne włókna przeważają w mięśniach, które są przeznaczone do częstszych i dłużej trwających skurczów. U pewnych zwierząt, np. u królika, składają się pewne mięśnie prawie wyłącznie z włókien mięsnych białych czyli ubogich w sarkoplazmę, inne znowu z włókien obfitujących w sarkoplazmę czyli czerwonych; u królika np. mięsień półścięgnisty (m. semitendinosus) i mięsień spodni łydkowy (m. soleus) jest wyraźnie czerwony.

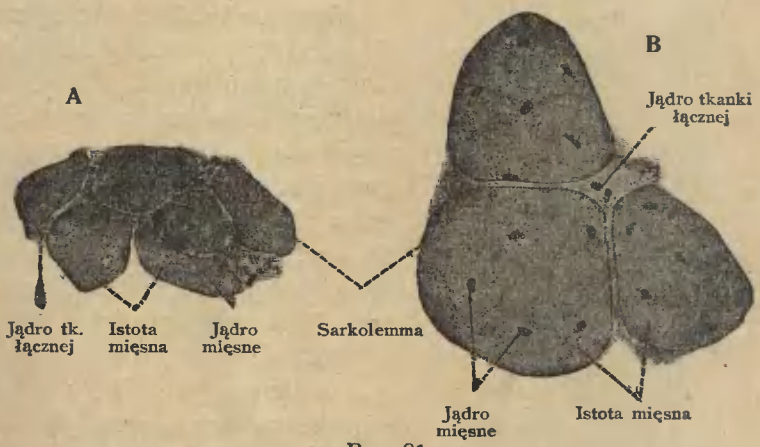
Z obrazów, jakie nam dają przekroje włókien mięsnych, możemy wywnioskować, że sarkoplazma tworzy w obrębie włókna mięsnego podłużnie ułożone przegrody, wychodzące z sarkolemmy promienisto ku wnętrzu włókna i łączące się tam w zrąb siatkowaty, który najlepiej możnaby przyrównać do komór plastra miodu niezmiernie wzdłuż wyciągniętych. W tych komorach podłużnych leżą, połączone w wiązki, włókienka mięsne kurczliwe.

Wśród sarkoplazmy znajdujemy dwa rodzaje ziarenek, mianowicie: mitochondrja i t. zw. sarkosomy czyli ziarenka międzywłókienkowe (interstycjalne), a ponadto t. zw. poprzeczne siatki włókienkowe. Do tych zawartości sarkoplazmy powrócimy jeszcze później.

Podczas gdy *sarkolemma* w mięśniach gładkich i w mięśniu sercowym utworzoną jest wyłącznie z cienkiej, zagęszczonej, wierzchniej warstwy sarkoplazmy, znajduje się ponadto w mięśniu szkieletowym na powierzchni tej warstwy sarkoplazmy nadzwyczaj delikatna błona grubości około 1 μ. przylegająca ściśle do powierzchni

sarkoplazmy, ze wszystkich stron powlekająca włókno mięsne. Powłoczkę tę należy uważać jako właściwą błonę komórkową.

Na świeżych włóknach mięsnych można sarkolemmę bardzo łatwo odosobnić jako odrębną błonę, niszcząc istotę poprzecznie prążkowaną zapomocą pewnych środków mechanicznych lub chemicznych. Otrzymujemy wówczas sarkolemmę, jako częściowo lub całkowicie pustą pochewkę. Dowodzi to, że sarkoplazma jest istotą miękką i delikatną, i że sarkolemma jest od niej daleko trwalsza i odporniejsza na zniszczenie niewątpliwie dlatego, że posiada gęstszy stan skupienia, przypuszczalnie zaś także z powodu nieco odmiennego składu chemicznego.



Ryc. 81.

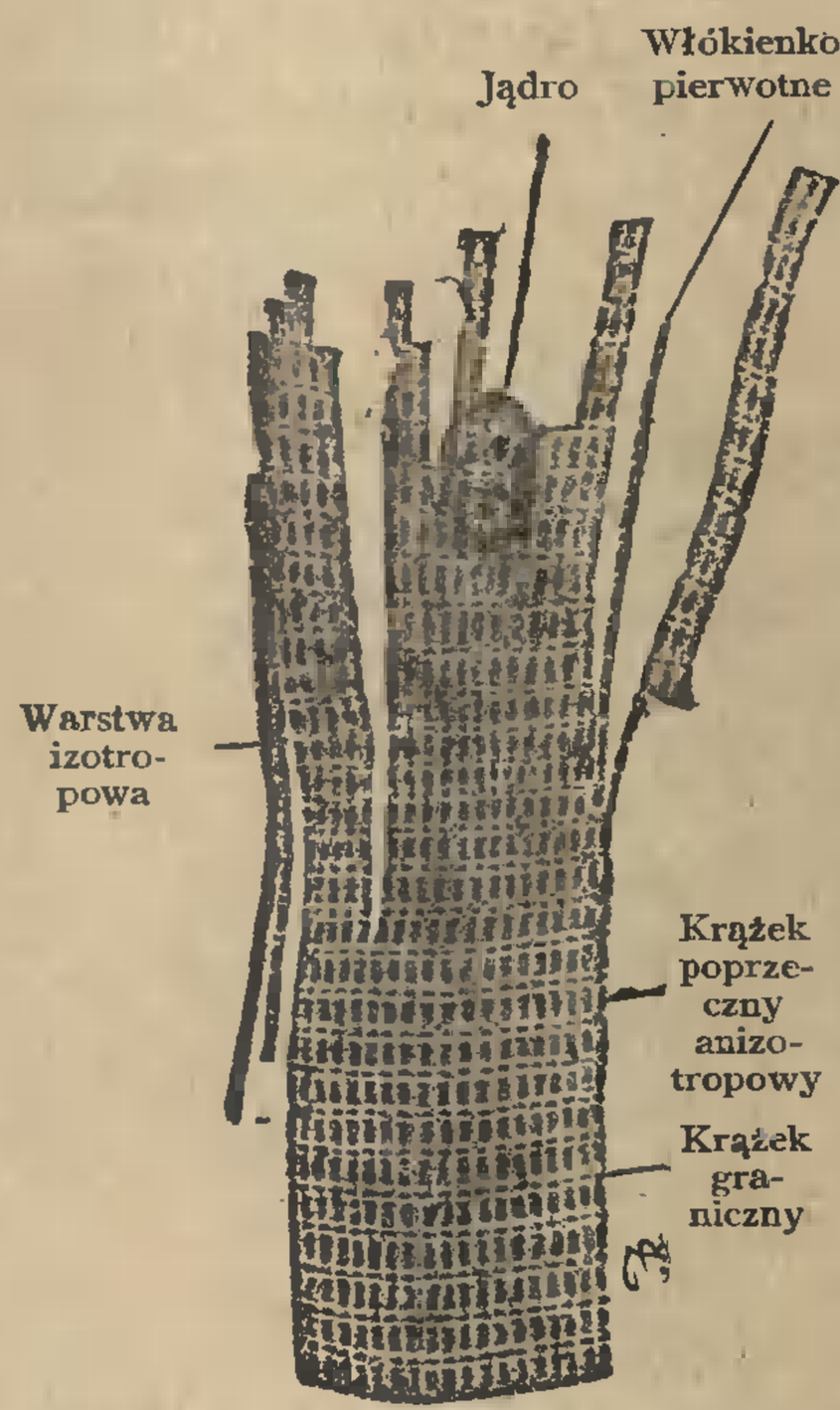
Przekroje włókien mięsnych poprzecznie prążkowanych.

A—człowieka, B—żaby. Pow. ok. 350 razy. Widać tutaj stosunek jąder mięsnych do sarkolemmy.

Jądra włókien mięsnych są zazwyczaj owalnie wydłużone. O budowie ich nie mamy do powiedzenia nic szczególnego, natomiast nieco bliżej musimy się zająć ich położeniem. U ssaków i człowieka leżą one tuż pod sarkolemmą, więc zupełnie na powierzchni, pokryte od wewnątrz ledwie dostrzegalną warstewką sarkoplazmy. U niższych kręgowców znajdujemy je zarówno pod sarkolemmą, jak też rozrzucone po całem wnętrzu włókna, zawsze otoczone większą lub mniejszą ilością sarkoplazmy (Ryc. 81). Jednak i u człowieka położenie jąder tuż pod sarkolemmą nie jest wyłączne i stałe. Prawie w każdym mięśniu znajdujemy tu i ówdzie włókno z jednem lub z kilku jądrami, leżącemi we wnętrzu; w mięśniach ocznych jest to zjawisko zupełnie zwykłe. Są to mianowicie t. zw. włókna mięsne bogate w sarkoplazmę czyli ciemne.

Zwróćmy się obecnie do najważniejszej części składowej włókna mięsnego, do t. zw. *włókienek kurczliwych (miofibrille)*. Włókienka

te leżą, jak to już poprzednio wspomnieliśmy, wśród pól Cohnheima, czyli inaczej mówiąc, przekrój poprzeczny pewnej ilości skupionych razem włókienek stanowi pole Cohnheima. Włókienka nigdy nie leżą oddzielnie, lecz zawsze są w większej ilości skupione w wiązki, które nazywamy *słupkami mięsnymi (columnae musculares* — Kölliker). Każdy słupek mięsny oddzielony jest od sąsiednich sarkoplazmą; przekrój poprzeczny takiego słupka stanowi pole Cohnheima. Wewnątrz słupków nie daje się wykazać istota oddzielająca od siebie włókienka.



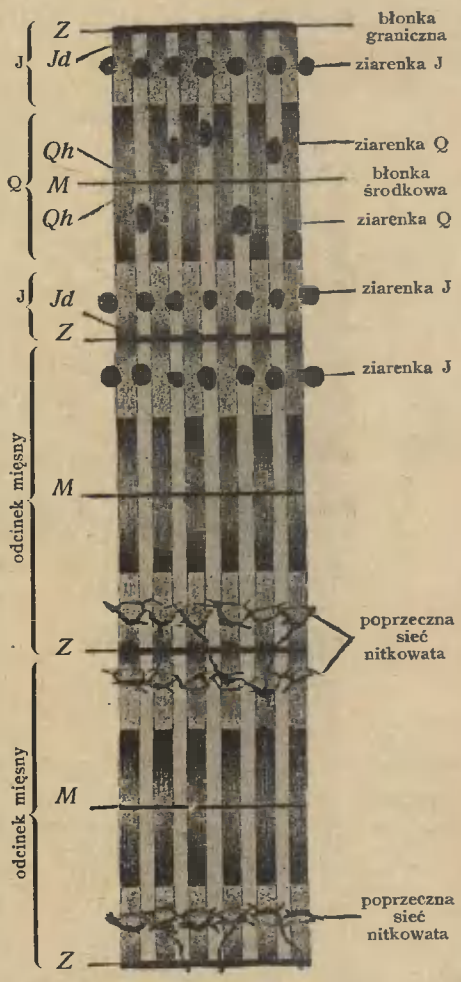
Ryc. 82.
Część włókna mięsnego żaby, które się rozpadło na włókienka kurczliwe.
Pow. ok 650 razy.

Włókienka kurczliwe stanowią długie nitki, zupełnie gładkie i bardzo cienkie. Przekrój ich poprzeczny oceniano zazwyczaj na 1,0—1,5 μ. Liczba ta naszem zdaniem jest za wysoka; zdaje się, że 0,2 μ odpowiadałoby rzeczywistości. Na ryc. 82 włókienka nie są już gładkie, gdyż wskutek działania odczynników nabrały charakteru perlistego.

Gdy rozpatrujemy włókno mięsne przy znacznem powiększeniu, dostrzegamy z łatwością, że jest ono złożone z włókienek, które się składają z szeregu odcinków naprzemian jaśniejszych i ciemniejszych, t. j. słabiej i silniej łamiących światło. Jeżeli badamy włókienka pod mikroskopem polaryzacyjnym, to przy skrzyżowanych nikolach jedne odcinki przedstawiają się jasno na ciemnem polu, są więc podwójnie światło łamiące czyli anizotropowe, inne natomiast okazują się jako pojedyńczo łamiące światło czyli izotropowe. Wskutek tego, że we wszystkich włókienkach danego włókna mięsnego zarówno odcinki izotropowe, jak anizotropowe są ułożone ściśle obok siebie w tej samej linji, powstaje charakterystyczne poprzeczne prążkowanie całego włókna mięsnego (ryc. 82).

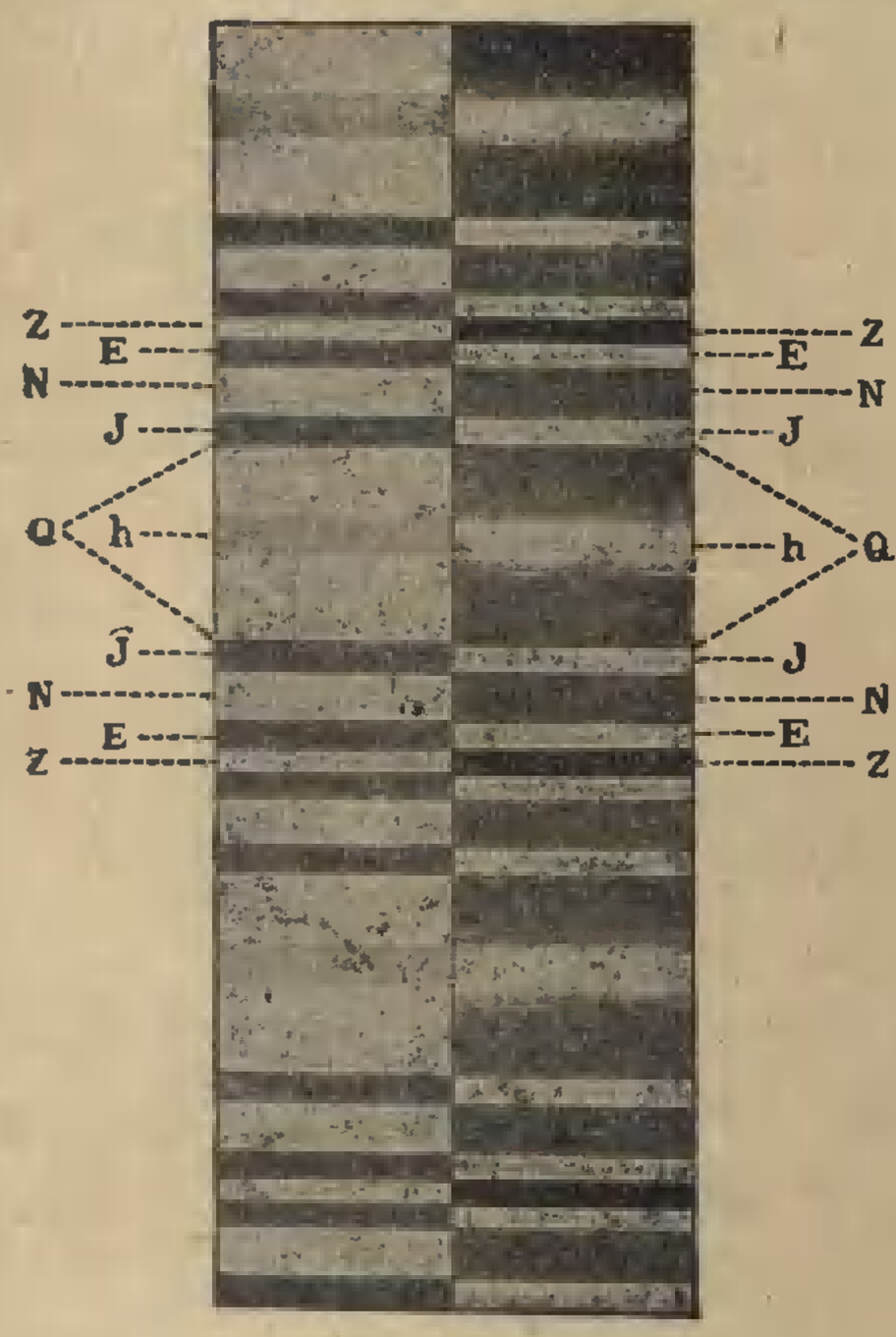
Posługując się powiększeniami bardzo silnemi, możemy wykryć w budowie włókien mięsnych, względnie włókienek, dalsze jeszcze szczegóły (ryc. 83 i 84). Przedewszystkiem zwracają uwagę ciemne prążki, około 0,2 μ grube, które przebiegają w regularnych odstępach

wpoprzek włókna, przez całą jego grubość; przenikają one nieprzerwanie przez sarkoplazmatyczne przegródki i łączą się z sarkolemmą. Są to t. zw. *błonki graniczne Krausego* (Grundmembranen) czyli *telofragmy Heidenhaina*, opisane przez Amiciego jako *krążki pośrednie* (Zwischenscheiben, prążek Z). Te błonki graniczne tworzą przegrody, dzielące całą istotę mięsną na poszczególne *odcinki mięsne* ułożone jeden za drugim (Muskelkästchen, Muskelfächer, Muskelsegmente), przez Heidenhaina nazwane *inokommata* lub krócej *kommata*. Każdy taki odcinek mięsny *(komma)* podzielony jest na dwie połowy bardzo delikatną błonką, również biegnącą nieprzerwanie wpoprzek całego włókna, t. zw. *błonką środkową* czyli *krążkiem środkowym Merkla* (Mittelscheiben, prążek M), przez Heidenhaina zaś nazwanym *mezofragmą*. Każdy odcinek mięsny (komma) oddzielony dwiema błonkami granicznemi, składa się z istoty izotropowej i anizotropowej, które są tak ułożone, że istota anizotropowa zajmuje część środkową odcinka (prążek Q), izotropowa zaś leży po obu stronach tamtej, zajmując krańce odcinka (prążek J). Łatwo zrozumieć, że to, co na ryc. 83 przedstawia się jako prążek, jest w rzeczywistości tylko optycznym przekrojem krążka. Stąd można używać jednego i drugiego określenia: prążek i krążek. Zdaje się, iż różnice właściwości obu krążków, polegają na niejednakowej ich gęstości; pojedyńczo światło łamiący (izotropowy) krążek J jest mianowicie rzadszy i bogatszy w wodę, niż podwójnie łamiący światło (anizotro-



Ryc. 83.
Schemat budowy mięśnia poprzecznie-prążkowanego.
Wedł. Heidenhaina.

powy) krążek Q. Od tych różnic w gęstości zależą też prawdopodobnie znaczne różnice w barwieniu się obydwu istot: Q posiada, w przeciwieństwie do J, znaczne powinowactwo do barwików. Krążek anizotropowy Q jest przepołowiony wpoprzek przez krążek (błonkę) środkowy (Mittelscheibe). Błonka graniczna (prążek Z) tak samo jak błonka środkowa (prążek M), przechodząc wpoprzek przez całe włókno, należą zarówno do włókienek kurczliwych, z których wyszły jako produkt ich zróżnicowania, jak i do sarkoplazmatycznych przegródek. Błonki graniczne (prążki Z) rozdzielają istotę włókienkową mięśnia poprzecznie prążkowanego na szereg następujących po sobie odcinków zupełnie identycznych pod względem swej budowy. Rozmaite te części jednego odcinka, obserwowane z boku, jak już wspomnieliśmy, przedstawiają się jako prążki, w rzeczywistości jednak są krążkami. Każdy odcinek rozpoczyna się krążkiem izotropowym (J), po nim następuje jedna połowa krążka anizotropowego (Q), potem krążek środkowy (M), następnie druga połowa krążka anizotropowego (Q), a wreszcie znowu krążek izotropowy (J). Dwa sąsiednie odcinki łączą się za pośrednictwem krążka granicznego czyli pośredniego Z.



Ryc. 84.

Schemat prążkowania poprzecznego mięśnia chrząszcza, wedł. Rolleta.

I przy objektywie mikroskopu nieco podniesionym, przy opuszczonym Q—krążek anizotropowy, h—krążek środkowy (Hensena), J—krążek izotropowy, N—krążek uboczny, E—druga połowa krążka izotropowego, Z—krążek graniczny.

Działaniem pewnych odczynników, jak: alkoholu, kwasu chromowego, salicylowego i pikrynowego, można wywołać podłużny rozpad włókna mięsnego na słupki mięsne, które następnie pod wpływem mechanicznego rozdzielania igiełkami rozsypują się na pojedyńcze włókienka kurczliwe. Odczynniki te bowiem rozluźniają, względnie rozpuszczają sarkoplazmę, łączącą słupki wewnątrz włókna.

Włókienka te uważać należy za ostateczne jednostki składowe włókien mięsnych poprzecznie prążkowanych. Dalsze zaś szczegóły w budowie włókienka, mianowicie zróżnicowanie na odcinki

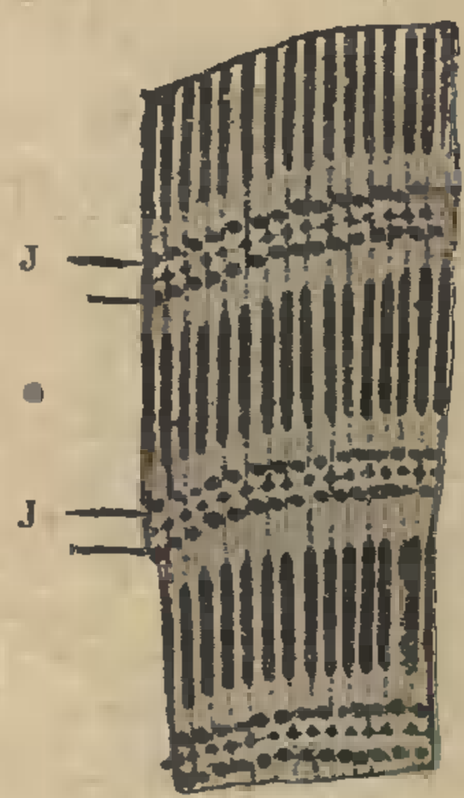
o różnych właściwościach, musimy uważać jedynie za środek, ułatwiający włóknu mięsnemu spełnianie właściwego mu zadania.

Wprawdzie pod wpływem pewnych odczynników, jak alkoholu i niektórych kwasów, może w pewnych warunkach nastąpić także rozpad poprzeczny włókna mięsnego na krążki, to jednak bliższe, uważne rozpatrzenie przekonywa, że rozpad ten jest sztuczny. Pod wpływem mianowicie pewnych kwasów jedne krążki odcinków włókienek mięsnych pęcznieją silniej niż drugie tak, że włókienko mięsne, mające w normalnych warunkach brzegi zupełnie gładkie, nabiera podobieństwa do sznura pereł. Najbardziej pęcznieje przytem krążek Q. Jeżeli działanie kwasu jest silniejsze, wówczas krążek Q rozszczepia się wpoprzek, a całe włókienko rozpada się w ten sposób na szereg krążków, leżących jeden na drugim, jak ułożone w rulon monety. Każdy taki z rozpadu powstały krążek posiada w środku nietknięty krążek pośredni.

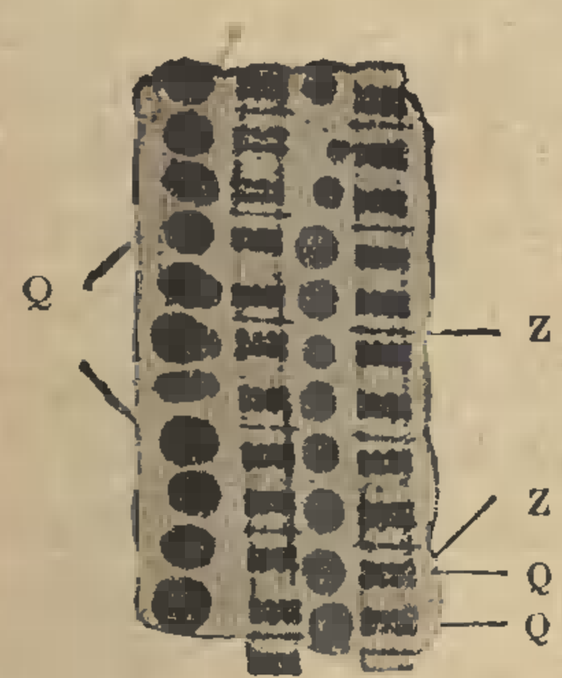
Inny rodzaj rozpadu na krążki opisał po raz pierwszy Bowman, a następnie dokładniej zbadał Rollett. Jeżeli mianowicie trzyma się przez czas dłuższy mięsień chrząszcza w silnym (93 %) alkoholu, to w pewnych warunkach następuje po 24—28 godzinach rozpad całego włókna mięsnego na szereg krążków, ułożonych jeden nad drugim, t. zw. *krążków* czyli *dysków Bowmana*. Przytem zarówno krążek Q jak i krążek Z pozostają zawsze nietknięte, a rozpad następuje wewnątrz krążków izotropowych. Fakt, że krążek Z w obu wypadkach pozostaje nietknięty, wskazuje na wielką jego odporność.

Musimy jeszcze omówić pewne wspomniane już poprzednio zawartości sarkoplazmy i ich stosunek do istoty włókienkowej. Wiemy, iż część ziarenek, zawartych w sarkoplazmie, stanowią *mitochondrja*. W włóknach mięsnych u dorosłych mitochondrja występują w większych skupieniach w sarkoplazmie, otaczającej jądra; znajdujemy je ponadto pomiędzy słupkami mięsnemi pod postacią oddzielnych ziarenek albo włókien (Regaud i Favre, Luna). Daleko obficiej pojawiają się one w komórkach rozwijającego się mięśnia (więcej o tem poniżej). Oprócz mitochondrjów znajdujemy jeszcze w sarkoplazmie ziarenka innego rodzaju, t. zw. *ziarenka międzywłókienkowe* (Kölliker) czyli *sarkosomy* (Retzius). Idąc za Holmgrenem rozróżniamy dwa rodzaje tych ziarenek. Jedne leżą na poziomie prążka J, ziarenka J, drugie na poziomie prążka Q, ziarenka Q (ryc. 83, 85 i 86). Pierwsze z nich stały się powodem opisania przez pewnych autorów (Engelmanna, Rolletta), w mięśniach chrząszczy t. zw. *krążków ubocznych*, (dodatkowych, Nebenscheibe, prążków N), przepoławiających rzekomo krążek J. (ryc. 84). Jednakże badania Retziusa wykazały, że t. zw. krążek uboczny nie

stanowi dalszego produktu zróżnicowania włókienek, lecz jest tylko złudzeniem, wywołanem przez regularne występowanie między włókienkami mięśni owadów ziarenek w połowie krążka J z obu stron błonki granicznej (krążek Z). Czy i jakiego rodzaju istnieje związek między sarkosomami i mitochondrjami niewiadomo. Sarkosomy zawierają prawdopodobnie lecytynę, glykogen i tłuszcz. Holmgren przypuszcza, że zadaniem sarkosomów jest gromadzenie substancyj zapasowych, które zużywają się podczas czynności mięśni. Ilość sarkosomów może być nadzwyczaj różna zarówno w różnych mięśniach, jak i w tym samym mięśniu w różnych okre-



Ryc. 85.
Włókna mięsne szkieletowe z *Dytiscus marginalis* w rozkurczu z zabarwionemi ziarenkami J.



Ryc. 86.
Włókna mięsne skrzydeł trzmiela *(Bombus terrestris)* w rozkurczu z dwoma szeregami zabarwionych ziarenek Q.

(Obydwie ryciny według Holmgrena z Heidenhaina.)

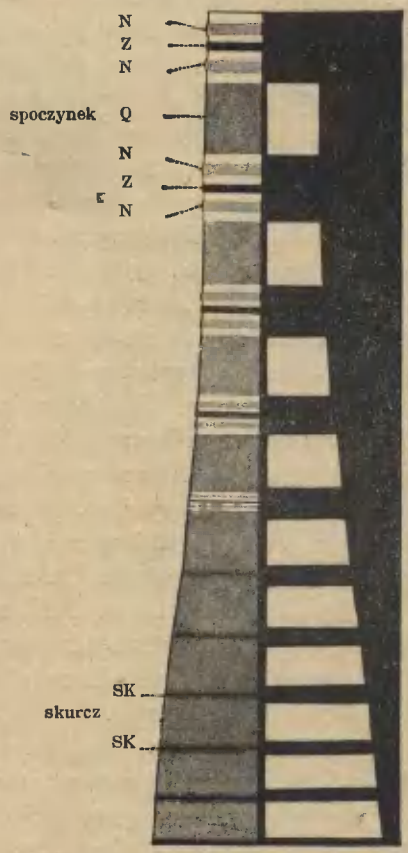
sach jego czynności. W mięśniach stale czynnych i nader ruchliwych (np. mięsień sercowy, mięśnie skrzydeł) osiągają sarkosomy wysoki stopień rozwoju, nadając nawet włóknom wygląd mętny. Po znużeniu mięśnia ulega ilość ziarenek Q znacznej redukcji.

Wśród sarkoplazmy opisano jeszcze pewnego rodzaju nitkowate sieci, przebiegające poprzecznie w sposób regularny. Oplatają one słupki mięsne w okolicach prążków Z, względnie M (Retzius, Ramon y Cajal, Fusari, Veratti, Holmgren) i łatwo dają się wykazać metodą Golgiego. Te *poprzeczne sieci nitkowate* uważają jedni za struktury sarkoplazmatyczne (Fusari, Veratti), inni natomiast (Holmgren, Ramon y Cajal) zaliczają je do t. zw. śródkomórkowych sieci nitkowatych czyli trofospongjalnych, które Holmgren opisał śród różnych rodzajów komórek. Poprzeczne sieci nitkowate są z jednej strony

w ścisłym związku z sarkosomami, z drugiej strony — według Holmgrena — łączą się one w mięśniach owadów z końcowemi rozgałęzieniami tchawek, u innych zwierząt z tkanką łączną, otaczającą włókno mięsne, względnie z naczyniami krwionośnemi włosowatemi. Wskutek tego przypisuje Holmgren poprzecznym sieciom nitkowatym ważną rolę w procesach przemiany materji, przedewszystkiem podczas skurczu mięśnia.

Nie brak jednak głosów, podnoszonych przeciw takiemu tłumaczeniu tych tworów. Hirschler utożsamia je w pewnych wypadkach z błonkami granicznemi, w innych uważa je za szeregi sarkosomów połączonych w siatki międzywłókienkowe.

A teraz zajmijmy się zmianami, jakim ulega budowa włókna mięsnego podczas skurczu. Mięsień podczas skurczu skraca się, objętość jego się zwiększa, przyczem poszczególne warstwy cienieją, a obraz prążkowania poprzecznego znacznie się zmienia (ryc. 87). Widzimy mianowicie na poziomie prążka Z nowy twór, t. zw. *smugę skurczową*, która silnie się barwi i załamuje światło pojedyńczo. Na tę smugę skurczową składają się wszystkie te prążki, które leżą między dwoma prążkami Q. Badania wykazały, że tworzenie się smugi skurczowej zależy od równoczesnych zmian w sarkoplazmie; mianowicie podczas skurczu zmieniają ziarenka J swe położenie i zbliżają się do błonki granicznej. Równocześnie z powstaniem tej żywo barwiącej się smugi skurczowej, prążek Q traci zdolność barwienia się, zachowuje jednak zdolność podwójnego załamywania światła. Ta zmiana w barwieniu się krążków, opisywana dawniej jako odwrócenie prążkowania poprzecznego, polega prawdopo-



Ryc. 87.

Włókno mięsne *Telephorus melanurus;* z lewej strony w świetle zwyczajnem, z prawej w świetle spolaryzowanem. Górny koniec włókna podczas spoczyku, dolny podczas skurczu.

Wedł. Th. W. Engelmanna.

dobnie na zmianie gęstości i rozmieszczenia wody w obrębie istoty włókienkowej.

Wedle hipotezy, postawionej najpierw przez Engelmanna, proces skurczu polega na napęcznieniu istoty anizotropowej. Istota ta pęcznieje kosztem istoty izotropowej i to w kierunku poprzecznym, prostopadle do podłużnej osi włókienek. Przeciwnie twierdzi Ranvier, że podczas skurczu czynna jest istota anizotropowa, czyli krążek Q i że czynność ta polega na zmniejszeniu się objętości i zagęszczeniu się substancji tego krążka, skutkiem oddania płynu bezpośredniemu otoczeniu. Podczas skurczu stają się krążki Q niższe, a tem samem nieco szersze. Obserwacje te zgadzają się z faktem, że skurczony mięsień traci na swej długości, natomiast w odpowiednim stopniu zyskuje na grubości. Istota izotropowa wcale nie odgrywa czynnej roli podczas skurczu, lecz, posiadając znaczny stopień sprężystości, zachowuje się biernie. Według Ranviera więc, podczas skurczu odgrywa rolę kurczliwość krążków Q i sprężystość istoty izotropowej. Prążkowania samego nie można uważać za nieodłączny warunek kurczliwości, gdyż kurczliwe są również komórki mięsne gładkie, które prążkowania poprzecznego nie posiadają. Można jednak przyjąć na podstawie pewnych danych, że prążkowanie poprzeczne stoi w związku z szybkością skurczu. I istotnie przypuszczenie to potwierdza fakt, iż włókienka kurczą się tem szybciej, im drobniejsze są odcinki, na jakie je dzielą błonki Z i M; rozdział bowiem istoty kurczliwej na drobne cząsteczki ułatwia i umożliwia wogóle szybsze oddawanie wody z krążka Q otaczającym go częściom (Ranvier).

Jak widzimy, obydwa poglądy są zgodne w tem, że przypisują tylko krążkom Q i J znaczenie podczas skurczu włókienek; krążki Z i M wcale tu roli nie odgrywają, a ich zadanie polega jedynie na tem, że rozczłonkowują włókienka na szereg drobnych cząsteczek. Holmgren uważa błonki graniczne za „plazmofory", t. zn. za pośredniki w przenoszeniu pewnych substancyj w kierunku poprzecznym włókien, co też może powoduje ową znaczną zdolność barwienia się błon granicznych w smugach skurczowych podczas skurczu włókien.

Mięśnie poprzecznie prążkowane pochodzą z mezodermy. Powstają one mianowicie z komórek pewnych części prasegmentu, części zwanych *płytkami mięsnemi* albo *miotomami*. Każdy miotom składa się z walcowatych komórek, t. zw. *mioblastów*, które wytwarzają wypustki, łaczące się wzajemnie z sobą. Mostki w ten sposób powstałe rozszerzają się coraz bardziej, granice między mioblastami zacierają się zupełnie i mioblasty łączą się tak ściśle z sobą, iż wreszcie powstaje jednolite plazmatyczne syncycjum. Teraz dopiero pojawiają się w tem syncycjum pierwsze włókienka kurczliwe (Go-

dlewski, Młodowska), w czem, jak wykazał Duesberg, Meves i Luna, główną rolę odgrywają mitochondrja, które obficie występują w mioblastach. Stanowią one drobne, oddzielnie leżące ziarenka, które się łączą w łańcuszki, wydłużają w pręciki i zlewają się w dłuższe nitki. Stanowią one zawiązki włókienek kurczliwych, w których następuje tylko dalsze różnicowanie się w znane nam już cząsteczki. Prążki Z powstają na samym końcu tego procesu. Tworzenie się nowych włókienek z tych plastosomów przez bezpośrednie różnicowanie odbywa się w ciągu całego życia płodowego: po urodzeniu natomiast rozmnażają się włókienka tylko zapomocą rozszczepiania się wzdłuż, a rosnąc na długość w obrębie ciała komórkowego, mogą przekroczyć jego granice i wrastać w przyległe mioblasty lub zlewać się końcami z włókienkami sąsiednich mioblastów. W sposób powyższy łączą się nietylko włókienka mioblastów tegoż samego miotomu, lecz również włókienka mioblastów należących do kilku obok siebie leżących miotomów. Dzieje się to mianowicie wtedy, gdy włókno mięsne rozwija się z większej ilości odcinków mięsnych. Tak więc wzrost włókienek w obrębie jednego syncycjum odbywa się niezależnie od terytorjum, w którem powstały (Godlewski, Młodowska). W ostatnich czasach występują niektórzy badacze przeciw poglądowi powstawania włókna mięsnego z większej ilości komórek: dzielą oni pogląd dawnych badaczy, że włókno mięsne rozwija się z jednej tylko komórki przez olbrzymi rozrost jednego jedynego mioblastu (Franz, Asai). Różnicowanie się włókienek zaczyna się najpierw na obwodzie komórki, tak, że młode włókno mięsne początkowo otoczone jest jakby pochewką z poprzecznie prążkowanych włókienek, biegnących podłużnie. W dalszym ciągu tworzą się włókienka w coraz to głębszych warstwach włókna mięsnego; równocześnie zwiększa się ilość jąder drogą ciągłych podziałów, a włókno rośnie na długość. U ssaków i u człowieka rozwijające się włókienka wypierają jądra coraz bardziej ku obwodowi, dopóki te ostatnie nie znajdą się nazewnątrz całego słupa włókienek, wśród warstewki sarkoplazmy, która otacza włókno.

Jak z tego wynika, musimy uważać włókna mięsne za kombinację syncycjum i polikarjocytu.

Wzrost mięśnia odbywa się w dwojaki sposób. Przedewszystkiem włókna mięsne wydłużają się i grubieją wskutek tego, że włókienka rosną na długość i wzdłuż się rozszczepiają, przez co powstają włókna mięsne grubsze i bogatsze we włókienka. Powtóre, mogą też powstawać nowe włókna przez rozszczepianie się podłużne włókien już istniejących (Weismann, Felix). Włókno, które sposobi się do tego podziału, odznacza się tem, że jądra jego układają się w 2—4 podłużne szeregi (Kernreihenfasern Weismanna). Na-

stępnie rozszczepiają się włókna wzdłuż między szeregami jąder, a włókna potomne po pewnym czasie mogą znów ulec anologicznemu podziałowi. W ten sposób powstają związki ściśle przylegających do siebie włókien mięsnych, otoczonych wspólną łącznotkankową pochewką. Takie *pęczki Weismannowkie* znajdujemy nietylko w zarodkach i u dzieci, lecz również u dorosłych; jest bowiem bardzo prawdopodobne, że za życia organizmu włókna mięsne ustawicznie obumierają i muszą być zastąpione przez nowe, które powstały drogą podziału, w sposób powyżej opisany.

Regeneracja mięśnia, wrazie nieznacznej utraty substancji mięsnej, bierze początek z sarkoplazmy, której ilość się zwiększa, podczas gdy jądra rozmnażają się równocześnie drogą podziału pośredniego. Z sarkoplazmy nowo odtworzonej powstają następnie drogą różnicowania się nowe włókienka kurczliwe.

Tkanka mięsna poprzecznie prążkowana znajduje się też w mięśniach szkieletowych, a ponadto w mięśniach oczodołu, jamy bębenkowej, w górnym odcinku przewodu pokarmowego i oddechowego, a więc w języku, gardzieli, krtani, górnej części przełyku, wreszcie w końcowej części odbytnicy i mięśniach narządów płciowych. Wszystkie te mięśnie podlegają woli, z wyjątkiem mięśni przełyku i zewnętrznego dźwigacza jądra (musc. cremaster externus).

IV. Tkanka nerwowa.

Tkanka nerwowa składa się z komórek, u których to jest najwybitniejszą cechą morfologiczną, że z ciała ich wychodzą wypustki, których ilość, długość i sposób rozgałęziania się są bardzo zmienne. Wszystkie komórki tkanki nerwowej pochodzą z zewnętrznego listka zarodkowego. Początkowo nie różnią się między sobą wyglądem i nie posiadają wypustek; gdy jednak listek zewnętrzny wytworzy cewkę nerwową, następuje wśród komórek, z których się składa ścianka cewki, daleko idący proces różnicowania. Jedne z nich przekształcają się w typowe komórki nerwowe — nazywamy je macierzystemi komórkami nerwowemi czyli *neuroblastami* — pozostałe zaś obejmują bardziej podrzędną rolę składników, służących poprzednim za podporę — te nazywamy macierzystemi komórkami glejowemi czyli *spongjoblastami*.

Neuroblasty mają początkowo kształt kulisty i posiadają dosyć duże, również kuliste jądro. W sąsiedztwie jądra powstają w plazmie włókienka, które łączą się z sobą w rodzaj sieci. Są to *włókienka nerwowe (neurofibrille)*. Sieć włókienek stopniowo się powiększa, podczas gdy komórka zmienia kształt i przyjmuje postać gruszkowatą. Sieć ta wypełnia całe ciało komórki, otacza jądro i wchodzi w po-

staci grubej wiązki w zwężoną część komórki, zwróconą ku powierzchni cewki nerwowej. Część ta wydłuża się następnie coraz więcej, rośnie ku powierzchni cewki i wreszcie występuje z niej, kierując się do pewnego określonego włókna mięsnego, które łączy ją w ten sposob z komórką nerwową.

Równocześnie z powstaniem *wypustki głównej*, tworzą się *inne jeszcze wypustki ciała komórkowego;* neurofibrille wnikają w nie również tak, że wkońcu powstaje komórka o licznych wypustkach, przetkana we wszystkich kierunkach włókienkami. W wypustkach biegną włókienka mniej więcej równolegle i ściśle obok siebie, w ciele komórki natomiast tworzą sploty.

Zadaniem wypustek jest łączenie poszczególnych komórek nerwowych z sobą, równocześnie jednak pośredniczą one w łączeniu pewnych komórek nerwowych z organem, w którym się kończą, jak np. z włóknem mięsnem lub komórką zmysłową. Te wypustki, które doprowadzają podniety do komórki już to od innych komórek nerwowych już też z zewnątrz za pośrednictwem komórek zmysłowych, nazywamy *wypustkami protoplazmatycznemi* czyli *dendrytami*, tę zaś pojedyńczą wypustkę, która prowadzi od komórki, nazywamy *wypustką nerwową* czyli *neurytem*.

Jeżeli *neuryt* w mniejszej lub większej odległości od komórki otoczy się specjalnemi *osłonkami*, staje się *włóknem nerwowem*, które albo kończy sie w układzie nerwowym ośrodkowym albo też z niego wychodzi. Neuryt, wychodzący z komórek nerwowych *ruchowych* rdzenia pacierzowego, staje się włóknem nerwowem rdzennem występującem z rdzenia i przebiegającem w ciele niejednokrotnie dalekie przestrzenie, zanim dojdzie do pewnego przeznaczonego mu włókna mięsnego. Reszta natomiast wypustek komórki ruchowej, mianowicie wypustki protoplazmatyczne czyli dendryty, pozostają w rdzeniu i nie otaczają się osłonkami.

W komórkach nerwowych *czuciowych*, jakie mamy w zwojach międzykręgowych, osłonkami otacza się nietylko neuryt, lecz również dendryt, który tutaj występuje zawsze pojedyńczo. Obydwa stają się włóknami nerwowemi rdzennemi. Dendryt tworzy włókno czuciowe, prowadzące od powierzchni ciała, np. od skóry ku zwojowi międzykręgowemu; neuryt opuszcza zwój międzykręgowy i wchodzi w rdzeń pacierzowy, jako włókno nerwowe tylnego korzonka rdzeniowego.

Komórkę nerwową wraz ze wszystkiemi jej wypustkami nazwano też *neuronem* (W a l d e y e r). Cały więc system nerwowy składa się z poszczególnych neuronów. Moglibyśmy też powiedzieć, że tkanka nerwowa składa się *z komórek nerwowych* i *z włókien ner-*

Objaśnienie tablicy VIII.

Ryc. 88.

Zwój międzykręgowy kota. Barwienie wedł. Biondi - Heidenhaina. *uk.* Stożek nasadowy wypustki komórkowej, *k* kanaliki Holmgrena, *kz* komórki torebki, *ml* włókna rdzenne, przecięte wzdłuż, *mq* włókna rdzenne, przecięte poprzecznie.

Powiększenie ok. 800-krotne.

Ryc. 89.

Ganglion cervicale supremum kota. Barwienie hematoksyliną. *kz* komórki torebki, *r* włókna współczulne, przecięte wzdłuż. Przy *x* dwie wypustki komórkowe.

Powiększ. ok. 800-krotne.

Ryc. 90.

Ganglion spirale świnki morskiej. Barwienie hematoksyliną. *kz* komórki torebki, *ml* włókna rdzenne, których osłonka rdzenna została poczernioną przez zadziałanie kw. osmowego.

Powiększ. ok. 200-krotne.

Ryc. 91.

Komórki nerwowe jednobiegunowe z radix descendens nervi trigemini królika. Barwienie za życia błękitem metylenowym.

Powiększ. ok. 100-krotne.

Ryc. 92.

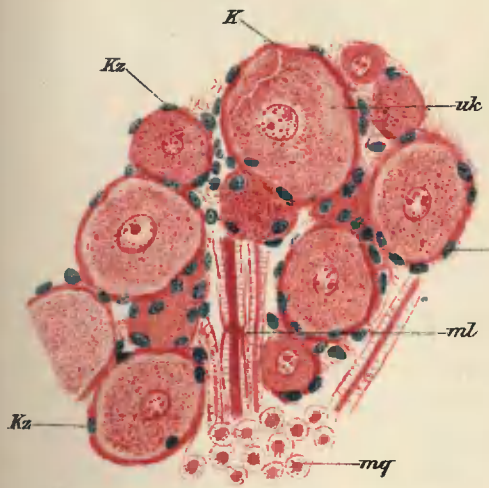
Komórki ruchome z przedniego rogu rdzenia królika. Barwienie za życia błękitem metylenowym. *nr* neuryt z bocznicami *(kol.)* Dendryty zostały odcięte.

Powiększ. ok. 550 razy.

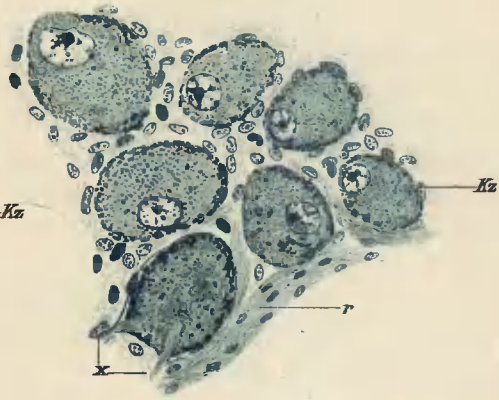
Ryc. 93.

Komórki ruchowe z bocznego rogu rdzenia kręgowego królika. Barwienie za życia błękitem metylenowym. *nr* neuryt.

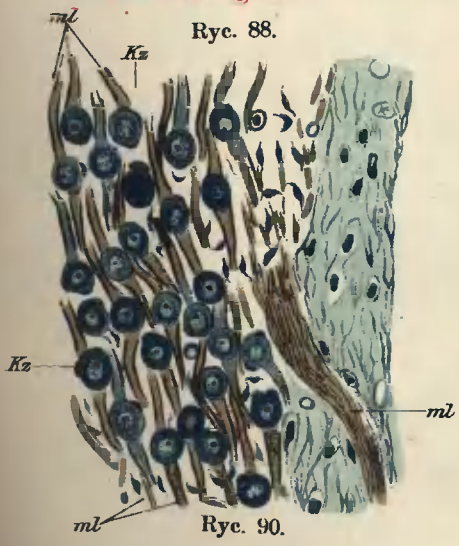
Powiększ. ok. 550 razy.



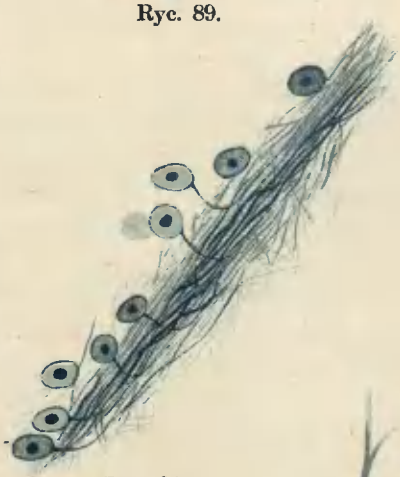
Ryc. 88.



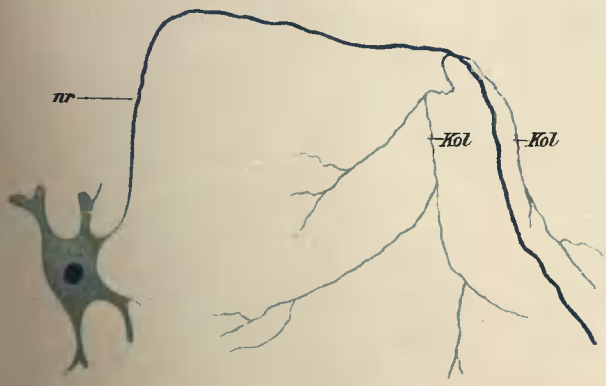
Ryc. 89.



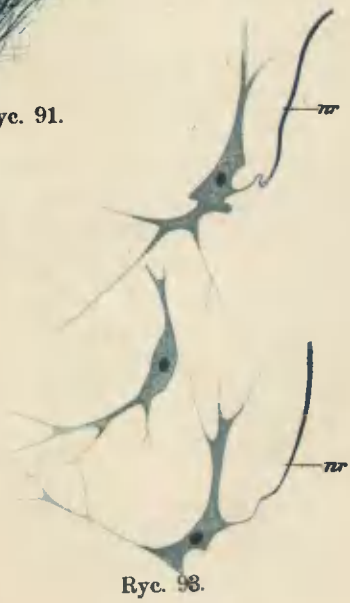
Ryc. 90.



Ryc. 91.



Ryc. 92.



Ryc. 93.

wowych; przytem jednak musielibyśmy zawsze pamiętać o tem, że wiókna są tylko wypustkami komórek.

Również *spongjoblasty* nie pozostają zwykłemi kulistemi komórkami, lecz wydają z siebie rozmaitego rodzaju wypustki. Początkowo stanowią one nabłonek, wyścielający jamę ośrodkowego układu nerwowego, następnie jednak wytwarzają z swego ciała komórkowego włókna w podobny sposób, jak fibroblast wytwarza włókna klejodajne. Włókna te nazywamy *glejowemi;* tworzą one w ośrodkowym układzie nerwowym zrąb podpierający i razem z swojemi komórkami macierzystemi tworzą *tkankę glejową* czyli *neuroglję*.

I. Komórka nerwowa.

W każdej komórce nerwowej rozróżniamy następujące części składowe: 1. *jądro*, 2. *ciało komórkowe*, 3. *wypustki komórkowe*, mianowicie a) *dendryty* i b) *neuryt*. Części te, ze względu na skomplikowaną swą budowę, wymagają oddzielnego omówienia.

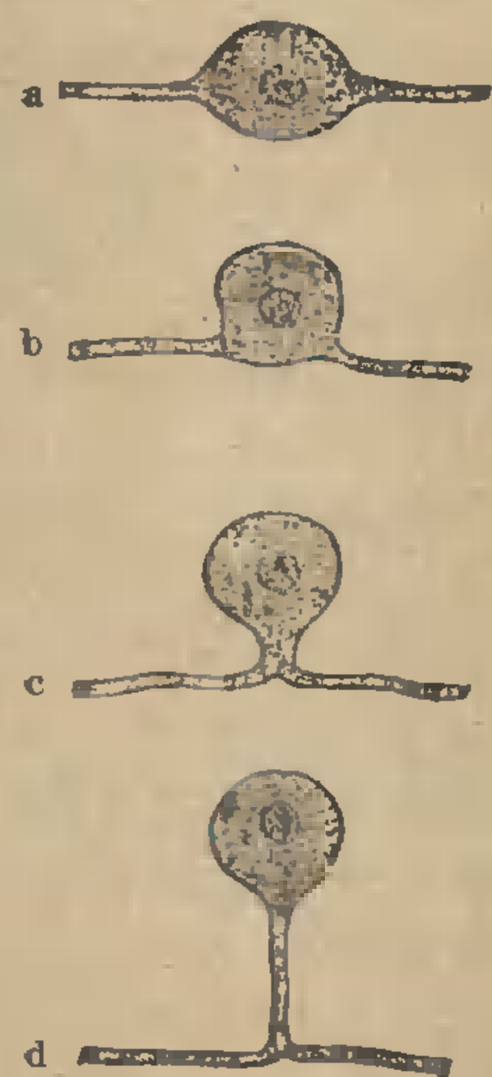
1. Jądro komórki nerwowej.

Jądro komórki nerwowej jest zazwyczaj kuliste, rzadziej owalne (ryc. 88, 89, 98). Niekiedy na powierzchni jego znajdujemy płytkie wgłębienia. Jest ono zawsze otoczone *błoną jądrową*, wyraźnie odgraniczoną, od której odchodzą promienisto ku wnętrzu pasemka lub beleczki chromatynowe; łączą się one zazwyczaj mniej więcej w środku jądra w masie chromatyny, otaczającej *jąderko* (nucleolus). Jąderko stanowi najwięcej wyróżniającą się część całego jądra, jest ono zazwyczaj zupełnie kuliste i niezwykle duże; z wyjątkiem komórki jajowej nie osięga ono w żadnej komórce zwierzęcej tak znacznych jak tutaj rozmiarów. Jądro komórki nerwowej odróżnia się od wszystkich innych jąder komórkowych znaczną obfitością chromatyny, barwiącej się barwikami kwaśnemi. Jest to znana nam już z części ogólnej tej książki *oksychromatyna*. Bazichromatyna występuje w jądrach komórek nerwowych zaledwie w znikomej ilości. Jąderko, złożone, jak to widzieliśmy już poprzednio, zazwyczaj z kwasochłonnej pireniny, jest również tutaj w komórkach nerwowych przeważnie zupełnie kwasochłonne; wobec tego całe jądro, zabarwione mieszaniną barników, przybiera jedną tylko barwę (ryc. 88), równocześnie jednak jąderko ma pewne właściwości wspólne z chromatyną tak, iż zajmuje ono tutaj do pewnego stopnia stanowisko pośrednie.

2. Ciało komórki nerwowej.

Przedewszystkiem kilka danych co do *kształtu i wielkości* komórek nerwowych. Komórki nerwowe bywają wielkości bardzo rozmaitej: u ssaków miewają w średnicy od 4 do 135 μ, u ryb zaś

i bezkręgowych przekraczają niejednokrotnie nawet 200 μ. Kształt ich w dużym stopniu zależy od ilości wypustek, tudzież od sposobu, w jaki te wypustki wychodzą z komórki. Komórki, posiadające jedną wypustkę, są zazwyczaj kuliste albo gruszkowate. Jeżeli z komórki wychodzą dwie wypustki, wówczas układają się zwykle biegunowo, a ciało komórki wydłuża się (ryc. 94 a) nieraz do tego stopnia, że komórka stanowi jedynie nieznaczne zgrubienie w przebiegu włókna nerwowego.



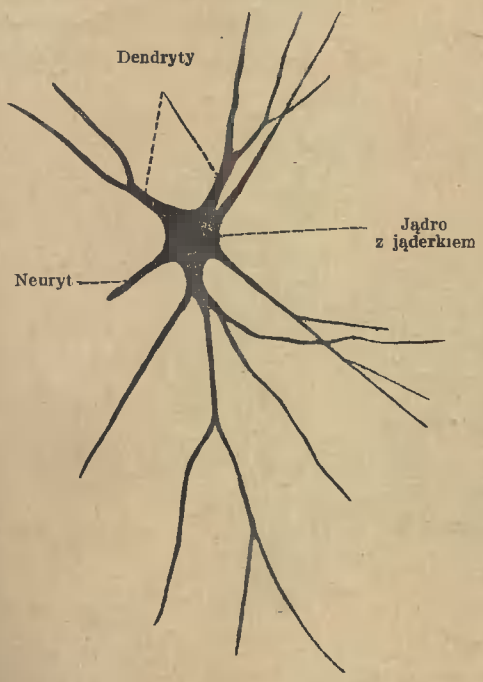
Ryc. 94.
Nawpół schematyczne przedstawienie przekształcania się komórki nerwowej dwubiegunowej w jednobiegunową („type en T").

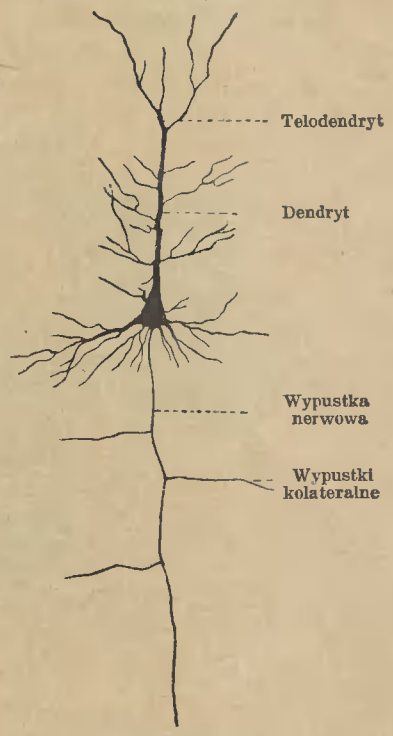
Zależnie od ilości wypustek rozróżniamy komórki nerwowe: *jednobiegunowe, dwubiegunowe i wielobiegunowe.*

W komórkach *jednobiegunowych* (ryc. 91) mamy ciało komórkowe kuliste lub gruszkowate, z którego wychodzi jedna tylko stosunkowo gruba wypustka. Takiemi są komórki węchowe w błonie węchowej, komórki, z których biorą początek włókna korzenia zstępującego nerwu trójdzielnego i pewne komórki w siatkówce. Również komórki zwojone międzykręgowe ssaków i człowieka stanowią komórki jednobiegunowe; jednakże tutaj ta jednobiegunowość jest tylko pozorna. Mianowicie, wypustka wychodząca z komórki dzieli się wkrótce po wyjściu w kształcie ramion litery T i wytwarza dwa włókna nerwowe, z których jedno wchodzi w rdzeń, drugie skierowuje się ku powierzchni ciała. Funkcjonalnie jednak ostatnie z tych dwu włókien stamtąd właśnie przychodzi i doprowadza podniety do komórki, t. j. dośrodkowo, stanowi więc dendryt. Pierwsze przewodzi w kierunku ośrodkowym i jest właściwym neurytem. Neuryt i dendryt przebiegają więc tu krótką przestrzeń wspólnie. Odmiennie przedstawiały się stosunki w tych komórkach za życia zarodkowego; w tym okresie są one długo komórkami dwubiegunowemi. Wraz z postępującym rozwojem obydwie wypustki zbliżają się i zlewają razem w jedną (ryc. 94).

Komórki nerwowe dwubiegunowe. Ciało komórkowe kuliste, owalne lub wrzecionowate przechodzi z obu stron w wypustkę, z których każda staje się następnie włóknem nerwowem. Takie komórki znajdujemy u człowieka w zwoju wężownicowatym (ganglion spirale — ryc. 90) i w zwoju przedsionkowym (ganglion vestibulare) nerwu słuchowego. U ryb składają się z komórek nerwowych dwubiegunowych również zwoje międzykręgowe.

Komórki nerwowe wielobiegunowe. Takiemi komórkami są u człowieka wszystkie komórki nerwowe ośrodkowego układu nerwowego, tudzież komórki obwodowych zwojów współczulnych. Komórka nerwowa wielobiegunowa posiada liczne wypustki, z których jedna zawsze przewodzi w kierunku odśrodkowym i tworzy neuryt, pozostałe zaś są dendrytami (ryc. 92, 93, 95, 96). Kształty takich wielobiegunowych komórek są bardzo różne. Raz bywają





Ryc. 95. Ryc. 96.

Ryc. 95. Komórka nerwowa wielobiegunowa z przedłużonego rdzenia królika. Neuryt oderwany.

Pow. ok. 150 razy.

Ryc. 96. Komórka piramidalna z kory wielkiego mózgu dorosłego człowieka (według preparatu Dr. A. Bochenka).

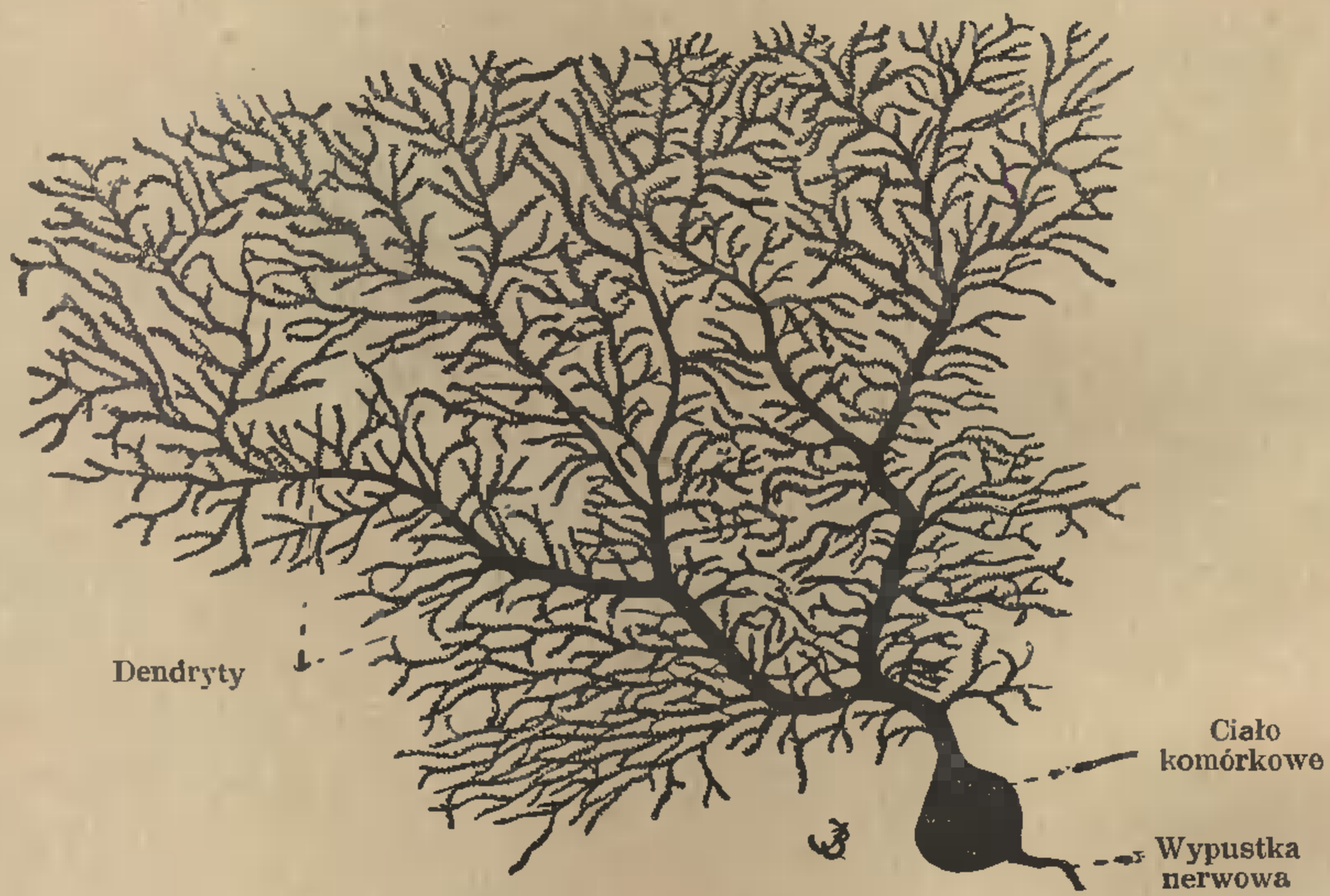
Pow. ok. 150 razy.

one duże, wieloboczne, a wypustki szeroką podstawą wynurzają się z ciała komórki (ryc. 92, 95), to znowu są małe, kuliste, a wypustki od samego początku ostro się odcinają (ryc. 105). Ciało komórki może być silnie wydłużone (ryc. 93), a nawet może być i tu również zupełnie wrzecionowate. Pewne komórki kory mózgowej mają kształt wyraźnie piramidalny (ryc. 96), natomiast pokaźne komórki Purkinjego kory móżdżku są kuliste lub gruszkowate (ryc. 97).

Cytoplazma komórki nerwowej zawiera już za życia ziarenka, których wielkość i gęstość ułożenia zależne są od gatunku zwierzęcia i jego wieku. Ziarenka te nie są jednak identyczne z ciałkami Nissla, któremi zajmiemy się za chwilę i które bywają dostrzegalne dopiero na odpowiednio utrwalonym materjale.

Co do plazmy komórek nerwowych, wykazuje ona w stanie utrwalonym budowę alweolarną czyli piankowatą.

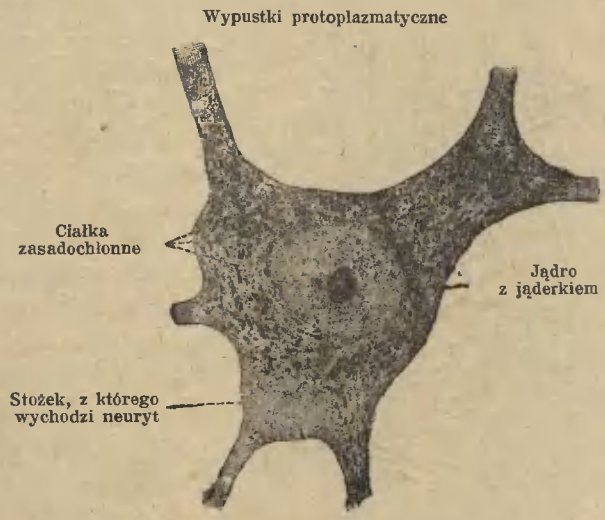
Jeżeli dobrze utrwaloną komórkę nerwową zabarwimy hematoksyliną albo zasadowemi barwikami anilinowemi, wówczas ciało komórkowe i wychodzące z niego dendryty nabierają pstrego



Ryc. 97.
Komórka Purkinjego z kory móżdżku człowieka.
Pow. ok. 225 razy.

zabarwienia. To zjawisko wywołują zawartości właściwe komórkom nerwowym; dostrzegł i opisał je po raz pierwszy Flemming, ale dopiero późniejsze badania Nissla zwróciły na nie powszechną uwagę. Nazywamy je też *ciałkami Nissla, grudkami Nissla, tygroidem* albo *ciałkami zasadochłonnemi*. Te ciałka zasadochłonne, jak je będziemy nazywali, znajdują się, z wyjątkiem najmniejszych tylko komórek (komórek ziarnistych z kory móżdżku i dwubiegunowych komórek siatkówki), we wszystkich komórkach nerwowych, z wielką jednak rozmaitością co do kształtu, ilości i rozmieszczenia; różnice te zależą od rodzaju komórki i od jej stanu czynnościowego. Tygroid występuje w postaci bardzo drobnych ziarenek, jakoteż nieregularnych wrzecionek, pręcików lub wielobocznych grudek. Najobficiej występują ciałka zasadochłonne w komórkach z długiemi neurytami. Tak

więc znajdujemy je w wielobiegunowych komórkach ruchowych rdzenia kręgowego w postaci stosunkowo grubych, wydłużonych, wielobocznych grudek, gęsto skupionych i nadających komórce charakterystyczny, plamisty, tygrysowaty wygląd (ryc. 98). Przy użyciu najsilniejszych powiększeń możemy stwierdzić, że składają się one z delikatnych ziarenek, leżących w istocie podstawowej. Ciałka zasadochłonne leżą pomiędzy włókienkami nerwowemi, które później opiszemy. Rozsiane są nietylko po całem ciele komórki, lecz sięgają także dość daleko w dendryty; jedynie neuryt i ta część komórki, z której on wychodzi, nie zawiera ziarn Nissla.



Ryc. 98.

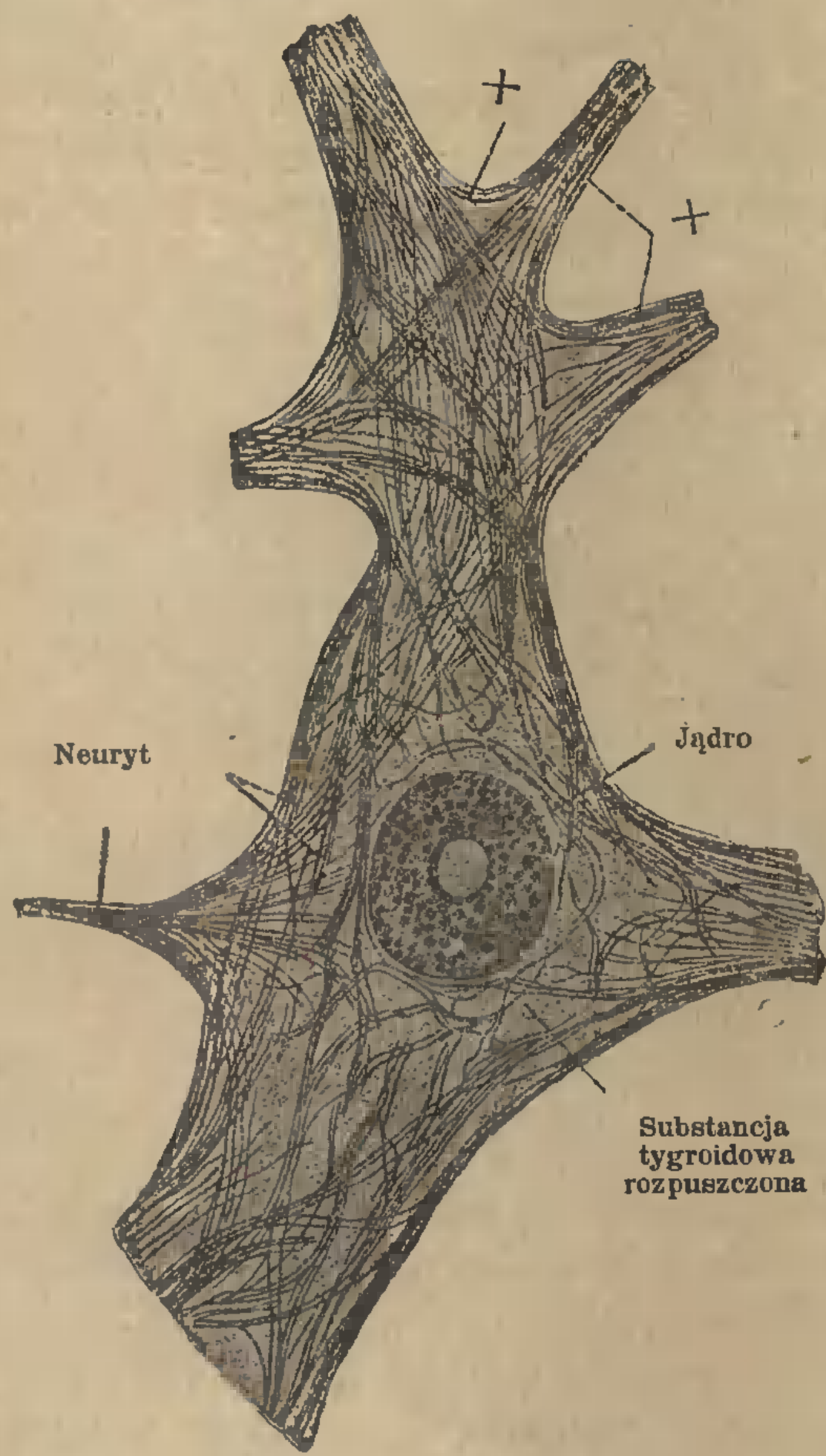
Komórka nerwowa z przedniego rogu rdzenia cielęcia.

Ciałka zasadochłonne są barwione błękitem metylenowym (metoda Nissla). Pow. ok. 950 razy.

W komórkach zwojów międzykręgowych bywają one zazwyczaj drobniejsze, niż w ruchowych tak, iż komórka często wygląda jakby była przyprószona warstwą delikatnego pyłu (ryc. 88). W komórkach współczulnych skupiają się na obwodzie komórki większe grudki, tworząc gęstszą warstwę, podczas gdy pozostała część ciała komórki zawiera tylko drobne ziarenka (ryc. 89).

Ciałka zasadochłonne wykazują duże powinowactwo do barwików zasadowych, jak np. błękitu metylenowego, tioniny, fioletu metylowego i innych; jednakże nie są one tak wybitnie zasadochłonne, jak np. chromatyna jądrowa w większości komórek. Co do chemicznych właściwości grudek Nissla, substancja tygroidowa ma według Helda wszystkie właściwości nukleoproteidu, według Scotta i Erharda również

pod względem mikrochemicznym (trawienie pepsyną i trypsyną) zachowuje się zupełnie tak, jak chromatyna jądra. Zdaniem Mühlmanna nukleina ciałek Nissla, różni się zasadniczo od nukleiny jądrowej tem, że zawiera połączenie białkowe. Van Herwerden wyprowadza substancję grudek Nissla z połączeń kwasu nukleinowego. Natomiast podług Unny i Gansa nie zawierają one wcale nukleiny i składają się z albumozy. W świeżych żyjących jeszcze komórkach nie można dostrzec ziarn Nissla; Najprawdopodobniej zostają one strącone z ziarenek koloidalnych, zawartych w cytoplazmie, podczas obumierania komórki względnie przy zadziałaniu na nią odczynnikami, strącającemi białko (Held, Collin). Co do ich natury poglądy są jeszcze podzielone; niewątpliwie jednak odgrywają one w życiu komórki nerwowej wybitną rolę. Pewni badacze uważają tygroid wprost za wydalaną z jądra chromatynę (Goldschmidt), inni za produkt różnicowania się protoplazmy, inni wreszcie za substancje zapasowe o charakterze czysto odżywczym *(van Gehuchten)*. Prawdopodobnie ma się tu do czynienia z ciałami białkowemi, pozostającemi w związku z przemianą materji w komórce nerwowej. W pewnych wypadkach ciała te rozpadają się (tygroliza) i przestają się wytwarzać, a mianowicie skutkiem znużenia, niedostatecznego odżywiania komórki, zatrucia alkaloidami, przerwania czynności

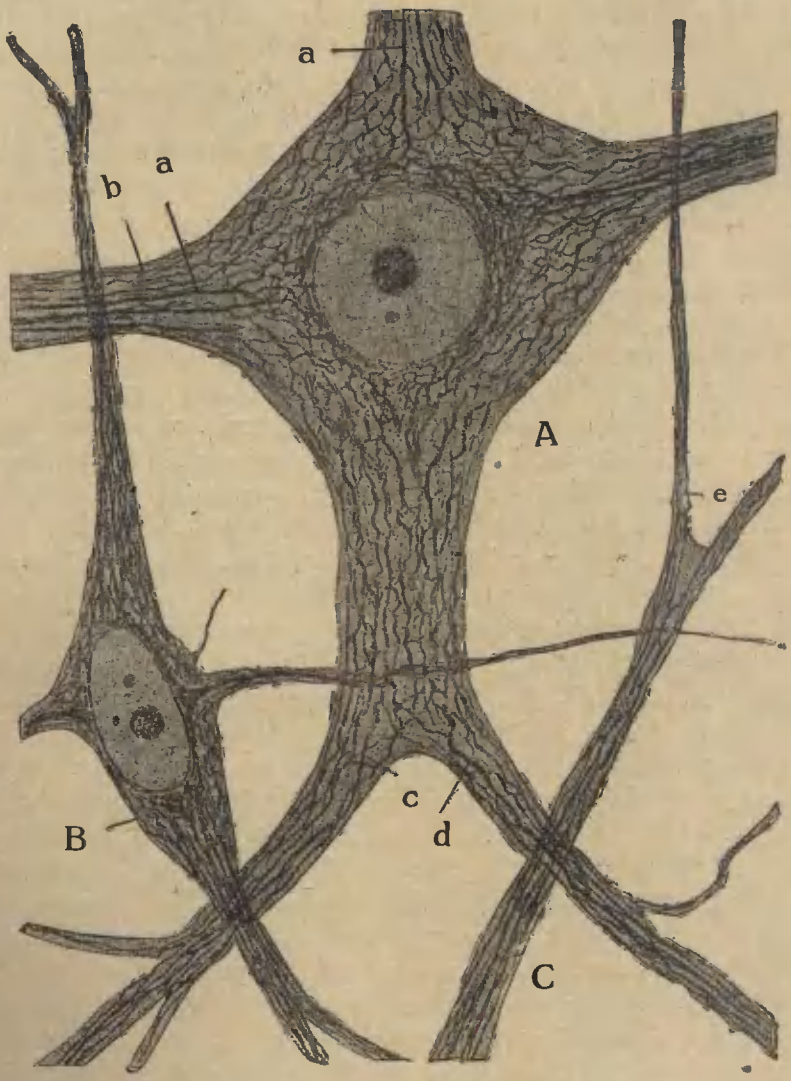


Ryc. 99.

Komórka nerwowa z przedniego rogu rdzenia człowieka, w której zabarwiono włókienka nerwowe.

× Wierzchnie wiązki włókienek, przechodzące z jednego dendrytu w drugi. Wedł. Bethego i Heidenhaina.

komórki, np. po przecięciu nerwu i w innych stanach patologicznych. Badania z ostatnich lat wykazały, że tygroid pozostaje w związku genetycznym z jądrem (Holmgren,



Ryc. 100.

Komórki nerwowe sznurowe młodego królika. Metoda posrebrzania.

A wielka, B mała komórka nerwowa, C dendryt, a grube włókna nerwowe, rozgałęziające się i przechodzące stopniowo w sieć włókienkową, okalającą jądro; b powierzchniowe cienkie włókienka nerwowe, łączące się z siecią korową ciała komórkowego; c i d grube włókienka, dzielące się i łączące się z sobą; e rozdział włókienek nerwowych między dwie gałązki dendrytu. Wedł. Cajala z Schiefferdeckera.

Sjövall, Scott). Dlatego też M. Heidenhain nazywa tygroid chromatyną ciała komórkowego (cytochromatyną) i wypowiada pogląd, że wrazie stosunkowo nieznacznej objętości

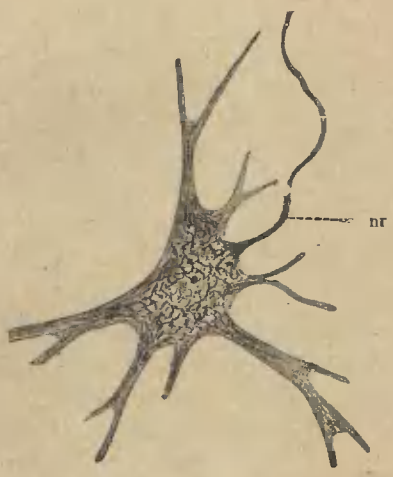
jądra, cytochromatyna powołana jest do zastępowania masy jądra i uzupełniania jego czynności. Przypuszczenie to potwierdzałby fakt, że ilość substancji tygroidowej i objętość chromatyny jądrowej pozostają do siebie w stosunku odwrotnym. Za tym poglądem przemawia też obserwacja, że komórki z małemi jądrami mają dużo substancji Nissla, komórki zaś o dużych jądrach mają jej mało (Erhard).

Oprócz ciałek Nissla można specjalnemi metodami wykazać w plazmie komórek nerwowych obecność *mitochondrjów* (Busacca, Luna, Schirokogoroff). Mają one przeważnie postać ziarenek lub pręcików, ułożonych zazwyczaj szeregami między ciałkami Nissla, rzadko zaś formę nitek. Dotąd jednak nie wyjaśniono, jaki jest stosunek mitochondrjów do włókienek nerwowych, zawartych w komórce nerwowej. Są one często ułożone regularnie wzdłuż przebiegu włókienek nerwowych: leżą naogół gęściej w warstwie okalającej jądro, bliżej zaś powierzchni komórki występują w coraz mniejszej ilości. Najwyraźniej występują mitochondrja w komórkach rdzenia kręgowego, rdzenia przedłużonego i w komórkach Purkinjego. W komórkach zwojów międzykręgowych są one bardzo delikatne i małe, w komórkach mózgowych bardzo nieliczne.

W ciele komórek nerwowych znajdujemy nadto niejednokrotnie *barwik (pigment)*. Występuje on w postaci bardzo drobnych, żółtobrunatnych ziarenek, już to rozsianych po całem ciele komórki, już też skupionych w jednej albo dwu grudkach. Najczęściej jest on natury tłuszczowej, a wtedy należy do t. zw. *lipochromów*. Barwik może być w niektórych komórkach tak obfity, że wywołuje, już gołem okiem widzialne, zabarwienie miejsc, w których są takie komórki skupione (locus coeruleus na dnie komory IV-ej, substantia nigra w szypułce mózgowej). Zwykłym składnikiem komórek nerwowych są dalej substancje lipoidalne czyli tłuszczowate, związane częściowo z barwikiem *(lipochromy)*. Są to przeważnie substancje izotropowe, dające reakcje mikrochemiczne kwasów tłuszczowych (Rachmanow). Tworzą one bardzo drobne ziarenka, rozrzucone równomiernie wśród plazmy całego ciała komórkowego, lub też występują w postaci nieco większych ziarn, pręcików i nitek. Luna sądzi, że istnieje ścisły związek między ziarnkami lipoidalnemi, a mitochondrjami. Zarówno lipoidalne ziarenka jak i wytwarzanie się barwika w komórce nerwowej zwiększa się z wiekiem; fakt ten nasuwa przypuszczenie, że ma się tu do czynienia ze zmianami wstecznemi, które występują równorzędnie z obniżeniem się sprawności komórek nerwowych. W komórce nerwowej znajdowano też kryształki ciał białkowatych (Cesa-Bianchi), w szczególności

u niektórych zwierząt podczas snu zimowego; zdaje się, że stanowią one substancje zapasowe.

Najważniejszą częścią składową komórki nerwowej są jednak *włókienka nerwowe (neurofibrille)*. Włókienka te znane były już oddawna (Max Schulze), jednakże na długo zeszły na plan dalszy wobec zainteresowania, jakie wzbudzały ciałka zasadochłonne. Przez pewien czas nawet zaprzeczano wogóle ich istnieniu, z powodu, że w żyjącej komórce dostrzec się nie dają. Obecnie prace Apàthyego, Bethego, Ràmona y Cajala i innych stwier-



Ryc. 101.

Ryc. 102.

Ryc. 101. Komórka z przedniego rogu rdzenia królika z włókienkami nerwowemi. Przygotowana wedł. metody Bielschowskyego.

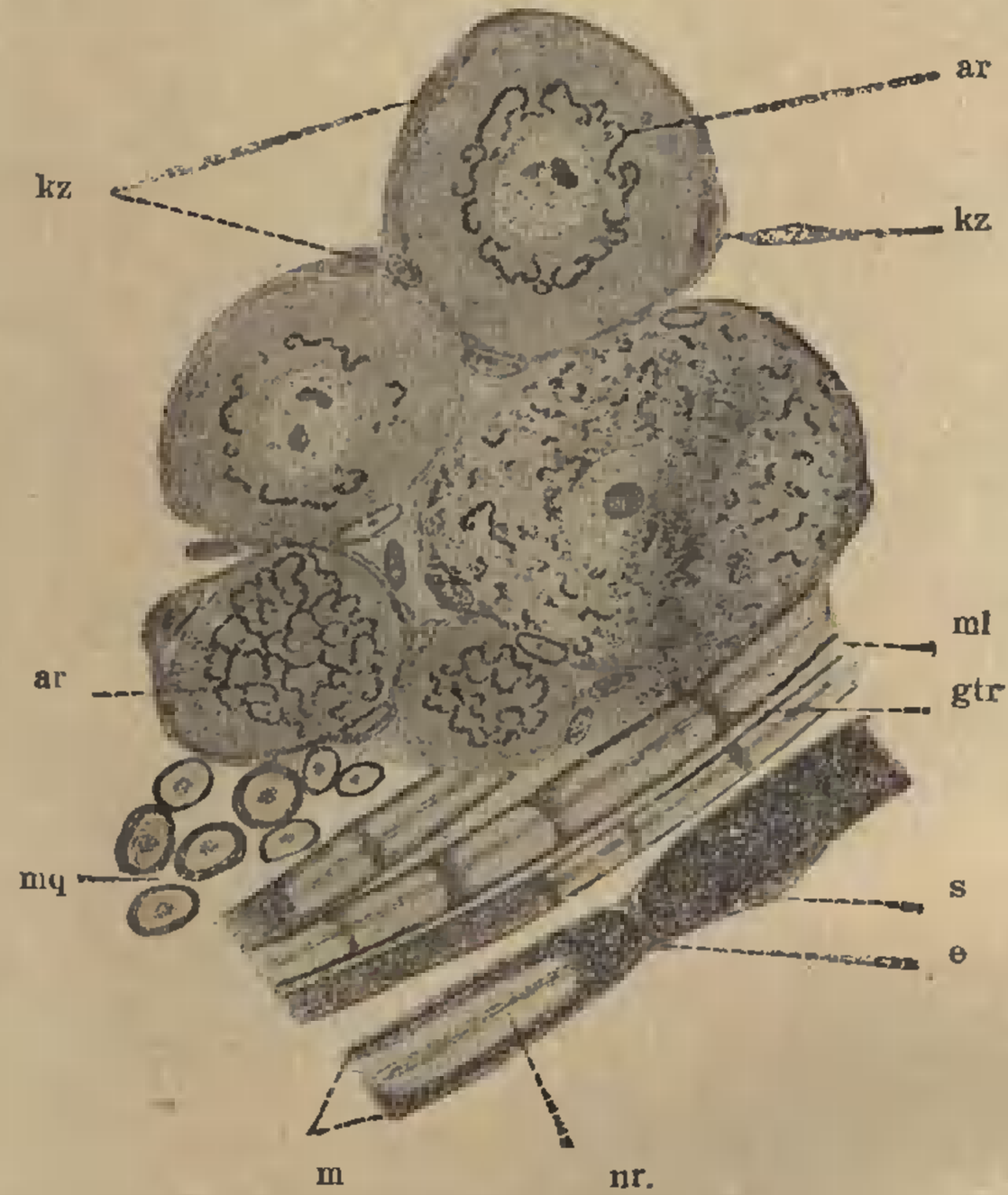
nr — neuryt Pow. ok. 600 razy.

Ryc. 102. Komórka piramidalna z kory mózgowej królika z włókienkami nerwowemi. Wedł. metody Bielschowskyego.

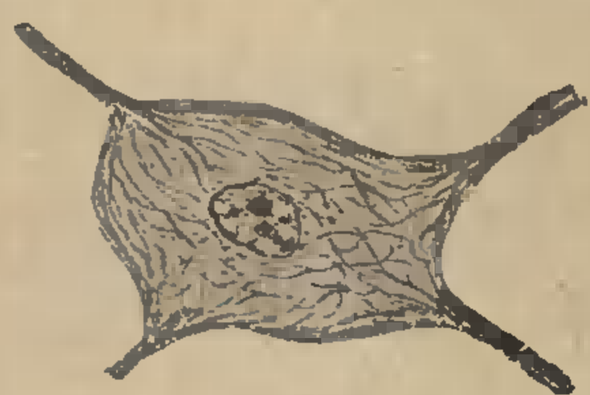
nr — neuryt. Pow. ok. 600 razy.

dziły ich istnienie niezbicie, jednakże dotąd niema zgody co do układu włókienek nerwowych i ich wzajemnego stosunku. Przedewszystkiem chodzi o to, czy włókienka nerwowe tworzą wśród ciała komórkowego *sieci* (R. y Cajal, M. Heidenhain) czy też je przebiegają, nie dzieląc się (Bethe, Held, Apàthy). Ryc. 99 według Bethego i ryc. 100 według Cajala uzmysławiają poglądy obu grup badaczy. Zdaje się, że sieci z włókienek istotnie występują, jednakże nie we wszystkich komórkach nerwowych. Ryc. 101 przedstawia komórkę ruchową z rogów przednich rdzenia królika. Widzimy tutaj włókienka, które z dendrytów przechodzą w obręb ciała komórki; wyraźnie też widać, jak wiązki włókienek przechodzą

z jednego dendrytu do drugiego. Ponadto rozdzielają się liczne włókienka i tworzą grubą sieć, położoną w wierzchnich warstwach ciała komórkowego. Z sieci tej spływają liczne włókienka do neurytu (ryc. 101-nr), który ponadto przyjmuje też włókienka wprost z dendrytów. Stale też występują drobne sieci włókienek w miejscach rozwidlania się dendrytów. Zupełnie podobne stosunki, dotyczące przebiegu wewnętrznych włókienek nerwowych, widzimy na ryc. 102, przedstawiającej komórkę piramidalną kory mózgowej. Nie udało się jednak wykazać tu-



taj powierzchniowej sieci włókienek. W komórkach nerwowych współczulnych (ryc. 103) prawdopodobnie również niema właściwych sieci włókienkowych. Tu tworzą włókienka dość grubą warstwę powierzchniową, od której oddzielają się liczne włókienka, biegnące krętą drogą ku ją-



Ryc. 103.
Komórka z niższego zwoju szyjnego kota wykazująca włókienka. Metoda Bielschowskyego.
Pow. ok. 600 razy.

Ryc. 104.
Zwój międzykręgowy królika pod działaniem kwasu nadosmowego.
ar—apparato reticolare; kz—komórki torebki; ml—włókna nerwowe rdzenne, przecięte wzdłuż z przewężeniem Ranviera (e), z osłonką rdzenną (m), lejkami Golgiego (gtr), osłonką Schwanna (s), z włóknem osiowem (nr); mq—włókna nerwowe rdzenne, przecięte wpoprzek.
Pow. ok 900 razy.

dru, gdzie, jak wskazują liczne przekroje, dosyć ostro się odginają; niejednokrotnie krzyżują się i przeplatają, nie tworzą jednak sieci.

Oprócz poznanych dotąd tworów opisano jeszcze w ciele komórki nerwowej szereg innych części składowych, z których najpierw omówimy *ciałka środkowe*. Ciałka środkowe opisało wielu badaczy (Schaffer, von Leńhossek, Dehler, Bühler i inni) w komórkach nerwowych różnych zwierząt; leżą one tuż obok

jądra, zazwyczaj w liczbie dwu. Według nowszych badań (Cesa-Bianchi) ciałka te znajdują się tylko w komórkach nerwowych zarodkowych albo młodocianych, natomiast w komórkach dojrzałych nie można ich już wykazać.

Camillo Golgi, wielce zasłużony badacz systemu nerwowego, opisał pierwszy w komórkach nerwowych osobliwe twory siatkowate, które nazwał *wewnętrznym aparatem siateczkowym (apparato reticolare interno* ryc. 11, 12 i 104). Późniejsze badania nad tą *siecią wewnątrzkomórkową*, jak ją również nazywano, wykazały, że chodzi tu nie o twór charakterystyczny dla komórki nerwowej, lecz że sieć taka występuje również we wszelkich innych rodzajach komórek i że tworzy stałą część składową każdej komórki (p. str. 20 i tabl. II).

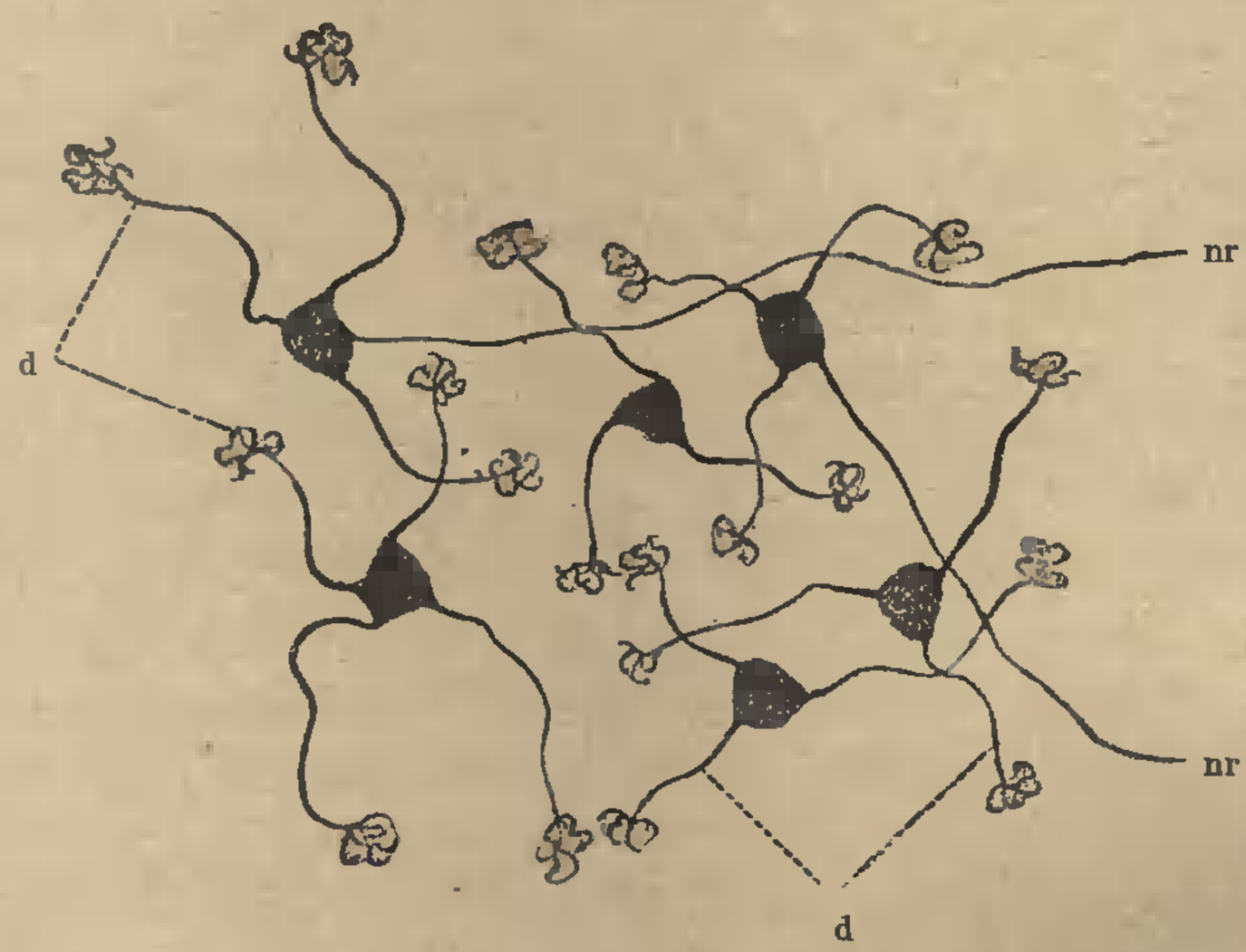
Wreszcie należy wspomnieć o tworach kanalikowatych, które opisał Holmgren w ciele komórek nerwowych pod nazwą *trofospongjów*. Są to jasne pasemka w ciele komórki, przedstawione na rycinie 88 (k.). Według Holmgrena stanowią one w ciele komórki szczelinki i kanaliki, służące do przeprowadzania soków w obrębie komórki, otwierają się na jej powierzchni i przyjmują z zewnątrz wypustki torebki, osłaniającej komórkę nerwową. Według innych badaczy należy opisane przez Holmgrena trofospongja rozdzielić na dwie grupy, gdyż stanowią one dwa różnorodne twory. Jedne z nich zawdzięczają swe powstanie wrastaniu wypustek tkanki otaczającej w ciało komórki nerwowej (ryc. 88) i występują silniej rozwinięte przedewszystkiem u zwierząt niższych; drugie są właściwie aparatem siateczkowym Golgiego względnie jego negatywem, powstałym przez wyługowanie używanemi do badań odczynnikami (p. str. 22).

3a. Dendryty komórek nerwowych.

Dendryty czyli *wypustki protoplazmatyczne* rozwijają się, jak wspomnieliśmy, później niż neuryt. Wyjątkowo tylko pewne rodzaje komórek mogą nie posiadać wcale dendrytów. Są to tak zwane jednobiegunowe komórki nerwowe. Przeważna jednak większość komórek nerwowych posiada ich po kilka. Wychodzą zazwyczaj szerokiemi podstawami z ciała komórkowego i w dalszym swym przebiegu dzielą się wielokrotnie na coraz cieńsze gałązki. Powstawać w ten sposób mogą rozgałęzieniem swem daleko sięgające drzewkowate lub krzaczaste twory (ryc. 97), jakie widzimy przedewszystkiem w komórkach Purkinjego móżdżku i w komórkach zwojowych siatkówki. Dopiero metoda impregnacji solami srebrowemi kwasu chromowego, znana przeważnie pod nazwą *metody Golgiego*, pozwoliła nam nabrać wyobrażenia o rozległości tych rozgałęzień. Na tego rodzaju preparatach Golgiego widzimy dendryty, jakby pokryte szronem lub

drobnemi guzkami i brodaweczkami (ryc. 97), czemu dawniej przypisywano duże znaczenie. Obecnie wiemy, że są to wytwory sztuczne, wywołane przez strąt srebra; w istocie bowiem dendryty są zupełnie gładkie i przechodzą wkońcu w cieniutkie niteczki.

Główną część składową dendrytów stanowią włókienka nerwowe (neurofibrille), przebiegające równolegle wśród jednorodnej istoty podstawowej. Dendryt, wychodzący z ciała komórki nerwowej, podobnie jak samo ciało komórkowe, zawiera na pewnej przestrzeni ciałka zasadochłonne czyli ciałka Nissla, mające zazwyczaj postać wrzecionowatą; w dalszym przebiegu dendrytu ciałka te znikają (ryc. 98).



Ryc. 105.

Komórki ziarniste z kory móżdżkowej młodego kota. Metoda Golgiego.

d—dendryty z rozgałęzieniami końcowemi; nr—neuryt. Pow. ok. 600 razy.

Dendryty mogą, podobnie jak neuryt, posiadać na końcu specjalne urządzenia, dzięki którym wchodzą w ścisłą łączność z innemi komórkami. Przykład tego daje nam ryc. 105, przedstawiająca pewne komórki móżdżku, których dendryt rozszczepia się na liczne, krótkie wypustki w kształcie szponów, t. zw. *telodendrja*, któremi obejmuje ciało innej komórki. Podobne twory znajdujemy nadto w wielu innych miejscach.

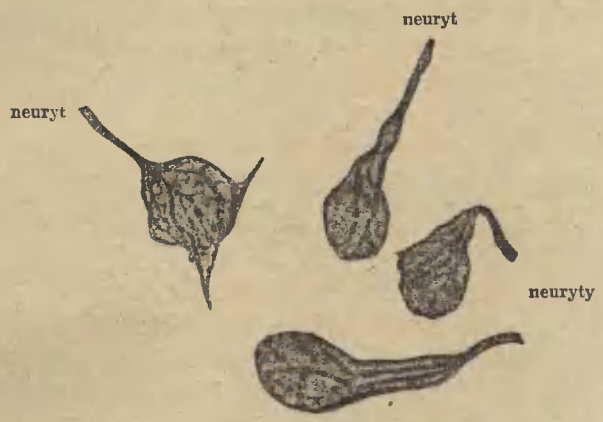
Zapatrywanie, że dendryty są narządami przewodzącemi podniety, odpowiada najzupełniej ich budowie i dzisiaj godzi się na nie większość badaczów. Natomiast Golgi uważa je za narządy odżywcze, mające wchodzić w związek z naczyniami krwionośnemi, z których czerpią pokarm dla komórek.

3b. Neuryt komórek nerwowych.

Neuryt, zwany też *wypustką nerwową*, jest zawsze pojedyńczy. Wychodzi z komórki zazwyczaj w postaci krótkiego *stożka* (ryc. 98), którego plazma jest bezziarnista. Zaraz po wyjściu zwęża się znacznie, poczem znowu, już na stałe, grubieje.

Neuryt otacza się zazwyczaj pochewką rdzenną, stając się tem samem włóknem osiowem rdzennego włókna nerwowego, które biegnąc w narządzie nerwowym ośrodkowym albo w nim się kończy, albo też wychodzi z niego jako włókno nerwowe obwodowe.

W przebiegu swoim okazuje neuryt niezwykle ważną przez Golgiego odkrytą właściwość, oddaje mianowicie liczne nieraz



Ryc. 106.

Rozgałęzienia końcowe neurytów z jądra czworobocznego królika.

Wypustki końcowe w kształcie koszyczków oplatają wypustki; w lewym koszyczku przechodzą przedłużenia rozgałęzień na dendryty. Barwienie błękitem metylenowym wedł. Meyera.

Pow. ok. 700 razy.

gałązki boczne, *bocznice* czyli *kollaterale*, które wchodzą w związek z sąsiedniemi komórkami, zapomocą rozgałęzień końcowych, zwanych *telodendrjami* (ryc. 92, 96).

Neuryt składa się, tak samo jak dendryty, *z włókienek nerwowych*, biegnących ściśle obok siebie wśród jednolitej istoty podstawowej. Jest do dzisiaj kwestją sporną, czy w neurycie włókienka nerwowe przebiegają w całej swej długości odosobnione (Max Schultze, Bethe, Apáthy), czy też posiadają odgałęzienia, łączące je z sobą w sieć o wydłużonych oczkach (Retzius, Schieffer-decker).

Neuryt rozpada się wkońcu, tak samo jak jego bocznice na *telodendrja*, może jednak również posiadać na końcu, podobnie jak dendryty, urządzenia, służące do ściślejszego połączenia z innemi komórkami. Tak np. na rycinie 106 widzimy jak rozgałęzienia koń-

cowe nerwu ślimakowego (n. cochlearis) w kształcie szponów obejmują komórki jądra czworobocznego i oplatają je, tworząc dokoła rodzaj koszyczka.

Jako ogólną zasadę można przyjąć, że neuryt zamienia się na samodzielne włókno nerwowe; od tej zasady są jednak wyjątki. I tak Golgi wykazał w mózgu i rdzeniu komórki, posiadające obok licznych dendrytów, jeden neuryt, który wkrótce po wyjściu z ciała komórki, rozpada się na liczne, bardzo drobne włókienka, gubiące się bez śladu wśród substancji szarej układu ośrodkowego. Komórki takie nazwano *komórkami Golgiego II-go typu.* W przeciwieństwie do nich, wszystkie te komórki nerwowe, których neuryt przechodzi w samodzielne włókno nerwowe, przebiegające dłuższą przestrzeń, nazywamy *komórkami nerwowemi Golgiego I-go* typu, czyli *typu Deitersa.*

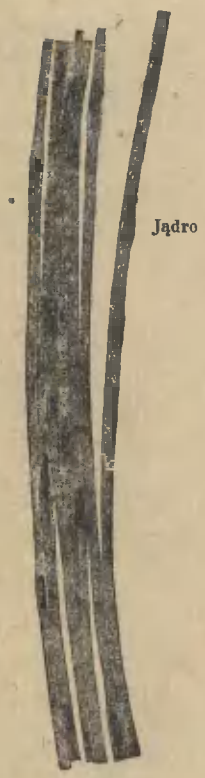
II. Włókno nerwowe.

Jak widzieliśmy, włóknem nerwowem może być albo dendryt, biegnący od obwodu do komórki zwojów międzykręgowych lub mózgowych *(włókno nerwowe czuciowe)*, albo neuryt idący od komórki ruchowej mózgu lub rdzenia pacierzowego do mięśnia *(włókno nerwowe ruchowe)*, albo wkońcu neuryt, przebiegający w obrębie układu nerwowego ośrodkowego w substancji białej lub szarej. Każde takie włókno, utworzone początkowo jedynie z wypustki komórki nerwowej, t. zw. włókna osiowego, może albo pozostać nagiem, albo otaczać się w dalszym swym przebiegu osłonkami, których rozróżniamy przedewszystkiem dwa rodzaje: *osłonkę rdzenną* czyli *mielinową* i *osłonkę Schwanna* czyli neurylemmę. Stosownie do tego odróżniamy: 1. włókna osiowe nagie, 2. włókna osiowe otoczone tylko osłonką rdzenną, 3. włókna osiowe otoczone osłonką Schwanna i 4. włókna osiowe otoczone obydwiema osłonkami: rdzenną i Schwanna.

ad 1. Jakkolwiek włókno osiowe otacza się zazwyczaj wkrótce po wyjściu z komórki osłonką rdzenną, bezpośrednio jednak po wyjściu z komórki jest ono na pewnej przestrzeni wśród szarej substancji narządów ośrodkowych osłonki tej pozbawione. Również u samego kresu swego przebiegu, tam, gdzie tworzy obwodowe swe zakończenie, jest włókno osiowe pozbawione osłonek. Takie nagie włókna osiowe znajdujemy w skórze, w zakończeniach obwodowych nerwu słuchowego, w siatkówce, w mięśniach i wielu innych miejscach. Z nerwów mózgowych tylko pierwszy, tj. nerw węchowy, składa się z nagich wypustek nerwowych, odpowiadających neurytom. U najniższych kręgowców, u lancetnika (amphioxus) i u kręgoustych (cyclostomata), wszystkie włókna układu ośrodkowego są nagiemi, pozbawionemi osłonek włóknami osiowemi.

ad 2. Włóknami nerwowemi, złożonemi tylko z włókna osiowego i osłonki rdzennej, pominąwszy poprzednio już wspomniane nagie odcinki początkowe, są wszystkie włókna mózgu i rdzenia, oraz nerwu wzrokowego, który rozwojowo również do mózgu się zalicza. Włókna te nigdy nie posiadają osłonki Schwanna.

ad 3. Włókna osiowe otoczone tylko osłonką Schwanna wchodzą w skład współczulnego układu nerwowego. Znajdujemy je w zwojach współczulnych, w pniu i we wszystkich gałązkach obwodowych nerwu współczulnego. Dlatego też nazywamy te włókna krótko współczulnemi, bezrdzennemi, szaremi albo włóknami Remaka (ryc. 107). U lancetnika i u kręgoustnych wszystkie nerwy obwodowe są szare.



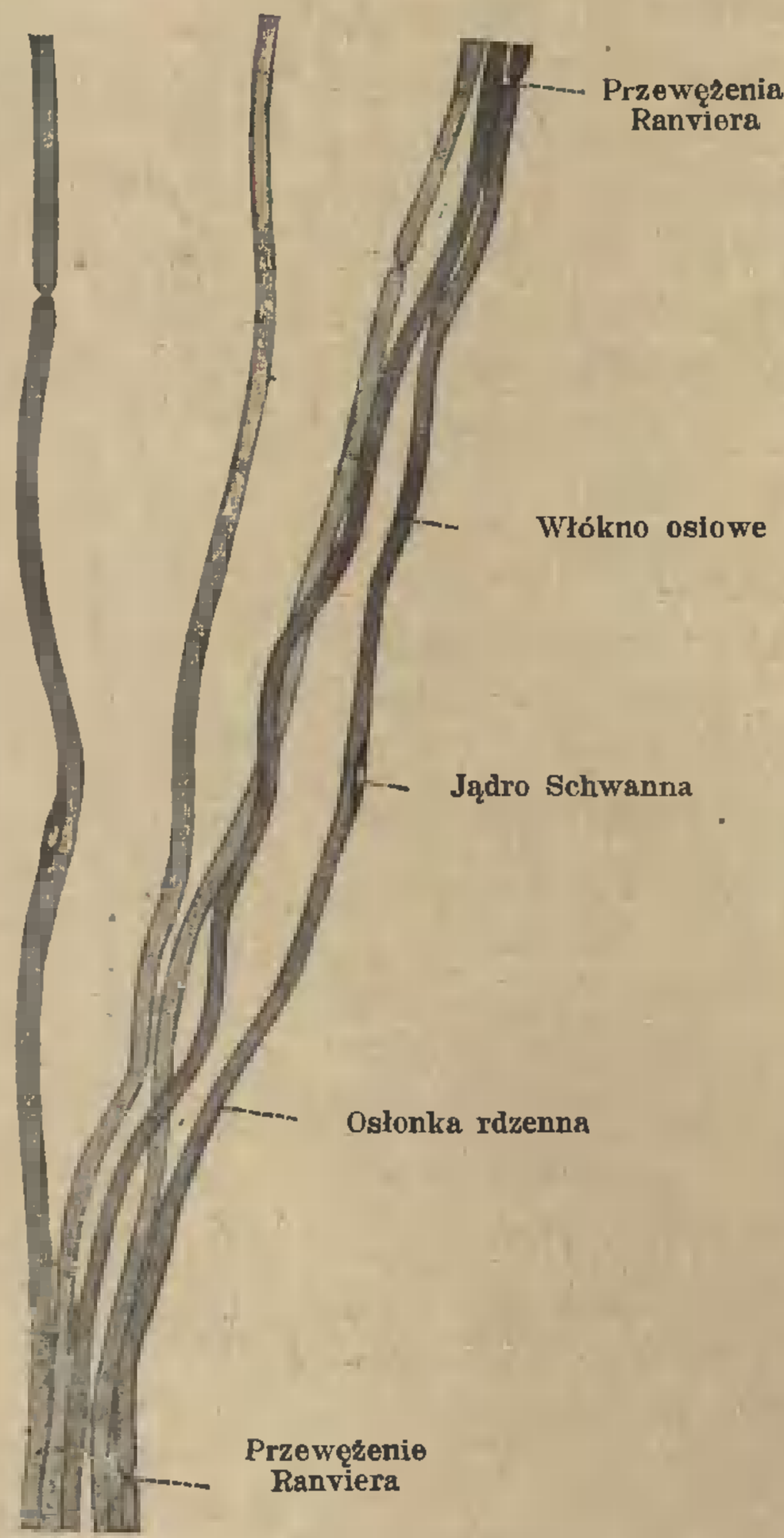
Ryc. 107. Włókno nerwowe bezrdzenne z nerwu współczulnego królika. Pow. ok. 300 razy.

ad 4. Wszystkie inne włókna nerwowe obwodowe, a więc włókna wszystkich nerwów mózgowych i rdzeniowych, z jedynym wyjątkiem włókien nerwu węchowego i wzrokowego, są otoczone poza obrębem układu ośrodkowego obiema osłonkami: rdzenną i Schwanna. Osłonka rdzenna nadaje tym nerwom wygląd jasny, biały. Nazywamy je równie jak włókna pod 2. włóknami rdzennemi albo też, ze względów, o których będziemy mówili później, włóknami o podwójnym zarysie. (ryc. 108.) Tu już nadmienić należy, że jak z jednej strony wszystkie nerwy mózgowe i rdzeniowe obok tych rdzennych zawierają także bezrdzenne włókna, choć tylko w nieznacznej ilości, tak z drugiej strony w nerwach współczulnych występują pojedyńcze włókna rdzenne.

Omówimy obecnie poszczególne części włókna nerwowego, przyczem zaczniemy od najważniejszej jego części składowej, od włókna osiowego.

1. *Włókno osiowe* (ryc. 108, 109, 113 i 114) stanowi, jak to już widzieliśmy, istotną wypustkę komórkową; ma ono kształt nitki, której przekrój jest zwykle kołem; grubość jego może ulegać znacznym wahaniom i wynosi począwszy od ułamków mikromu do 10 μ. Najważniejszą częścią składową włókna osiowego są *włókienka nerwowe (neurofibrille)*, nadzwyczaj cienkie niteczki, biegnące wśród włókna nerwowego nieprzerwanie od komórki nerwowej aż do jego zakończenia obwodowego. Dotąd nie można było stwierdzić z całą

pewnością, czy owe włókienka wśród włókna nerwowego biegną równolegle obok siebie (Apàthy, Bethe), czy też tworzą w niem sieć o wydłużonych oczkach; nowsze jednak badania zdają się przemawiać za ostatnim poglądem (Retzius, Schiefferdecker, Lugaro). Włókienka nerwowe otoczone są istotą podstawową, czyli międzywłókienkową, t. zw. *neuroplazmą, achsoplazmą*. Istota ta zawiera nadzwyczaj dużo wody, co nam tłumaczy znaczne kurczenie się włókna osiowego podczas użycia większości odczynników utrwalających, jakoteż szybkie występowanie zmian po obumarciu włókna nerwowego. Występowanie różańcowatych zgrubień wśród przebiegu delikatnych włókien nerwowych obumarłych jest wynikiem tego, iż obfita istota podstawowa skupia się w postaci kropelek wzdłuż włókienek nerwowych.

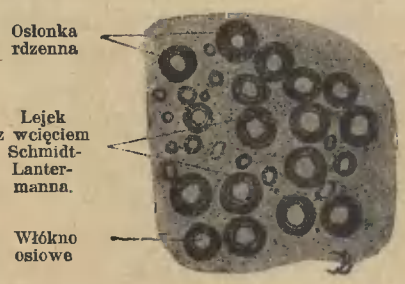


Ryc. 108.
Włókna nerwowe rdzenne z nerwu promieniowego człowieka, traktowane kwasem osmowym.
Średnie powiększenie.

Według jednych autorów istota międzywłókienkowa jest jednolita (Kölliker, Bethe), według innych zaś, ma budowę piankowatą (Nansen, Bütschli, Held); w ostatnim wypadku włókienka nerwowe mają przebiegać wśród ścianek wydłużonych pęcherzyków pianki.

2. *Osłonka rdzenna.* We włóknach nerwowych rdzennych jest włókno osiowe obleczone osłonką jednakowej grubości, silnie łamiącą światło, za życia jednolitą t. zw. *osłonką rdzenną*. Tworzy więc ona jakgdyby rurkę o grubej ściance; światło jej wypełnione jest szczelnie włóknem osiowem (ryc. 108, 109, 114). Włókno nerwowe rdzenne zawdzięcza właśnie tej osłonce silny *połysk, podwójną łamliwość* i wogóle cały swój charakterystyczny wygląd.

Gdy badamy włókno nerwowe w wodzie, widzimy jak z osłonki rdzennej wydostaje się substancja w postaci charakterystycznie ukształtowanych, maczugowatych kropli, zwana *myeliną*. Zjawisko to polega na zawartości myeliny w glicerofosforany, które też nadają osłonce rdzennej podwójną łamliwość. Myelina posiada w wysokim stopniu właściwość redukowania czterotlenku osmu; wskutek tego włókna nerwowe rdzenne, umieszczone w roztworze kwasu osmowego po krótkim czasie brunatnieją, a następnie czernieją.



Ryc. 109.

Część przekroju poprzecznego nerwu po zadziałaniu nań kwasem osmowym.

Pow. ok. 350 razy.

Myelina pod względem chemicznym nie stanowi ciała jenolitego; jest ona mieszaniną, w której rozróżnić można z całą pewnością trzy substancje: *protagon, lecytynę i tłuszcz.* Protagon jest to ciało białkowe, krystalizujące łatwo w postaci małych igieł, wyróżniające się stosunkowo znaczną zawartością fosforu. Nie rozpuszcza się ani w wodzie, ani w alkoholu, ani też w eterze. Lecytyna występuje obficie w organizmie zwierzęcym i w roślinnym, zawiera fosfor, jest nierozpuszczalna w wodzie, natomiast rozpuszcza się w alkoholu i eterze. Co do tłuszczów myeliny, nie jest pewnem, czy są one już tam pierwotnie w tej formie zawarte, czy też powstają dopiero podczas rozpadu protagonu i lecytyny. Oprócz myeliny, znajduje się w osłonce rdzennej jeszcze inne ciało, które odkrywca jego (Kühne) nazwał *neurokeratyną* ze względu na podobieństwo, jakie zachodzi między niem a keratyną substancyj rogowych, opiera się mianowicie trawieniu w trypsynie.

Ryc. 110.

Kawałek włókna nerwowego rdzennego z nerwu kulszowego żaby; a—wcięcia Schmidt-Lantermanna; b—przewężenia Ranviera. Preparat uzyskany przy użyciu kwasu osmowego.

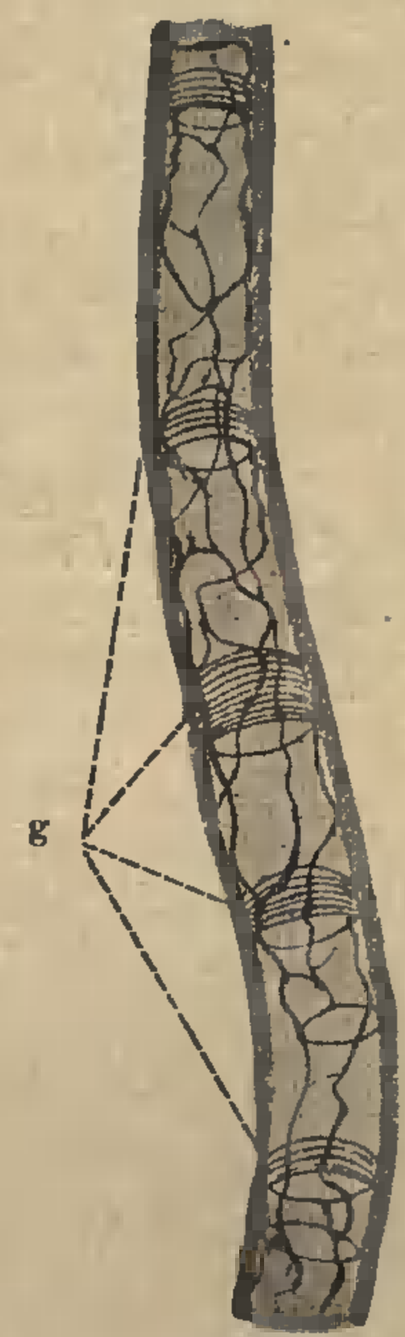
Pow. około 370 razy.

Badając wyosobnione na dłuższej przestrzeni włókno nerwowe rdzenne, widzimy w jego zresztą zupełnie gładkim przebiegu w pewnych odstępach przewężenia, które nazywamy *przewężeniami Ranviera*. W przewężeniach tych włókno nagle cieńczeje i znów natychmiast powraca do poprzedniej grubości (ryc. 110). Jak się okazuje, owo raptowne zcieńczenie włókna nerwowego powstaje wskutek braku osłonki myelinowej w tem właśnie miejscu. Tak więc osłonka myelinowa rozpada się na długi szereg *odcinków*, które w różnych

włóknach nerwowych mogą być bardzo różnej długości. Im grubsze jest włókno, tem dłuższe są odcinki. Key i Retzius znajdowali w włóknach nerwowych grubości 2 μ odcinki osłonki myelinowej długości 90 μ, w włóknach grubości 16 μ odcinki o długości 900 μ.

Jeżeli włókno nerwowe podda się działaniu 0,5 %-ego rozczynu azotanu srebra i wystawi następnie na działanie światła, to w miejscu każdego przewężenia Ranvierowskiego powstanie brunatno lub czarno zabarwiony twór w kształcie krzyża łacińskiego: ramię poprzeczne, biegnące przez całą grubość przewężenia, krzyżuje się

Ryc. 111.



Ryc. 112.

Ryc. 111. Włókna nerwowe rdzenne królika, pod działaniem azotanu srebra Widoczne są tu krzyże Ranviera.

Pow. około 300 razy.

Ryc. 112. Włókno nerwowo wróbla z aparatem siateczkowym (kopja wedł. Sali). g—lejki Golgiego.

z drugiem ramieniem ułożonem wzdłuż osi włókna (ryc. 111). Często widzimy na ramieniu podłużnem delikatne poprzeczne prążki t. zw. *linje Fromanna*. Obrazy te powstają wskutek przeniknięcia roztworu srebra między końce odcinków osłonki rdzennej a włókno osiowe, które zabarwiwszy się brunatno tworzy ramię podłużne krzyża; równocześnie zabarwia się pierścieniowaty krążek, wstawiony między końce obu odcinków t. zw. *krążek pośredni*. Z boku widziany przedstawia się jako krótki prążek, który właśnie tworzy poprzeczne ramię krzyża.

Jeżeli badamy przewężenie Ranviera delikatniejszemi metodami, przekonujemy się, że włókno osiowe przechodzi przez otwór krążka pośredniego, który włókienka jego utrzymuje w pewnej zwartości. Końce odcinków osłonki myelinowej są zaokrąglone.

Osłonka myelinowa zupełnie świeżego włókna nerwowego jest całkiem gładka; wkrótce jednak występują w niej delikatne szczelinki, biegnące ukośnie do osi włókna; dzielą one każdy odcinek osłonki na większą ilość odcinków drobniejszych, uszeregowanych jeden za drugim i zachodzących za siebie jakby dachówki. Szczelinki te oddzielające od siebie powyższe walcowato-stożkowate odcinki nazywają się *wcięciami Schmidt-Lantermanna* (ryc. 110). Tak więc każdy odcinek osłonki rdzennej składa się z większej ilości *odcinków walcowato-stożkowatych*.

Golgi i jego uczniowe wykazali, że wśród osłonki rdzennej biegnie siatka o dużych oczkach, wytworzona z włókien podporowych;

Ryc. 113.

Kawałek włókna nerwowego rdzennego żaby, gotowanego w alkoholu absolutnym. W środku biegnie włókno osiowe, a dokoła niego sieć neurokeratynowa.

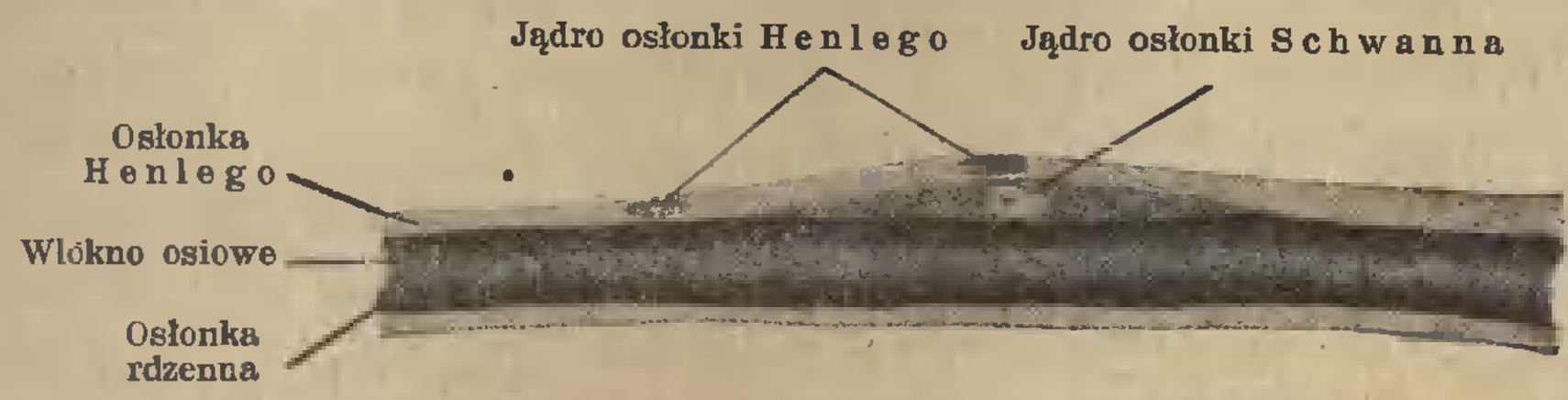
Pow. około 650 razy.

w miejscach, gdzie leżą *wcięcia Schmidt-Lantermanna*, włókienka te tworzą pierścienie, obejmujące włókno nerwowe i przenikające osłonkę myelinową w całej jej grubości (tyc. 112). Te twory pierścieniowate, oddzielające od siebie odcinki walcowato-stożkowate, nazywamy zwykle *lejkami Golgiego*.

Jeśli włókno nerwowe rdzenne gotuje się w alkoholu albo eterze, wówczas myelina się rozpuszcza, a wśród osłonki rdzennej pozostaje jedynie sieć o mniejszych lub większych oczkach (ryc. 113); przekrój poprzeczny nerwu poucza, że oczka sieci, przenikającej istotę myelinową są ułożone promienisto. Jest to *zrąb neurokeratynowy*, nazwany tak przez Ewalda i Kühnego. Zrębu tego nie należy uważać za rusztowanie poprzednio już istniejące, ale raczej za twór w formie sieci, powstały dopiero skutkiem zadziałania na włókno odczynnikami, strącającymi z jednolitej substancji rdzennej pewne połączenia białkowe *(neurokeratyna* Kühnego) [Stübel].

3. *Osłonka Schwanna* czyli *neurylemma* znajduje się, jak widzieliśmy, jedynie w obwodowych włóknach nerwowych. Stanowi ona bardzo cieniutką błonkę protoplazmatyczną, przylegającą ściśle

do osłonki rdzennej (ryc. 107, 114, 116). Na stronie wewnętrznej tej błonki znajdujemy jądra, otoczone nieznaczną ilością protoplazmy. (ryc, 107, 114, 115, 116.) U wyższych kręgowców przypada stale na każdy odcinek myelinowy jedno jądro. Z nowszych badań wynika, że owe jądra, które uważano jako należące do osłonki

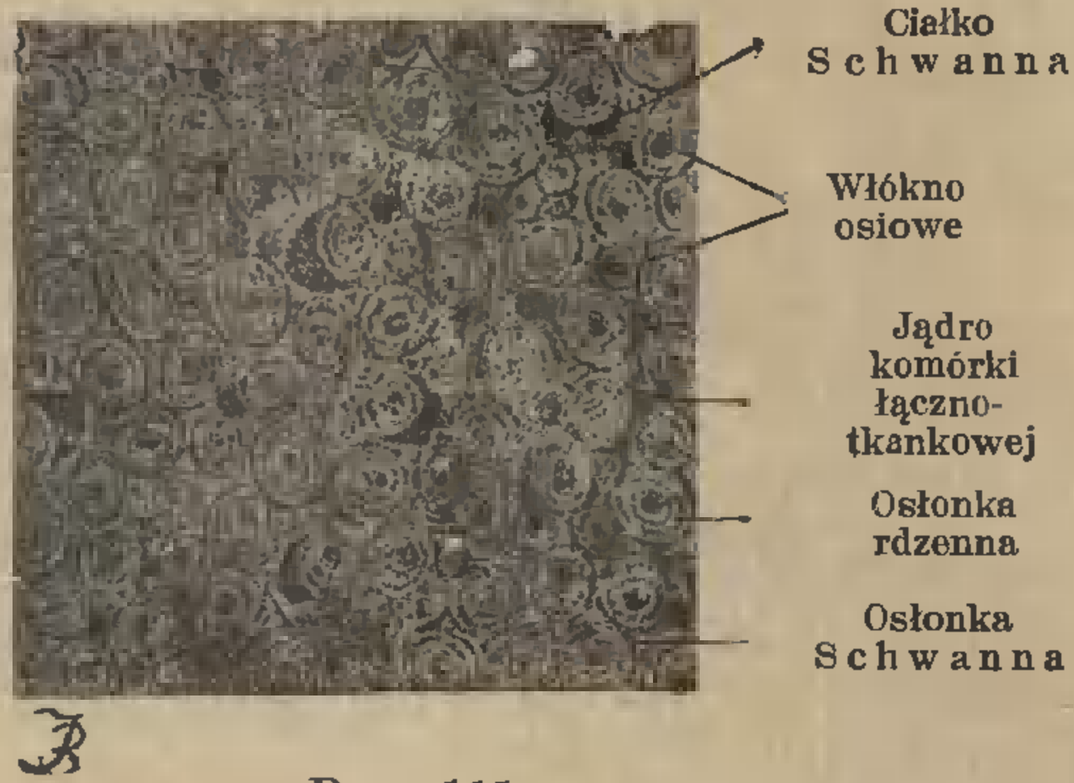


Ryc. 114.

Kawałek włókna nerwowego rdzennego z nerwu promieniowego człowieka po zadziałaniu kwasem osmowym.

Widać jądra osłonki Schwanna i Henlego. Pow. około 400 razy.

Schwanna i które dlatego nazywano *jądrami Schwanna,* należą raczej do osłonki rdzennej i słuszniej byłoby nazywać je komórkami osłonki myelinowej. Według Niemiłowa i Dejnikowa, komórki te posiadają wypustki rozgałęziające się wśród odnośnego odcinka osłonki rdzennej, przyczem przenikają substancję osłonki myelinowej w całej jej grubości. W ten sposób powstaje wśród osłonki rdzennej rusztowanie protoplazmatyczne w zewnętrznej i wewnętrznej warstwie osłonki znacznie gęstsze. Wśród oczek tego rusztowania znajduje się myelina. Niemiłow uważa owe rusztowanie protoplazmatyczne za identyczne z siecią neurokeratynową. Nageotte natomiast przeczy stanowczo, jakoby sieć neurokeratynowa przechodziła w protoplazmę komórki Schwanna.



Ryc. 115.

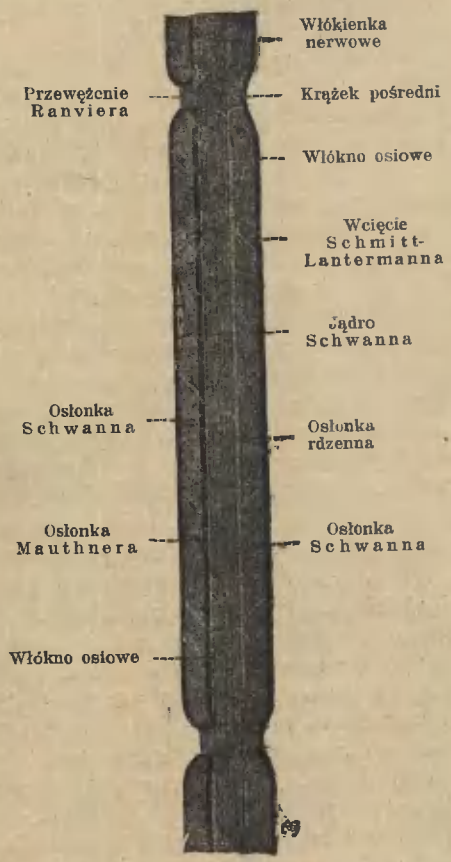
Część przekroju poprzecznego nerwu (n. medianus) ludzkiego, utrwalonego w płynie Müllera i zabarwionego safraniną.

Widać liczne ciałka Schwanna.

Pow. ok. 380 razy.

Do dziś panują sprzeczne poglądy na zachowanie się neurylemmy w miejscu przewężenia Ranviera. Tu zazwyczaj widać neurylemmę najwyraźniej, gdyż tworzy ona jakby pomost nad miejscem przewężenia. Przytem można zauważyć, iż neurylemma zawsze jest zrośnięta z krążkiem pośrednim. Według Ranviera

i Vignala neurylemma jest przerwana krążkiem pośrednim, wskutek czego wytwarza się segmentacja tej osłonki, taka sama jak w osłonce rdzennej. Dalej jeszcze idą Boveri i Bethe. Wedle ich badań, neurylemma na końcu odcinka myelinowego zagina się i w postaci cienkiej błonki wchodzi między włókno osiowe i osłonkę rdzenną, tworząc t. zw. *osłonkę wewnętrzną* czyli *osłonkę Mauthnera*. W ten sposób każdy odcinek osłonki rdzennej byłby ze wszystkich stron otoczony przez odcinek osłonki Schwanna (ryc. 116).



Ryc. 116.
Schemat budowy włókna nerwowego rdzennego, uzmysławiający dwa rozmaite zapatrywania co do zachowania się osłonki Schwanna.
Porównaj stronę prawą ze stroną lewą.

Zarówno we włóknie osiowem, jak w komórkach Schwanna i w protoplazmie osłonki rdzennej znaleziono mitochondrja, mające postać drobnych ziarenek i nitek (Nageotte, Maccabruni).

Najważniejszą część składową nerwu stanowi włókno osiowe, ono bowiem jest elementem przewodzącym podniety. Nie może to ulegać wątpliwości, gdyż włókno osiowe jest jedynym składnikiem włókna nerwowego, biegnącym przez całą jego długość bez przerwy od komórki aż do stacji końcowej. Co do tego tylko są zdania podzielone, której części składowej włókna osiowego należy przypisać zdolność przewodzenia. Jedni z badaczów przypuszczają, że elementami przewodzącemi podniety są włókienka nerwowe, neurofibrille (Bethe, Apáthy), inni natomiast sądzą, że zdolnością przewodzenia obdarzona jest istota międzywłókienkowa, włókienka zaś są jedynie składnikami podporowemi (Leydig, Nansen, Wolff). Wiele względów, w które tu zresztą nie możemy wchodzić, przemawia za tem, że pierwszy pogląd jest słuszny.

Brak również zgodności w zapatrywaniach na znaczenie osłonki rdzennej. Zdawałoby się, że najbardziej do przekonania przemawiającym jest pogląd, według którego należy ją uważać za izolującą osłonkę włókna osiowego. Przeciwko takiemu przypuszczeniu przemawia jednak okoliczność, że także włókna nie mające osłonki rdzennej (włókna bezrdzenne) posiadają również zdolność przewo-

dzenia podniet, jak włókna rdzenne. Uważano też osłonkę rdzenną za rodzaj płaszcza ochronnego. W każdym razie ma ona znaczny wpływ na pobudliwość nerwów. Dowodzi tego fakt, że pobudliwość nerwów u noworodków jest początkowo bardzo nieznaczna i że wzrasta wraz z rozwojem osłonki rdzennej (Westphal, Bechterew, Held i Ambronn i w. in.), oraz, że u dorosłych osłonka rdzenna jest grubsza we włóknach nerwowych, które przewodzą szybciej podniety. (Lapicque i Legendre).

Żadna kwestja z zakresu histogenezy nie jest przedmiotem tak gorących sporów do dnia dzisiejszego, jak *sprawa rozwoju włókien nerwowych.* Musimy tu odróżnić dwa zasadniczo odmienne poglądy. Według jednego z nich, reprezentowanego przez Kupffera i Biddera, Hisa i Köllikera, wyrastają włókna nerwowe jużto z komórek cewy mózgowordzeniowej, jużteż z komórek listwy zwojowej, pochodzących również z cewy nerwowej, jako nagie włókna osiowe i zdążają do swego narządu końcowego, do mięśnia lub skóry. Naturalnie, że wobec bardzo wczesnych stadjów zarodkowych, o które tu chodzi, nie potrzebują te rozwijające się włókna przebywać zbyt wielkich przestrzeni. Raz doszedłszy do miejsca swego przeznaczenia, rosną równocześnie z oddalaniem się tego ostatniego od narządu ośrodkowego oraz przesuwają i przemieszczają się wraz z nim w ciągu całego rozwoju. Początkowo mamy do czynienia z nagiemi włóknami osiowemi, które się jednak wkrótce otaczają pochewką, dzięki temu, że z narządu ośrodkowego wychodzące komórki pochewkowe czyli t. zw. *lemmoblasty* przesuwają się wzdłuż młodych włókien i tworzą dokoła nich *neurylemmę.* Przeważna część histologów hołduje dzisiaj tej teorji, która znalazła w najnowszych czasach ważną podporę w fakcie, iż udało się pod mikroskopem na żywym materjale wprost obserwować wyrastające włókna z komórek nerwowych.

Zasadniczo inaczej odbywa się rozwój włókna nerwowego według *teorji ciągłości,* podanej najpierw przez Baera i Hensena. Jak sama nazwa wskazuje, teorja powyższa przyjmuje, że wszystkie komórki młodego zawiązku zarodkowego są z sobą połączone mostkami międzykomórkowemi. Również i komórki cewy mózgowordzeniowej są połączone z komórkami płyt mięśniowych i skóry za pośrednictwem wstawionych komórek, wśród których tworzą się odcinkami włókienka nerwowe. Gdy następnie te odcinki z sobą się zleją, powstaje młode włókno nerwowe, które oczywiście od początku otoczone jest osłonką protoplasmatyczną.

W ostatnich czasach Held usiłował połączyć obie teorje. I on wychodzi z założenia, że wszystkie komórki zawiązka zarodkowego są z sobą połączone zapomocą mostków międzykomórkowych *(plasmodesmy),* przyjmuje jednak, że tworzące się włókienka nerwowe biorą początek tylko z komórek cewy nerwowej i listwy zwojowej. Stąd dążą one ku obwodowi, używając mostków międzykomórkowych jako dróg, któremi dochodzą do swej stacji końcowej. W ten sposób zmieniają się plasmodesmy wybrane przez neurofibrille w „*neurodesmy.*"

Co się tyczy powstawania samych włókienek nerwowych (neurofibrilli), to zdaniem Hovena mają się one tworzyć z mitochondrjów, które zmieniają swe właściwości chemiczne i morfologiczne i przetwarzają się w włókienka nerwowe. Przeciwnie twierdzi Luna, że wprawdzie w czasie rozwoju zarodkowego mitochondrja biorą udział w tworzeniu włókienek nerwowych, jednak same nie przetwarzają się w nie bezpośrednio. Odnośnie do rozwoju osłonki rdzennej są zdania podzielone. Według niektórych autorów (Ranvier, Vignal, Boveri i Fürst) myelina powstaje wśród ciała komórek Schwanna, otaczających włókno osiowe. W takim razie każdy odcinek osłonki rdzennej, wraz z odpowiadającym mu odcinkiem osłonki Schwanna i z jądrem, miałby war-

tość komórki. W układzie nerwowym ośrodkowym rolę komórek Schwanna w tworzeniu osłonki rdzennej przyjmują na siebie komórki neurogljowe pochodzeniem z niemi równowartościowe. Inni badacze przyjmują, iż myelinę wytwarza samo włókno osiowe (Key i Retzius, Kölliker, Westphal), jeszcze zaś inni, że ona wytwarza się we krwi, która ją osadza dookoła włókna osiowego (Boll, Wlassak).

Dodatek:

1. Krew.

Krew omawiamy w łączności z właściwemi tkankami, gdyż z pewną słusznością możemy ją uznać za tkankę sui generis. W jednym z poprzednich rozdziałów określiliśmy tkankę jako: „zbiór komórek rozmieszczonych według pewnych zasad, zróżnicowanych w określonym kierunku i zdolnych do wykonywania pewnych, określonych czynności;“ otóż pierwsza część tej definicji nie zgadza się z istotą krwi. Krew bowiem składa się z części płynnej czyli t. zw. osocza krwi, w której coprawda znajdują się rozmaite komórki w pewnym stałym stosunku i prawidłowej ilości, jednak nie mogą one mieć stałego i prawidłowego układu przestrzennego, wobec tego, że są umieszczone w płynnem środowisku.

Jak komórki innych tkanek tak samo, a może w wyższym jeszcze stopniu, składniki komórkowe krwi są zróżnicowane w ściśle określony sposób. Wraz z osoczem przypada im niesłychanie ważne zadanie doprowadzania do wszystkich części ciała koniecznych do życia substancyj odżywczych i pośredniczenia w wymianie gazów; to ostatnie zadanie spełniają w ten sposób, że doprowadzają do narządów tlen, a odprowadzają z nich produkty zachodzącego w nich spalenia, a więc przedewszystkiem kwas węglowy. Ażeby przeznaczeniu swemu odpowiedzieć jak najlepiej, krew krąży bez przerwy i to, przynajmniej u zwierząt wyższych, w drogach zamkniętych, w tak zwanych *naczyniach krwionośnych*.

W systemie tkanek krew musielibyśmy umieścić wśród tkanek łącznych albo w największej ich bliskości. Krew i tkanki łączne rozwijają się z tych samych części zawiązku zarodkowego, mianowicie z środkowego listka zarodkowego.

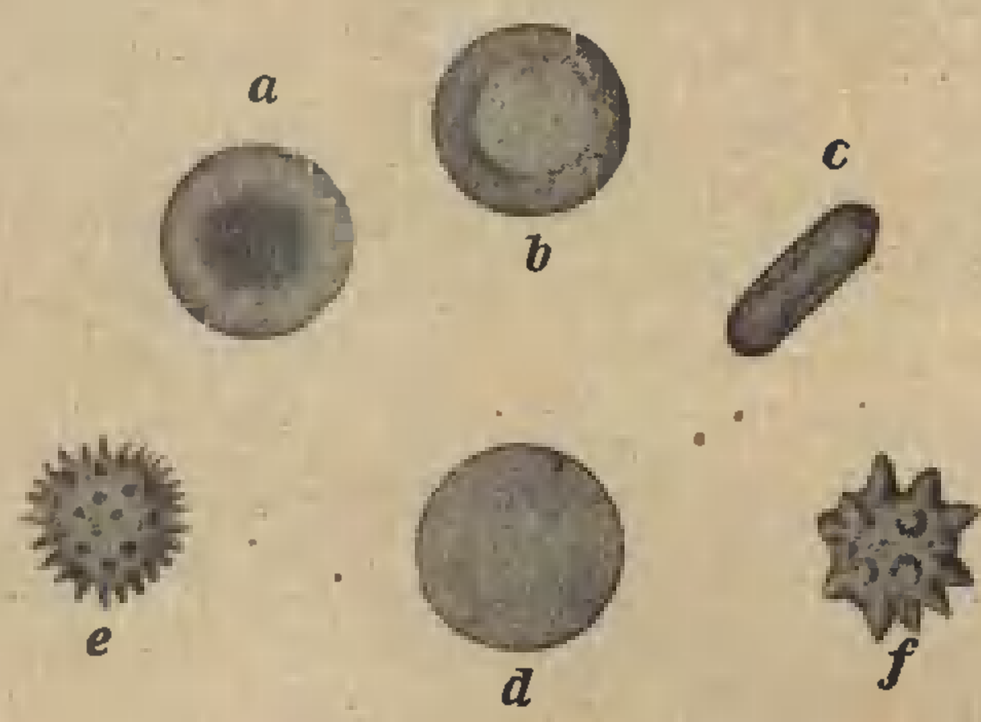
Tworzenie krwi odbywa się w ten sposób, że komórki wśród zarodkowej tkanki łącznej zbierają się w grupy, komórki leżące na obwodzie spłaszczają się, układają się obok siebie i wytwarzają ściankę zamykającą od zewnątrz powstałą w ten sposób *wysepkę krwiotwórczą*; natomiast komórki w środku leżące zaokrąglają sie i tworzą pierwsze zarodkowe ciałka krwi, które pływają w osoczu zbierającem się w młodem naczyniu.

Według tego więc, cośmy powiedzieli, możemy krew uważać również jako tkankę łączną o płynnej istocie międzykomórkowej.

Składniki komórkowe krwi można podzielić na trzy grupy, mianowicie: 1) *Czerwone ciałka krwi,* tj. elementy, zawierające swoisty barwik krwi, hemoglobinę, 2) *białe ciałka krwi,* które barwika tego nie zawierają i 3) *płytki krwi,* twory bardzo drobne, o właściwościach niezupełnie jeszcze wyjaśnionych.

Oprócz tych składników komórkowych, we krwi znajdujemy jeszcze t. zw. *pyłki krwi* i *kulki tłuszczowe.*

1) *Czerwone ciałka krwi* czyli *erytrocyty* mają u człowieka kształt małych krążków, w środku z obu stron wklęsłych, o brzegach grubszych, jakby nabrzmiałych i zaokrąglonych; z boku widziane podobne są z kształtu do biszkopta (ryc. 117 a, b, c).



Ryc. 117.

Ciarka czerwone krwi ludzkiej.

Pow. około 1500 razy.

a. widzenie z powierzchni przy wysokiem ułożeniu, b. widziane z powierzchni przy głębokiem ułożeniu, c. widziane z boku, d. pod działaniem płynu hypertonicznego, e. i f. pod wpływem rozczynu hypotonicznego (formy kolczaste i morwowate).

Jeżeli patrzymy na taki krążek z góry, przedstawia się on w świetle przepuszczonem jako okrągła tarcza z ciemną plamą w środku; jeżeli śrubką mikrometryczną obniży się soczewkę, wówczas otrzymujemy obraz odwrotny: ciemny krążek z jasną plamą w środku (ryc. 117 a, b, 118 i 121). Zjawisko to polega na odmiennem optycznem działaniu obu części erytrocytu. Część środkowa przedstawia soczewkę dwuwklęsłą, która rozprasza równoległe promienie światła, brzegi zaś działają jako soczewka dwuwypukła, skupiająca promienie.

Średnica erytrocytów ludzkich waha się między 4 a 9 μ; przyjmujemy zwykle jako przeciętną 7,5 μ. Grubość krążka w środku wynosi 1,8—2 μ, na brzegu ciałka 2,5 μ.

Erytrocyty normalnej wielkości (o średnicy 7,5 μ), które stanowią $^3/_4$ wszystkich ciałek krwi, nazywamy *normocytami,* w przeciwstawieniu do mniejszych t. zw. *mikrocytów* i większych t. zw. *megalocytów.*

Przy zastosowaniu zwykłych metod, nie możemy wewnątrz erytrocytów rozpoznać żadnych szczegółów budowy.

Sporną jest kwestja, czy erytrocyty są nazewnątrz pokryte błoną (Virchow, Schäfer, Ranvier, Krause, Hen-

sen i in.), czy też nie. Dziś jednak możemy przyjąć, że na erytrocytach rozwija się co najmniej nieco stalsza warstewka zewnętrzna, t. zw. *crusta* otaczająca treść o nieco płynniejszej konsystencji. W tej wewnętrznej części możemy znów odróżnić nieco stalszy zrąb *(stroma)* w rodzaju szkieletu gąbki, nie dający się jednak barwieniem sztucznem wykazać; zrąb ten jest przepojony i wypełniony *hemoglobiną*.

Ciałka czerwone krwi dorosłego człowieka (ryc. 117, 118 i 122) nie posiadają jąder. Wielu badaczy jednak (Jolly, Schmauch, Weidenreich i in.) opisuje w nich małe ziarenka, występujące pojedyńczo lub po dwa, barwiące się wyraźnie barwikami zasadowemi; mają one odpowiadać resztkom jąder. W pewnych wypadkach patologicznych (przy anemji, zatruciu ołowiem) mogą w ciele erytrocytów występować takie ziarenka zasadochłonne w znacznej ilości (Grawitz).

Według badań Schilling-Torgaua ciałka czerwone ludzkie mają bardzo skomplikowaną budowę. Według niego można odróżnić w czerwonem ciałku krwi trzy części: resztkę jądra (cz. t. zw. płytkę krwi), protoplazmę i archoplazmę. Archoplazma składa się z substancji achromatynowej nazwanej tu „ciałkiem szklistem," z centrjolu w postaci dwóch ziarenek, barwiących się azurem, wreszcie z t. zw. idjosomu, odpowiadającego centrosferze.

Ryc. 118.
Świeża krew ludzka.
Większa część ciałek krwi ułożyła się w kształcie rulonów monet, pozostałe są widziane z powierzchni n = leukocyt obojętnochłonny Pow. ok. 500 razy.

Ciałka czerwone krwi są nadzwyczaj giętkie i miękkie, przytem jednak elastyczne; wskutek tego też w miejscach, gdzie prąd krwi napotyka na pewną przeszkodę, ciałka te mogą ulec deformacji; gdy jednak przeszkodę przezwyciężą, przyjmują natychmiast kształt pierwotny.

Gdy czerwone ciałka krwi leżą w nieco grubszej warstwie pod szkiełkiem nakrywkowem, układają się chętnie obok siebie w t. zw. ruloniki (ryc. 118), przylegając do siebie jak monety szerokiemi płaszczyznami. W preparacie takim mamy sposobność oglądania ciałek czerwonych z boku. Widać wówczas w przekroju optycznym cieńszy środek i grubszy brzeg, nie ostro ścięty, lecz zaokrąglony.

Według Weidenreicha erytrocyty za życia nie mają kształtu krążka, lecz przybierają go dopiero poza obrębem naczyń krwionośnych. Według niego czerwone ciałka krwi wśród naczyń mają postać dzwonków, albo czarek czy też miseczek z jednej strony wklęsłych, z drugiej wypukłych (ryc. 119). Niektórzy badacze są zdania, że obie formy, tj. zarówno forma krążków, jak i dzwonków znajdują się obok siebie w normalnej krwi ssaków (Walcker), w ostatnich jednak czasach podniosły się głosy, że tylko kształt krążków jest normalny dla ciałek czerwonych krwi, formy zaś dzwonkowate zostają sztucznie wywołane przez nienormalne stosunki względnie przez jednostronne zadziałanie szkodliwych czynników (Löhner).

Ryc. 119.
Czerwone ciałka krwi bezjądrzaste o kształtach dzwonów.
Pow. bardzo silnie.

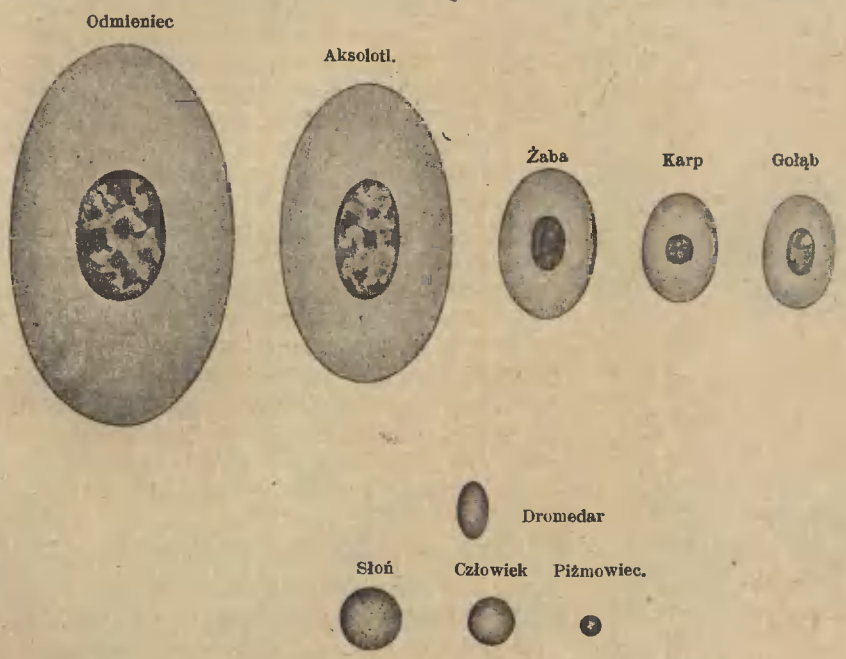
Czerwone ciałka krwi są nadzwyczaj wrażliwe na działanie czynników zewnętrznych i reagują na nie w najrozmaitszy sposób. Gdy badamy je w środowisku naturalnem bez dodania odczynników, mają barwę lekko żółtą (ryc. 118); jeżeli zaś do preparatu dodamy wody, pęcznieją i przekształcają się w kulki (ryc. 117 d), przyczem zawarta w nich hemoglobina zostaje wyługowana, ciałka zaś pływają jako trudno dostrzegalne „cienie" wśród zabarwionego płynu. Bardzo też łatwo kurczą się erytrocyty, mianowicie wówczas, gdy ciśnienie osmotyczne środowiska zwiększa się ponad normę, a więc gdy np. dodamy do krwi hypertonicznego (wyższego niż 0,9 %) roztworu soli kuchennej, albo gdy zawartość soli w środowisku zwiększy się przez wyparowanie wody. W takich warunkach stają się erytrocyty *kolczaste, zębiaste* i przyjmują *kształt owocu morwy* (ryc. 117 e, f).

Ilość czerwonych ciałek u mężczyzny wynosi mniej więcej 5 miljonów w jednym milimetrze sześciennym krwi, u kobiety zaś tylko 4,7 miljona. Wyraźne zwiększanie się ilości czerwonych ciałek widzimy u noworodków podczas pierwszych dni życia, u dorosłych zaś pod wpływem zmniejszonego ciśnienia atmosferycznego np. podczas pobytu w wysoko położonych miejscowościach. Ma tutaj występować istotne nowotworzenie krwi (Laquer).

Kształt, wielkość i budowa erytrocytów jest u różnych zwierząt zależnie od gatunku bardzo rozmaita (ryc. 120). Wszystkie ssaki posiadają erytrocyty bezjądrzaste i, z wyjątkiem wielbłądowatych,

kuliste; kształt bowiem ciałek czerwonych jest u wielbłąda, u dromedara i łamy nie kulisty, lecz owalny, jąder jednak nie posiadają. Wielkość czerwonych ciałek u ssaków jest bardzo różna; największe posiada słoń. Średnica ich wynosi: u słonia 9,4 μ, u człowieka 7,5 μ, u kota 6,2 μ, u konia tylko 5,6 μ, u piżmowca zaś zaledwie 2,5 μ.

Erytrocyty wszystkich innych kręgowców posiadają jądra i mają kształt owalnych krążków, najgrubszych w środku, ku brzegom cieńszych. Wyjątek stanowią jedynie kręgoustne (minogi), które posiadają czerwone ciałka jądrzaste w kształcie okrągłych krążków.



Ryc. 120.
Czerwone ciałka krwi kręgowców.
Zestawienie powyższe uwidacznia stosunek wielkości ciałek.

Największych rozmiarów dosięgają erytrocyty odmieńca jaskiniowego, mianowicie 58 μ : 35 μ; znacznej wielkości są też czerwone ciałka żaby – 22 μ : 15 μ (ryc. 120 i 121). Znacznie mniejsze erytrocyty posiadają ptaki, gady i ryby: kura 12 : 8 μ, jaszczurka 15 : 9 μ, karp 17 : 10 μ. Także co do budowy czerwonych ciałek krwi kręgowców istnieją pewne kwestje sporne. Według Mevesa np. erytrocyty salamandry nie posiadają błony, natomiast mają aparat podporowy w postaci włókienek, przebiegających w zewnętrznej warstwie w kształcie obręczy, połączonych nawzajem błonkami poprzecznemi.

Ciałka krwi czerwone w ciągu życia zużywają się ciągle; życie ich ma trwać około 3—4 tygodni. Ulegają zagładzie w wątrobie, w śledzionie, a może także w gruczołach limfatycznych. Nowe erytrocyty u dorosłych wytwarzają się wyłącznie w szpiku kostnym.

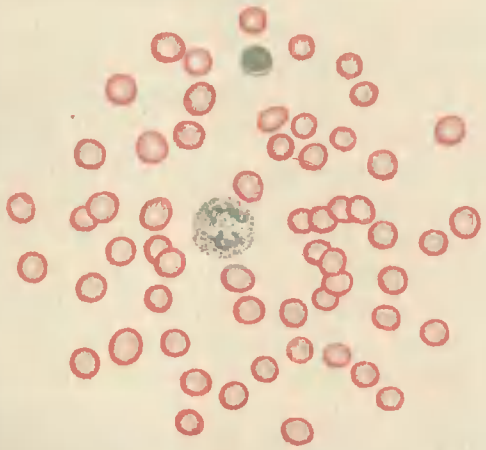
Pod względem chemicznym najważniejszą częścią składową erytrocytów jest *hemoglobina*. Stanowi ona ciało proteidowe zawierające żelazo i jest związkiem barwika — *hemochromogenu* z białkiem — *globiną*. W krwi tętniczej związana jest przeważnie z tlenem, tworząc *oksyhemoglobinę*, która z jednej krwi łatwiej, z innej trudniej wykrystalizowuje w postaci charakterystycznych kryształków, t. zw. *kryształków krwi*. Najłatwiej otrzymać je można z krwi świnek morskich w postaci czworościanów umiarowych. U człowieka tworzą się kryształki krwi w postaci czworobocznych pryzmatów. Hemoglobina rozpuszcza się łatwo w wodzie, barwiąc ją na czerwono; roztwór taki, badany spektroskopowo daje w widmie charakterystyczną ciemną smugę między linjami D i E; w widmie oksyhemoglobiny smuga ta rozpada się na dwie węższe smugi. Jeżeli na wyschniętą krew zadziała się kwasem solnym lub też kwasem octowym i solą kuchenną, tworzą się małe kryształki rombowe *heminy*, znane też pod nazwą *kryształków Teichmanna*. Kryształki te odgrywały dawniej ważną rolę w medycynie sądowej w rozpoznawaniu plam krwawych. Hemina jest estrem chlorowodorowym hematyny powstającej przez utlenienie hemochromogenu. Obecnie przy wykrywaniu śladów krwi posługujemy się przeważnie spektroskopem. Oprócz hemoglobiny zawierają erytrocyty jeszcze białko, mocznik, lecytynę, cholesterynę i nieznaczne ilości części składowych mineralnych.

Ryc. 121.
Ciałka czerwone krwi żaby, widziane z góry i z boku
Pow. około 1000 razy.

2) *Białe ciałka krwi* czyli *leukocyty* różnią się od ciałek czerwonych w wybitny sposób, a mianowicie tem, że nie zawierają hemoglobiny i zawsze posiadają jądro (ryc. 122, 123). W krwi ludzkiej znajdujemy ich bez porównania mniej, niż erytrocytów. Ilość ich w 1 mm^3 podlega bardzo znacznym wahaniom; jest ona większa w naczyniach obwodowych, niż w wewnętrznych (Jacob i Rieder), większa też w żyłach, niżeli w tętnicach; zwiększa się również po przyjęciu obfitego pokarmu (t. zw. leukocytoza trawienna). Zazwyczaj liczbę ich w 1 mm^3 krwi ludzkiej podają na 6000, tak, że na 900 ciałek czerwonych przypadałoby jedno ciałko białe. Jednak według nowszych badań (Arneth) trzeba przyjąć, że ilość leukocytów w normalnych warunkach waha się między 5 i 6 tysiącami w 1 mm^3. U noworodków ilość ich dochodzi do 18 000 na 1 mm^3.

Wielkość leukocytów bywa bardzo różna; u człowieka są one zazwyczaj większe, a co najmniej równie duże, jak erytrocyty.

W świeżej krwi ludzkiej zwracają uwagę swym charakterystycznym niebieskawo-białym połyskiem. Wśród plazmy ich wyróż-



Ryc. 122.

Barwienie hematoksyliną i eozyną.

Barwienie triacidem.

L. Csala del.

Barwienie według May-Grünwald-Giemsa.

Ryc. 123.

niamy zwykle, bez żadnych odczynników, drobne ziarna, *granulacje* których bliższe poznanie zawdzięczamy przedewszystkiem Ehrlichowi i jego szkole.

Poszczególne formy leukocytów różnią się między sobą rozmaitemi cechami morfologicznemi.

Podstawę podziału leukocytów na kilka grup stanowi wielkość komórki i jądra i inne właściwości obu tych składników[1]). W normalnej krwi ludzkiej rozróżniamy:

a) *Limfocyty (limfocyty małe,* ryc. 123a). Są to komórki wielkości czerwonych ciałek krwi lub nieco większe. Jądro ich jest stosunkowo duże i zazwyczaj kuliste; dookoła niego plazma tworzy wąską obwódkę. Zarówno jądro, jak i plazma są zasadochłonne i zwykle jednolite, przy użyciu jednak pewnych metod występują drobne ziarenka barwiące się azurem; nie są to jednakże właściwe ziarnistości, o których była mowa wyżej.

W normalnej krwi limfocyty stanowią około 25 % wszystkich ciałek białych krwi.

b) *Leukocyty duże jednojądrzaste* (rycina 123b). Są to komórki duże (12—20 μ), zawierające jedno, stosunkowo małe, owalne jądro, które leży zazwyczaj mimośrodkowo. Jądro jest silniej zasadochłonne, niż plazma. Ten rodzaj leukocytów stanowi tylko 1% wszystkich białych ciałek krwi.

c) *Formy przejściowe leukocytów* (rycina 123c). Są one nieco mniejsze, niż poprzednie. Wśród plazmy zasadochłonnej występują rzadko pojedyńcze, zazwyczaj drobne ziarnka obojętnochłonne. Jądro, silniej zasadochłonne niż plazma, jest zwykle wklęśnięte i okazuje wszystkie przejścia od jąder owalnych do złożonych z kilku płatów.

Przeciwnicy odrębności różnych rodzajów ciałek białych uważają „formy przejściowe" za dalszy stopień rozwoju limfocytów przechodzących w leukocyty o różnokształtnych jądrach z ziarnistościami obojętnochłonnemi. Ilość tych form w krwi normalnej jest dosyć zmienna; stanowią one około 4% białych ciałek krwi.

Grupa b i c odpowiada t. zw. *monocytom* (wielkim jednojądrzastym leukocytom) opisanym przez Pappenheima, tudzież *splenocytom* Türka.

---

[1]) Ehrlich dzieli ziarniste formy leukocytów na podstawie mikrochemicznego zachowania się ziarnistości plazmatycznych zawartych w rozmaitych rodzajach tych ciałek wobec pewnych barwików anilinowych (kwaśnych, zasadowych i obojętnych) na 5 grup o następujących ziarnistościach:

α = ziarnistości kwasochłonne czyli eozynochłonne,
β = ziarnistości amfofilne (tylko u zwierząt),
γ = ziarnistości komórek tucznych,
δ = ziarnistości zasadochłonne,
ε = ziarnistości obojętnochłonne.

d) *Obojętnochłonne leukocyty* z jądrami różnokształtnemi (wielojądrzaste) odpowiadają ziarnistościom ε Ehrlicha (ryc. 123 d). Średnica tych komórek wynosi 9—12 μ; mają one jądro kształtu kiełbaski, podkowy lub liścia koniczyny, lub też są nieregularnie poprzewężane, a wtedy pojedyncze odcinki są z sobą połączone cienkiemi pomostami. Gdy poszczególne odcinki oddzielą się od jądra, komórka staje się wielojądrzastą. Około 95% leukocytów obojętnochłonnych posiada we krwi normalnej dorosłego człowieka jądro o właściwościach w końcu opisanych, reszta zaś posiada jądro w kształcie kiełbaski lub podkowy („Stabkern" Schillinga-Torgaua). Jądro jest silnie zasadochłonne, plazma w młodszych komórkach słabo zasadochłonna, w starszych formach natomiast kwasochłonna. Wśród plazmy występują w wielkiej ilości obojętnochłonne ziarnistości, zazwyczaj bardzo drobne. W komórkach tych podczas pewnych procesów patologicznych (diabetes mellitus) może występować glykogen. Te obojętnochłonne leukocyty o różnokształtnych jądrach stanowią główną część ciałek białych, mianowicie około 67%.

e) *Komórki eozynochłonne* (ryc. 123 e, ziarnistości α Ehrlicha). Są one zazwyczaj nieco większe, niż poprzednie (12—15 μ); różnią się od nich ponadto jeszcze tem, że ich ziarenka są uderzająco grube, silnie załamujące światło i nie są obojętnochłonne, lecz silnie kwasochłonne. Zawierają one albo jedno wielokształtne zasadochłonne jądro o postaci liścia koniczyny lub też 2—3 jąder różnej wielkości. Ilość tych komórek w normalnej krwi wynosi 2—4 % wszystkich leukocytów.

f) *Komórki tuczne* (ryc. 123 f; ziarnistości γ Ehrlicha). Tę postać komórek znamy już z tkanki łącznej; we krwi występują one w znikomej ilości (mniej niż ½%.) Wielkość ich wynosi około 10 μ. Protoplazma komórek tucznych zawiera grube ziarenka zasadochłonne, zwykle niezbyt liczne. Jądro może być różnego kształtu i barwi się słabo.

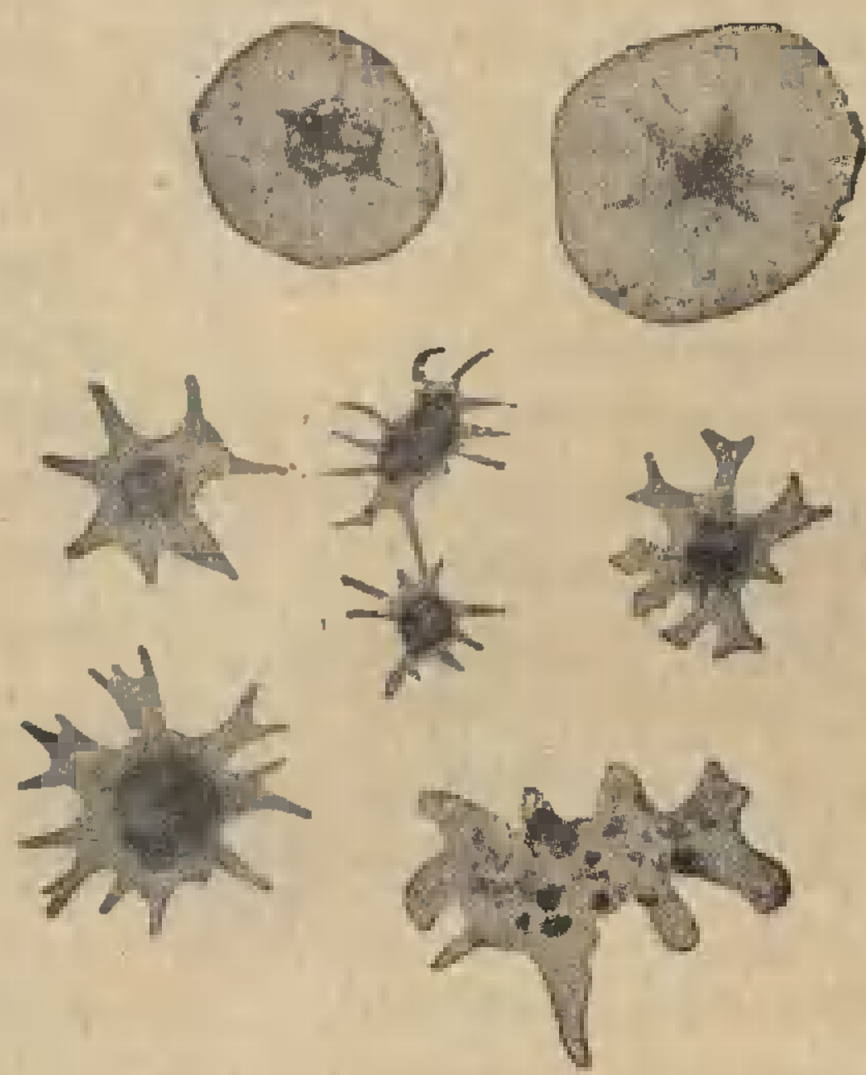
Oprócz tych różnych rodzajów leukocytów spotykamy niekiedy we krwi noworodków elementy komórkowe, które mogą występować także we krwi dorosłych, ale tylko w pewnych stanach patologicznych. Są to właściwie postacie młodociane, które w życiu pozazarodkowem znajdują się w szpiku kostnym, mianowicie t. zw. *myelocyty* (p. szpik kostny) obojętnochłonne, eozynochłonne i zasadochłonne, a nadto *wielkie limfocyty*, różniące się od małych limfocytów swą wielkością i budową jądra i protoplazmy. W pewnych wypadkach znajdujemy oprócz wymienionych także znane nam już *komórki plazmatyczne.*

Ciałka białe krwi posiadają w wysokim stopniu zdolność ruchu pełzakowatego; wywędrowują one ustawicznie z naczyń krwionośnych i dostają się do tkanki łącznej, gdzieśmy je poznali jako *komórki wędrujące*. Powstały w ten sposób we krwi ubytek ciałek białych uzupełnia przedewszystkiem limfa, która, jak wiemy, wlewa się do krwi i wprowadza w nią wielkie ilości limfocytów, które się wytwarzają, jak później zobaczymy, w węzłach limfatycznych. Ponadto stwierdzono już dokładnie pochodzenie leukocytów wielojądrzastych. Powstają one wraz z erytrocytami w szpiku kostnym, który z tego powodu musimy uznać za najważniejszy narząd krwiotwórczy u dorosłego człowieka. Co do roli śledziony w wytwarzaniu białych ciałek krwi poglądy są rozbieżne. Według Ehrlicha, zasłużonego badacza w dziedzinie hematologji, śledziona w wytwarzaniu białych ciałek krwi nie odgrywa żadnej lub też tylko bardzo nieznaczną rolę, przeciwnie zaś według Bendy, Löwita, Lubarscha i Weidenreicha w niej właśnie wytwarzają się limfocyty, a według Weilla ziarniste leukocyty.

3. *Płytki krwi.* Są to składniki krwi, odkryte przez Hayema i Bizzozero; poglądy ich na budowę i znaczenie płytek krwi nie są dotychczas zgodne. Podczas gdy jedni autorowie uważają płytki krwi za odrębne elementy bezjądrowe (Hayem, Bizzozero, Neumann, Laker, Giglio-Tos) względnie za samodzielne komórki zawierające jądro (Deetjen, Dekhuyzen, Kopsch), widzą w nich inni twory pochodzące z ciałek czerwonych, względnie białych. W tym ostatnim wypadku mają one według jednej grupy badaczy pochodzić z jądra leukocytów (Grawitz, Marino) lub też erytrocytów (Pappenheim, Schilling-Torgau), według drugiej zaś grupy mają być one produktem rozpadu względnie oddzielenia się cząstek leukocytów (Riess, Al. Schmidt), albo też erytrocytów (Arnold, Schwalbe, Maximow, Weidenreich). Wreszcie według jeszcze innych badaczy mają one powstawać przez odrywanie się protoplazmatycznych wypustek od komórek olbrzymich szpiku kostnego (megakarjocytów) (Wright, Bunting, Ogata, Downey). Płytki krwi są tworami różnej wielkości (2—15 μ zwykle około 3 μ) i różnych kształtów; mogą one być okrągłe i bez wypustek, częstokroć zaś wydłużone z licznemi wypustkami (ryc. 124), które się mogą wciągać i wyciągać. Płytki krwi nie zawierają hemoglobiny. Charakterystyczną ich cechą jest lepkość i łatwość skupiania się w grudki. Wewnątrz nich znajduje się ziarnista masa, barwiąca się barwikami zasadowemi, którą Deetjen uważa za jądro, Weidenreich natomiast za zasadochłonne produkty rozpadowe ciała erytrocytów, od których też pochodzenie ich wyprowadza; wiemy już mianowicie,

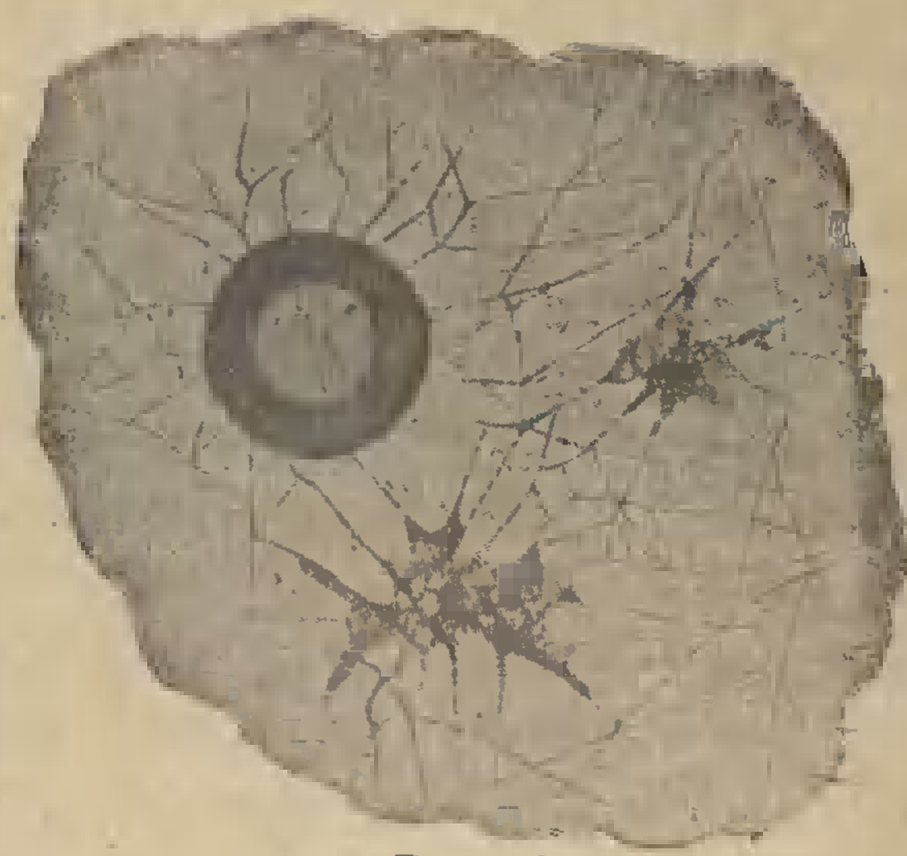
że ziarnistości takie zasadochłonne mogą występować w erytrocytach w stosunkach patologicznych.

Ilość płytek krwi w 1 mm^3 wynosić ma około 250 000.



Ryc. 124.
Płytki krwi.
Powiększenie bardzo silne.

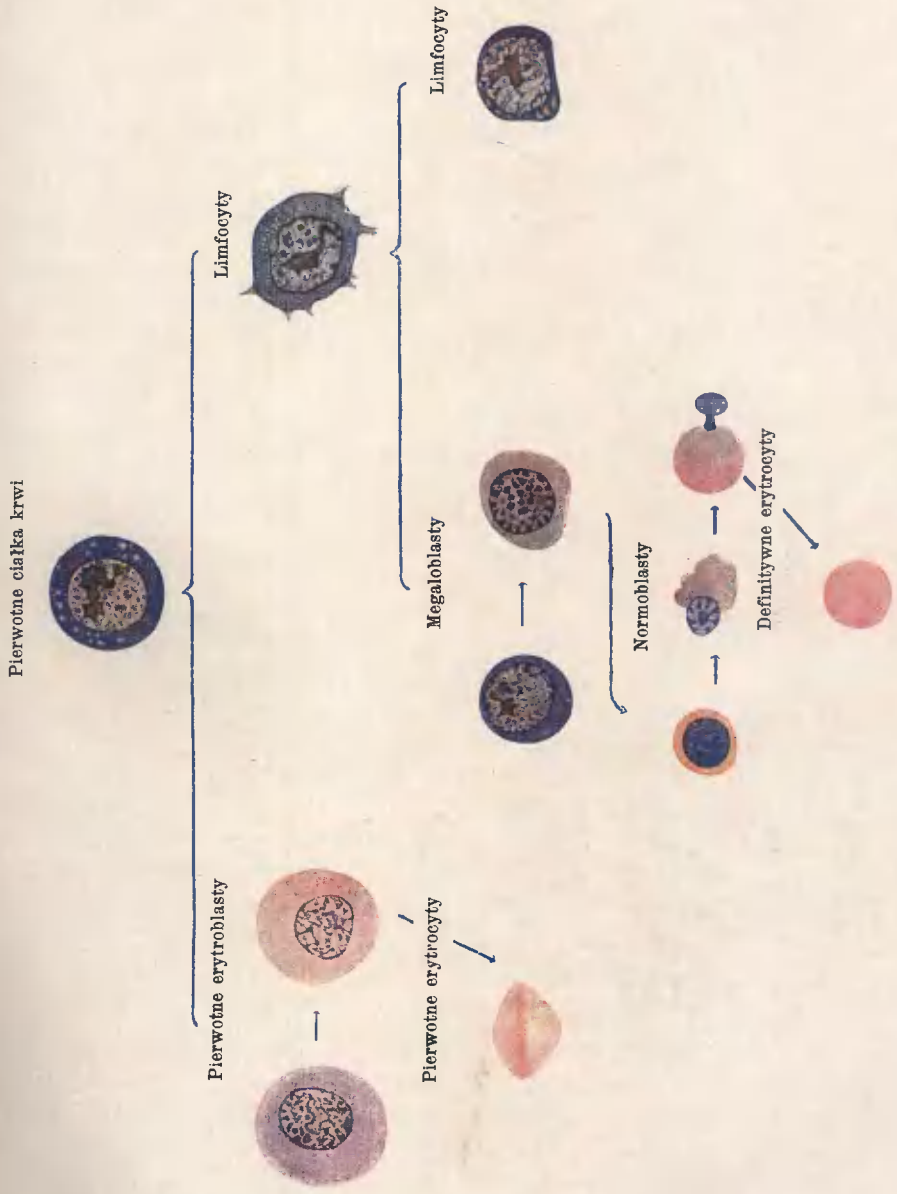
Bizzozero, Laker i inni przypisują płytkom krwi ważną rolę podczas *krzepnienia krwi*. Okrągłe we krwi krążącej, przybierają po wystąpieniu krwi z naczyń kształt wrzecionowaty, następnie gwiaździsty, a wreszcie giną. Bezpośredniem następstwem tego jest tworzenie się *włóknika*, którego włókienka rozchodzą się promienisto z resztek plazmy płytek krwi (Stübel, ryc. 125). Płytki krwi mają odpowiadać t. zw. *komórkom wrzecionowatym* w krwi niższych kręgowców (Meves). Według Mevesa, w krzepnącej krwi płazów wydzielają komórki wrzecionowate substancję, która z osoczem krwi tworzy nierozpuszczalny związek, *włóknik*. Włóknik wydziela się w postaci delikatnych włókienek z środka, wytworzonego przez komórkę wrzecionowatą. Ponieważ zarówno płytki krwi, jak i komórki wrzecionowate stawiają badacze w przyczynowy związek z tworzeniem się skrzepów, nadano jednym i drugim nazwę *trombocytów*.



Ryc. 125.
Tworzenie się włóknika Na lewo erytrocyt, na prawo dwie płytki krwi. Silne powiększenie.

4. *Pyłki krwi, hemokonja.* Tę nazwę nadał H. F. Müller bardzo drobnym, silnie światło załamującym ciałkom i drobinom, znajdującym się we krwi i pozostającym stale w żywym, tanecznym, drżącym ruchu. Zapewne są to składniki rozmaitego pochodzenia, produkty rozpadu elementów komórkowych krwi.

Jak wskazują nowsze badania, przeprowadzone przy pomocy ultramikroskopu, występują też we krwi w wielkiej ilości *kropelki tłuszczu*. Pochodzą one w przeważnej części z wprowadzonego do



Ryc. 126. Schematyczne przedstawienie rozwoju ciałek krwi. (Podług Maximowa.)

organizmu pokarmu tłuszczowego; w 2—3 godziny po spożyciu pokarmu zawierającego tłuszcz ilość ich w krwi jest największa (Neumann).

Po tem, co powiedzieliśmy dotychczas, możemy *rozwój składników komórkowych krwi* przedstawić krótko i zwięźle. Początkowo składa się zawartość świeżo powstałych naczyń krwionośnych z jednakowych zasadochłonnych komórek, t. zw. *pierwotnych komórek krwi* (Maximow), które dają początek dwu szczepom komórek (ryc. 126). Jedna ich część wytwarza w swem ciele komórkowem hemoglobinę i w ten sposób zamienia się w *pierwotne erytroblasty*. Reszta zamienia się w komórki o większem jądrze, o ciele komórkowem zasadochłonnem i ruchliwem, czyli przechodzi w *limfocyty*. Obydwa rodzaje komórek rozmnażają się samodzielnie przez podział.

Pierwotne erytroblasty gromadzą w sobie z czasem coraz więcej hemoglobiny, przytem tracą jądro, które się rozpada na ziarenka chromatynowe i przechodzą *w pierwotne erytrocyty*. W ciągu życia zarodkowego jednak erytrocyty pierwotne znikają stopniowo zupełnie z krwi, w miejsce zaś ich występują *megaloblasty*, tworzące się drogą podziału z limfocytów. Początkowo mają one duże jądro i brak im hemoglobiny. Gdy hemoglobina zaczyna się wytwarzać, jądro maleje, ciemnieje i wkońcu znika, a megaloblast staje się typowym *normoblastem* czyli gotowym już *erytrocytem*.

Według Schriddego hemoglobinę wytwarzają plastosomy. Nie jest pewnem, w jaki sposób znika jądro z czerwonych ciałek krwi. Niektórzy autorowie sądzą, że ono poprostu występuje z komórki nazewnątrz (Bizzozero, van der Stricht, Saxer, Kostanecki, Rindfleisch i in.), według Maximowa pochłaniają je potem komórki nabłonka naczyniowego. Inni badacze, odrzucając powyższe zapatrywanie na sposób utraty jądra, twierdzą, że ono pozostaje wewnątrz czerwonego ciałka krwi i rozpuszcza się w niem lub przynajmniej staje się niewidzialnem (Löwit, Spuler, Pappenheim i inni).

Podczas gdy część limfocytów zmienia się w megaloblasty, a następnie w erytrocyty, przechodzi reszta limfocytów w rozmaite rodzaje ciałek białych.

Ciałka krwi, krążące we krwi młodego zarodka, otrzymują stały dopływ ze specjalnych narządów krwiotwórczych. Jako taki wymienić należy przedewszystkiem ścianę *woreczka żółtkowego*, gdzie komórki nabłonka naczyniowego stale się oddzielają i wytwarzają najpierw pierwotne komórki krwi, a następnie przekształcają się w pierwotne erytrocyty i limfocyty. Dalszym narządem, biorącym w wysokim stopniu udział w tworzeniu krwi, jest *wątroba*

zarodkowa, szpik kostny i *grasica*, gdzie ciałka krwi powstają zupełnie tak samo jak w *obszarze naczyniowym* z komórek mezenchymatycznych.

2. Limfa.

Limfa składa się również z *składników komórkowych*, unoszących się w *płynie*. Jest ona cieczą bezbarwną, przeźroczystą lub mleczną. Ilość jej ulega znacznym wahaniom i, jak uczy fizjologja, zależy od pożywienia, ilości krwi i innych czynników. Ilość jej mogą nadto powiększyć specjalne substancje, wprowadzone do organizmu t. zw. *limfagoga*. Wynika z tego, że powstawanie limfy nie jest tylko procesem czysto fizycznym, lecz że bierze w niem udział także wydzielnicza działalność nabłonka naczyń krwionośnych (R. Heidenhain).

Limfa, która wpływa z ductus thoracicus do krwi, pochodzi przedewszystkiem z płynów śródtkankowych, odprowadzanych z poszczególnych narządów przez naczynia limfatyczne i przechodzących przytem przez węzły limfatyczne, następnie zaś dopływa do tego ciecz z wielkich jam surowniczych, jak z jamy brzusznej, piersiowej, z osierdzia, z systemu komór ośrodkowego układu nerwowego, wreszcie zaś przyłącza się jeszcze *mlecz* (chylus) z przewodu pokarmowego.

Jako składniki komórkowe znajdujemy w limfie w zmiennej ilości znane nam już z krwi *limfocyty*. Ponadto zawiera też limfa oddzielne ciałka krwi czerwone, a wreszcie tłuszcz, również w ilości zmiennej w postaci bardzo delikatnych kropelek.

Część trzecia.

Anatomja mikroskopowa narządów.

Jak widzieliśmy we wstępie, narządy powstają z połączenia rozmaitych tkanek; każdy narząd składa się z poszczególnych poprzednio już omówionych rodzajów tkanek, połączonych w pewien ściśle określony, a dla danego narządu charakterystyczny sposób. W budowie większości narządów biorą udział wszystkie tkanki, więc nabłonek, tkanka łączna, mięśnie, nerwy i krew. W jaki sposób rozmaite te tkanki w każdym poszczególnym narządzie w jedną całość się łączą, uczy nas anatomja mikroskopowa, którą zajmować się będziemy w tej trzeciej części naszej książki.

Każdy narząd ma wewnątrz organizmu zarówno ludzkiego, jak zwierzęcego pewną określoną czynność, pewne określone zadanie do spełnienia. Przytem pewne narządy o jednakowych lub podobnych czynnościach łączą się w *układy (systemy) narządów*. Rozróżniamy w ciele ludzkiem siedem takich układów:

I. Narządy krążenia.

II. Narządy trawienia.

III. Narządy oddechowe.

IV. Narządy moczowe.

V. Narządy rozrodcze (płciowe).

VI. Narządy ruchu.

VII. Układ nerwowy z narządami zmysłowemi.

I. Narządy krążenia.

Układ krążenia składa się z *układu naczyń krwionośnych, z układu naczyń limfatycznych*, a nadto z *narządów dodatkowych*, które wchodzą w skład każdego z obu tych układów i służą albo do wytwarzania elementów komórkowych krwi i limfy, albo do produkowania pewnych substancyj, które prąd krwi roznosi po całym organizmie.

1. Układ naczyń krwionośnych.

W ciele wszystkich zwierząt wyższych i człowieka znajduje się zamknięty w sobie układ rur, początkowo szerszych, następnie wskutek ciągłego rozgałęziania się coraz węższych; zadaniem jego jest doprowadzenie do wszystkich narządów odżywczego płynu krwi. Z narządów tych odpływa krew w sposób podobny, mianowicie przez układ rur początkowo bardzo wąskich, później zaś wskutek stałego łączenia się z sobą coraz szerszych. Oba te układy *tętniczy* i *żylny* są z sobą ściśle połączone zapomocą *naczyń włosowatych (kapillarów);* mianowicie, najcieńsze tętniczki przechodzą w naczyńka włosowate, z których następnie powstają żyły. Z drugiej strony pomiędzy część początkową tętnic, a końcową żył wstawione jest serce, które jest motorem poruszającym i zarazem punktem wyjścia dla krwi tętniczej, a punktem zbiorczym dla krwi żylnej.

Wszystkie odcinki tego układu kanałów odznaczają się wielką kurczliwością ścian, których budową mamy się obecnie zająć. Cały ten układ kanałów jest wysłany nieprzerwaną warstwą *komórek nabłonkowych* płaskich, które w ten sposób tworzą zamkniętą w sobie rurę nabłonkową. Komórki te, pochodzące z mezenchymy, nazwano także komórkami *śródbłonka (endothelium)*.

Najcieńsze z tych rurek, *naczyńka włosowate*, składają się wyłącznie z takiej *pojedyńczej rurki nabłonkowej* (ryc. 127, 128). W dalszym przebiegu zarówno tętnic, jak i żył dołączają się do tych rurek nabłonkowych *dodatkowe powłoki (accessoria)*, które składają się z elementów *tkanki mięsnej* i *tkanki łącznej*. W przeciwieństwie do rurki nabłonkowej, która w całej rozciągłości układu naczyniowego jest jednakowo zbudowaną, stają się powłoki dodatkowe coraz grubsze, w miarę tego, jak światło naczyńka staje się coraz szersze; przytem są one inaczej ułożone i rozwinięte w tętnicach, niż w żyłach, a zawsze w sposób charakterystyczny dla poszczególnych odcinków tych naczyń.

Te powłoki dodatkowe dzielimy według dawnego zwyczaju na *błonę wewnętrzną (intima)*, przylegającą bezpośrednio do rurki nabłonkowej, na *błonę środkową (media)*, leżącą nazewnątrz od niej

i wreszcie na *błonę zewnętrzną (przydanka, adventitia)*, tworzącą zewnętrzną osłonę ściany naczynia.

Umięśnienie *ścian naczyniowych* składa się z komórek *mięśni gładkich, w sercu* natomiast z *włókien mięsnych poprzecznie prążkowanych*, połączonych z sobą w formie sieci.

Przy omawianiu układu krwionośnego zaczniemy od rzeczy najprostszych i stopniowo będziemy przechodzić do bardziej skomplikowanych; rozpoczniemy zatem od naczyń włosowatych.

Ryc. 127.
Odcinek naczyńka włosowatego sieci królika po zadziałaniu roztworem azotanu srebrowego. Granice komórek sczerniały pod wpływem azotanu srebrowego.
Powiększ. ok. 450 razy

Naczynia włosowate.

Naczyniami włosowatemi, kapillarami (ryc. 127, 128) nazywamy te części naczyń, które się znajdują pomiędzy najdrobniejszemi tętniczkami i żyłkami i w postaci pętli albo sieci przenikają wszystkie narządy. Otaczają one włókna mięsne siecią o wydłużonych oczkach, wnikają do najcieńszych pni nerwowych, a w gruczołach tworzą mniej lub bardziej gęste sieci. Takie sieci naczyń włosowatych leżą także tuż pod wierzchnim nabłonkiem kanału pokarmowego i pod naskórkiem. Nie wnikają one jednak nigdy, z wyjątkiem bardzo nielicznych wypadków, pomiędzy komórki nabłonka.

Szerokość naczyń włosowatych podlega znacznym wahaniom zależnie od miejsca, w którem się znajdują. Miejscami są one tak wąskie, że średnica ich jest mniejszą od średnicy ciałka czerwonego, wskutek czego te ostatnie mogą przeciskać się przez nie tylko pojedyńczo i to zniekształcając się chwilowo; w innych miejscach natomiast średnica ich dochodzi do 50 μ i wyżej.

Ściankę naczyń włosowatych stanowi zasadniczo pojedyńcza rurka nabłonkowa. Komórki wchodzące w jej skład są płytkami tak cienkiemi, iż jądra leżące w ich środku wypuklają kontury komórek

ku światłu naczyńka. Jeśli się wstrzyknie do naczyń włosowatych słabego rozczynu azotanu srebra i wystawi preparat na działanie światła, wówczas połączenie srebra odtlenia się pomiędzy komórkami i swą brunatną lub czarną barwą zaznacza wyraźnie granice komórek, tworzących sieć o wydłużonych oczkach. Z obrazów tych możemy także wnioskować o kształcie samych komórek nabłonkowych. Są to komórki nieregularne, wydłużone w ten sposób, iż najdłuższa ich średnica leży w osi podłużnej naczyńka włosowatego. Kontury tych komórek są, zależnie od stanu skurczu naczyńka włosowatego, albo

Ryc. 128.
Część sieci wielkiej ośmiodniowego szczenięcia, widziana z górnej powierzchni.
Powiększ. ok. 180 razy.

bardziej prostolinijne, albo też nieregularnie faliste. Pomiędzy sąsiadującemi komórkami znajdują się gdzieniegdzie małe otworki *stomata* albo *stigmata*, przez które mogą się wydostawać składniki komórkowe krwi.

Nazewnątrz przylega często do ściany naczyń włosowatych tak zwana *przydanka włosowata (adventitia capillaris)*. Składa się ona, jak wynika z badań Iwanowa i Ebertha, z komórek gwiaździstych, których wypustki łączą się z sobą i w ten sposób pokrywają rurkę nabłonkową siatką komórek.

Naczyńka włosowate są *kurczliwe*. Wykazał to pierwszy Stricker w migotce żaby. Według Steinacha i Kahna własność tę posiadają także naczyńka włosowate zwierząt ssących, a sposób

kurczenia się ich jest zupełnie taki sam, jak w tętnicach. Naczyńko włosowate może się przytem zwęzić aż do zupełnego zamknięcia się. Większość fizjologów uważa to kurczenie się naczyń włosowatych za następstwo turgescencji, natomiast Rouget i S. Mayer twierdzą, że powodem jego jest kurczenie się owych komórek gwiaździstych, które według nich są prawdziwemi komórkami mięsnemi. Za tym zapatrywaniem przemawiają także badania Steinacha i Kahna, którzy zauważyli, że podczas skurczu włosowatych naczyń ścianka ich nie pęcznieje, nie staje się grubszą, lecz układa się w fałdy podłużne. Naczynia włosowate unerwia nerw współczulny.

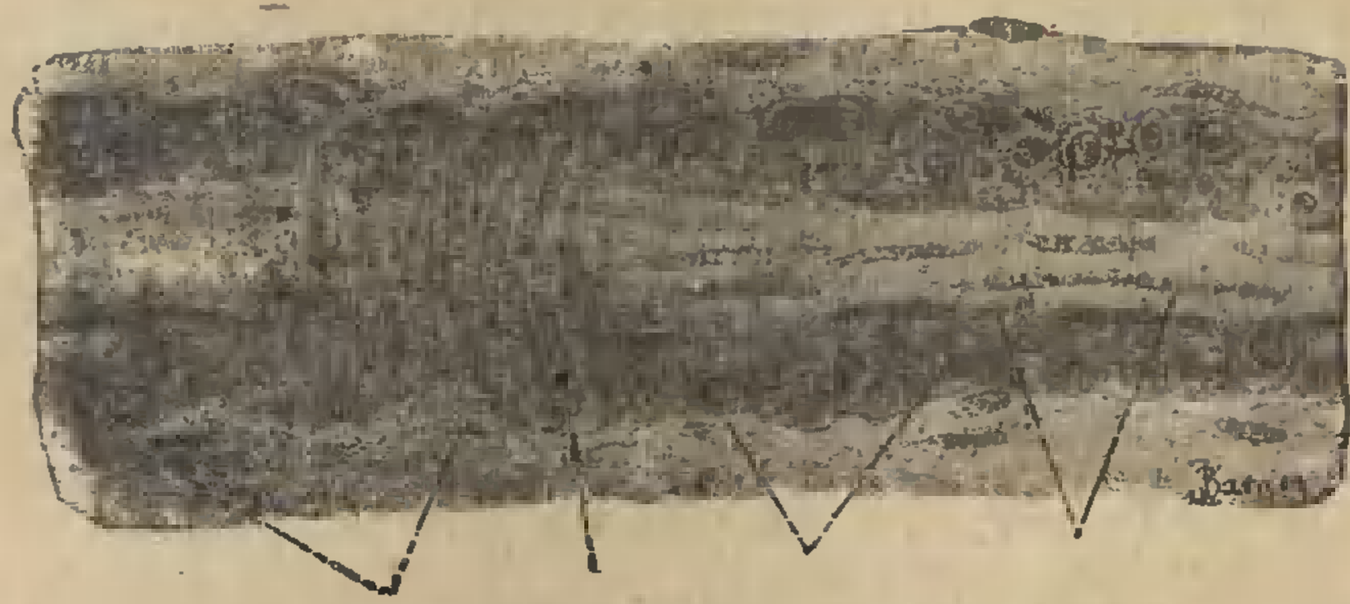
W jaki sposób odbywa się *wzrost* naczyń włosowatych można doskonale wykazać na sieci nowonarodzonych zwierząt (ryc. 128). Przenika ją siatka naczyń włosowatych, od których w wielu miejscach odchodzą boczne wyrostki, ślepo zakończone. Komórki nabłonkowe naczyń włosowatych rozmnażają się tutaj przez podział mitotyczny i tworzą najpierw drobne uwypuklenia ścianki, które się wkrótce zaostrzają i wskutek dalszego podziału komórek coraz bardziej wzrastają. Następnie stykają się z sobą dwa sąsiednie wyrostki, łączą się z sobą, wydrążają się i w ten sposób tworzy się nowe oczko sieci naczyń włosowatych. Każde naczyńko włosowate powstaje więc przez pączkowanie innego naczyńka. Wolne tworzenie się naczyń włosowatych wewnątrz tkanki z tak zwanych *komórek naczyniotwórczych* (Ranvier) nie istnieje. Według Pardiego należy zaliczyć t. zw. komórki naczyniotwórcze do kategorji spoczywających komórek wędrownych *(klasmatocyty* Ranviera).

Tętnice.

Jeśli obecnie przejdziemy od naczyń włosowatych do tętnic, to spotkamy już w najmniejszych z nich, w tak zwanych przedwłosowatych (prekapilarnych) tętniczkach oprócz elementów, wchodzących w skład naczyń włosowatych, jeszcze warstwy *włókien sprężystych*, które mogą się łączyć w cienką, sprężystą błonę, leżącą pomiędzy rurką nabłonkową, a komórkami kurczliwemi.

Wkrótce jednakże w miejsce rozgałęzionych komórek kurczliwych występują typowe *mięśnie gładkie*, przebiegające pierścieniowato dokoła naczynia w pojedyńczej lub podwójnej warstwie. Nadają one takiej podłużnie przeciętej tętniczce charakterystyczny wygląd przez to, że jądra nabłonka, leżące w podłużnej osi naczynia, krzyżują się z poprzecznie ułożonemi jądrami mięśni okrężnych (ryc. 129). Pomiędzy rurką nabłonkową, a rurką mięsną spotykamy znowu składniki sprężyste, które, łącząc się razem, tworzą błonę sprężystą. Nazewnątrz przylega do warstwy mięsnej cienka warstwa tkanki łącznej o włóknach przebiegających podłużnie.

Tętnice średniej grubości, do których zalicza się u człowieka naczynia począwszy od grubości tętnicy nadczołowej aż do naczyń tej grubości co tętnica ramieniowa, dają najbardziej typowe obrazy



Ryc. 129.

Przekrój podłużny przez małą tętnicę z gruczołu limfatycznego kota.

Powiększ. ok. 660 razy.

budowy ściany tętnicy, jak to widać w przekroju na ryc. 130. Światło naczynia, wypełnionego na tej rycinie krwią, jest obramowane ko-

Ryc. 130.

Przekrój poprzeczny przez małą tętnicę i odpowiadającą jej żyłę psa.

Powiększ. ok. 220 razy.

mórkami rurki nabłonkowej, z których widoczne tu są tylko jądra. Nazewnątrz leży bardzo niewyraźnie zaznaczona warstwa włókienek łącznotkankowych, biegnących podłużnie, pomieszanych z delikatnemi

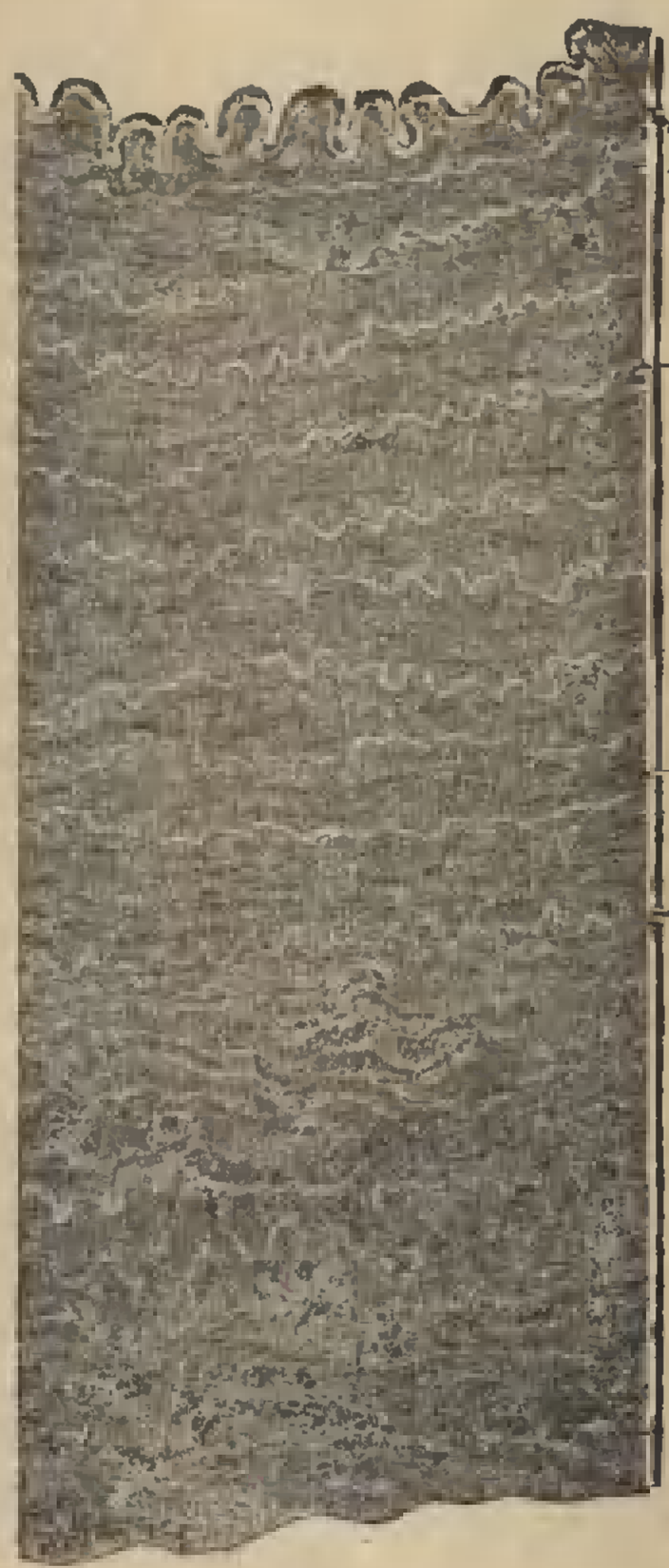
włóknami sprężystemi, przebiegającemi również podłużnie. Ta warstwa tkanki łącznej tworzy wraz z leżącą obok błoną sprężystą (elastica interna), *błonę wewnętrzną (intima)* tętnicy. Błona sprężysta wewnętrzna występuje zawsze bardzo wyraźnie, tworząc kontur falisty kształtem przypominający fryzowany kołnierz. Jest to blaszka ciągła, opatrzona otworkami, powstała przez zlanie się z sobą włókien sprężystych.

Nazewnątrz od błony wewnętrznej leży gruba warstwa mięsna, zwana *warstwą środkową (media)*. Odgraniczona ona jest od leżącej nazewnątrz błony zewnętrznej błoną sprężystą, *elastica externa*, która jednakże nie zawsze jest kompletną, a która, podobnie jak błona sprężysta wewnętrzna, ma przebieg wężykowaty. Błona środkowa jest głównie utworzona z komórek mięsnych, przebiegających okrężnie w licznych warstwach. W tętnicach średniej grubości spotykamy stosunkowo rzadko komórki mięsne przebiegające podłużnie, a zatem na przekroju poprzecznym naczynia przecięte poprzecznie. Spotyka się je najczęściej w miejscach rozgałęzienia naczyń. Pomiędzy komórkami mięsnemi występuje także tkanka łączna o mniej lub bardziej licznych włóknach sprężystych, przebiegających wężykowato; te ostatnie mogą tworzyć sieci wśród błony środkowej. Oprócz tego w małych i średnich tętnicach można zauważyć włókna sprężyste, przebiegające prostopadle do światła naczynia, tak zwane *włókna promieniste* (Schiefferdecker, Grünstein, Dürck, Rothfeld). Pochodzą one z błony sprężystej zewnętrznej (elastica externa), od której odłączają się pojedyńcze włókna, albo całe wiązki delikatnych włókien, które się następnie rozsypują i układają promienisto wśród błony środkowej. W małych tętnicach przebiegają one przez całą grubość błony środkowej i przyczepiają się do błony sprężystej wewnętrznej (elastica interna [Rothfeld] ryc. 255).

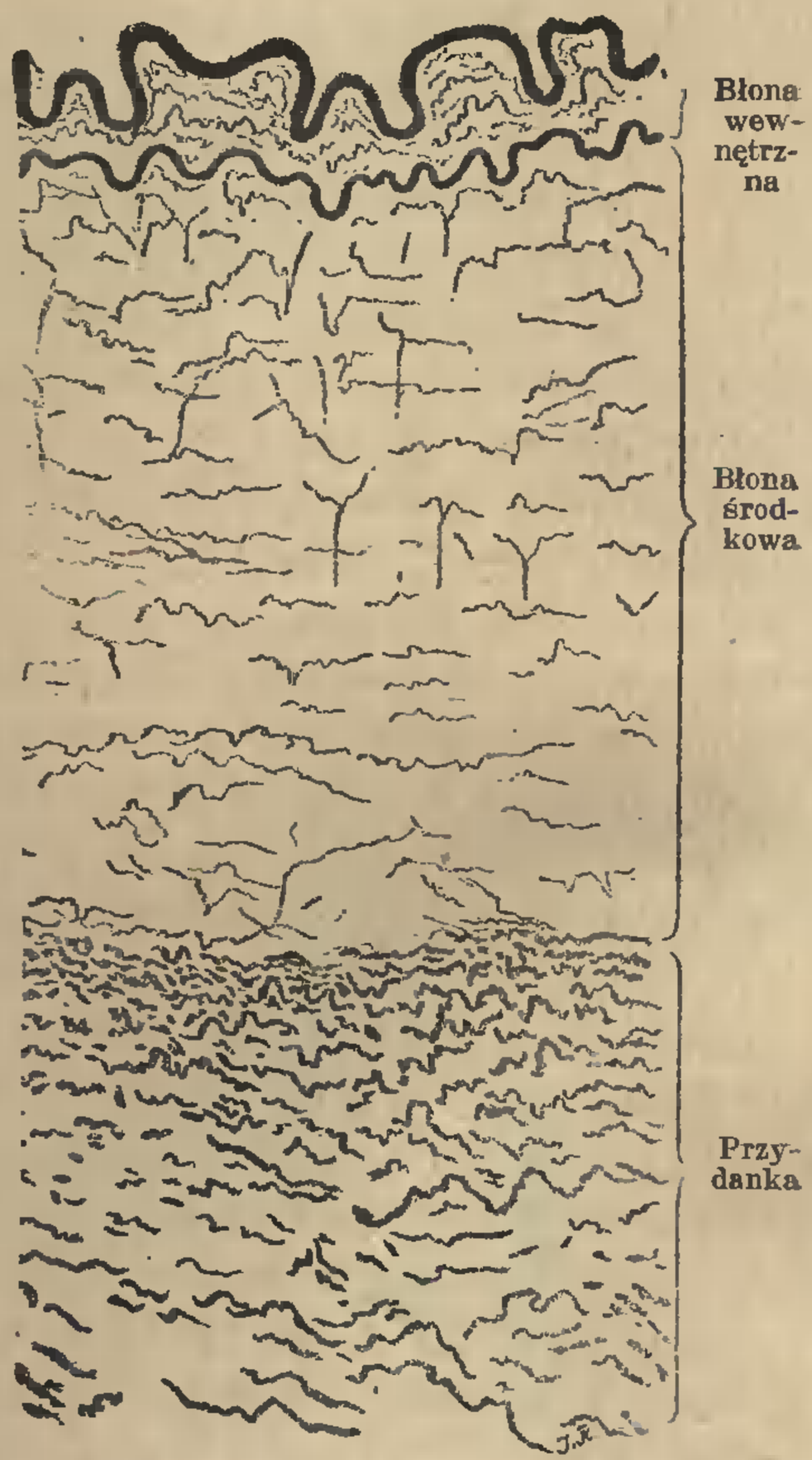
Błona zewnętrzna (przydanka, adventitia) tworzy zewnętrzne pokrycie błony środkowej. Składa się ona w przeważnej części z tkanki łącznej, wśród której leżą włókna sprężyste. Te ostatnie przebiegają w wewnętrznych warstwach błony zewnętrznej przeważnie podłużnie, w zewnętrznych natomiast bardziej okrężnie. Oprócz tego posiada błona zewnętrzna tętnic średniej wielkości także umięśnienie, a mianowicie w wewnętrznych i środkowych jej częściach znajdują się niewielkie wiązki komórek mięsnych, przebiegających podłużnie. Stosunkowo silnie są one rozwinięte w tętnicy śledzionowej i tętnicy grzbietowej prącia (a. dorsalis penis).

Tętnice wielkie, jak tętnica szyjna wspólna, t. podobojczykowa, t. udowa, t. biodrowa wspólna i aorta wykazują w zestawieniu z powyżej opisaną budową tętnic następujące różnice (ryc. 131—134).

Komórki *nabłonka* w miarę zbliżania się do serca stają się coraz krótsze i w aorcie posiadają kształt wielokątnych płytek. *Błona wewnętrzna* nie wykazuje żadnych istotnych różnic, tylko jej błona sprężysta wewnętrzna nie jest już pojedyńczą błoną sprężystą, lecz



Ryc. 131.



Ryc. 132.

Ryc. 131. Część przekroju tętnicy biodrowej psa.

Powiększ. ok. 150 razy.

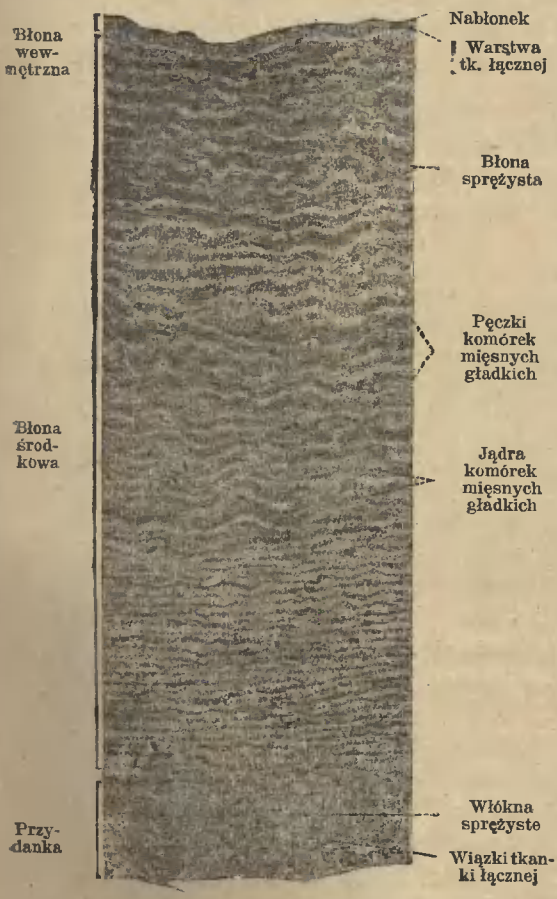
Ryc. 132. Przekrój poprzeczny przez tętnicę biodrową człowieka.

Widoczne są tylko włókna sprężyste zabarwione rezorcyn-fuksyną.

Powiększ. ok. 230 razy.

rozpada się na dwie blaszki, blaszkę wewnętrzną i zewnętrzną (lamina interna i externa [Grünstein] (ryc. 132). W aorcie natomiast lamina interna elasticae internae występuje w postaci włókien sprężystych, przebiegających podłużnie (ryc. 134). *W błonie środkowej* ilość włókien sprężystych zwiększa się ustawicznie. Leżą w niej naprzemian warstwa komórek mięsnych i warstwa tkanki łącznej; ta ostatnia zawiera włókna sprężyste (t. udowa, t. biodrowa), albo też

blaszki sprężyste, ułożone współśrodkowo (t. szyjna wspólna, t. podobojczykowa i aorta). Aorta tuż po wyjściu, a tętnica płucna na krótkiej przestrzeni po wyjściu z serca nie posiadają zupełnie komórek mięsnych (E b e r t h). Blaszki sprężyste występują w postaci błon okienkowatych, które się rozszczepiają i łączą z sobą. *Błona zewnętrzna* wielkich tętnic nie posiada umięśnienia, aorta zaś ponadto błony sprężystej zewnętrznej (ryc. 133 i 134).



Ryc. 133.

Ryc. 134.

Ryc. 133. Część przekroju aorty psa.

Pow. ok. 140 razy.

Ryc. 134. Przekrój podłużny przez aortę człowieka.

Widoczne są tylko włókna sprężyste, zabarwione rezorcyną-fuksyną.

Pow. ok. 260 razy.

Przy X została opuszczona w rysunku część przekroju szerokości 17 cm, gdyż rycina byłaby zbyt duża.

Parę słów należy jeszcze poświęcić tętnicom *jamy czaszki* które pod kilku względami różnią się od tętnic reszty ciała, mających tę samą średnicę. Ilość włókien sprężystych w błonie środkowej i zewnętrznej tych tętnic jest mniejszą, co się tem tłumaczy, że dzięki osłonom kostnym czaszki są one zupełnie zabezpieczone przed wpływami zewnętrznemi, jak zdeformowanie wskutek ucisku lub naciągnięcia. Okienkowata błona sprężysta wewnętrzna jest w tętnicach mózgowych dobrze rozwinięta. Tkanka sprężysta błony środkowej składa się z pojedyńczych cienkich, okrężnie przebiegających włókien, które w miarę zmniejszania się przekroju naczyń zanikają. Również brak im zupełnie błony sprężystej zewnętrznej. W błonie zewnętrznej spotykamy tylko w części wewnętrznej zbite włókna sprężyste, przebiegające okrężnie, a leżące tuż przy błonie środkowej (Triepel).

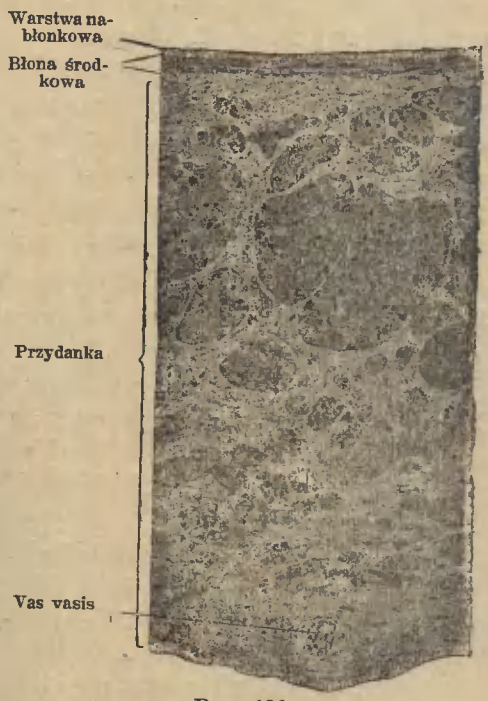
Żyły.

Budowa *ściany żył* pod wielu względami różni się znacznie od budowy ściany tętnic. Ściany żył są zawsze stosunkowo cieńsze od

Ryc. 135.
Część przekroju żyły średniej wielkości z psa.
Pow. ok. 280 razy.

ścian tętnic, czego powodem jest przedewszystkiem słabszy rozwój błony środkowej (ryc. 130). W stosunku do ścian tętnic zawierają ściany żył niewiele mięśni i włókien sprężystych (ryc. 135). Natomiast błona zewnętrzna jest w żyłach silniej rozwinięta niż w tętnicach. To powoduje pewną wiotkość i podatność ich ścian, przy równoczesnej znacznej rozciągliwości. Charakterystycznem dla żył jest także to, że w ścianach ich nie można wykazać takiej prawidłowości i regularności w ułożeniu poszczególnych części składowych, zależnej od wielkości średnicy, jak w ścianach tętnic. Pozatem żyły posiadają pewne urządzenia, których brak tętnicom, a które powodują, że krew może płynąć tylko w kierunku do serca; są to *zastawki żylne*.

Komórki *wyściółki nabłonkowej* żył są podobne do takichże komórek tętnic, naogół nie są one tak wydłużone i mają kształt bardziej wieloboczny. *Błona wewnętrzna* żył jest słabo rozwinięta, a w niektórych żyłach brak jej zupełnie (żyła główna, ż. szyjna, ż. pachowa, ż. wrotna). W małych żyłach błona wewnętrzna jest nieraz silnie rozwinięta, niż w dużych. Charakterystyczną dla błony wewnętrzne jest obecność komórek mięsnych, które przebiegają najczęściej skośnie lub podłużnie. Są one dobrze rozwinięte zwłaszcza w żyłach kończyn dolnych, do najwyższego zaś rozwoju dochodzą w vena poplitea. Błona sprężysta wewnętrzna znajduje się zawsze we wszystkich żyłach nawet bardzo drobnych; przedstawia się ona w nich zarówno jak w żyłach średniej grubości jako delikatna sieć włókien sprężystych, a tylko w żyłach dużych rozwija się jednolita błona sprężysta wewnętrzna.



Ryc. 136.
Część przekroju poprzecznego żyły głównej dolnej psa.
Pow. około 150 razy.

Jak już poprzednio wspomnieliśmy *błona środkowa* jest w żyłach stosunkowo słabo rozwinięta, a ilość mięśni w niej bardzo zmienna. W wielu żyłach składa się ona jedynie z tkanki łącznej i włókien sprężystych i tak naprzykład w żyle szyjnej zewnętrznej i wewnętrznej oraz w żyle podobojczykowej w pobliżu swego ujścia nie posiada wcale mięśni. Najsilniej natomiast rozwinięte jest umięśnienie błony środkowej w kończynach dolnych; spotykamy w niej mięśnie okrężne i podłużne. Włókna sprężyste nie tworzą nigdy w błonie środkowej żył tak silnych błon okienkowatych, jak w tętnicach, lecz przeważnie delikatne sieci.

Błona zewnętrzna jest w żyłach silniej rozwinięta, niż w tętnicach i wykazuje pewną regularność, gdyż grubość jej wzrasta w miarę wzrastania średnicy naczynia (ryc. 136). Charakterystyczny jest dla niej słaby rozwój składników sprężystych i znaczna ilość

komórek mięsnych. Pierwsze nie tworzą nigdy błon, lecz tylko sieci, ostatnie przebiegają podłużnie i w pewnych wypadkach mogą się łączyć w jednolitą warstwę mięśni podłużnych.

Zastawki żylne znajdują się nie we wszystkich żyłach ciała ludzkiego. Występują one najliczniej w żyłach kończyn dolnych, gdzie są rozmieszczone w różnych odstępach. Brakuje zastawek we wszystkich małych żyłach, w przeważnej części żył trzewiowych i w żyle głównej (V. cava superior i inferior). Zastawki żylne można określić jako zdwojenie błony wewnętrznej, z tem zastrzeżeniem, że nie zawierają mięśni. (ryc. 137.) Zastawka wychodzi szeroką podstawą ze ściany żylnej i cienieje powoli i jednostajnie w kierunku dośrodkowym. Mięśnie kończą się w podstawie zastawek zgrubionym brzegiem, tak że podstawa ta jest otoczona zgrubionym wałem mięsnym. Po drugiej stronie podstawy zastawki brakują zupełnie mięśnie w błonie wewnętrznej i środkowej ściany żylnej i występują dopiero stopniowo po drugiej stronie zatoki zastawkowej. Zastawka sama jest utworzona z włókien łącznotkankowych, biegnących okrężnie i pomieszanych z włóknami sprężystemi, które zagęszczają się na wewnętrznej powierzchni zastawki, a których brakuje zupełnie na powierzchni zewnętrznej. Nabłonek naczyniowy powleka bez przerwy całą zastawkę, a komórki jej są na powierzchni zewnętrznej nieregularnie wieloboczne, na wewnętrznej natomiast wydłużone wzdłuż przebiegu naczynia.

Z tego, co wyżej powiedziano, wynika, że przy niewielkiej nawet wprawie można natychmiast rozpoznać pod mikroskopem, czy ma się do czynienia z tętnicą, czy z żyłą. Dla początkujących wymienimy jeszcze raz ważniejsze różnice.

Tętnica posiada zawsze w porównaniu z odpowiadającą jej żyłą grubszą ścianę i węższe światło.

Tętnica posiada zawsze wyraźnie odgraniczoną błonę środkową z obfitem umięśnieniem i włóknami sprężystemi.

Żyła natomiast posiada grubszą błonę zewnętrzną, w której prawie zawsze znajdują się przebiegające podłużnie wiązki mięsne.

Światło tętnicy jest zwykle szerokoziejące, żyły natomiast zapadnięte. Pierwsze rzadko bywa wypełniane krwią, ostatnie natomiast prawie zawsze zawiera ją w większej lub mniejszej ilości.

Wewnętrzny kontur tętnicy przeciętej poprzecznie jest falisty, ponieważ błona wewnętrzna i wyściółka nabłonkowa tworzą fałdy podłużne wskutek kurczenia się elementów mięsnych błony środkowej. Fałdów takich nie spotyka się w żyłach.

Naczynia średnie i duże są zaopatrzone w specjalne naczynia służące do odżywiania ich ścian, *vasa vasorum*, tak iż każde naczynie posiada jedną tętnicę, z której rozwijają się dwie żyły.

Ryc. 137. Żyła ramieniowa człowieka. Przekrój podłużny barwiony hematoxyliną żelazistą, fuchsyną resorcynową i pikrynową.

i = Intima, m = Media, ad = Adventitia, mu = Wiązka komórek mięsnych w przydance, kl = Zastawka, klsi = Zatoka zastawkowa, f = Tłuszcz, vv = Vasa vasorum. Pow. ok. 100 r.

Biegną one w tętnicach błony zewnętrznej, a siatka ich naczyń włosowatych przenika aż do błony środkowej, w żyłach natomiast aż do błony wewnętrznej (ryc. 136).

Naczynia limfatyczne towarzyszą naczyniom krwionośnym i oplatają je. Jako rurki zamknięte wysłane nabłonkiem otaczają drobne tętniczki, tak iż płyn odżywczy, który ma się dostać z krwi do narządu, przez który naczynie przebiega, musi przejść najpierw przez naczynie limfatyczne. Takie *okołonaczyniowe przestrzenie limfatyczne* znajdujemy w naczyniach wielu gruczołów, w układzie nerwowym ośrodkowym, w tęczówce, w kościach i w szpiku kostnym.

Nerwy naczyń krwionośnych pochodzą z nerwu współczulnego; według Ranviera tworzą one najpierw wśród błony zewnętrznej nieregularny splot podstawowy o oczkach wydłużonych (plexus fundamentalis); wychodzące z niego włókna przenikają aż do błony środkowej i tworzą w jej zewnętrznej warstwie splot okołomięśniowy (plexus perimuscularis), z którego również wychodzą włókna, tworzące wśród błony środkowej splot trzeci — splot śródmięśniowy (plexus intramuscularis). Odgałęziające się od niego włókienka kończą się małemi zgrubieniami na komórkach mięśni gładkich. Według Dogiela w ścianie naczyń występują także rdzenne włókna nerwowe czuciowe; dzielą się one tutaj na niezliczone, delikatne włókienka, które wielokrotnie się wzajemnie przeplatają i kończą się tworami w kształcie rogów jelenich, leżącemi pomiędzy błoną środkową i zewnętrzną.

Serce.

W sercu podobnie jak w naczyniach krwionośnych możemy rozróżnić cztery warstwy, tworzące jego ścianę:

1. Nabłonek sercowy.
2. Wsierdzie (endocardium).
3. Śródsierdzie (myocardium).
4. Nasierdzie (epicardium).

1. *Nabłonek serca.* Nabłonek naczyniowy przechodzi do serca z dużych pni naczyń krwionośnych, wchodzących do niego lub biorących z niego początek i wyściela całą jego powierzchnię wewnętrzną. Komórki nabłonkowe serca są zupełnie takie same jak komórki nabłonkowe dużych naczyń krwionośnych; są to komórki płaskie wielokątne, nieco wydłużone, których średnica waha się pomiędzy 15 a 27 μ.

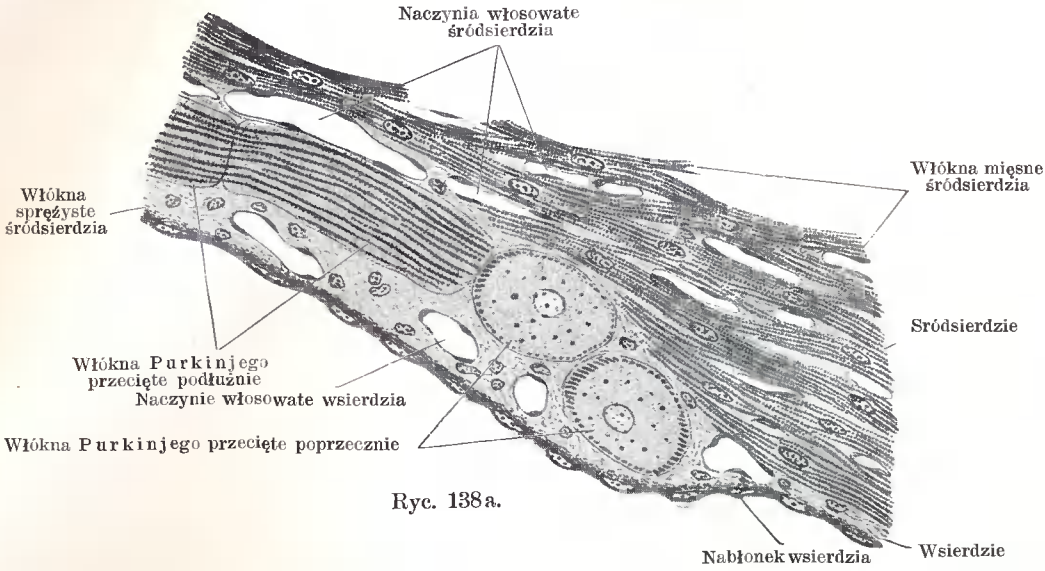
2. *Wsierdzie, endocardium* wykazuje w swej budowie pewną zgodność z błoną wewnętrzną naczyń krwionośnych. Składa się ono również z *tkanki łącznej*, pomieszanej z włóknami sprężystemi, które jednak są w niem daleko silniej rozwinięte, niż w błonie wewnętrznej naczyń. Zwłaszcza wsierdzie przedsionków obfituje we

włókna sprężyste. Tworzą one zarówno sieci o węższych lub szerszych oczkach, jak i mocne błony sprężyste. Do tej tkanki łącznej, podobnie jak w żyłach średniej wielkości, dołączają się komórki mięśni gładkich. U wielu ssaków i ptaków, zwłaszcza u owcy i u gołębia, w miejsce komórek mięśni gładkich występują włókna poprzecznie prążkowane, odkryte przez Purkinjego i dlatego nazwane *włóknami Purkinjego.* (ryc. 138a i 138b.) Włókna te rozgałęziają się, łączą się z sobą i tworzą w ten sposób sieć mięsną, leżącą tuż pod wewnętrzną powierzchnią komór. Włókna te wykazują w swej budowie do pewnego stopnia stosunki zarodkowe. Na przekroju poprzecznym widać, że środek włókna zajmuje niezróżnicowana protoplazma, zawierająca obok jąder liczne mitochondrja. (Tang) (ryc. 138a i b.) Obwód komórki natomiast tworzą włókna kurczliwe, które otaczają protoplazmę nakształt płaszcza. Mamy więc tu takie stosunki, jakie już poprzednio opisaliśmy w mięśniach zarodkowych. Wsierdzie jest połączone z mięśniem sercowym tkanką łączną wiotką o mniejszej lub większej ilości komórek tłuszczowych, zawierającą naczynia krwionośne i nerwy dla wsierdzia.

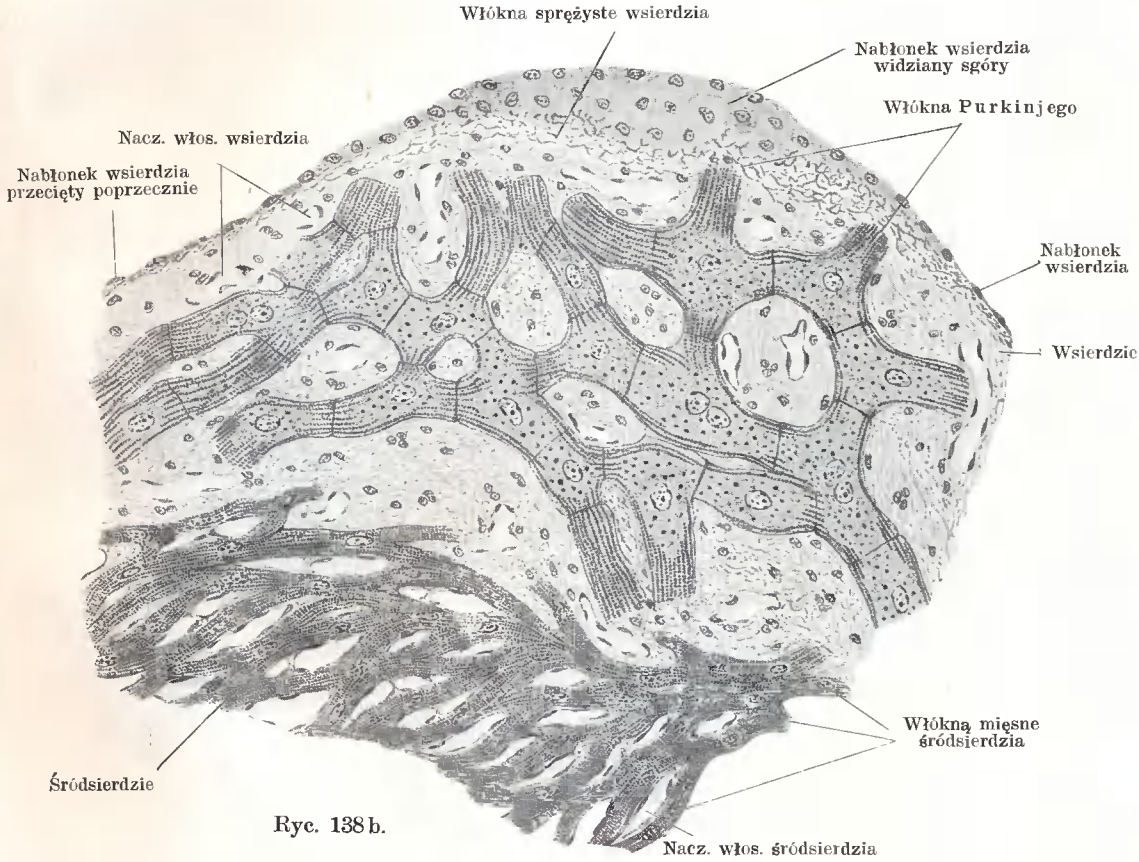
3. *Śródsierdzie (mięsień sercowy, myocardium)* tworzy najważniejszą i największą część składową ściany serca i składa się z poprzednio już opisanych charakterystycznych włókien mięśnia sercowego. Te zawierają obok sarkosomów i mitochondrjów także kulki tłuszczu, ułożone rzędami pomiędzy włókienkami lub słupkami mięsnemi i w środkowej sarkoplasmie dokołajądrowej (Bullard). Włókna te są połączone smugami tkanki łącznej wiotkiej w cieńsze i grubsze wiązki mięsne, które są ułożone w poszczególnych częściach serca w sposób dla nich charakterystyczny. Przebieg tych wiązek należy do anatomji opisowej, tutaj umieścimy tylko pewne krótkie dane.

W sercu istnieją dwa systemy mięśni: odrębne mięśnie przedsionków i komór, i system mięsny wspólny dla przedsionków i komór. Wśród pierwszych odróżniamy znowu takie wiązki mięsne, które są wspólne dla obu komór względnie przedsionków i takie, które należą do jednej komory lub do jednego przedsionka.

Wszystkie wiązki komór wychodzą z pierścieni włóknistych *(annuli fibrosi)*, dwu twardych pierścieni łącznotkankowych, zawierających liczne włókna sprężyste; jeden z nich odgranicza prawy przedsionek od prawej komory, drugi zaś lewy przedsionek od lewej komory. Wiązki mięsne wspólne obu komorom przebiegają od pierścienia włóknistego warstwą, otaczającą od zewnątrz obszar komór, ukośnie z góry na dół do koniuszka serca, tu zwracają się spiralnie, tworzą rodzaj skrętu i biegną po wewnętrznej stronie komór w górę, i to w ten sposób, iż kierunki włókien wewnętrznych i zewnętrznych krzyżują się z sobą. Na przedniej powierzchni biegną one od prawej strony z góry ku lewej na dół, na tylnej zaś od lewej strony z góry ku prawej na dół. Na wewnętrznej powierzchni komór przechodzą one w *beleczki mięsne* (trabeculae carneae) i w *mięśnie brodawkowe* (musculi papillares). Wiązki należące do poszczególnych komór leżą pomiędzy wewnętrzną i zewnętrzną warstwą mięśni poprzednich i tworzą w każdej



Ryc. 138a.



Ryc. 138b.

Ryc. 138. Serce gołębia.

a = Strzałkowy przekrój podłużny ściany prawej komory. Pow. 600 r. b = Przekrój przegrody komór. Pow. 400 r.

komorze potężny worek mięsny. Wiązki należące do poszczególnych przedsionków tworzą pierścienie mięsne dokoła naczyń krwionośnych, otwierających się do przedsionków nadto zaś stanowią główną masę ich umięśnienia, okrążającą w kształcie pętli każdy przedsionek. Wiązki wspólne okrążają oba przedsionki cienką warstwą zewnętrzną.

Oprócz tego znajduje się jeszcze układ mięśniowy, który jest wspólny dla przedsionków i komór i łączy z sobą mięśnie przedsionków i komór zresztą ostro od siebie oddzielone. Układ ten występuje w formie *włókien mostowych*, opisanych przez Gaskella, Stanleya i Hisa. *(Pęczek Hisa, pęczek przedsionkowo-komorowy, fasciculus atrioventricularis)*. Pęczek ten jest wyraźnie oddzielony tkanką łączną od pozostałych mięśni serca; wychodzi on ze ściany mięsnej prawego przedsionka w okolicy zastawki zatoki wieńcowej (valvula Thebesii sinus coronarii), jako twór o kształcie węzła *(węzeł Tavary)*, przebiega ponad zastawką trójdzielną ku przodowi, łączy się z mięśniami przedsionków, następnie wchodzi w przegrodę komór, rozszczepia się w niej na ramię prawe i lewe, które według Tavary kończą się pod wsierdziem komór i w mięśniach brodawkowych. Co do budowy histologicznej tych włókien, to odpowiadają one wiązkom mięsnym znajdującym się w rozwoju, które w osi zawierają obfitą sarkoplazmę, a na obwodzie włókienka kurczliwe w formie płaszcza; tam zaś gdzie się znajdują włókna Purkinjego, tworzą one zawsze ostatnie rozgałęzienie końcowe pęczka przedsionkowo-komorowego. Pęczkowi temu towarzyszą w jego przebiegu sploty włókien nerwowych bezrdzennych i komórki zwojowe pojedyńcze lub ułożone w grupy. Pęczkowi temu przypisują znaczenie pośrednika w koordynacji tętnienia przedsionków i komór serca; spełnia on ważną funkcję przenoszenia podniet z przedsionka do komory.

Tkanka sprężysta w śródsierdziu młodego osobnika znajduje się w bardzo niewielkiej ilości, przybywa jej jednak z wiekiem, w miarę tego, jak wzmagająca się praca mięśnia sercowego wymaga od ściany serca coraz większej sprężystości. Wtedy włókna sprężyste oplatają gęstemi sieciami włókna mięsne, zwłaszcza w tych częściach mięśnia sercowego, które leżą poniżej korzenia aorty, i popierają skutecznie mięśnie podczas otwierania się serca w początku rozkurczu (Krehl).

4. *Nasierdzie (epicardium)* tworzy silną błonę łącznotkankową, zawierającą liczne włókna sprężyste, które ku wewnątrz układają się w jednolitą błonę sprężystą. Tkanka łączna wiotka podsurowicza, przetkana licznemi komórkami tłuszczowemi, łączy je z mięśniem sercowym. Nazewnątrz jest nasierdzie wysłane cienkim nabłonkiem jednowarstwowym płaskim, którego wieloboczne komórki są bardzo rozmaitej wielkości.

Zastawki sercowe należy w zasadzie uważać za zdwojenia wsierdzia. Posiadają one podstawę łącznotkankową, wysłaną z obu stron nabłonkiem. W wieku dziecięcym wszystkie zastawki posiadają także włókna mięsne, które jednak stopniowo znikają; u dorosłych tylko zastawki komorowoprzedsionkowe zawierają jeszcze niewielką ilość włókien mięsnych.

Osierdzie (pericardium) posiada zupełnie taką samą budowę jak nasierdzie, w które przechodzi bezpośrednio.

Unaczynienie serca jest jak wiadomo niezwykle obfite. Tętnice pochodzą z tętnic wieńcowych, ich gałązki wnikają do śródsierdzia, rozgałęziają się tam wielokrotnie wśród tkanki łącznej i oplatają włókna mięsne wydłużonemi oczkami naczyń włosowatych. Żyły przebiegają podobnie jak tętnice.

Naczynia limfatyczne (chłonne) są, podobnie jak naczynia krwionośne, silnie w sercu rozwinięte. Rozróżniamy sieć naczyń limfatycznych wsierdzia, śródsierdzia i nasierdzia. Sieć pierwsza i ostatnia składa się z przewodów zamkniętych; w śródsierdziu natomiast przewody zamknięte łączą się bezpośrednio z szeroką siecią przestworów, wnikającą pomiędzy poszczególne włókna mięsne; w tych przestworach międzymięsnych należy szukać początków naczyń limfatycznych serca.

Nerwy serca pochodzą ze splotu sercowego, plexus cardiacus, utworzonego z nerwu błędnego (vagus) i nerwu współczulnego. Nerwy te dochodzą do podstawy serca w postaci licznych drobnych gałązek, przebiegających obok dużych naczyń. Tutaj część ich odgałęzia się wprost do przedsionków, druga zaś część razem z tętnicami wieńcowemi, prawą i lewą, dochodzi do komór. W ścianie serca tworzą one najpierw splot, leżący na powierzchni nasierdzia, drugi leżący wewnątrz śródsierdzia i trzeci we wsierdziu. Pomiędzy nerwami sercowemi leżą liczne komórki zwojowe, które są najobficiej nagromadzone na granicy pomiędzy przedsionkiem a komorą w głębi rowka podłużnego przedniego (sulcus longitudinalis anterior). Są to wszystko komórki o typie komórek współczulnych, otoczone osłonką.

Według Michajłowa nerwy układają się w poszczególnych warstwach serca w sposób następujący:

Nerwy wnikające do *osierdzia* tworzą gęstą sieć i kończą się częściowo otoczonemi torebką kłębkami nerwowemi, częściowo zaś wolnemi aparatami końcowemi, mającemi kształt drzewek, kłębków, sieci lub girland. W *nasierdziu* tworzą nerwy sploty bardzo poplątane, w których przebiegu znajdują się wielowypustkowe komórki zwojowe współczulne, leżące bądź pojedyńczo, bądź też połączone w zwoje. Większość zwojów leży na granicy śródsierdzia. Każdy zwój sercowy jest połączony z licznemi włóknami nerwowemi rdzennemi lub bezrdzennemi, z których jedne dochodzą do zwoju, inne zaś z niego wychodzą. Włókna wychodzące ze zwoju są przeważnie wypustkami komórek danego zwoju, rzadziej zaś są przebiegającemi przez niego włóknami. Natomiast włókna dochodzące są częściowo wypustkami komórek sąsiednich zwojów sercowych, częściowo zaś wnikają do serca z zewnątrz. Kończą się one w zwojach sercowych splotami lub sieciami nerwowemi międzytorebkowemi (intercapsulares), okołotorebkowemi (pericapsulares) lub okołokomórkowemi (śródtorebkowemi [pericellulares, intracapsulares]). Włókna nerwowe rdzenne i bezrdzenne splotu nasierdzia kończą się w tkance łącznej nasierdzia albo wolno, zakończeniami nieotorbionemi w kształcie drzewek, kłębków, aparatów końcowych w postaci sieci lub płytek, albo też otorbionemi kłębkami rozmaitego rodzaju.

Unerwienie *śródsierdzia* tworzą częściowo włókna, które dochodzą do serca z zewnątrz, częściowo zaś włókna, wychodzące z komórek zwojowych serca; te ostatnie leżą przeważnie na granicy pomiędzy śródsierdziem, a nasierdziem. W obrębie śródsierdzia włókna, przeważnie bezrdzenne, tworzą sploty dokoła poszczególnych włókien mięsnych i kończą się na ich powierzchni małemi okrągłemi guziczkami, lub zgrubieniami, leżącemi obok siebie w kształcie różańca.

Silnie rozwinięty splot nerwowy *wsierdzia* pochodzi od nerwów, które zaczynają się w splocie nasierdzia i przechodzą przez śródsierdzie nie rozgałęziając się w niem prawie zupełnie. Nerwy te kończą się w tkance łącznej wsierdzia wolnemi lub otorbionemi kłębkami, albo też tworzą aparaty końcowe w kształcie sieci lub drzewek.

Śledziona.

Śledziona jest największym z gruczołów, włączonych w układ naczyń krwionośnych. Pochodzi ona wyłącznie z listka zarodkowego

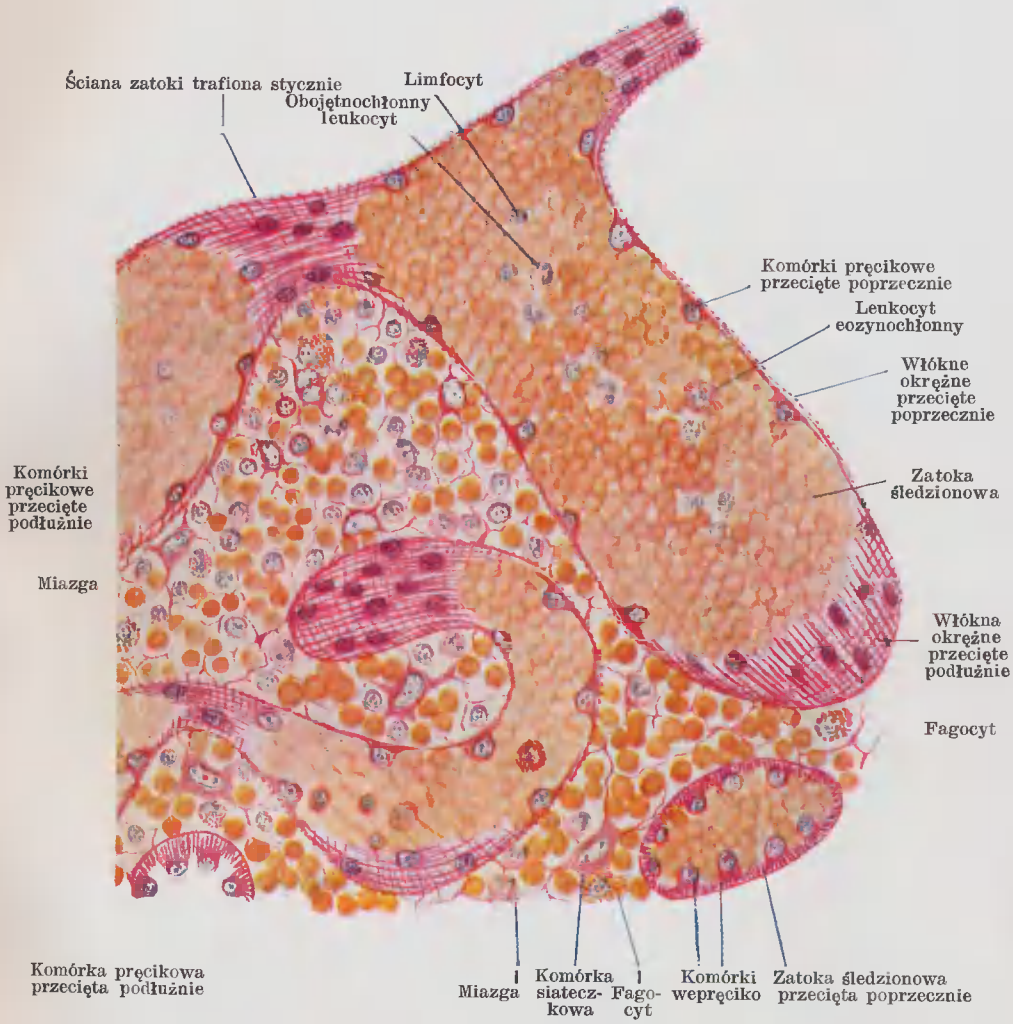
Ryc. 139.
Część przekroju śledziony małpy.
Pow. około 60 razy.

średniego; zawiązek jej tworzy się jako nagromadzenie komórek w krezce żołądka (mesogastrium), a później dołączają się do niego komórki nabłonkowe jamy ciała (coeloma).

Śledziona jest otoczona silną *torebką* łącznotkankową, zawierającą włókna sprężyste i mięśnie gładkie. U człowieka są te ostatnie znacznie słabiej rozwinięte, niż u wielu zwierząt (świnia, owca). Przez wnękę (hilus) wnika ta torebka wraz z naczyniami do wnętrza

narządu. Od całej jej powierzchni wewnętrznej odchodzą liczne pasma tkanki łącznej — *beleczki śledziony*, które wkrótce się rozgałęziają, łączą się z sobą i tworzą rodzaj rusztowania czyli zrąb, przenikający cały narząd. Beleczki tego zrębu otaczają przestrzenie, nieco regularniejsze na obwodzie, zupełnie zaś nieregularne wewnątrz śledziony (ryc. 139).

Te przestrzenie międzybeleczkowe są wypełnione *miazgą śledzionową* (pulpa lienis), która posiada w stanie świeżym barwę ciemnoczerwoną wskutek tego, iż zawiera w sobie bardzo wiele krwi *(miazga czerwona)*. Miazga ta jest obficie unaczynioną tkanką limfoidalną, i wypełnia wewnątrz śledziony wszystkie wolne przestrzenie pomiędzy naczyniami i beleczkami. Podstawą dla tej limfoidalnej tkanki tworzą przedewszystkiem *włókna kratkowe* (Gitterfasern, Matsui). Włókna te odgałęziają się wszędzie od tkanki łącznej tworzącej beleczki do miazgi i rozdzielają się w siateczkę najdelikatniejszych włókienek (ryc. 141). Przytem zmieniają włókna swoje właściwości, tak, że przy pomocy zwyczajnych metod barwienia z trudnością tylko dają się wykazać, natomiast występują niezwykle pięknie na preparatach srebrzonych. Obok włókien kratkowych znajdują się w tkance limfoidalnej miazgi śledzionowej *komórki siateczkowe*, tj. duże, rozgałęzione komórki, które swemi wypustkami otaczają na długich przestrzeniach włókienka kratkowe lub też bardzo ściśle do nich przylegają. W oczkach tej sieci zawiera miazga śledzionowa następujące rodzaje komórek: 1. *duże limfocyty* o jednem lub wielu jądrach. 2. *komórki obojętnochłonne i eozynochłonne* (patrz krew). 3. *fagocyty*, duże komórki, przeważnie jednojądrzaste, które zawierają w swem wnętrzu czerwone ciałka krwi lub produkty ich rozpadu. 4. *czerwone ciałka krwi* i ich resztki. 5. *płytki krwi* i małe, luźnie leżące *ziarenka*, które wykonują ruchy molekularne i mają mieć związek z rozwojem płytek krwi. 6. *jądrzaste*, tj. *młode, czerwone ciałka krwi*, znajdujące się tylko w śledzionie zarodków i dzieci; u osób dorosłych spotyka się je tylko po silnej utracie krwi. 7. *komórki olbrzymie*, których również nie znajdujemy u dorosłych, tylko u zarodków. Nadzwyczaj obficie występują one w śledzionie pewnych zwierząt, zwłaszcza jeża i kreta. Są to komórki duże o średnicy dochodzącej do 50 μ. Jądra ich przybierają najrozmaitsze kształty i dochodzą do znacznej wielkości; mogą być pojedyńcze i wtedy są płaciaste, lub też składać się z kilku jąder, połączonych z sobą zapomocą wypustek. Przybierają także nieraz kształt koszyczka (Arnold i Denys) albo wydrążonej kuli, względnie kulistej czaszy (Heidenhain). Protoplazma komórkowa rozpada się wówczas na część śródjądrową (endoplazmę) i część leżącą na zewnątrz jądra (exoplazmę). Obie te części są z sobą połączone zapomocą mostków,

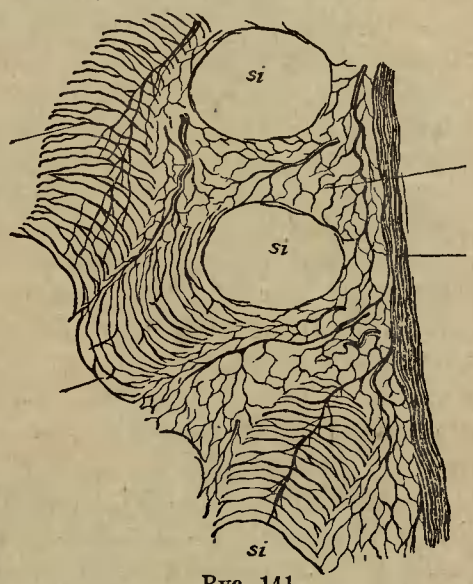


Ryc. 140. Część przekroju śledziony dorosłego człowieka. Barwienie według Biondiego.

Pow. około 600 r.

przeciągających poprzez substancję jądra, mającego kształt kulistej czaszy. Przez rozpad i pączkowanie tych osobliwych komórek powstają według Pugliesego limfocyty.

Oprócz tej miazgi czerwonej posiada śledziona tkankę limfoidalną pod postacią tak zwanych *ciałek Malpighiego* (noduli lymphatici lienales), wielkości 0,2—0,7 mm, które się wyróżniają wybitnie wśród miazgi czerwonej jako jasne, szarawo-białe plamy okrągłe lub podłużne. Można je przeciwstawić miazdze czerwonej jako *miazgę białą*. Ciałka te zawdzięczają swe jasne zabarwienie temu, że w swych częściach środkowych wśród oczek siateczki nie zawierają wcale czerwonych ciałek krwi. Budowę i układ tych tworów omówimy poniżej.

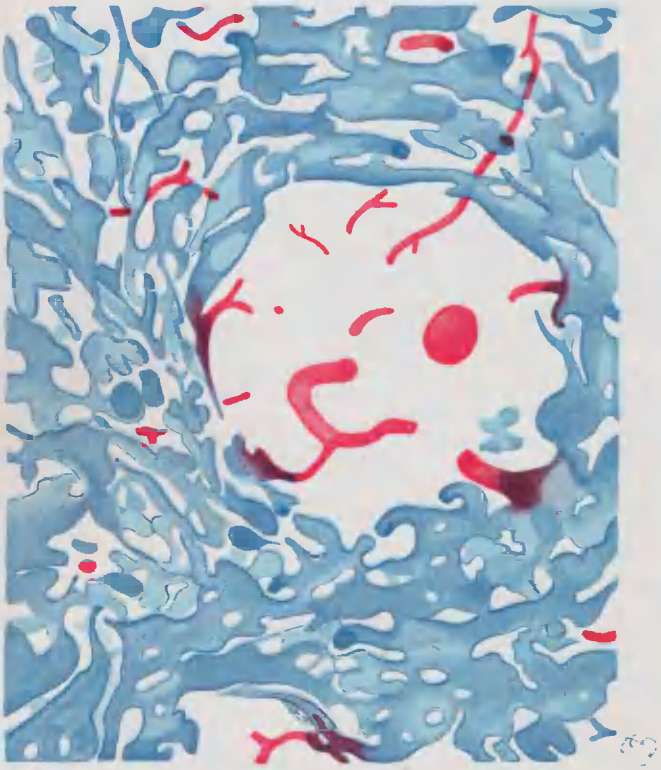


Ryc. 141.
Tkanka łączna w śledzionie ludzkiej. Skrawek otrzymany po zamrożeniu szebnowy według Bielschowskiego.
si zatoki śledzionowe, *ri* włókna okalające zatoki, *tr* beleczki śledzionowe, *pu* miazga śledzionowa z siateczką włókien kratkowych. Pow. ok. 600 razy.

Naczynia krwionośne odgrywają w śledzionie niezwykle ważną rolę, zgodnie z naturą tego organu i dlatego budowę jej można zrozumieć tylko na podstawie dokładnego opisu przebiegu naczyń krwionośnych (por. ryc. 143). Co do szczegółów ich przebiegu panowały jeszcze do niedawna wśród badaczy znaczne różnice zapatrywań. Dziś do pewnego stopnia sprawę tę można uważać za rozwiązaną, chociaż jeszcze ostatecznie nie rozstrzygnięto pytania, czy w śledzionie obieg krwi jest zamknięty, tak jak w innych narządach (Helly), czy też otwarty, stojący w związku z siateczką miazgi (Weidenreich, Molier). W opisie naszym będziemy się trzymali wyczerpujących badań Weidenreicha. Tętnice śledziony, które są odgałęzieniami tętnic: śledzionowej, żołądkowo-sieciowej lewej i żołądkowej prawej, wchodzą do narządu w tak zwanej *wnęce* (hilus), rozgałęziają się niezwykle obficie, nie łącząc się jednak pomiędzy sobą, i przebiegają wśród beleczek śledziony (ryc. 143). Gdy gałązki tętnic osiągną średnicę około 200 μ, wychodzą poza obręb

beleczek i cieniejąc aż do grubości 15—20 μ, są otoczone pochewką z tkanki siateczkowej, przetkanej licznemi limfocytami. Pochewka taka, złożona z tkanki adenoidalnej, tworzy u niektórych gatunków zwierząt, np. u gryzoniów, dokoła tętnicy osłonę ciągłą; u innych zaś zwierząt i u człowieka występuje ta pochewka tylko na pewnych ograniczonych odcinkach tętniczek i tworzy zgrubienia kuliste lub jajowate. Występuje więc tu pod postacią tworów okrągławych, nazwanych *grudkami śledziony* lub *ciałkami Malpighiego* (ryc. 139, 142, 143 M K). W ich wnętrzu mogą się znajdować ogniska, w których rozmnażają się limfocyty, jak na to wskazują liczne, spotykane w nich figury podziału pośredniego. Są to tak zwane *ogniska rozmnażania*. Grudki śledziony znajdują się najczęściej w miejscach rozgałęzienia drobnych tętnic. Tętnica taka, tak zwana *tętnica środkowa* (Z A), przechodzi albo przez środek grudki, albo też bliżej jej obwodu. Nazewnątrz przechodzą pochewki adenoidalne (miazga biała) w tkankę siateczkowatą miazgi śledziony, t. zn. w miazgę czerwoną. W siateczce pochewek tętniczych i ciałek Malpighiego zaczynają się wolno delikatne kanaliki prowadzące do zatok śledzionowych, o których zaraz będzie mowa. Doprowadzają one elementy wytworzone w grudce śledziony do zatok i tworzą drogi odprowadzające dla białych ciałek krwi, wytworzonych w miazdze białej. Będziemy je za Weidenreichem nazywali *rurkami limfatycznemi* czyli *chłonnemi*.

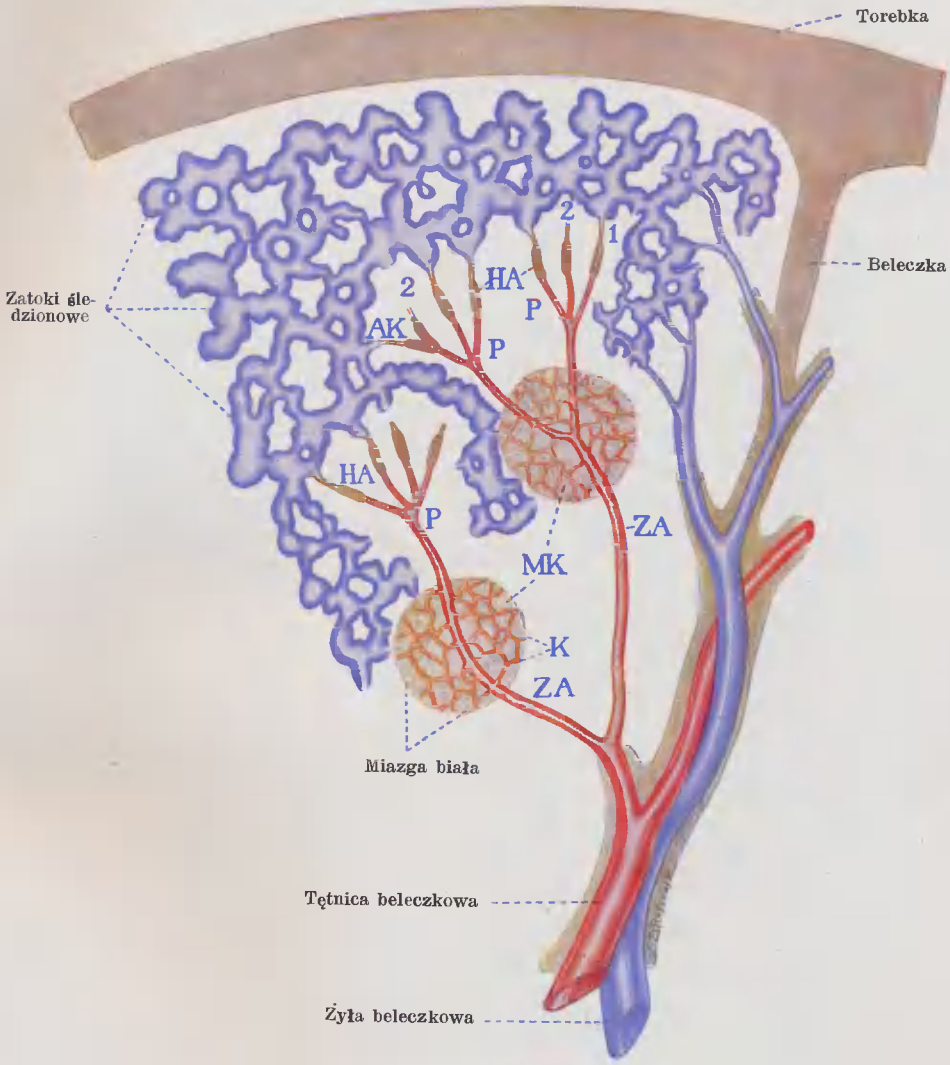
Gdy średnica światła tętnicy zwęzi się aż do 15 μ, pochewka zanika, a tętnica rozpada się wśród miazgi pendzelkowato na liczne gałązki. W ten sposób tworzą się *pendzelki*, *penicilli* (P), wykazane przez Ruyscha zapomocą metody nastrzykiwania. W każdej nowopowstałej gałązce tętniczej, odpowiadającej jednemu włoskowi pendzelka, można wyróżnić trzy różne odcinki. W pierwszym odcinku, najdłuższym, ściany jego są naogół zbudowane tak, jak ściany tętnic; w błonie zewnętrznej jedynie znajdują się jeszcze nieliczne limfocyty. W drugim odcinku, znacznie krótszym, tętnica jest otoczona pochewką, t. zwaną *osłonką włosowatą* (Schweigger-Seidel), wskutek czego ściany tętnicy grubieją, a światło się zwęża (H A). Osłonki te utrzymują światło końcowych odcinków tętnic stale w tej samej szerokości, wskutek czego w leżących obwodowo od nich naczyńkach włosowatych następuje znaczne obniżenie ciśnienia i zmniejszenie dopływu krwi. Można więc uważać osłonki te jako urządzenia ochronne dla dalszych, delikatnych odcinków układu żylnego, które chronią tak zwane zatoki śledzionowe i miazgę od zbyt nagłego zalewu krwią i od rozdarcia. Ściany tych tętnic, opatrzonych osłonkami, są wysłane od wewnątrz wrzecionowatemi komórkami nabłonkowemi, które wypuklają się ku wąskiemu światłu naczynia;



Ryc. 142.

Preparat ze śledziony królika.

Naczynia krwionośne podwójnie nastrzyknięte: żyły niebiesko, tętnice czerwono. W środku widać ciałko Malpighi ego. Pow. ok. 100 razy.



Ryc. 143.

Schemat śledziony ludzkiej. Miazga czerwona oznaczona biało.

ZA = Tętnica środkowa. MK = Ciałko Malpighi ego. K = Naczynia włosowate ciałka Malpighi-ego. P = Pędzelki. HA = Tętniczki z otoczkami. AK = Naczynia włosowate tętnicze, które wpadają do zatoki śledziony (1) lub też otwierają się wolno do przestrzeni siateczkowych miazgi śledzionowej (2).

nazewnątrz od nich znajduje się osłonka, o niezupełnie wyjaśnionej budowie, składająca się z podłużnie przebiegających cieńszych i grubszych włókien z leżącemi pomiędzy niemi jądrami. Trzeci i najkrótszy odcinek tętnicy można nazwać *tętniczem naczyńkiem włosowatem* (A K). Ścianka jego jest bardzo cienka i składa się z komórek nabłonkowych oraz nielicznych komórek powyższej osłonki. Tętnicze naczyńka włosowate wpadają albo do szerokich krwią wypełnionych przestrzeni, t. zw. *zatok śledzionowych*, albo też otwierają się wolno do oczek siateczki miazgi śledziony (1 i 2). Naczynia włosowate, zaopatrujące w krew pochewkę tętnic i grudki śledziony, odgałęziają się wprost od tętnicy środkowej, przebijającej grudkę. Na brzegu grudki tracą one swe zamknięte ściany i otwierają się do oczek siateczki (ryc. 143).

Zatoki śledzionowe tworzą układ kanałów w kształcie splotu, który zajmuje większą część miazgi śledzionowej (ryc. 140, 142, 143). Średnica tych kanałów waha się pomiędzy 40 a 50 μ. Nabłonek, wyścielający zatoki, składa się z długich wąskich komórek, podobnych do włókien. W środku każdej z nich leży jądro, które przedewszystkiem na przekroju poprzecznym zatok śledzionowych wypukla się znacznie do światła (ryc. 140). Podstawowa część komórki przedstawia się na przekroju poprzecznym rozdzielona, w formie pręcików, co jest wyrazem listewek biegnących wzdłuż ciała komórkowego. Listewki te są zwrócone na zewnątrz i występują w miejscach, gdzie ściana zatokowa jest trafiona stycznie, w kształcie równolegle i gęsto obok siebie biegnących włókien podłużnych. Na preparatach rozszczepionych włókna te okazują ponadto pozorne prążkowanie poprzeczne, ponieważ są pokryte w różnych odstępach poprzecznemi zgrubieniami. Czy te komórki pręcikowe są elementami kurczliwemi — jak twierdzą niektórzy — do dziś nie jest rzeczą na pewno stwierdzoną.

Od zewnątrz komórki pręcikowe otoczone są systemem włókien, przebiegających okrężnie (ryc. 140 i 141). Te włókna okrężne leżą dość gęsto obok siebie, są ze sobą połączone skośnemi odgałęzieniami i stoją w bliskich stosunkach ze wspomnianemi włóknami kratkowemi miazgi śledzionowej. Wobec barwików zachowują się podobnie jak one.

Sporną jest kwestja, czy pomiędzy komórkami pręcikowemi, a włóknami okrężnemi leży jednolita błona, nie okazująca budowy — t. zw. *błona zatokowa*. W każdym razie widać liczne limfocyty, wychodzące z zatoki do miazgi lub też odwrotnie. Czy czerwone ciałka przechodzą tędy również „*per diapedesim*," nie jest dotychczas rozstrzygnięte, lecz można to uważać za prawdopodobne.

Do tych zatok śledzionowych uchodzą zatem, jak widzieliśmy, najdrobniejsze tętniczki i rureczki chłonne, a oprócz tego zatoki

łączą się zapomocą krótkich odgałęzień z przestrzeniami siateczki miazgi, do których, jak mówiliśmy, uchodzi część tętniczych naczyń włosowatych. Z drugiej zaś strony odchodzą z zatok żyły, przebiegające wśród miazgi, t. zw. *żyły miazgi*, które następnie w beleczkach zbierają się w żyły biegnące razem z tętnicami, a nazwane *żyłami beleczkowemi* (ryc. 143.) Są one zbudowane z jednej warstwy płaskiego nabłonka, leżącego bezpośrednio na włóknistych częściach składowych beleczek. Krew może więc płynąć w śledzionie albo przez tętnice do zatoki i stąd odpływać do żył, albo też musi wybrać drogę okrężną przez oczka siateczki miazgi. W warunkach normalnych strumień krwi płynie obiema drogami. Jeśli natomiast w miazdze znajduje się dużo składników komórkowych krwi, tak że miazga nie może ich już więcej pomieścić, wówczas nadmiar ich uchodzi wprost z tętnicy do zatoki (Weidenreich).

Mollier zapatruje się na budowę zatok śledzionowych inaczej. Według niego ściana zatoki śledzionowej jest utworzona z komórek siateczki, ułożonych w jednej płaszczyźnie, a połączonych z sobą w rodzaj syncycjum. Ściana zatoki śledzionowej nie posiada jednolitej, zamkniętej warstwy śródbłonkowej, lecz jest poprzerywana. Śródbłonek zatoki śledzionowej posiada więc budowę siateczkowatą. W siateczce tej różnicują się włókna, które mogą się usamodzielnić i zmienić we włókna okrężne. Mollier zaprzecza także istnieniu błony zatokowej, tak, że w myśl jego poglądu nic nie stałoby elementom krwi na przeszkodzie w przedostawaniu się ich z dróg krwionośnych do miazgi i naodwrót. Przyjmując taką budowę ściany zatoki śledzionowej i przypisując jej zarazem pewną kurczliwość, moglibyśmy wyobrażać sobie drogi krwionośne jużto jako chwilowo zamknięte, jużteż jako poprzerywane i w ten sposób wyrównywałaby się może różnica obu zdań, jaka w tej kwestji panuje.

Naczynia limfatyczne znajdują się w śledzionie tylko w torebce śledziony i w otaczającej ją błonie surowiczej, gdzie tworzą delikatną, obficie rozgałęzioną siateczkę. Wyjątkowo tylko mogą one wchodzić do beleczek (Baum). Miazga śledziony natomiast nie posiada wcale naczyń limfatycznych.

Krew żylna śledziony, jak to wynika z dokładnych obliczeń, zawiera o wiele więcej limfocytów, niż krew tętnic śledzionowych. Jest więc śledziona bez wątpienia *miejscem wytwarzania się limfocytów*, zarówno jak wogóle białych ciałek krwi, z wyjątkiem zasadochłonnych. Ponieważ miazga śledziony nie posiada wcale naczyń limfatycznych, więc cała ilość nowowytworzonych limfocytów dostaje się do żyły śledzionowej. To tłumaczy nam fakt, że w żyle śledzionowej znajduje się blisko 70 razy — według Melczera nawet

do 190 razy —więcej bezbarwnych ciałek krwi, niż w tętnicy doprowadzającej. Jest również stwierdzonem, że w śledzionie rozwijają się z komórek nieziarnistych typu limfocytów elementy ziarniste, mianowicie obojętnochłonne i eozynochłonne (Weidenreich, Pappenheim) oraz, że następuje w niej nawet mnożenie się pierwszych drogą podziału mitotycznego (Weill). Z drugiej strony jednak jest śledziona miejscem, gdzie odbywa się *rozpad ciałek czerwonych*, lub też co najmniej miejscem, gdzie komórki, znane nam już jako fagocyty, pochłaniają i usuwają z dróg krwionośnych rozpadłe już czerwone ciałka krwi. Śledzionę można więc uważać za filtr dla rozpadłych ciałek czerwonych. Według badań Pugliesego materjał ten dostaje się następnie przez żyłę bramną do wątroby, gdzie zamienia się w barwik żółci. Oprócz tego jest śledziona wraz ze swym skomplikowanym układem naczyń narządem, wywierającym *regulujący wpływ na strumień krwi* w obrębie jamy brzusznej i w tym celu jest niezmiernie obficie unerwiona.

Nerwy śledziony pochodzą ze splotu trzewnego (plexus coeliacus) i należą w przeważnej części do układu współczulnego, a są pomieszane tylko z niewielką ilością włókien rdzennych. Wchodzą one do wnęki śledziony razem z naczyniami i rozgałęziają się wraz z niemi. Wśród miazgi śledziony tworzą one splot o dużych oczkach, od których odchodzą włókna ruchowe do ścian tętnic, zatok i żył, a nadto włókna czuciowe, które się kończą wolno w miazdze i w ciałkach Malpighiego (Kölliker, Retzius).

Kłębek szyjny.

Kłębek szyjny, glomus caroticum (glandula carotica), jest małym węzełkiem, u człowieka wielkości mniej więcej ziarna pszenicy. Leży on w miejscu rozgałęzienia się tętnicy szyjnej wspólnej.

Według Rabla kłębek szyjny rozwija się z nagromadzenia komórek pochodzących z średniego listka zarodkowego, ułożonych po stronie brzusznej, przyśrodkowej i bocznej tętnicy szyjnej wewnętrznej (carotis interna).

Z badań Schapera wynika, że jest to wybujałość ściany tętnicy. Jest on otoczony torebką łącznotkankową, od której odchodzą łącznotkankowe wypustki i przegrody, dzielące miąższ jego na drobne, zaokrąglone zraziki, składające się z pojedyńczych *gniazd komórek*. Każde z tych gniazd składa się z komórek okrągławych lub wielobocznych, podobnych do komórek nabłonkowych, tak zwanych *komórek nabłonkowatych* (epiteloidalnych). Niektórzy autorowie (Stilling, Kohn, Kose) zaliczają komórki te do kategorji komórek chromochłonnych, tj. kómórek o cechach komórek gruczołowych, które występują głównie i w znacznej ilości w nadnerczu

(patrz nadnercze). Z tego powodu kłębek szyjny, podobnie jak i kłębek ogonowy, o którym poniżej będzie mowa, zaliczać można do układu paraganglijów, należących do układu nerwowego współczulnego (Kohn) i uważać je za gruczoły o wewnętrznem wydzielaniu. Komórki chromochłonne kłębka szyjnego rozwijają się według Rabla nie tamże na miejscu, lecz przedostają się do kłębka szyjnego z obok leżącego zwoju współczulnego.

Kłębek tętnicy szyjnej obfituje w naczynia krwionośne. Mała *tętnica*, dochodząca do niego, która się odgałęzia od jednej z tętnic szyjnych, dzieli się w nim na liczne gałązki, z których każda wchodzi w jedno gniazdo komórek i w jego wnętrzu rozpada się na siateczkę naczyń włosowatych, tworzących zbite kłębuszki. Żyły, wychodzące z poszczególnych kłębuszków, łączą się z sobą i tworzą splot żylny, oplatający powierzchnię całego narządu. Krew zbiera się z niego do kilku odprowadzających pni żylnych.

Naczynia włosowate i komórki nabłonkowate łączą się ściśle z sobą, tak iż często komórki te są naczyniami oplecione. W późniejszym wieku następuje bujanie tkanki łącznej kosztem komórek nabłonkowatych.

Do kłębka wnikają w dużej ilości *włókna nerwowe* rdzenne i bezrdzenne, w przebiegu których znajdują się także komórki zwojowe.

Kłębek ogonowy.

Kłębek ogonowy, glomus coccygeum, (glandula coccygea), odkryty przez Luschkę, znajduje się na tętnicy krzyżowej średniej (art. sacralis media) i posiada w zasadzie taką samą budowę, jak kłębek szyjny. Gałązka tej tętnicy wnika do niego i rozpada się na kłębek naczyń, z którego krew odpływa przez kilka drobnych żył. Dokoła naczyń leżą komórki nabłonkowate, otaczające je jakby płaszczem. Są to komórki okłągławe albo wieloboczne, o dużych jądrach, leżące wprost na śródbłonku naczyń. Z badań Schumachera wynika, że są to przeistoczone komórki mięsne błony środkowej naczyń. Kłębek ten jest otoczony warstwą tkanki łącznej, pochodzącej z błony zewnętrznej naczyń, która przechodzi także jako zrąb do wnętrza kłębka i zawiera gładkie komórki mięsne.

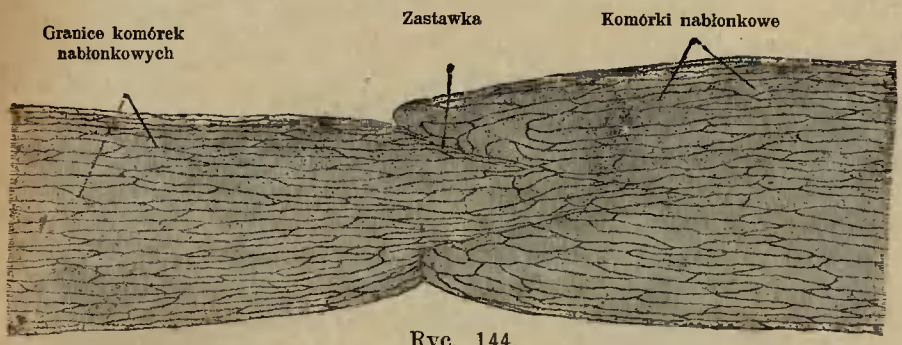
2. Układ naczyń limfatycznych.

Naczynia limfatyczne.

Układ naczyń limfatycznych rozwojowo pochodzi od układu żylnego. Występuje on u zarodków ludzkich około 10,5 mm długich w otoczeniu żył szyjnych (Vv. jugulares internae) w kształcie szeregu zamkniętych, nabłonkiem wyścielonych woreczków, które powstały z odsznurowujących się wypustek tych żył. Wo-

reczki te łączy następnie pomiędzy sobą samodzielnie się rozwijające naczynie (ductus thoracicus). Od tych woreczków wyrastają wyrostki nabłonkowe i dają początek dalszym naczyniom, które przenikają całe ciało zarodkowe z wyjątkiem układu nerwowego ośrodkowego i mięśni skieletowych.

O pierwszych początkach czy korzeniach układu limfatycznego u dorosłego osobnika istnieją dzisiaj dwa wręcz odmienne zapatrywania. Jedni są zdania, że układ limfatyczny przedstawia się w formie systemu kanałów ze wszystkich stron zamkniętych, których najcieńsze wypustki, naczynia włosowate limfatyczne, wchodzą do wszystkich narządów z wyjątkiem układu nerwowego ośrodkowego i mięśni skieletowych. Do tych naczyń włosowatych dostają się soki z tkanek przez endosmosę.



Ryc. 144.

Kawałek naczynia limfatycznego z krezki królika.

Granice komórek są uwidocznione zapomocą azotanu srebrowego.

Pow. około 235 razy.

Według drugiego przypuszczenia naczynia limfatyczne nie stanowią systemu w sobie zamkniętego, lecz naczynia limfatyczne włosowate otwierają się do przestworów śródtkankowych i przyjmują wprost od nich sok tkankowy. Za ostatniem zapatrywaniem przemawia stosunek naczyń limfatycznych do wielkich jam ciała: do jamy opłucnowej, osierdziowej i otrzewnowej, które, jakto już Mascagni wykazał, są bezpośrednio połączone z systemem naczyń limfatycznych. To samo musimy przyjąć dla przestworów, znajdujących się w rogówce, twardówce i tęczówce. Z drugiej strony przestrzenie mleczowe znajdujące się w osi kosmków, z wszystkich stron zamknięte i wysłane nabłonkiem, stanowią początek naczyń limfatycznych czyli mleczowych jelita.

Te początkowe przestrzenie układu limfatycznego przechodzą w drobne naczynia limfatyczne, *naczynia limfatyczne włosowate*, które przenikają w znacznej ilości narządy i na podobieństwo naczyń włosowatych krwionośnych łączą się w rozległe sieci. Posiadają one również taką samą budowę co i naczynia włosowate krwionośne, z tą tylko różnicą, iż są najczęściej od nich szersze i gdzieniegdzie

posiadają wypuklenia. Zdaje się, że ściana ich składa się tylko z nabłonka, którego komórki mają kształt mniej regularny, aniżeli komórki naczyń włosowatych krwionośnych.

Naczynia limfatyczne, które powstają ze zlania się owych naczyń włosowatych limfatycznych, są pod względem budowy podobne do żył i tak jak one zaopatrzone są zastawkami, które sprawiają, że prąd limfy może płynąć tylko w kierunku dośrodkowym (ryc. 144). Posiadają one nabłonek płaski i błonę wewnętrzną łącznotkankową z delikatnemi włóknami sprężystemi. Błona środkowa zawiera komórki mięsne gładkie, przebiegające okrężnie, a błona zewnętrzna składa się z tkanki łącznej o włóknach ułożonych podłużnie i pomieszanych z włóknami sprężystemi i mięśniami gładkiemi, przebiegającemi podłużnie.

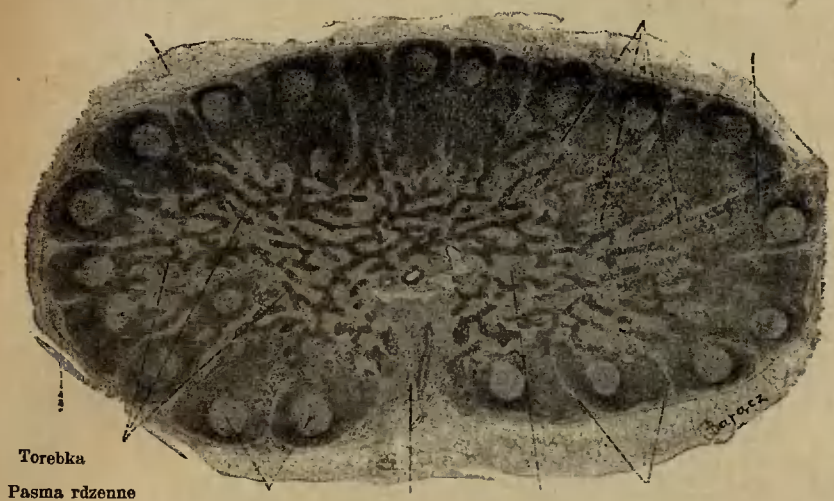
Węzły limfatyczne.

W przebiegu naczyń limfatycznych znajdują się w wielu miejscach mniejsze lub większe narządy, którym przypada w udziale przedewszystkiem rola dostarczania limfie elementów komórkowych. Cechą wspólną tych narządów jest to, że posiadają rusztowanie składające się z tkanki siateczkowatej, której oczka są szczelnie wypełnione niezliczoną ilością komórek. Komórki te rozmnażają się mitotycznie i dostają się do prądu limfy, która narządy te opłukuje i je przepaja. Zależnie od kształtu, jaki posiadają węzły limfatyczne, możemy je podzielić na *grudki limfatyczne* i właściwe *węzły (gruczoły) limfatyczne.*

Grudki limfatyczne, noduli lymphatici, znajdują się w wielkiej ilości głównie we wszystkich odcinkach przewodu pokarmowego, gdzie leżą tuż pod nabłonkiem. Najprostsze z nich są tworami okrągłemi lub owalnemi, które albo odgraniczają się wyraźnie od otoczenia osłonką, albo też przechodzą w otoczenie bez wybitnej granicy. Treść grudki tworzy tkanka limfoidalna, której podstawę stanowi siateczka. Gwiazdziste komórki tej tkanki, łączące się wypustkami z sobą, przenikają całe wnętrze grudki i układają się na powierzchni jej w kilka współśrodkowych warstw, tworząc rodzaj torebki. Oczka tej siateczki są wypełnione drobnemi komórkami, *ciałkami limfatycznemi*, w których przeważającą część ciała komórkowego wypełnia jądro, otoczone dokoła tylko wąską obwódką protoplazmatyczną. Siateczkę tę nie łatwo dostrzec, ponieważ limfocyty tak gęsto są nagromadzone, że ją całkowicie pokrywają. Musi się wpierw limfocyty sztucznie usunąć zapomocą pendzlowania, wytrzęsania lub sztucznego trawienia, ażeby siateczka wystąpiła. Komórki, znajdujące się na obwodzie grudki, mają jądra małe, ciemne i silnie się barwiące, natomiast w komórkach, leżących wewnątrz grudki, jądra

są większe, jaśniejsze i posiadają jasną siatkę chromatynową. Spotykamy tu zawsze liczne komórki dzielące się mitotycznie. Miejsca te wyróżniają się nawet pod słabem powiększeniem jako jasne ośrodki od ciemnych obwodowych części grudki; są to tak zw. *ogniska rozmnażania.*

Do grudki limfatycznej wnikają naczynia krwionośne oraz naczynia limfatyczne. Te ostatnie przebijają torebkę i otwierają się prawdopodobnie do wolnej przestrzeni objętej torebką. Z torebki natomiast wychodzi drugie naczynie limfatyczne, przez które odpływa z grudki limfa, zawierająca już ciałka limfatyczne. W grudkach, nie posiadających torebki, cała powierzchnia jest opleciona



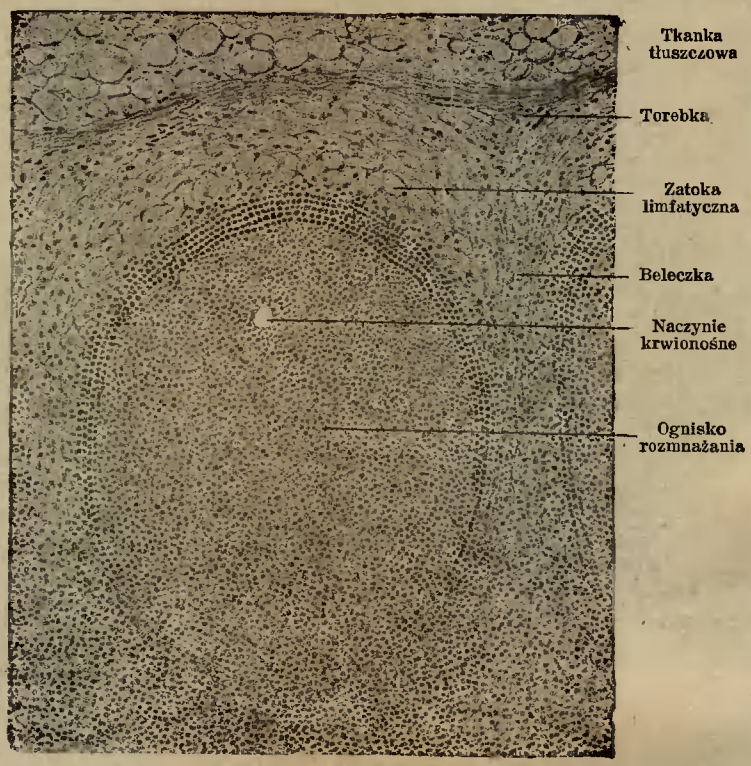
Ryc. 145.
Przekrój przez mały węzeł limfatyczny psa.
Powiększ. ok. 20 razy.

siatką naczyń limfatycznych, a nowowytworzone ciałka limfatyczne przechodzą przez ściany naczyń limfatycznych i tą drogą dostają się do prądu limfy. W wielu razach jednak te ciałka limfatyczne nie są przeznaczone dla limfy, lecz wędrują z grudki wprost do nabłonka przewodu pokarmowego, przenikają go i dostają się do światła przewodu. Tam ulegają rozpadowi. Rola, jaką w trawieniu produkty ich rozpadu odgrywają, nie jest dokładnie znana.

Grudki limfatyczne mogą być rozmieszczone pojedyńczo, jako *grudki limfatyczne odosobnione,* noduli lymphatici solitarii, albo też mogą się układać w większe skupienia w t. zw. *grudki limfatyczne skupione,* noduli lymphatici aggregati. Takimi grudkami

skupionemi są grudki P e y e r a w jelicie, migdałki w gardle i gruczoły mieszkowe w języku.

Węzły (gruczoły) limfatyczne, (lymphoglandulae) są to ciałka mniejsze lub większe, posiadające zwykle kształt ziarna bobu, o budowie stosunkowo bardziej zawiłej. Każdy węzeł limfatyczny jest otoczony torebką, która jest u człowieka 40—80 μ gruba. Dawniej sądzono, że torebka ta składa się z tkanki łącznej włóknistej, badania ostatnich lat wykazały jednak, że zawiera ona nieznaczną tylko ilość

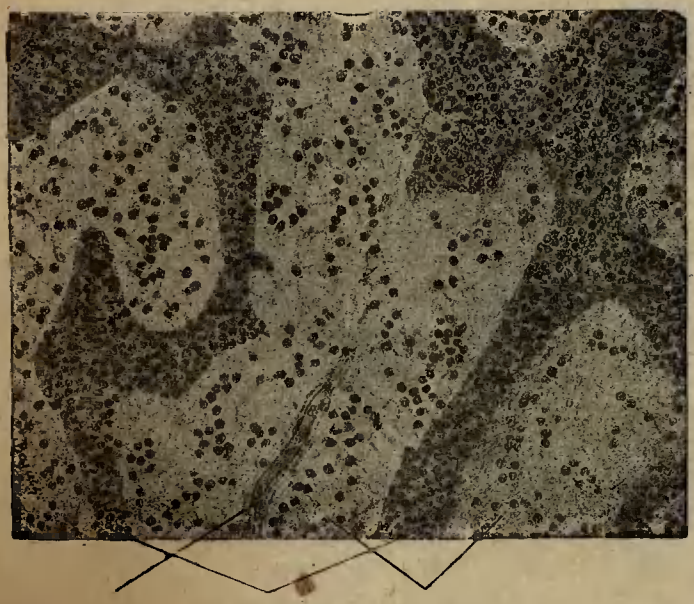


Ryc. 146.
Część istoty korowej węzła limfatycznego psa.
Powiększ. ok. 150 razy.

tkanki klejodajnej i że składa się przeważnie z tkanki siateczkowatej. U wielu zwierząt znajdują się w niej komórki mięśni gładkich, u człowieka jednak spotyka się je rzadko. Od osłonki tej wchodzą promienisto ku wnętrzu narządu w zmiennej ilości *beleczki* (trabeculae, septa), które się wkrótce z sobą łączą i tworzą w środku narządu rusztowanie w kształcie sieci (ryc. 145). W każdym węźle limfatycznym rozróżniamy *część korową,* podzieloną na przedziałki czy komory, i *część rdzenną,* siatkowatą, które to części przechodzą stop-

niowo jedna w drugą. Wolne te przestrzenie wśród rusztowania są wypełnione *miąższem* t. j. masą komórkową, która odpowiednio do układu przegród łącznotkankowych tworzy w części korowej ciała o kształcie gruszkowatym, zwężające się w kierunku ku rdzeniowi i przechodzące w układ grubych sznurów, które łączą się wzajemnie, tworząc sieć, i stanowią istotę rdzenną węzła limfatycznego. Miąższ węzła limfatycznego tworzy więc w części korowej okrągłe lub gruszkowate kule tak zwane *grudki korowe*, w części rdzennej zaś siatkę grubych sznurów czyli pasm t. zw. *pasma rdzenne* (ryc. 145).

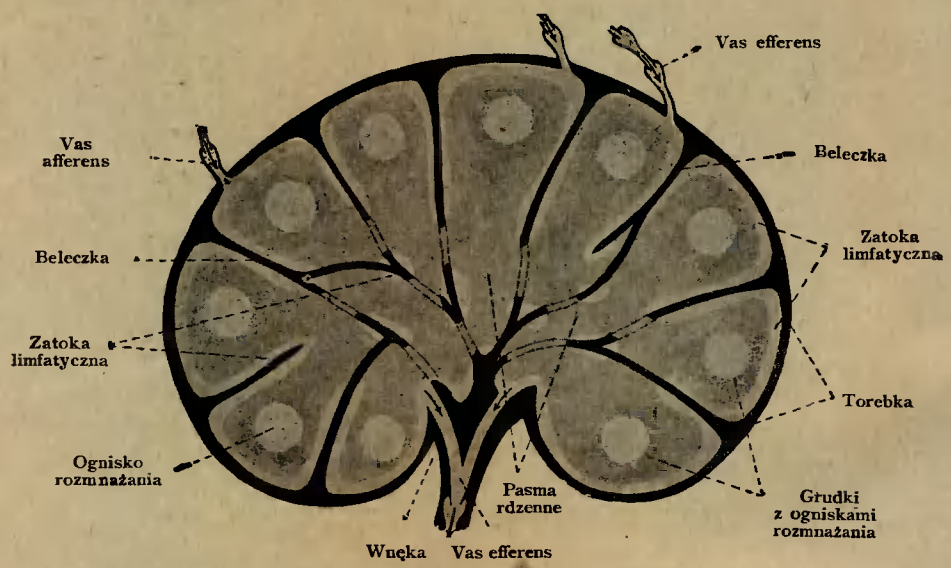
Miąższ nie wypełnia jednak całej przestrzeni pomiędzy beleczkami, lecz jest od nich odgraniczony węższemi lub szerszemi szparami.



Ryc. 147.
Część istoty rdzennej węzła limfatycznego kota.
Pow. ok. 250 razy.

I tak przedewszystkiem grudki korowe są oddzielone szerokiemi przestrzeniami od wewnętrznej powierzchni osłonki; nieco węższe, ale również wyraźne są szpary, które oddzielają boczne powierzchnie grudek korowych i pasma rdzenne od beleczek w korze i rdzeniu. W ten sposób powstaje układ szpar, otaczający całą powierzchnię miąższu i przenikający cały węzeł, który obejmujemy nazwą *zatok limfatycznych*. Ponieważ szpary te są wypełnione płynem, mianowicie limfą, można zatem powiedzieć, że cały miąższ węzła limfatycznego pływa niejako w zatokach limfatycznych (ryc. 146, 147, 148).

Nie mamy tu jednak do czynienia z istotnem pływaniem, gdyż miąższ jest umocowany do osłonki, względnie do ścian beleczek zapomocą niezliczonej ilości cienkich nitek, przenikających zatoki. Beleczki nie składają się, jak sądzono poprzednio, z tkanki łącznej włóknistej, lecz również z tkanki siateczkowatej, ułożonej w pasma podłużne. Na powierzchni beleczek komórki przylegają ściśle do siebie i wysyłają poprzez zatoki do miąższu wypustki, które łączą się z komórkami jego siateczki (ryc. 147). Mamy więc siateczkę zarówno w miąższu, jak i w zatokach, z tą tylko różnicą, że siateczka miąższu zawiera w swych oczkach komórki limfatyczne, siateczka zatok natomiast ich nie zawiera, tak iż przez zatoki może limfa swobodnie przepływać.



Ryc. 148.
Schemat węzła limfatycznego.

O budowie miąższu nie da się nic więcej powiedzieć. Grudki korowe są podobne pod względem budowy do grudek limfatycznych odosobnionych. Posiadają one zawsze silnie rozwinięte *ogniska rozmnażania*, w których rozmnażają się limfocyty. Pasma rdzenne są to smugi tkanki siateczkowatej, wypełnione szczelnie limfocytami. Zatoki limfatyczne według zapatrywań dawniejszych autorów, zwłaszcza Ranviera, miały być wysłane komórkami nabłonkowemi. Te komórki rzekomo nabłonkowe nie są jednak niczem innem, jak komórkami siateczki, w których protoplazmie, jak widzieliśmy, mogą się wytwarzać włókna. Proces ten zachodzi w znacznej mierze w siateczce węzłów limfatycznych (Thomé), wskutek czego powstaje siateczka włókien, powleczona zupełnie protoplazmą komórek.

Na wewnętrznej powierzchni osłonki i na beleczkach komórki siateczki przylegają do siebie tak ściśle, że sprawiają wrażenie nabłonka.

Do każdego węzła limfatycznego wchodzi jedno albo kilka *naczyń limfatycznych*, które nazywamy *naczyniami doprowadzającemi*, *vasa afferentia*. Wnikają one najczęściej po stronie wypukłej węzła, mającego kształt ziarna bobu, przebijają torebkę i uchodzą do leżących tuż pod nią zatok. Z węzła wychodzi na powierzchni wklęsłej, w tak zwanej wnęce (hilus), *naczynie limfatyczne odprowadzające*, *vas efferens*, przeważnie pojedyńcze. Powstaje ono ze zlania się zatok istoty rdzennej. Limfa płynie zatem z zatok korowych do zatok rdzennych i opuszcza węzeł przez naczynie odprowadzające (vas efferens), (ryc. 148). Prąd limfy odrywa ustawicznie ciałka limfatyczne i unosi je z sobą. To też limfa w naczyniu odprowadzającem zawiera w sobie o wiele więcej limfocytów, niż limfa w naczyniu doprowadzającem. Prąd limfy napotyka jednak na znaczny opór wśród wąskiej siateczki zatok limfatycznych, co powoduje zwolnienie prądu. Jest to ważny moment fizjologiczno-patologiczny. Wskutek tego bowiem różne ciała obce lub substancje szkodliwe, które niezmiernie łatwo mogą się dostać do dróg limfatycznych, np. tkanki łącznej podskórnej albo płuc, z powodu zwolnienia prądu mogą uwięznąć wśród tej siateczki. To właśnie powoduje zapalenie i zarazem obrzęk węzła, przez co uniemożliwiony bywa odpływ limfy z okolicy zakażonej do dróg krwionośnych.

Tętnice wnikają do węzła limfatycznego we wnęce, grubsze ich pnie przebiegają w beleczkach i wysyłają cienkie gałązki do miąższu, które rozpadają się tu na naczynia włosowate. *Żyły* przebiegają podobnie.

Nerwy węzłów limfatycznych są prawdopodobnie przeznaczone tylko dla naczyń. Zachowanie się ich nie jest bliżej znane.

Dodatek: Węzły krwiolimfatyczne.

W ostatnich latach opisano pod nazwą *węzłów krwiolimfatycznych*, *hemolimfatycznych*, *węzłów limfatycznych czerwonych*, narządy, które zajmują stanowisko pośrednie pomiędzy śledzioną, a właściwemi węzłami limfatycznemi. Występują one osobliwie często u pewnych zwierząt przeżuwających, np. u owcy, obok właściwych węzłów limfatycznych (Vincenti Harrison, Schumacher, Weidenreich, Baum).

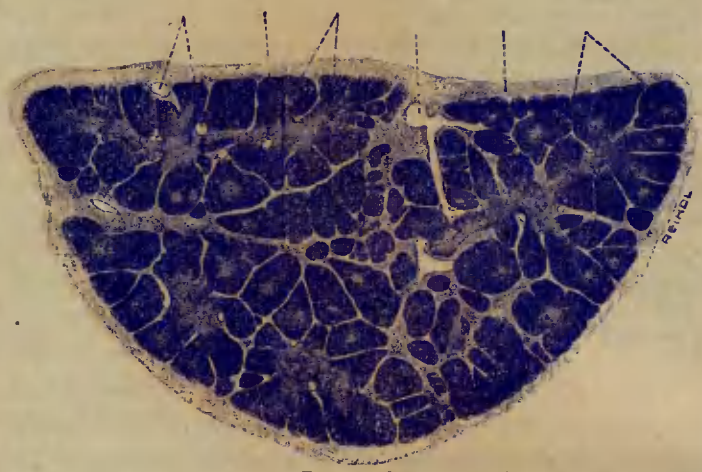
Odróżniają się one od właściwych węzłów limfatycznych tem, że nie posiadają ani doprowadzających, ani odprowadzających naczyń limfatycznych i że w zatokach swych, a zatem poza obrębem drogi obiegu krwi, zawierają czerwone ciałka krwi. W organach tych odbywa się nie wytwarzanie czerwonych ciałek krwi, lecz przeciwnie

rozpad ich, podobnie jak w śledzionie. Wytwarzają się w nich prócz tego limfocyty, które, wobec braku naczyń limfatycznych, dostają się do krwi za pośrednictwem żył.

Dalsze badania wykazały jednakże, że istnieją wszelakie formy przejściowe od węzłów limfatycznych właściwych, posiadających naczynia limfatyczne, a nie zawierających czerwonych ciałek krwi w swych zatokach, do węzłów limfatycznych bez naczyń limfatycznych, zawierających w swych zatokach czerwone ciałka krwi, czyli do węzłów krwiolimfatycznych. Zarówno bowiem węzły limfatyczne z naczyniami limfatycznemi, jak i węzły limfatyczne, które naczyń limfatycznych nie posiadają, mogą zawierać w swych zatokach czerwone ciałka krwi, albo mogą ich też nie zawierać. Dlatego należałoby uważać węzły krwiolimfatyczne nie za narządy sui generis, lecz za szczątkowe formy węzłów limfatycznych (Schumacher).

Grasica.

Grasica, thymus, jest narządem, który w okresie zupełnego rozwoju jest nieco zbliżony do węzłów limfatycznych, różni się jednak

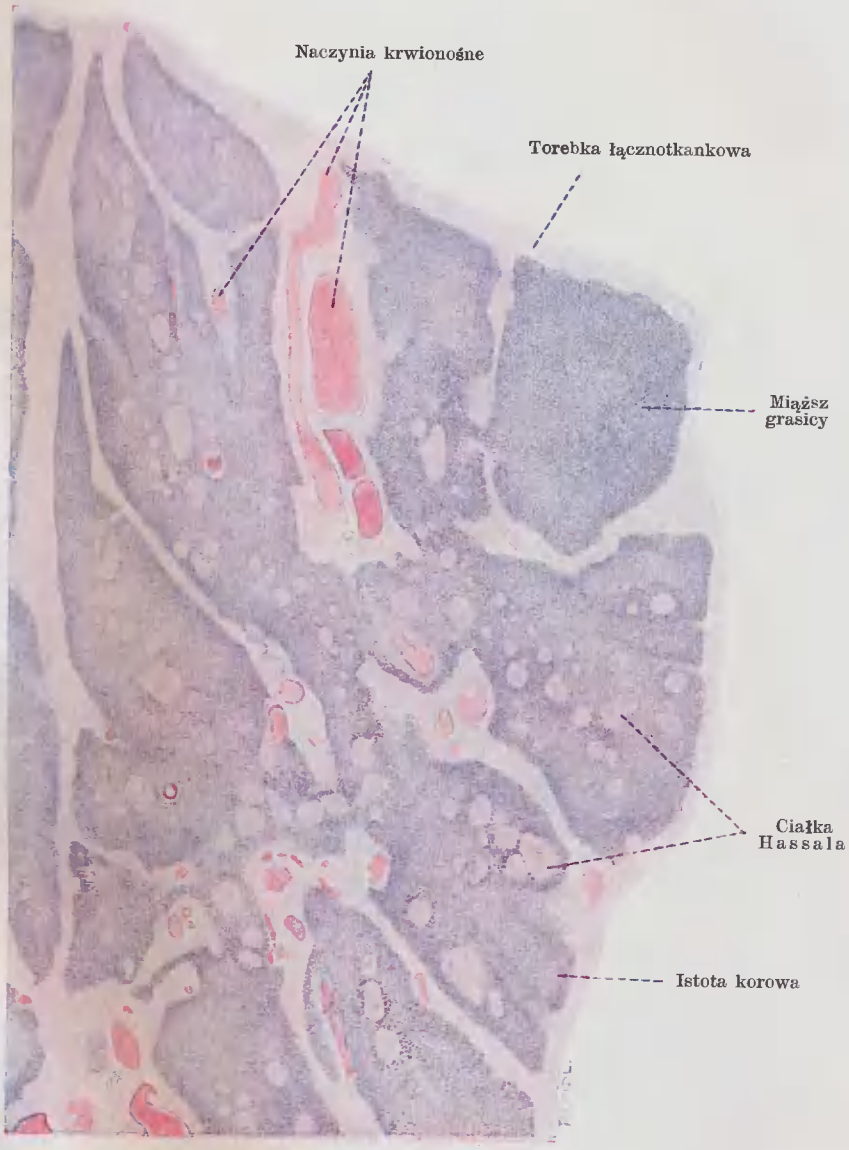


Ryc. 149.

Przekrój przez grasicę 7-mio miesięcznego dziecka. Preparat przeglądowy. Widać kilka zrazików gruczołowych z delikatnemi pasmami łączącemi.

Powiększ. ok. 8 razy.

od nich zasadniczo pod względem pochodzenia. Węzły limfatyczne są pochodzenia mezenchymatycznego, grasica zaś pochodzi z wewnętrznego listka zarodkowego (Kölliker). Rozwija się ona z nabłonka szpar skrzelowych i z punktu widzenia rozwojowego dałaby się zestawić z tarczycą.



Ryc. 150.
Część przekroju przez grasicę 4-miesięcznego dziecka.
Pow. ok. 34 razy.

Ryc. 151.
Część przekroju przez grasicę 10-letniego dziecka.
Pow. ok. 60 razy.

Grasica jest narządem, którego wzrost trwa tylko do 15-go roku życia, a który zaczyna zanikać z wystąpieniem dojrzałości płciowej. Składa się ona z licznych makroskopowych, do 10 mm. w średnicy wynoszacych, płacików, które są połączone z sobą zapomocą tkanki łącznej wiotkiej w dwa płaty główne, tworzące cały narząd. Pod mikroskopem widać, że każdy z płacików składa się znowu z kilku małych *zrazików* (około 1 mm. wynoszących), oddzielonych od siebie również zapomocą tkanki łącznej (ryc. 149, 150). W każdym zraziku można rozróżnić *ciemną część korową i jasną część rdzenną.*

Istotę podstawową zrazika tworzy siateczka, składająca się z komórek gwiaździstych, łączących się z sobą. W części rdzennej są one większe i posiadają więcej protoplazmy od komórek części korowej. Oczka tej siateczki w części korowej są wypełnione limfocytami (komórkami grasicy małemi), wśród których spotyka się liczne obrazy podziału pośredniego, zwłaszcza w wierzchnich warstwach narządu czynnego. Odbywa się tu ustawicznie ożywione rozmnażanie się komórek.

Badaniom Hammara i Maximowa zawdzięczamy głównie wyjaśnienie kwestji pochodzenia tkanek, z których składa się grasica. Twierdzenie Hammara, że komórki siateczki pochodzą z nabłonka, a komórki grasicy małe posiadają niewątpliwie cechy limfocytów i są pochodzenia mezenchymatycznego, potwierdził Maximow w swych świetnych pracach, które posłużą nam za podstawę do dalszego opisu.

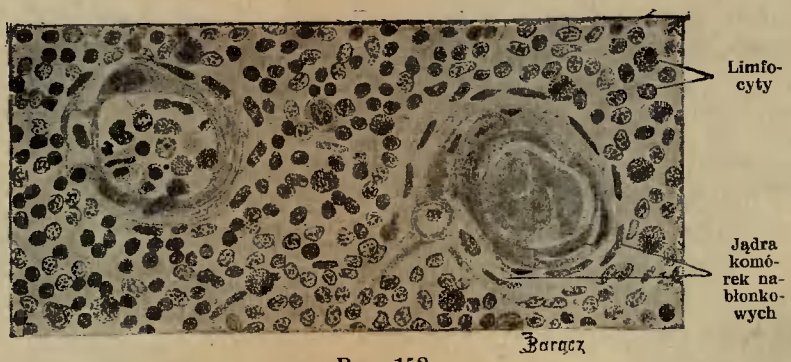
W otoczeniu zawiązku grasicy zaczynają się wytwarzać w mezenchymie limfocyty w ten sposób, że pewne gwiaździste, stałe komórki mezenchymatyczne odłączają się od innych i zaokrąglają, a następnie, już w bardzo wczesnych stadjach, wędrują do zawiązku nabłonkowego grasicy. Występują one tutaj pod postacią dużych i małych limfocytów i ich form przejściowych. Ponieważ limfocyty znajdują tu bardzo korzystne warunki istnienia, zaczynają się dzielić nadzwyczaj szybko, tak iż wkrótce cały nabłonek zostaje przepełniony limfocytami. Limfocyty te wskutek następujących po sobie podziałów maleją coraz bardziej, aż wkońcu stają się typowymi, małemi limfocytami. Bardzo szybko rozmnażające się limfocyty rozsuwają coraz bardziej komórki nabłonka, które przybierają kształt gwiaździsty i w ten sposób powstaje siateczka pochodzenia nabłonkowego z komórek nabłonkowych gwiaździstych, połączonych z sobą wypustkami. Oczka tej siateczki wypełniają limfocyty, które wyjątkowo przekształcają się w ziarniste formy leukocytów wskutek tego, że w protoplazmie ich zjawiają się ziarenka.

W istocie rdzennej natomiast spotykamy ogniska komórek nabłonkowych, ulegających przerostowi (hypertrofji), które się łączą w skupienia syncycjalne o dużych, bladych jądrach, limfocyty zaś wyrodnieją i opuszczają te partje.

Tkanka grasicy różni się zatem zasadniczo od adenoidalnej tkanki grudek limfatycznych. W tych ostatnich komórki siateczki i limfocyty pochodzą z wspólnego źródła, a mianowicie z elementów mezenchymatycznych, w grasicy natomiast siateczka jest pochodzenia nabłonkowego, a limfocyty są elementami obcemi, które wniknęły pomiędzy komórki nabłonka.

Odrębność grasicy polega na tem, że zrastają się w niej z sobą ściśle dwie tkanki, nabłonek i mezenchyma, które gdzieindziej zawsze są od siebie oddzielone (Maximow).

W istocie rdzennej znajdują się oprócz nielicznych limfocytów twory swoiste, znane pod nazwą *ciałek Hassala* (ryc. 151, 152).



Ryc. 152.

Dwa ciałka Hassala z przekroju grasicy sześciomiesięcznego dziecka.

Powiększ. ok. 470 razy.

U człowieka zjawiają się one już z końcem trzeciego miesiąca życia płodowego (Hammar) i powstają w ciągu całego życia jako twory przejściowe (Hirt). Są to twory składające się z komórek ułożonych warstwami; komórki, leżące w środku tych ciałek, są mniej lub więcej zwyrodniałe. Te procesy degeneracyjne bywają różnego rodzaju i doprowadzają do wytworzenia jamy środkowej, w której leżą produkty rozpadu komórek i w której zjawiają się komórki wędrujące. Z biegiem czasu występowały coraz to nowe poglądy na znaczenie tych ciałek. Przytoczymy z nich najważniejsze. Jedni badacze upatrują w ciałkach Hassala szczątki pierwotnego nabłonkowego zawiązku grasicy (W. Krause, His, Stieda, Maurer). Według innych pochodzą one ze śródbłonka naczyń, który bujając zatyka światło naczyń i pociąga za sobą inwolucję narządu (Affanasiew, Nusbaum i Machowski, Prymak, Dustin). Na pod-

stawie badań Hammara natomiast należy je uważać za twory, które powstały wskutek przerostu (hypertrofji) komórek siateczki w części rdzennej. Hypertrofia zaczyna się zazwyczaj początkowo w jednej komórce i obejmuje stopniowo komórki sąsiadujące, co w następstwie prowadzi do współśrodkowego układu komórek w *ciałku Hassala*.

Znaczenie *ciałek Hassala* nie jest dotychczas wyjaśnione. Jedni badacze sądzą, że występują one w związku ze zmianami wstecznemi (inwolucją) narządu, inni natomiast upatrują w nich narządy wydzielnicze i zaliczają grasicę do gruczołów o wewnętrznem wydzielaniu (Mensi, Magni).

Wśród zrazików grasicy spotyka się często małe torbiele, *cysty*, wysłane nabłonkiem migawkowym brukowym lub walcowatym. W świetle cysty leży mała bryłka wydzieliny. Według Hammara cysty te powstają również z komórek siateczki, które przyjęły z powrotem swe pierwotne cechy komórek nabłonkowych. W komórkach siateczki mogą wyróżnicowywać się włókna, które jednak nie odpowiadają włóknom tkanki łącznej, lecz włóknom, tworzącym się w komórkach natury nabłonkowej jak np. włóknom gleju w ośrodkowym układzie nerwowym.

Podczas zmian wstecznych, które rozpoczynają się z wystąpieniem dojrzałości płciowej, zmniejsza się stopniowo głównie istota korowa, limfocyty znikają coraz bardziej i pozostają tylko, ułożone w kształcie sznurów, komórki nabłonkowe, które również częściowo ulegają degeneracji.

W grasicy wytwarzają się młode limfocyty, które dostają się do obiegu krwi i limfy i z tego też powodu należy grasicę uważać za prawdziwy narząd krwiotwórczy (Hammar, Maximow). Zauważono ponadto tworzenie się w niej ziarnistych form leukocytów, mianowicie obojętno- i eozynochłonnych. (Weidenreich, Weill). Przypisują jej nawet czynność wytwarzania czerwonych ciałek krwi (Schaffer).

Tętnice, któremi grasica jest obficie zaopatrzona, wnikają do wnętrza zrazików pierwotnych i na granicy istoty korowej rozpadają się na cienką, przenikającą ją siateczkę naczyń włosowatych, z której wytwarza się podwójny układ żylny: naczyńka włosowate przechodzą częściowo przez torebkę łącznotkankową do żył, biegnących między zrazikami, częściowo zaś łączą się w żyły, biegnące wśród istoty rdzennej. Grasica jest również obficie zaopatrzona *naczyniami limfatycznemi*. *Nerwy* tworzą delikatne sploty dokoła naczyń i wraz z niemi wnikają aż do warstwy rdzennej.

3. Gruczoły o wewnętrznem wydzielaniu.

Tem mianem obejmujemy pewną ilość narządów o różnych funkcjach i różnem pochodzeniu. Łączenie ich pod wspólną nazwą jest usprawiedliwione jedynie tem, że wszystkie te gruczoły w stanie zupełnego wykształcenia nie posiadają przewodu odprowadzającego i że wydzielina ich dostaje się wprost do naczyń krwionośnych lub limfatycznych. Należą do nich:

1. Tarczyca.
2. Gruczoły przytarczyczne.
3. Nadnercze.
4. Przysadka mózgowa.
5. Szyszynka.

Obok wymienionych gruczołów, których czynność polega wyłącznie na wewnętrznem wydzielaniu, istnieją inne, które oprócz właściwego im wydzielania zewnętrznego pełnią także czynność wydzielania wewnętrznego. Takiemi właśnie gruczołami są: trzustka, gruczoły płciowe i nerki. Budowa ich będzie omówiona w osobnych rozdziałach.

1. Tarczyca.

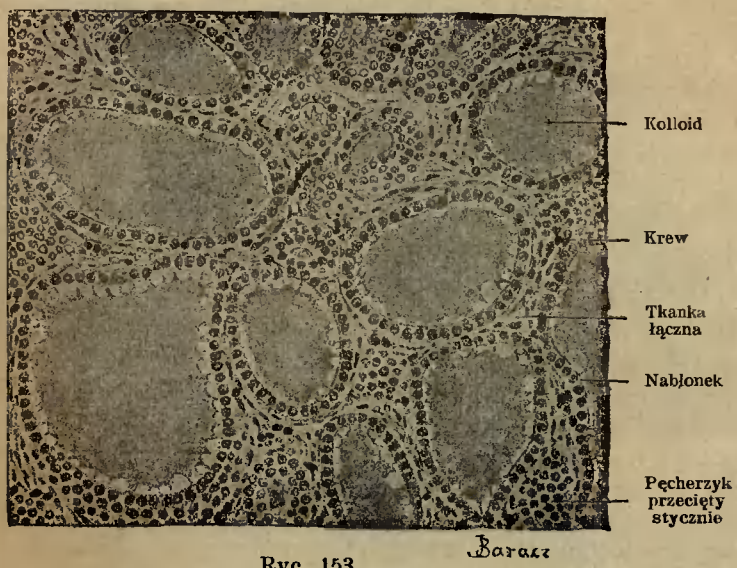
Tarczyca (gruczoł tarczowy, glandula thyreoidea) pochodzi z wewnętrznego listka zarodkowego, a mianowicie z nabłonka gardzieli; pierwotnie rozwija się ona jako gruczoł cewkowy złożony, którego przewód *ductus thyreoglossus*, uchodzi początkowo nazewnątrz w dziurze ślepej (foramen coecum) języka. Przewód ten jednak już za życia płodowego zanika, wskutek czego gruczoł traci połączenie ze światem zewnętrznym; tkanka łączna zaś bujając wrasta do cewek gruczołu i dzieli je na krótkie odcinki w kształcie pęcherzyków.

Tarczyca w stanie zupełnego rozwoju jest gruczołem pęcherzykowym bez przewodu zewnętrznego. Cały narząd jest otoczony grubą torebką łącznotkankową, od której odchodzą przegrody do wnętrza gruczołu. Przegrody te dzielą gruczoł na zraziki, a oprócz tego wysyłają wypustki, które odgraniczają od siebie poszczególne pęcherzyki. Pęcherzyki tarczycy mają z reguły kształt kulisty lub jajowaty, czasami tylko przybierają kształt podłużnych cewek, opatrzonych wypukleniami.

Pęcherzyki są wysłane jednowarstwowym nabłonkiem brukowym lub walcowatym (ryc. 153). Na zewnątrz pęcherzyki są objęte cienką błoną własną (membrana propria), nie posiadającą żadnej struktury. Nie wszyscy badacze jednakże uznają jej istnienie.

Według Langendorffa można rozróżnić dwa rodzaje komórek, wyścielających pęcherzyki: *komórki główne*, znajdujące się w znacznej większości, które posiadają jasną i słabo barwiącą

się protoplazmę, oraz *komórki kolloidowe*, które zawierają specyficzne ziarenka kolloidu, względnie istotę jednorodną, silnie światło łamiącą i które wskutek tego barwią się bardzo intensywnie. Sądząc po zachowaniu się ich wobec odczynników, ziarenka zawarte w komórkach kolloidowych stanowi substancja lipoidowa (Ebner). Prawdopodobnie jednak zarówno komórki główne jak i kolloidowe przedstawiają tylko różne stany czynnościowe tych samych komórek. Podczas procesu wydzielania bowiem w komórkach głównych odbywa się stopniowa przemiana zawartości ich w kolloid, tak iż wkońcu przechodzą one w komórki kolloidowe. Te albo wydalają swą kolloi-



Ryc. 153.
Część przekroju tarczycy człowieka.
Pow. ok. 180 razy.

dową zawartość do światła pęcherzyka, zachowując przytem swój kształt, albo też komórki się rozpadają całkowicie zmieniając się w masę kolloidową (Langendorff, Hürthle).

Produkt swoisty tarczycy, *kolloid*, jest jednolitą masą ciągliwą, wypełniającą zwykle w zupełności światło pęcherzyków. Na preparatach mikroskopowych jednak, z powodu kurczenia się kolloidu pod wpływem odczynników, tworzą się szpary pomiędzy nim a komórkami nabłonka (ryc. 153). Kolloid posiada znaczne powinowactwo do kwaśnych barwików anilinowych, np. eozyny i zawiera w sobie dwie substancje: jodtyreoglobinę, zawierającą jod, i pewien nukleoproteid, zawierający fosfor i arsen. Zawartość pęcherzyków dostaje się do naczyń limfatycznych tarczycy, w których wykazano obecność kolloidu (Biondi, Zielińska). Jednakże co do sposobu wy-

dalania wydzieliny autorowie nie zgadzają się z sobą. Jedni z nich twierdzą, że wydzielina wypływa osobnemi drogami międzykomórkowemi, cienkiemi szparkami, które łączą drogi limfatyczne z wnętrzem pęcherzyków (Hürthle, Matsunaga), inni natomiast sądzą, że w pewnem miejscu ścianka pęcherzyka ulega przerwaniu wskutek rozpłynięcia się komórek nabłonkowych i że tędy kolloid wypływa do przestrzeni limfatycznych, za których pośrednictwem wydzielina dostaje się do obiegu krwi.

W tkance łącznej, znajdującej się pomiędzy pęcherzykami, przebiegają naczynia krwionośne i limfatyczne oraz nerwy.

Naczynia krwionośne tworzą gęstą sieć naczyń włosowatych, otaczającą pęcherzyki. *Naczynia limfatyczne* tworzą również około pęcherzyków gęste sieci, które przylegają wprost do powierzchni zewnętrznej komórek pęcherzyków i za pośrednictwem międzykomórkowych dróg limfatycznych łączą się z wnętrzem pęcherzyków. Hürthle i Matsunaga zastosowawszy metodę nastrzykiwania wykazali, że masa injekcyjna z naczyń limfatycznych może przedostać się do światła pęcherzyka pomiędzy komórki jego nabłonka.

Nerwy, zaopatrujące tarczycę, są przeważnie współczulne i przeznaczone dla naczyń. Oprócz nich jednak gruczoł ten zawiera gałązki nerwu błędnego (z nervus laryngeus superior i nervus recurrens). Tworzą one w gruczole gęste sploty i otaczają każdy pęcherzyk osobnym splotem nerwowym, a odchodzące od nich włókna kończą się małemi guziczkami na podstawowej powierzchni komórek pęcherzyka (Sacerdotti, Crisafulli, Andersson).

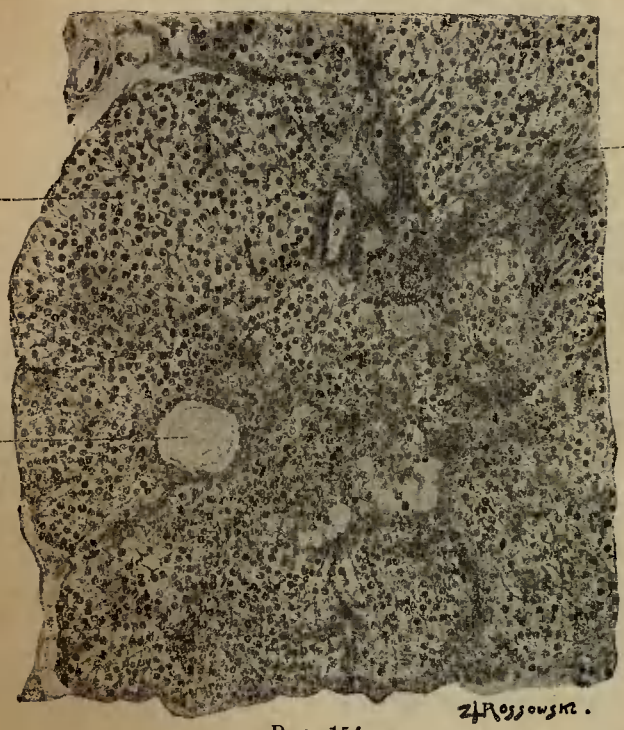
Tarczyca jest narządem ważnym dla organizmu. Oddziaływa ona na przemianę materji, na czynność serca, na pewne części współczulnego układu nerwowego, na wzrost kości, rozwój gruczołów rozrodczych itd. Zarówno zbyt ograniczona, jak i nadmierna działalność tarczycy ma dla zdrowia szkodliwe następstwa.

2. Gruczoły przytarczyczne.

Gruczoły przytarczyczne, ciałka nabłonkowe (glandulae parathyreoideae) są to małe ciałka, odkryte przez Sandströma, które u człowieka w liczbie dwu leżą przy każdym płacie tarczycy. Długość ich wynosi 3—15 mm, szerokość i grubość 2—4 mm. Każde z tych ciałek jest otoczone torebką łącznotkankową, od której odchodzą do wnętrza delikatne przegrody, łączące się pomiędzy sobą nakształt sieci i rozdzielające miąższ na pasma komórek, również łączące się pomiędzy sobą (ryc. 154).

Budowa tych narządów może ulegać pewnym modyfikacjom zależnie od ilości zawartej w nich tkanki łącznej. W pewnych razach bowiem tkanka łączna może być w nich słabo rozwinięta, tak iż ciałko przedstawia zbitą masę komórkową, otoczoną torebką łączno-

tkankową i unaczynioną gęstą siecią naczyń włosowatych; w innych razach natomiast tkanka łączna dochodzi w nich do znacznego rozwoju i wówczas rozdziela miąższ gruczołu na liczne twory pęcherzykowate. W miąższu można rozróżnić bardzo liczne komórki główne, słabo się barwiące, oraz mniej liczne, natomiast mocno barwiące się, komórki (barwiko—czyli kwasochłonne). Różnice te zależą od różnych stadjów czynnościowych tych samych komórek, na co także wskazują liczne formy przejściowe pomiędzy niemi.



Ryc. 154.
Część przekroju gruczołu przytarczycznego człowieka.
Pow. ok. 350 razy.

Często spotyka się komórki ułożone w postaci pęcherzyka, a wewnątrz pęcherzyków istotę kolloidową, zupełnie tak, jak w tarczycy (ryc. 154). W wieku późniejszym kolloid występuje coraz częściej albo jako masa leżąca w pęcherzykach, albo w postaci kuleczek w komórkach. Jedni badacze (Livini, Pepere) uważają kolloid gruczołu przytarczycznego za normalny produkt wydzielniczy, inni natomiast (Kohn, Benjamins, Petersen) sądzą, że jest to produkt zwyrodnienia.

Naczynia krwionośne włosowate tworzą siatkę o wąskich oczkach i albo są otoczone delikatną pochewką z tkanki łącznej, albo też graniczą bezpośrednio z komórkami nabłonkowemi.

3. Nadnercze.

Nadnercze (glandula suprarenalis) zwierząt ssących składa się z dwu części zupełnie różnych tak pod względem budowy jak i pochodzenia. Jedna z nich, tworząca *warstwę korową* narządu, jest natury *nabłonkowej* i pochodzi z t. zw. układu międzynerkowego, druga, tworząca *warstwę rdzenną*, jest natury *nerwowej* i pochodzi z układu nerwowego współczulnego. Jedynie u zwierząt ssących części te są regularnie ułożone w ten sposób, że nabłonkowa część korowa leży

Ryc. 155.

Część przekroju poprzecznego nadnercza psa.

Z. gl. część odpowiada warstwie kłębkowatej, Z. fasc. warstwie pasmowatej, Z. ret. warstwie siatkowatej. Pow. ok. 22 razy.

nazewnątrz i otacza drugą, leżącą w środku, mianowicie nerwową część rdzenną. U niższych kręgowców natomiast nie spotykamy tak regularnego układu tych części, gdyż albo zrastają się one nieregularnie, albo nie zrastają się wcale, tak iż nadnercze jest u nich narządem wyłącznie *nabłonkowym* (narząd międzynerkowy u rai, ciałka Stanniusa ryb kostnoszkieletowych).

W nadnerczu człowieka i zwierząt ssących już makroskopowo można odróżnić *ciemną istotę rdzenną* od *jasnej istoty korowej* (ryc. 155, 156).

Od zewnątrz nadnercze jest otoczone silnie rozwiniętą *torebką* łącznotkankową, która zawiera u dorosłych liczne komórki tłuszczowe

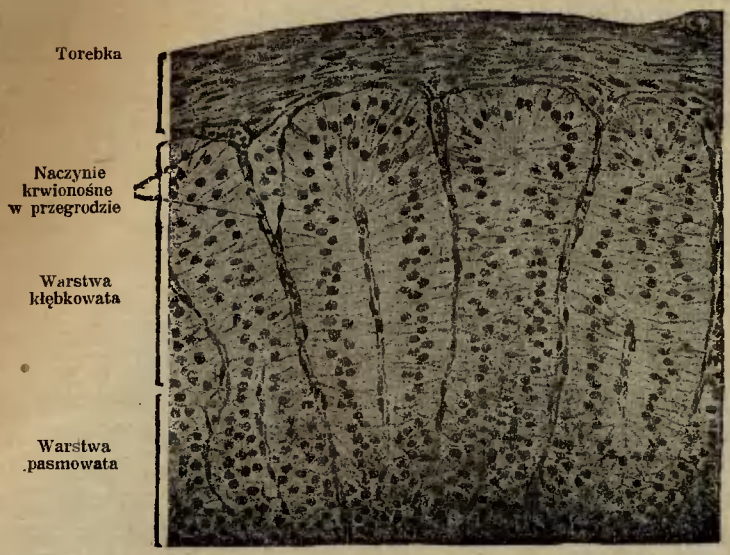
Ryc. 156.

Część przekroju przez nadnercze ludzkie.

T. = Torebka łącznotkankowa. Z. gl. = Zona glomerulosa. Z. fasc. = Zona fasciculata. Z. ret. = Zona reticularis. Pow. ok. 30 razy.

w swych luźnych warstwach zewnętrznych. Od jej powierzchni wewnętrznej odchodzą zbieżnie liczne przegrody, zawierające naczynia i nerwy, które to przegrody wnikają promienisto w istotę korową i łączą się początkowo w cewkowate, 40—50 μ szerokie osłonki, potem zaś w gąbczaste rusztowanie (ryc. 157). Na granicy pomiędzy istotą rdzenną, a korową rozpadają się na delikatne włókienka, wnikające do istoty rdzennej. Niekiedy na granicy pomiędzy istotą rdzenną i korową rozwija się silniej tkanka łączna, tworząc wyraźną torebkę dla istoty rdzennej.

W *istocie korowej* miąższ składa się z komórek, które są ułożone między przegrodami łącznotkankowemi w zbite (lite) pasma



Ryc. 157.
Część istoty korowej nadnercza psa.
Pow. ok. 240 razy.

w sposób charakterystyczny: tuż pod torebką tworzą one okrągłe kule (gniazda komórek), następnie przebiegają wprost promienisto ku wewnątrz i wkońcu łączą się z sobą tworząc siatkę. Możemy więc rozróżnić w korze nadnercza trzy różne warstwy: tuż pod torebką leży stosunkowo wąska *warstwa kłębkowata* (zona glomerulosa), po niej następuje szeroka *warstwa pasmowata* (zona fasciculata), która przechodzi znowu w wąską *warstwę siatkowatą* (zona reticularis).

Warstwa kłębkowata nie jest wszędzie jednakowo silnie rozwinięta. U człowieka składa się ona z okrągłych gniazd komórkowych (ryc. 156), oddzielonych od siebie i od następnej warstwy tkanką łączną. U niektórych zwierząt występuje ona w postaci krótkich, płasko

ściśniętych słupów komórkowych, które zaginają się częstokroć łukowato i z jednej strony (na powierzchni) przechodzą w siebie, z drugiej zaś w pasma komórkowe warstwy pasmowatej (ryc. 157). Czasami dosięgają te słupy komórkowe warstwy kłębkowatej silnego rozwoju i okazują skręty i zwoje (*zona arcuata*). W przeciwieństwie do tego jest ta warstwa u niektórych rodzajów zwierząt znacznie zredukowana tak, że komórki leżące tuż pod torebką przyjmują wprost charakter komórek warstwy pasmowatej. Gniazda i pasma komórkowe warstwy kłębkowatej składają się z wielobocznych nieregularnych, czasem zaś prawidłowo walcowatych, tuż obok siebie leżących komórek, które są zwykle nieco mniejsze od komórek warstwy następnej i posiadają duże jądra.

W *warstwie pasmowatej* pasma komórek przebiegają prosto w kierunku promienistym, jedno obok drugiego, oddzielone od siebie tkanką łączną i naczyniami. Pasma składają się z wydłużonych komórek wielobocznych, ułożonych w 3—4 rzędy obok siebie (ryc. 155, 157). Komórki te posiadają charakterystyczną gąbczatą, siateczkowatą protoplazmę, w której oczkach osadzają się ziarenka lub kropelki ciała, zbliżonego do tłuszczów w znacznie większej ilości niż w obu innych warstwach istoty korowej.

W *warstwie siatkowatej* pasma komórek nabłonkowych łączą się w siatkę, w której oczkach leżą naczynia krwionośne włosowate (ryc. 156, 158). Komórki nabłonkowe odróżniają się od poprzednich tem, że protoplazma ich jest bardziej zbita, a ziarenka drobniejsze. Te właśnie ziarenka posiadają częściowo znaczne powinowactwo do pewnych barwików (*corps sidérophiles, Guieysse*). Według Da Costa u pewnych zwierząt ziarenka te, będące produktem wstępnym wydzieliny, występują podczas ciąży. Ponadto komórki te zawierają *barwik*, którego ilość zwiększa się znacznie w ciągu życia (Mulon). Obok ziarn tłuszczowatych znajdują się w istocie korowej drobniejsze mitochondrja, z któremi według Mulona ziarna siderofilne mają być identyczne. Zdaniem tego autora mitochondrja, ziarenka tłuszczowate i ziarna barwikowe mają stać w zależności czynnościowej.

Istota rdzenna nadnercza jest w stanie świeżym brunatna i bardzo miękka. Składa się ona z komórek, które są również ułożone w pasma, połączone z sobą w siatkę (ryc. 156). W oczkach tej siatki znajdują się bardzo liczne i grube naczynia krwionośne. Dokoła tych naczyń komórki rdzenne układają się często rzędami jakby dokoła światła jakiegoś przewodu gruczołowego (ryc. 158). Komórki rdzenne są kształtu nieregularnego lub walcowatego, wielkości 20 do 30 μ, których protoplazma tworzy siateczkę o dużych oczkach. Jądra zawierają chromatynę w skąpej ilości. W protoplazmie leżą drobne

ziarenka, odznaczające się tem, że posiadają wybitne powinowactwo do barwików zasadowych, barwią się na zielono solami żelazowemi (Vulpian), a w roztworach soli chromowych przybierają ton intensywnie czerwono-brunatny (Henle); z powodu tej ostatniej właściwości nazwano je komórkami *chromochłonnemi* (chromaffinowemi [Kohn] lub phäochromowemi [Poll]). Komórki chromochłonne są komórkami nabłonkowatemi, które poza nadnerczem występują w całym układzie t. zw. paragangljów, rozrzuconych wzdłuż nerwu współczulnego, do których oprócz istoty rdzennej nadnercza należy przedewszystkiem kłębek szyjny (glomus caroticum). (patrz paragangljа). Substancja chromochłonna tworzy wstępny produkt czynnej substancji nadnercza, zw. adrenalinę (Mulon, Stoerk, von Haberer). W pewnym okresie nasycenia komórki wydzieliną, przenika ta ostatnia, będąc w stanie płynnym, przez ściany naczyń włosowatych do krwi. Od tej chwili plazma komórki i jej ziarenka tracą odczyn chromowy, natomiast można substancję wydzieloną wykazać w naczyniach włosowatych, gdzie barwi się na kolor żółto-brunatny (Gottschau, Biedl, Stoerk, v. Haberer).

W istocie rdzennej niektórych zwierząt wykazano przestwory, ograniczone dokoła komórkami nabłonkowemi i zawierające obok skrzepów rozpadające się elementa komórkowe, a nie wysłane nabłonkiem płaskim (W. Kolmer).

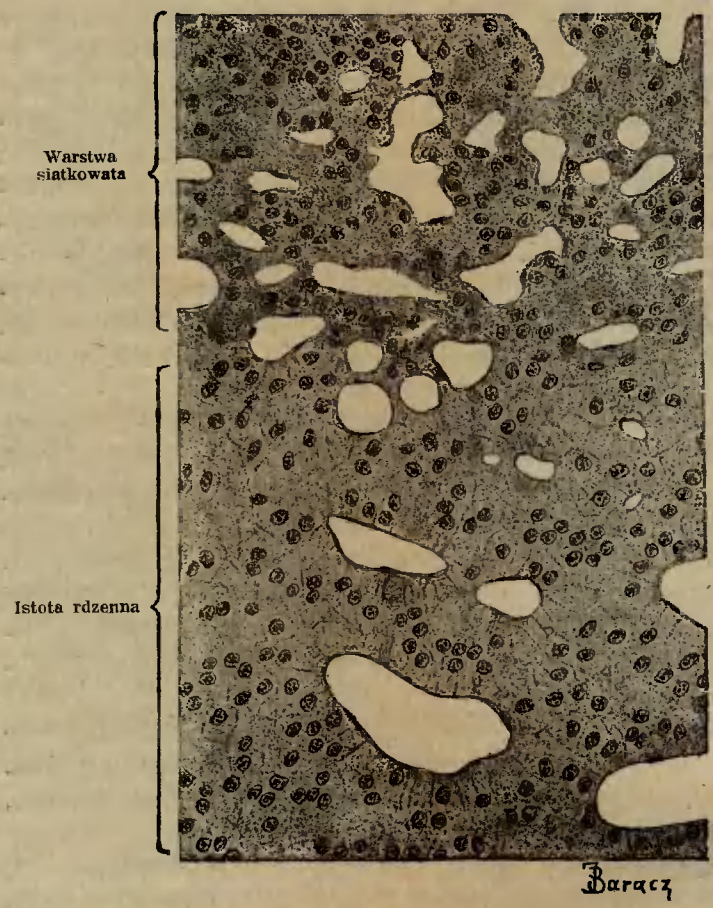
W istocie rdzennej, a jeszcze obficiej w istocie korowej znajduje się często głównie na przejściu warstwy pasmowatej w warstwę kłębkowatą mitozy, które wskazują na to, że w nadnerczu stale komórki giną i zostają zastąpione drogą mitozy (Landau, Kolmer).

Śródkomórkowe aparaty siateczkowe są w komórkach istoty rdzennej znacznie silniej rozwinięte, niż w komórkach istoty korowej (Pilat). Istota rdzenna zawiera oprócz komórek chromochłonnych liczne komórki nerwowe i naczynia.

Naczynia krwionośne przebiegają w nadnerczu w ten sposób, że krew może krążyć dwojaką drogą, Tętnice pochodzące od różnych większych pni (aorta, art. phrenica inferior, art. renalis) rozpadają się albo już w warstwie kłębkowej na tętniczki przedwłosowate lub naczynia włosowate, oplatające pasma komórkowe kory, i przechodzą w istocie rdzennej w bardzo szerokie zatoki żylne, które łączą się w żyłę środkową, albo też tętnice przebijają całą korę (arteriae perforantes) i dopiero w istocie rdzennej rozpadają się na naczynia włosowate, uchodzące do zatok. Oprócz tego znajduje się jeszcze jedna wierzchnia sieć naczyń włosowatych w obrębie torebki, doprowadzająca krew wprost do drobnych żyłek torebki. Zatoki istoty

rdzennej są szczególnie szerokie i powodują znaczne zwolnienie prądu krwi. Wszystkie naczynia nadnercza wyróżniają się tem, że ściany ich są niezmiernie cienkie, oraz że stykają się bezpośrednio z komórkami gruczołowemi (Srdinko).

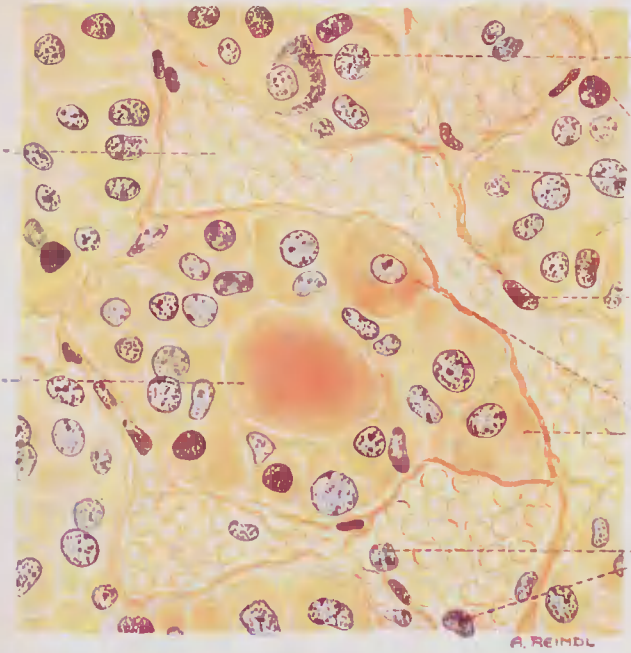
Naczynia limfatyczne tworzą obfitą siateczkę naczyń włosowatych, przebiegającą wśród zrębu łącznotkankowego. Stoją one



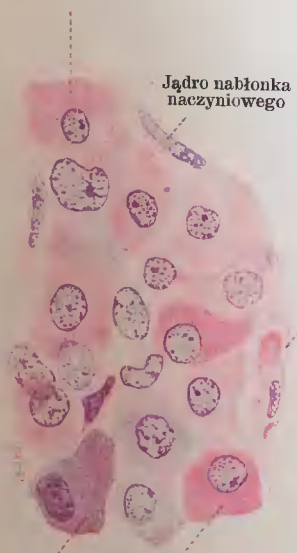
Ryc. 158.
Część istoty rdzennej nadnercza psa.
Pow. ok. 385 razy.

w bliskim stosunku zarówno z komórkami istoty korowej jak i rdzennej, oplatając nawet często komórki gruczołowe (Stilling.)

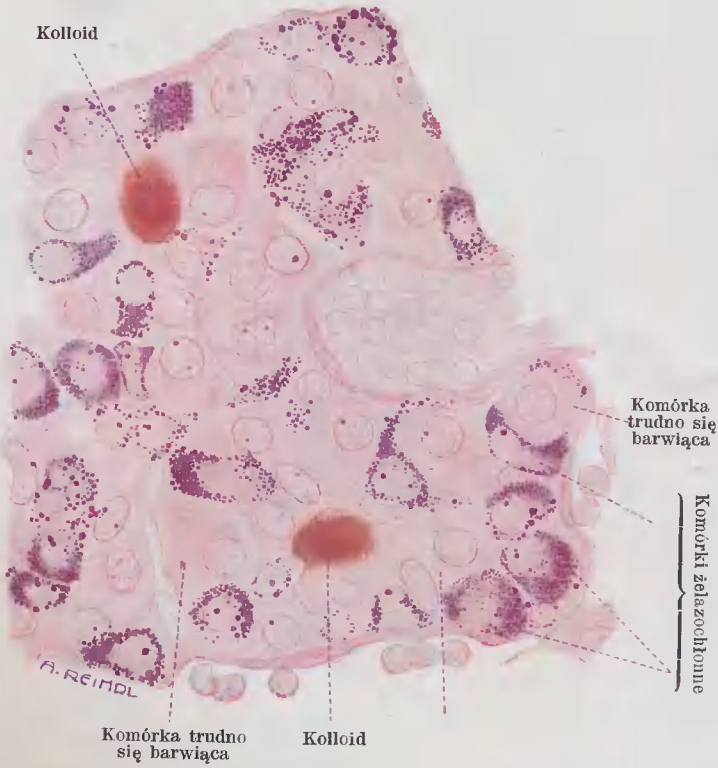
Nerwy nadnercza pochodzą ze zwoju trzewnego (ganglion coeliacum), ze splotu przeponowego (plexus phrenicus) i ze splotu nerkowego (plexus renalis). Wnikają one do narządu w znacznej ilości i tworzą dwa sploty: jeden oplatający beleczki istoty korowej i drugi,



Ryc. 159.



Ryc. 160.



Ryc. 161.

Ryc. 159—161. Część przekroju przez przysadkę ludzką.

Ryc. 159. Zabarwiona hematoksyliną żelazistą i podbarwiona metodą van Giesona.
Ryc. 160. Barwiona hematoksyliną i eozyną.
Ryc. 161. Barwiona hematoksyliną żelazistą i eozyną.

Pow. ok. 700 razy.

leżący wśród istoty rdzennej, w której oprócz tego znajdują się liczne komórki zwojowe typu współczulnego. Włókna, odchodzące od splotu rdzennego, tworzą dokoła każdej komórki chromochłonnej sploty w kształcie koszyczków i kończą się rozszerzeniami w postaci płytek, przylegających wprost do protoplazmy komórek (Dogiel, Fusari).

Nadnercza są narządami niezbędnemi dla życia; zupełne ich wycięcie sprowadza zawsze śmierć, którą poprzedza wielkie osłabienie mięśni i znaczne zmniejszenie się ciśnienia krwi (Brown-Séquard). Zmniejszenie ciśnienia krwi po wycięciu nadnercza powstaje z powodu braku substancji, wytwarzanej przez nadnercze (adrenalina, suprarenina), która działa w ten sposób, że zwęża naczynia i utrzymuje napięcie (tonus) naczyń (Oliver, Schäfer, Szymonowicz i Cybulski). Wprowadzone do obiegu krwi wyciągi z istoty rdzennej nadnercza, podobnie jak z wszystkich narządów chromochłonnych, podnoszą niezmiernie ciśnienie krwi. Substancja czynna nadnercza bywa wydzielana do krwi żyły nadnercza, jak to zostało wykazane doświadczalnie (Cybulski), tak że żyła nadnerczowa zastępuje właściwy przewód wyprowadzający istoty rdzennej nadnercza. Zadanie istoty korowej ma polegać głównie na regulacji przemiany ciał tłuszczowatych w ustroju (Kryłow).

4. Przysadka mózgowa.

Przysadka mózgowa (hypophysis cerebri) składa się z dwóch części, różnych tak pod względem budowy, jak i rozwoju. Przednia część wieksza ma charakter gruczołowy i pochodzi z nabłonka zatoki ustnej, która się wypukla ku podstawie mózgu (kieszonka Rathkego). Z przedniej i brzusznej ściany tego woreczka zatoki rozwija się część przednia, z tylnej ściany natomiast tak zwana część pośrodkowa (pars intermedia) przysadki. Część tylna, nerwowa, jest mniejsza i tworzy przedłużenie lejka (infundibulum) międzymózgowia.

Część przednia składa się z pełnych (litych) pęcherzyków i sznurów komórkowych o różnych średnicach, które łączą się z sobą i tworzą sieć. Pomiędzy niemi leżą przegrody z tkanki łącznej, wśród której przebiegają naczynia krwionośne. Według pewnych autorów tkanka łączna tworzy rodzaj błony własnej (membrana propria), leżącej nazewnątrz od pęcherzyków i sznurów komórkowych. Komórki, z których składają się pęcherzyki i sznury komórkowe, są typowemi elementami gruczołowemi, wśród których można rozróżnić komórki dwojakiego rodzaju: jedne z nich są większe, o protoplazmie ziarnistej, która posiada duże powinowactwo względem barwików i zawiera małe jądro (*komórki barwikochłonne);* drugie zaś są mniejsze, posiadają często duże jądro i słabo barwiącą się protoplazmę, nie zawierającą ziarenek *(komórki barwikooporne, chromofoby)* (Flesch, Dostojewski, Lothringer, (ryc. 159—161).

W komórkach barwikochłonnych opisano różne ziarnistości i na tej podstawie rozróżniamy następujące rodzaje tych komórek: zasadochłonne, cyanochłonne, kwasochłonne, eozynochłonne, orangeochłonne, fuksynochłonne i żelazochłonne. Słuszniej jest jednak podzielić wszystkie te rodzaje komórek na dwie grupy: kwasochłonne i zasadochłonne, a następnie w każdej z obu tych grup rozróżnić komórki barwiące się mocniej lub słabiej (Trautmann).

Jedni badacze sądzą, że wszystkie te rodzaje komórek odpowiadają różnym stadjom czynności tej samej komórki (Benda, Creutzfeldt), ponieważ istnieją formy przejściowe pomiędzy wszystkiemi temi rodzajami komórek. Inni natomiast są zdania, że mamy tu do czynienia przynajmniej z dwoma rodzajami komórek. I tak Trautmann wyróżnia komórki kwasochłonne i zasadochłonne jako dwa oddzielne rodzaje: komórki, barwiące się intensywnie barwikami zasadowemi, są komórkami wypełnionemi w zupełności materjałami wydzielniczemi, komórki zaś nie barwiące się cz. barwikooporne są komórkami, które wydaliły już swój produkt wydzielniczy. Podobnie też wśród komórek kwasochłonnych można rozróżniać komórki barwiące się mocno i słabo, co prawdopodobnie stoi w związku z każdorazowym stanem czynnościowym komórki.

Nie jest natomiast wyjaśnione, co stanowi właściwy produkt czynności wydzielniczej tych komórek. Za jeden z takich produktów można uważać ziarenka tłuszczu, spotykane w komórkach przysadki (Erdheim, Thaon). Komórki barwikochłonne zawierają nieliczne, duże, barwikooporne natomiast liczne, drobne ziarenka tłuszczu.

Drugą część składową wydzieliny mają stanowić ziarenka komórek barwikochłonnych, które pęcznieją i zostają wydalone z komórek (ryc. 161). Według Bendy odpowiadają komórki małe, barwikooporne i zawierające nieliczne ziarenka wczesnym stadjom, barwikochłonne natomiast, zwłaszcza kwasochłonne najwyższemu okresowi wydzielniczemu.

Za trzeci wreszcie składnik wydzieliny można uważać istotę zupełnie podobną do kolloidu tarczycy (ryc. 159, 160), spotykaną przeważnie w tylnych odcinkach części przedniej przysadki, w sznurach komórkowych i pęcherzykach.

Nie wszyscy badacze jednakże uważają kolloid za normalny produkt czynności przysadki. Pewni autorowie sądzą, że jest on produktem degeneracji komórek, leżących wśród sznurów komórkowych i pęcherzyków (Joris, Soyer), inni zaś są zdania, że kolloid pochodzi z opisanych powyżej ziarenek. Wydzielanie kolloidu ma się odbywać w taki sam sposób, jak w tarczycy. Płynny produkt komórek gruczołowych może przenikać przez błonę własną do prze-

strzeni limfatycznych, leżących pomiędzy pęcherzykami, albo też może przyjść do wytworzenia wolnej komunikacji między jamą pęcherzyka, a drogami limfatycznemi międzypęcherzykowemi wskutek tego, że jedna z komórek brzeżnych ulega zwyrodnieniu i zanikowi, a błona własna w tem miejscu ulega zniszczeniu (Thom).

Edinger zapomocą metody nastrzykiwania wykazał, że komórki gruczołowe przysadki mózgowej ludzkiej są otoczone przestrzeniami wydzielniczemi okołokomórkowemi, które graniczą z drugiej strony z naczyniami włosowatemi krwionośnemi. Te szpary okołonaczyniowe (przestrzenie limfatyczne) towarzyszą w kształcie pochewek drobnym naczyniom krwionośnym i przez szypułkę przysadki wnikają wraz z niemi do istoty mózgowej. Jest to prawdopodobnie naturalna droga odpływowa wydzieliny przysadki mózgowej, a zapatrywanie to poparły badania Herringa, Cushinga i Biedla, którzy znaleźli ciała hyalinowe w tkance części nerwowej i w szypułce przysadki. Według ich zapatywań należy uważać te ciała hyalinowe (kolloid) za czynną substancję przysadki.

Wymienione powyżej pęcherzyki, zawierające kolloid, spotyka się naogół rzadko w części przedniej i to jeszcze najczęściej u osobników starszych (Scaffidi).

Znacznie obficiej i silniej rozwijają się owe pęcherzyki, wypełnione kolloidem, w części pośrodkowej (pars intermedia), wsuniętej pomiędzy część mózgową, a część główną przysadki. U pewnych grup zwierzęcych część ta dochodzi do znacznego rozwoju, u człowieka zaś zamiast niej znajduje się cały szereg dużych przestrzeni pustych — torbieli (cyst), wypełnionych kolloidem i wysłanych komórkami nabłonkowemi płaskiemi. Torbiele te są oddzielone od siebie wąskiemi pasmami komórek gruczołowych.

Część tylna przysadki — pars nervosa — składa się, jak to wykazały nowsze badania, ze zrębu łącznotkankowego, wśród którego leżą glejowe włókna i komórki. Obecnie prawie powszechnie zaprzeczają w nich obecności komórek nerwowych. Przebiegają tu natomiast liczne włókna nerwowe, które pochodzą z podstawy mózgu i zdążają w kierunku części przedniej (Joris). W części tylnej znajduje się zwykle brunatno-żółty barwik, który jednak czasem występuje w innych częściach przysadki.

Spotykane w części tylnej twory pęcherzykowate, wypełnione kolloidem, jako też całe szeregi rozgałęzionych sznurów nabłonkowych pochodzą z warstwy granicznej części pośrodkowej (Biedl, Tölken).

Krew dochodzi do przysadki za pośrednictwem odgałęzień kółka tętniczego podstawy mózgu (circulus arteriosus Willisii). Naczynia włosowate, tworzące gęstą sieć w obrębie przedniej części, wyróżniają

się tem, że posiadają bardzo rozmaite średnice. Rozumie się samo przez się, że ten ścisły stosunek naczyń krwionośnych do elementów gruczołowych odgrywa ważną rolę w doprowadzaniu do przysadki substancyj, celem odpowiedniego ich przetworzenia.

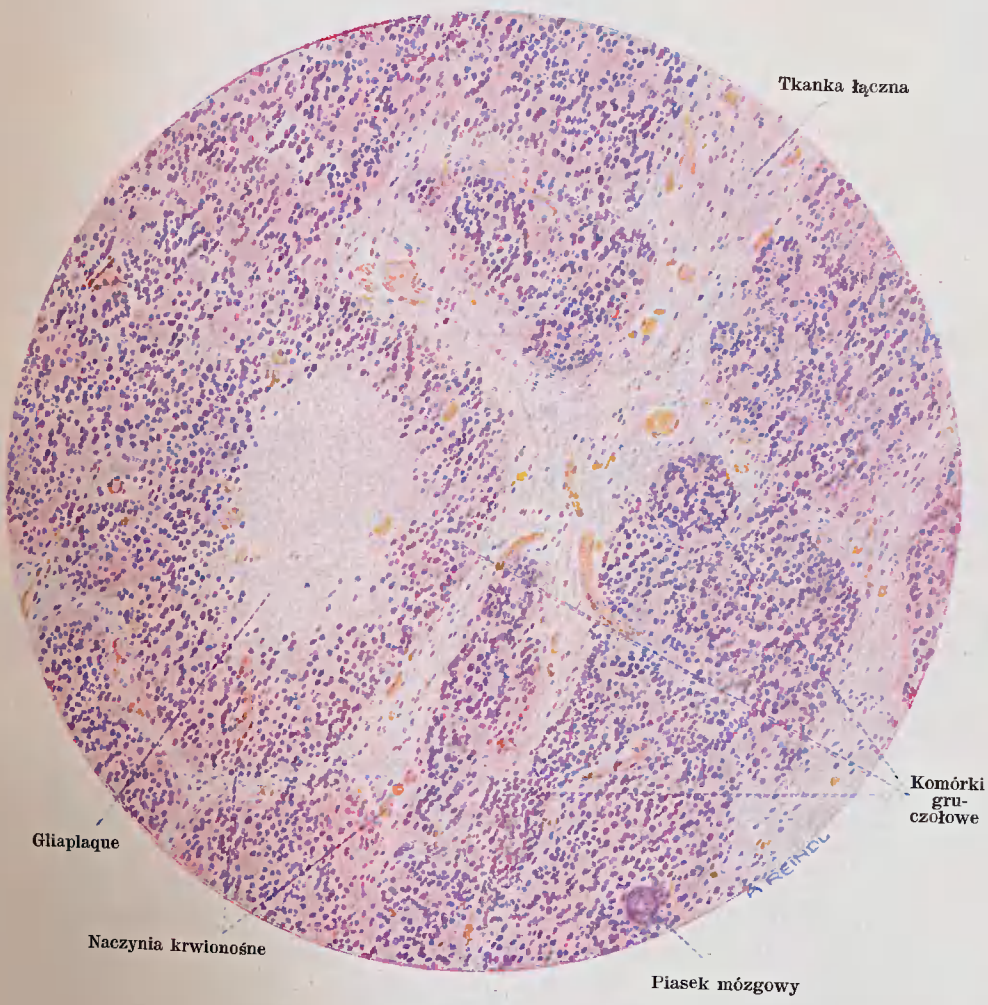
Przysadka jest bardzo ważnym dla życia narządem. Część jej przednia i pośrodkowa wydzielają wewnętrznie i pozostają w chemicznej korrelacji z innem gruczołami o wewnętrznem wydzielaniu. Płat przedni wpływa na proces wzrostu, przedewszystkiem na wzrost skieletu, płat pośredni natomiast na przemianę materji.

5. Szyszynka.

Pierwszy zawiązek szyszynki spotyka się u zarodków ludzkich w początku drugiego miesiąca życia płodowego w postaci fałdu, wychodzącego ze sklepienia pęcherzyka międzymózgowia, przed którym leży nagromadzenie komórkowe. Oba te zawiązki, przedni i tylny, są początkowo od siebie oddzielone przestrzenią, wypełnioną tkanką łączną; w ciągu życia płodowego zlewają się oba zawiązki, utrzymująca się jednak przegroda łącznotkankowa wskazuje zawsze na dwojakie pochodzenie. (Krabbe). Pod koniec 6-tego miesiąca życia płodowego różnicują się początkowo jednakowe, okrągławe komórki w różnych kierunkach; powstają z nich komórki glejowe, komórki nerwowe i komórki szyszynkowe (Krabbe).

Szyszynka (epiphysis cerebri, glandula pinealis) narząd leżący pomiędzy i ponad przednią parą wzgórków czworaczych, posiada budowę wskazującą na zdolność wydzielniczą (ryc. 162).

Tkanka łączna dzieli ten gruczoł na zraziki nierównej wielkości, wypełnione komórkami ułożonemi przeważnie nieregularnie. W szyszynce występują trzy rodzaje komórek: komórki nerwowe, komórki glejowe (patrz: tkanka nerwowa) i właściwe komórki gruczołowe (komórki szyszynkowe, pinealne). Przez *komórki neuroglijowe*, posiadające, podobnie jak w mózgu, wypustki, przechodzą włókna glejowe. Jądra ich obfitują w zbitą chromatynę. *Komórki szyszynkowe* tworzą elementa wydzielnicze tego narządu i są oplecione włókienkami neuroglijowemi, które się przeplatają w formie sieci. Duże ciało komórkowe posiada jądro o skąpej chromatynie i mniej lub więcej liczne ziarnistości. Rozróżniamy kilka rodzajów właściwych komórek gruczołowych szyszynki zależnie od rodzaju zawartych w nich ziarnistości (kwasochłonne i zasadochłonne), oraz zależnie od zachowania się chromatyny w jądrach komórek (Dimitrowa). Polvani rozróżnia w miąższu gruczołowym szyszynki cztery rodzaje komórek: 1. Komórki główne szyszynki — duże komórki owalne o małych wypustkach, jednorodnej protoplaźmie bez ziarnistości i dużem jądrze, w którego wnętrzu głównie odbywa się proces wydzielniczy. 2. Komórki kwasochłonne szyszynki — komórki mniejsze, zawierające drobne ziarnistości kwasochłonne, opisane przez Galalescu i Urechia. 3. Komórki zasadochłonne szyszynki — małe komórki, zawierające dosyć duże ziarnistości zasadochłonne, opisane przez Constan-



Ryc. 162.
Część przekroju przez szyszynkę ludzką.
Pow. ok. 90 razy.

tiniego. 4. Komórki szyszynki, zawierające ziarenka tłuszczowate (lipoidowe). Ziarenka te są duże, nieregularne i barwią się barwikami, barwiącymi tłuszcz. Te ostatnie komórki opisał po raz pierwszy Krabbe i przypisywał im własności oczyszczania organizmu z pewnych produktów rozszczepienia. Jako dowód przemawiający za tem, że w komórkach gruczołowych szyszynki odbywa się proces wydzielniczy, Dimitrowa pierwsza opisała zjawianie się wakuol w jądrze i następne wydostawanie się ich nazewnątrz. Krabbe uważa te wakuole za normalny produkt wydzielniczy gruczołu i podaje, że wakuole te, zawierające zwykle ziarnistości zasadochłonne, dostają się do protoplazmy, pękają i przekazują protoplaźmie ziarenka, które stąd, zdaniem Krabbego, dostają się przez szczeliny międzykomórkowe do krwi, limfy lub też do płynu mózgordzeniowego. Polvani uważa, że proces ten odbywa się stale w komórkach głównych szyszynki.

Drogami odprowadzającemi produkty wydzielania szyszynki są według Illing'a naczynia krwionośne włosowate, w których znalazł masy, podobne do kolloidu. Lövy natomiast opisuje przestrzenie okołokomórkowe, od których przewody prowadzą przez tkankę łączną do warstwy nabłonkowej splotu naczyniówki mózgu (plexus chorioideus).

Główny wzrost szyszynki wypada u człowieka na pierwsze lata życia, tak, że około 7-mego roku znajduje się u szczytu swego rozwoju. Już w tym czasie zjawiają się w szyszynce pierwsze oznaki inwolucji, która się odbywa kosztem tkanki gruczołowej. Występuje wówczas wyraźny przyrost tkanki łącznej i glejowej, nadto zjawiają się złogi. Wskutek przyrostu tkanki glejowej wytwarzają się duże jej ogniska (gliaplaques [ryc. 162]), które następnie rozmiękają i prowadzą do wytworzenia się torbieli (cyst), (Marburg). W ich wnętrzu obok pojedyńczych włókien glejowych i jąder znachodzi się włóknisty lub ziarnisty skrzep. W przegrodach i we wnętrzu zrazików gruczołowych zachodzą zmiany degeneracyjne (zwyrodnienie szkliste), tworzą się złogi węglanu i fosforanu wapniowego i magnowego i wytwarza się *piasek mózgowy (acervulus, corpora arenacea)*, mający najczęściej kształt morwy (ryc. 162).

Przemiana wsteczna, prowadząca do zanikania (inwolucji) narządu, objawia się według Marburga tem, że w jądrach pojawiają się jamki (wakuole), które natomiast Dimitrowa, Krabbe i Polvani uważają za normalny objaw czynności gruczołowej. Krabbe uważa nadto za oznakę inwolucji występowanie pewnych form komórek ziarnistych.

Pewna część komórek gruczołowych pozostaje jednak pozornie nietkniętą nawet do późnej starości, tak iż prawdopodobnie może

wykonywać nadal czynności gruczołowe (Marburg). Krabbe utrzymuje nawet, że procesy inwolucyjne nie postępują naprzód, począwszy od 14 roku życia.

Do szyszynki dochodzą wiązki włókien nerwowych rdzennych i bezrdzennych.

Szyszynka jest gruczołem o wewnętrznem wydzielaniu, mającym ważny wpływ na przemianę materji. Dowodzą tego skutki ograniczonej czynności lub też usunięcia szyszynki we wczesnem dziecięctwie, które się okazują w przedwczesnej dojrzałości cielesnej (nadmierny wzrost, przedwczesny rozwój narządów płciowych) i częstokroć w niezwykle wczesnym rozwoju umysłowym.

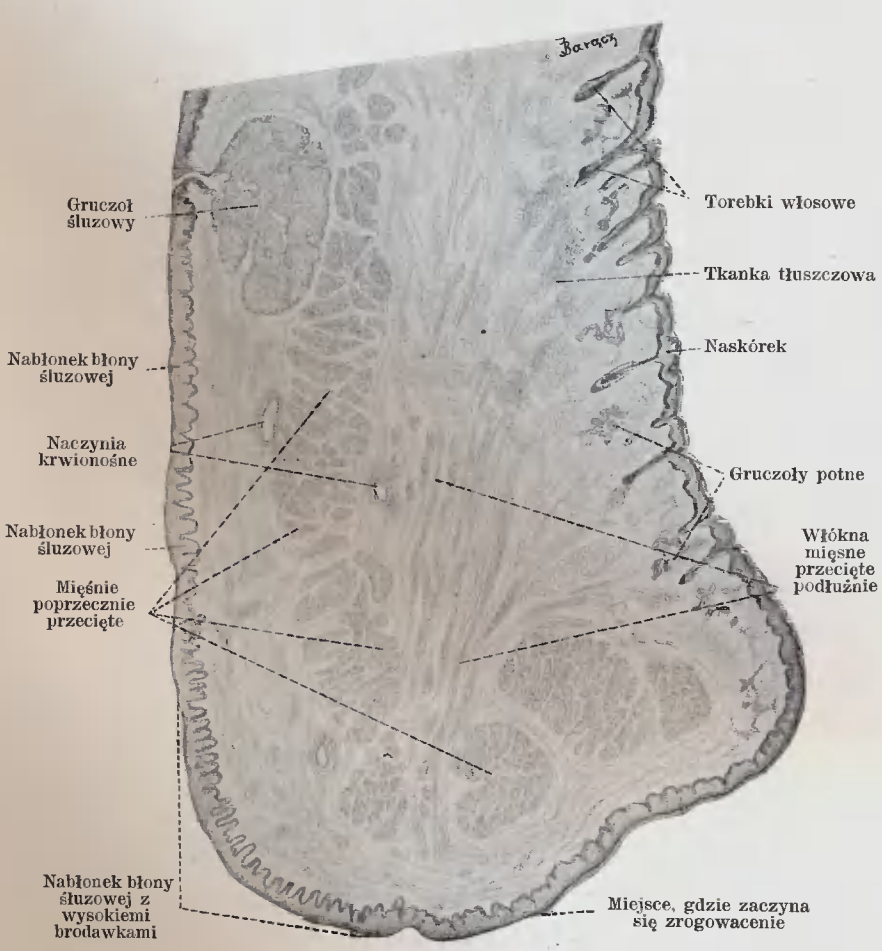
II. Układ trawienny.

Przewód pokarmowy w całej swej długości, począwszy od otworu ustnego aż do otworu odbytowego, jest wysłany od wewnątrz *błoną śluzową, membrana mucosa.* Błoną śluzową nazywamy miękką błonę, składającą się z tkanki łącznej i nabłonka, którą utrzymuje stale w stanie wilgotnym wydzielina gruczołów leżących w niej lub pod nią.

Błona śluzowa przewodu pokarmowego spełnia dwojakie zadanie: po pierwsze wydziela sama, względnie gruczoły z niej wychodzące soki trawienne, służące do rozpuszczenia pokarmów, powtóre przyjmuje rozpuszczalne produkty powstające podczas procesu trawienia, to znaczy trawi i wchłania czyli resorbuje. W celu powiększenia powierzchni wydzielającej błona śluzowa wpukla się w formie gruczołów, których schematyczną budowę w części ogólnej omówiliśmy (str. 49). Dla zwiększenia zaś powierzchni chłonącej błona śluzowa układa się w fałdy, oraz tworzy wyniosłości w postaci kosmków i brodawek.

Jak każda błona śluzowa składa się i ta z dwóch różnych części. Podstawę tworzy mianowicie tkanka łączna włóknista lub siateczkowata, stanowiąc t. zw. *warstwę właściwą błony śluzowej, lamina propria s. stratum proprium,* która jest od wewnątrz pokryta *nabłonkiem* w poszczególnych odcinkach rozmaicie zbudowanym.

Obok błony śluzowej *błona mięsna (lamina muscularis)* stanowi jeszcze stały składnik ściany przewodu pokarmowego. Kurcząc się, powoduje ona przesuwanie pokarmów, względnie kału z nich powstałego. Błona mięsna przewodu pokarmowego składa się prawie wyłącznie z mięśni gładkich, wyjątek stanowi tylko dolny i górny odcinek przewodu pokarmowego, gdzie występują mięśnie prążkowane. Leży ona zawsze na zewnątrz błony śluzowej i stale oddziela ją od błony śluzowej — *błona podśluzowa (lamina submucosa s. stratum submucosum).* Na granicy pomiędzy warstwą właściwą, a błoną podśluzową znajduje się z reguły cienka warstwa gładkich komórek



Ryc. 163.

Przekrój przez wargę górną 2½-letniego dziecka.

Pow. ok. 14 razy.

mięsnych — *warstwa mięsna błony śluzowej, lamina muscularis mucosae.* Wreszcie ta część przewodu pokarmowego, która leży w obrębie jamy brzusznej, jest powleczona od zewnątrz *błoną surowiczą, tunica serosa,* zwaną *otrzewną.*

W ten sposób mielibyśmy w częściach przewodu pokarmowego leżących wśród jamy brzusznej idąc od wnętrza ku zewnątrz następujące warstwy: 1. nabłonek, 2. warstwa właściwa błony śluzowej, 3. warstwa mięsna błony śluzowej, 4. błona podśluzowa, 5. błona mięsna, 6. błona surowicza.

Co się tyczy gruczołów przewodu pokarmowego, to mogą one być rozmaicie rozmieszczone. Przeważnie leżą one wśród warstwy właściwej błony śluzowej, mogą jednak zejść do błony podśluzowej. Mogą też wkońcu oddalić się bardziej od miejsca, z którego biorą początek i leżeć jako odrębne narządy jak np. ślinianki, wątroba, trzustka.

Poszczególne części przewodu pokarmowego wraz z uchodzącemi do jego światła gruczołami omówimy w następującym porządku:

1. Jama ustna.
2. Gardziel.
3. Przełyk.
4. Żołądek.
5. Jelita.
6. Wątroba.
7. Trzustka.

1. Jama ustna.

a) Błona śluzowa jamy ustnej.

Błona śluzowa jamy ustnej przechodzi na czerwonym brzegu wargi w skórę (ryc. 163).

Nabłonek jamy ustnej jest nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, który u człowieka nie ulega zrogowaceniu; dlatego też brak w nim warstw, wyróżnianych w naskórku zrogowaciałym jako warstwa ziarnista i warstwa jasna.

Warstwa właściwa błony śluzowej (lamina propria) składa się z krzyżujących się wiązek włókien łącznotkankowych z domieszką dosyć licznych włókien sprężystych. Tworzy ona na swej powierzchni wyniosłości, mające kształt czopków i stożków, zwane *brodawkami.* Najwyższe z nich, dochodzące do 0,5 mm wysokości, znajdują się na czerwonym brzegu ust i na dziąsłach. Podczas gdy warstwa właściwa błony śluzowej jamy ustnej nie posiada własnych gruczołów, występują na czerwonym brzegu ust gruczoły łojowe.

Błona podśluzowa składa się z tkanki łącznej wiotkiej oraz bardzo nielicznych włókien sprężystych. Na podniebieniu twardem i na dziąsłach jest ona bardziej zbita i mniej podatna. Wśród niej leżą bardzo liczne *gruczoły* (glandulae labiales, buccales, linguales, palatinae), których przewody odprowadzające przebijają błonę śluzową i uchodzą do jamy ustnej. Budowę ich omówimy w związku z dużemi gruczołami jamy ustnej.

Naczynia krwionośne błony śluzowej jamy ustnej tworzą dwie sieci, przebiegające mniejwięcej równolegle do powierzchni. Tętnice tworzą w obrębie błony podśluzowej splot dolny o dużych oczkach; od niego odgałęziają się drobne gałązki, które tworzą w obrębie warstwy właściwej splot górny o drobnych oczkach. Od tego ostatniego splotu odchodzą do brodawek cieniutkie gałązeczki, które rozpadają się w nich na sieć naczyń włosowatych. Żyły, które się z tych ostatnich zbierają, przebiegają obok tętnic.

Naczynia limfatyczne tworzą podobne sieci jak naczynia krwionośne i zbierają się w poszczególne pnie, które uchodzą do węzłów limfatycznych podszczękowych, podbródkowych, językowych, przyusznych, szyjnych powierzchniowych i głębokich (lymphoglandulae submaxillares, submentales, linguales, parotideae, cervicales superficiales et profundae).

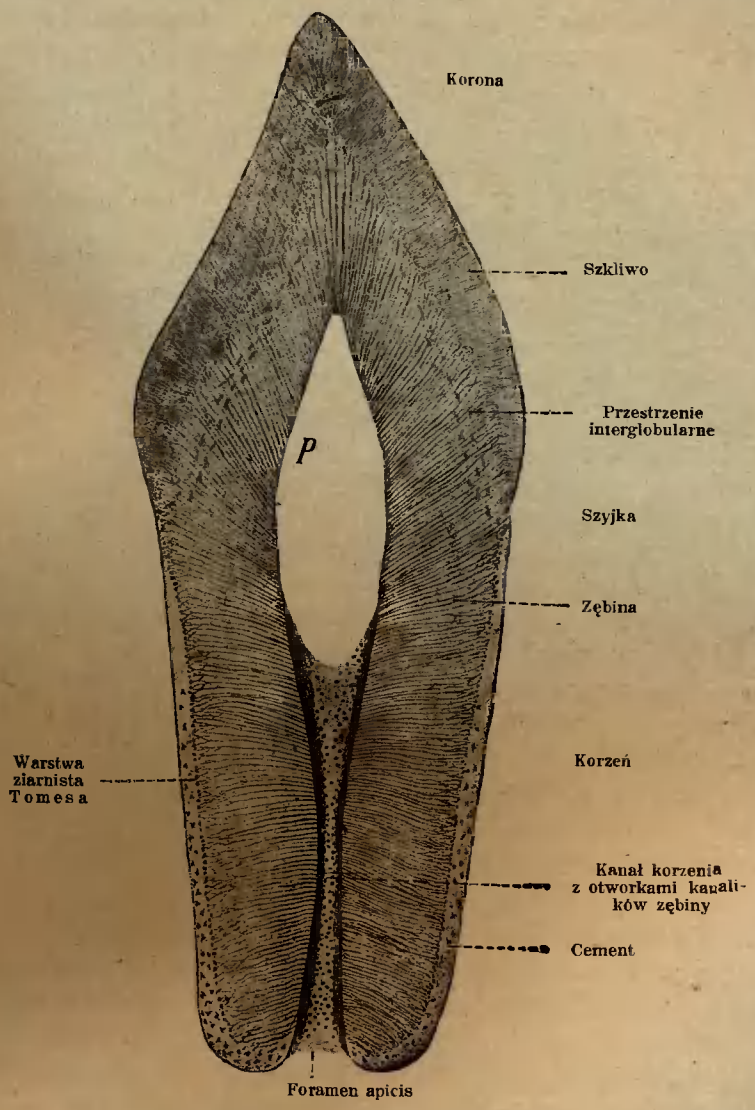
Nerwy są odgałęzieniami nerwu trójdzielnego (n. trigeminus) i zwoju klinowopodniebiennego (ganglion sphenopalatinum) i kończą się częścią w warstwie właściwej w postaci kolb końcowych, kłębków nerwowych i rozgałęzień drzewkowatych, częścią zaś w nabłonku w postaci wolnych zakończeń nerwowych śródnabłonkowych, lub też posiadają kształt tarcz dotykowych z komórkami dotykowemi Merkla (Botezat, Cecherelli, Jurjewa).

b) Zęby.

Zęby ludzkie są tworami twardemi, których część dolna tkwi w zębodole szczęki i nazywa się *korzeniem zęba*, odcinek górny zaś wystercza nazewnątrz i zwie się *koroną zęba*. Oba te odcinki łączą się w tak zwanej *szyjce zęba*, która jest pokryta dziąsłem.

Zęby składają się z trzech różnych substancji twardych: 1. szkliwa, 2. zębiny i 3. cementu (ryc. 164). Zębina otacza jamę znajdującą się we wnętrzu zęba, tak zwaną *jamę miazgi*, która przechodzi w dalszym ciągu przez korzeń zęba jako *kanał korzenia* i otwiera się na jego końcu (*foramen apicis dentis*). Zębina nie występuje nigdzie na powierzchnię, ponieważ w okolicy korony jest pokryta od zewnątrz szkliwem, w szyjce zaś i w korzeniu cementem. W okolicy szyjki cement zwykle zachodzi wąskim rąbkiem na szkliwo.

Jama miazgi jest wypełniona *miazgą*, którą tworzy tkanka łączna o delikatnem utkaniu włóknistem, zawierająca liczne komórki. Cechuje ją obecność wielkiej ilości naczyń i nerwów, wnikających od



Ryc. 164.
Szlif podłużny siekacza ludzkiego.
P. = Jama miazgi. Pow. ok. 6 razy.

dołu przez kanał korzenia. Pozostaje ona w stałej łączności z okostną zębodołu. Miazga na swej powierzchni, przytykającej do zębiny, jest pokryta dużemi komórkami walcowatemi — *odontoblastami*, czyli

komórkami zębinotwórczemi, które są ułożone w jednej warstwie obok siebie (ryc. 165). W dolnej części tych komórek leżą jądra. Odontoblasty wysyłają ze swych obwodowych tępych końców, stykających się z zębiną, po jednej, czasami po kilka wypustek do zębiny; są to tak zwane *włókna zębowe*. Oprócz tego odchodzą od odontoblastów wypustki w kierunku miazgi, które się łączą z jej elementami.

Zębina (dentyna, substantia eburnea) stanowi główną część składową zęba i otacza ze wszystkich stron miazgę. Jest to rodzaj tkanki kostnej, różniącej się tem od zwykłej tkanki kostnej, że jej komórki, t. zw. komórki twórcze zębiny (odontoblasty), leżą nie w jamkach istoty podstawowej, lecz nazewnątrz niej. Wspomnieliśmy już bowiem powyżej, że ciała komórkowe odontoblastów są ułożone na powierzchni miazgi i chociaż przylegają ściśle do zębiny, to jednak do tej ostatniej wchodzą tylko ich wypustki, zwane włóknami zębowemi, które leżą w kanalikach istoty podstawowej, w kanalikach zębiny.

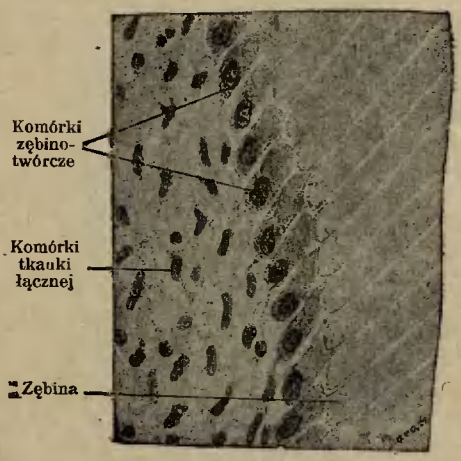
Kanaliki zębiny zaczynają się na wewnętrznej powierzchni zębiny, zwróconej ku jamie miazgi, wąskimi otworkami (ryc. 164), przenikają promienisto zębinę dążąc ku jej powierzchni zewnętrznej i tworząc lekko wężykowatą i w całości łagodnie esowato wygiętą linję. Początkowo grubość ich wynosi 2,5—5 μ, lecz w miarę tego, jak się rozgałęziają, stają się stopniowo coraz cieńsze, tak iż na zewnętrznej powierzchni zębiny średnica ich wynosi tylko 0,6 μ. Kanaliki te łączą się nie tylko z sąsiedniemi, lecz i z bardziej odległemi kanalikami zapomocą licznych odgałęzień bocznych, jak to widać na szlifie poprzecznym kanalików na ryc. 166. Układ tych kanalików jest charakterystyczny dla poszczególnych części zęba. W głębszych warstwach zębiny, położonych bliżej miazgi, odgałęzienia boczne są mniej liczne i odchodzą pod kątem prostym od pnia głównego, w warstwach bardziej wierzchnich zębiny stają się coraz liczniejsze i odchodzą pod kątem ostrym (ryc. 167).

W koronie zęba przebieg kanalików jest bardziej prostolinijny i podział na kanaliki równego kalibru spotykamy tutaj bardzo rzadko. W szyjce zęba natomiast przebieg ich jest bardziej falisty, w korzeniu zaś kanaliki tworzą linję łamaną i często się dzielą na gałązki jednakowej grubości (Szymonowicz, ryc. 167, 168, 169).

Rozgałęzienia końcowe kanalików zachowują się także różnie w różnych częściach zęba. W zębinie obwodowe końce kanalików rozpadają się tuż na granicy szkliwa na kilka palcowatych gałązek, z których pojedyńcze przekraczają granicę szkliwa, wnikają na niewielką odległość w substancję kitową, spajającą pryzmaty szkliwa i kończą się często małemi maczugowatemi rozszerzeniami. W okolicy szyjki i korzenia kończą się one ślepo na granicy cementu lub

też w warstwie ziarnistej T o m e s a, o której będzie mowa poniżej (ryc. 170). W nielicznych razach końce sąsiadujących ze sobą kanalików mogą w siebie przechodzić, tworząc pętlę.

Istota podstawowa zębiny składa się z cieńkich włókienek klejodajnych, które są ułożone warstwami od wewnątrz ku zewnątrz. Warstwy te leżą mniej więcej równolegle do powierzchni zębiny, krzyżują się więc z kanalikami zębiny mniejwięcej pod kątem prostym. Włókienka poszczególnych warstw krzyżują się wzajemnie wielokrotnie; leżą one wśród jednolitej istoty kitowej zwapniałej. Istota podstawowa dokoła kanalików jest twardsza, wytrzymalsza i tworzy tak zwane *pochewki Neumanna*, które dają się odosobnić przy zastosowaniu odpowiednich metod. Ścianki tych kanalików przechodzą na powierzchni wewnętrznej zębiny w równie odporną błonkę (K ö l l i k e r).

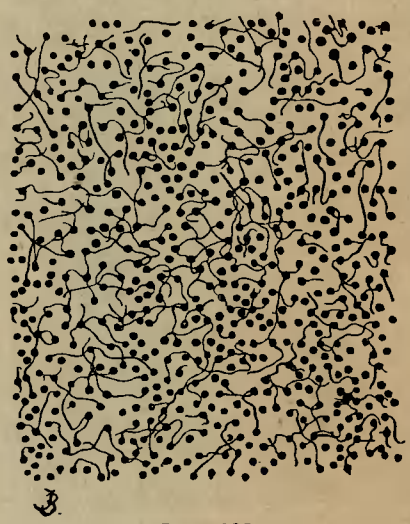


Ryc. 165
Przekrój podłużny korony zęba mlecznego noworodka.
Widać granicę między miazgą i zębiną
Pow. ok. 500 razy.

Wśród zębiny korony zęba, tuż poniżej jej granicy ze szkliwem, znajduje się warstwa dużych zębiastych przestrzeni wolnych, ograniczonych istotą podstawową zwapniałą, w kształcie kulistych wypukleń (ryc. 167). Te *przestrzenie interglobularne* (przestwory międzykulkowe) są prawdopodobnie niezwapniałemi częściami istoty podstawowej, czyli pozostałościami nierównomiernego i niezupełnego zwapnienia zębiny. Kanaliki zębiny przebiegają przez te przestrzenie nie ulegając wcale przerwie. W zębinie korzenia, tuż poniżej granicy jej z cementem, spotykamy warstwę bardzo drobnych przestrzeni interglobularnych (ryc. 170), którą nazwano *warstwą ziarnistą Tomesa*.

Szkliwo (substantia vitrea s. adamantina) pokrywa koronę zęba i jest najtwardszą ze wszystkich tkanek zwierzecych. Szkliwo jest pochodzenia nabłonkowego i zawiera tylko 2—5% substancji organicznych, rozpuszcza się więc całkowicie w rozcieńczonym kwasie solnym, nie zostawiając prawie wcale osadu. Szkliwo składa się z długich pryzmatów, 3—6 μ grubych, przeważnie pięcio- lub sześciobocznych, niezupełnie regularnych, tak zwanych *włókien szkliwa* lub *pryzmatów szkliwa*. Przebieg ich jest bardzo zawiły

(ryc. 171). Zwykle ułożone w równoległe szeregi, biegną one promienisto od powierzchni zębiny ku wolnej powierzchni szkliwa, wyginając się przytem falisto lub śrubowato i grubiejąc nieznacznie ku obwodowi. Nie posiadają one zwykle żadnej struktury, jednakże pod wpływem pewnych odczynników, np. rozcieńczonego kwasu solnego występują w nich smugi poprzeczne. Załamują one światło podwójnie i są negatywnie jednoosiowe. Pryzmaty szkliwa przylegają ściśle do siebie i są mocno spojone zapomocą skąpej ilości istoty kitowej. Szkliwo jest pokryte na powierzchni cieniutką (1 μ) błonką, bardzo odporną na odczynniki chemiczne i nie posiadającą żadnej struktury, która to błonka otrzymała nazwę *oszkliwia, cuticula dentis.*

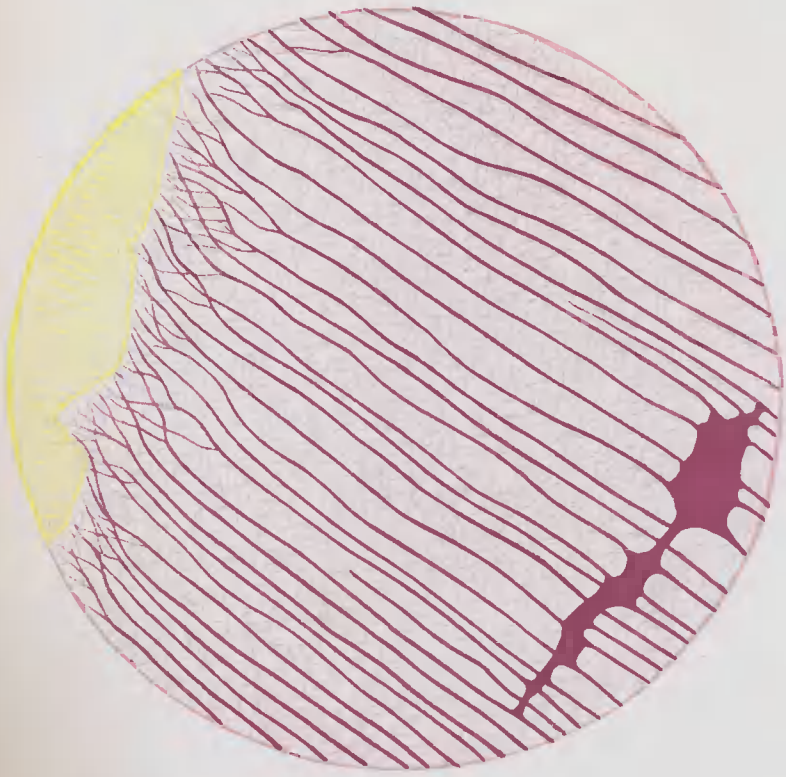


Ryc. 166.
Część szlifu zęba trzonowego ludzkiego impregnowanego barwikiem, z okolicy zębiny, położonej blisko miazgi.
Kanaliki zębowe są przecięte poprzecznie; łączą je między sobą odgałęzienia boczne.
Pow. ok. 400 razy.

Cement (substantia ossea dentis — ryc. 164, 170) pokrywa szyjkę i korzeń zęba cienką powłoką, która od szyjki ku końcowi korzenia coraz bardziej grubieje. Pod względem budowy jest to prawdziwa tkanka kostna o istocie podstawowej włóknistej, licznych włóknach *Sharpeya* i nielicznych jamkach kostnych. Tych ostatnich brak zupełnie w cienkiej warstwie cementu na szyjce zęba, w miarę tego jednak, jak warstwa cementu grubieje, a więc w miarę zbliżania się ku końcowi korzenia, jamki występują liczniej. Kanały Havers a spotyka się tylko w cemencie starych zębów i to zębów trzonowych.

Naczynia krwionośne i *nerwy* znajdują się wyłącznie w miazdze zęba, której znamienną cechą jest właśnie bogactwo naczyń krwionośnych i nerwów. Gałązki zębowe tętnic zębodołowych (rami dentales arteriarum alveolarium) wnikają przez kanały korzeni do miazgi zęba, dzielą się tam na liczne gałązki, które tworzą sploty o oczkach wydłużonych i wreszcie rozpadają się na obwodzie na gęstą, delikatną sieć naczyń włosowatych, której pętle wchodzą pomiędzy odontoblasty (Annet, Łepkowski).

Naczynia limfatyczne miazgi uchodzą do węzłów limfatycznych podszczękowych wzgl. szyjnych głębokich (lymphoglandulae maxillares, resp. cervicales profundae).

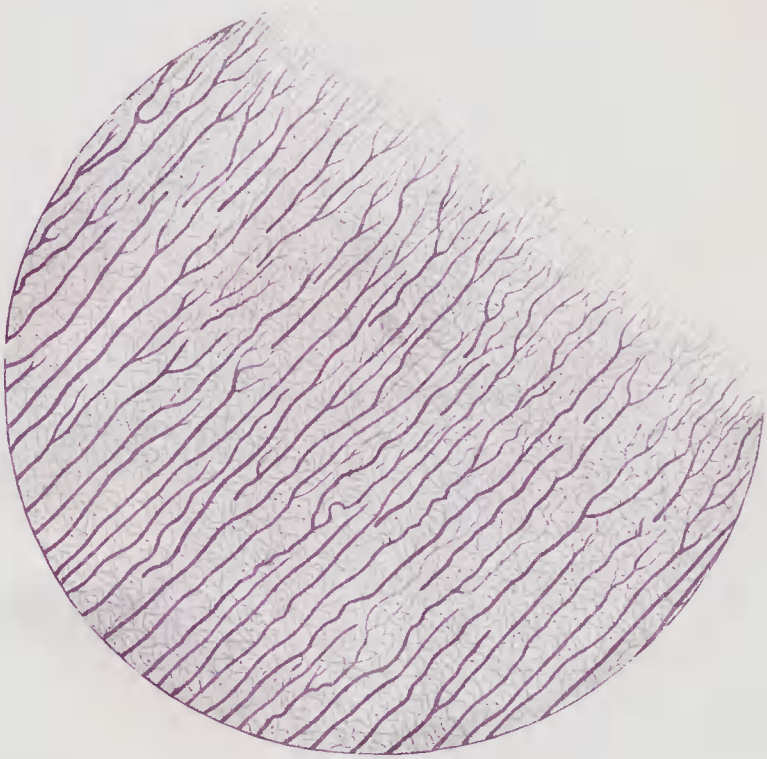


Ryc. 167.

Szlif podłużny części bocznej korony kła człowieka.

Kanaliki wypełnione barwikiem wchodzą częściowo pomiędzy pryzmaty szkliwa. Przestrzeń interglobularna, wypełniona barwikiem fioletowym, jest ograniczona powierzchniami kulistemi zębiny

Pow. ok. 330 razy

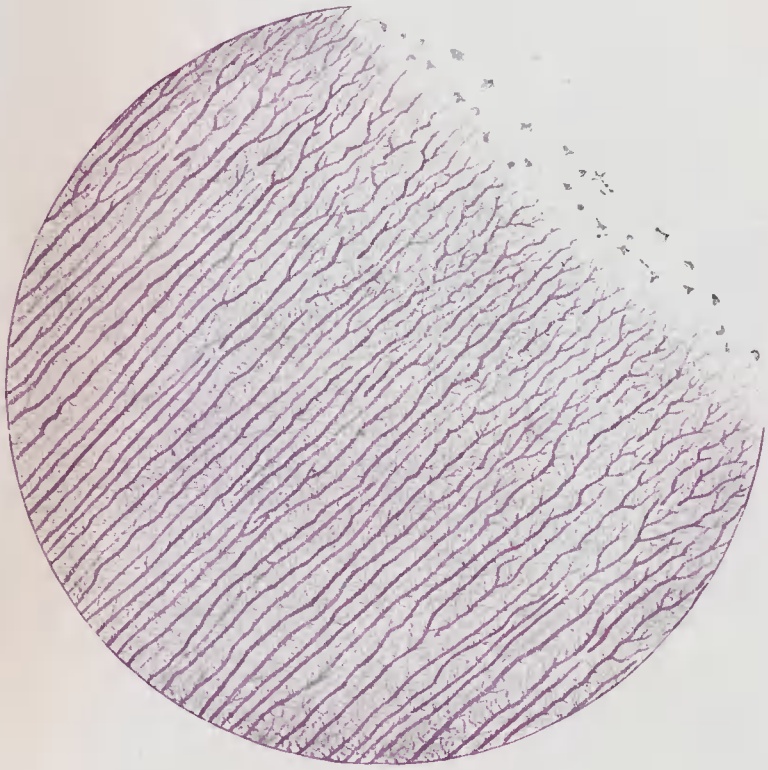


Ryc. 168.

Szlif poprzeczny szyjki zęba trzonowego człowieka.

Rozgałęziające się kanaliki obficie łączą się z sobą. Wszystkie kanaliki wypełnione barwikiem.

Pow. ok. 330 razy.



Ryc. 169.

Szlif poprzeczny korzenia zęba trzonowego człowieka.

Kanaliki wypełnione barwikiem fioletowym posiadają liczne rozgałęzienia. W warstwie ziarnistej widoczne są również małe przestrzenie interglobularne.

Pow. ok. 330 razy.

Nerwy odchodzące od gałązek zębodołowych (rami alveolares) wzgl. ze splotu zębowego dolnego (plexus dentalis inferior) wnikają kilkoma wiązkami do miazgi, podchodzą do góry prawie w osi zęba, rozpadając się po drodze na pojedyńcze włókna. Włókna te tworzą gęsty splot, zwracają się ku powierzchni miazgi, w końcu tracą pochewkę rdzenną i jako włókna bezrdzenne wnikają pomiędzy odontoblasty, gdzie kończą się wolno małemi nabrzmieniami (Retzius). Starsze spostrzeżenia, że nerwy wchodzą nawet do zębiny (Boll, Römer), potwierdzają badania nowsze (Mummery, Dependorp, Fritzsch). Pojedyncze włókienka nerwowe mają się kończyć w kanalikach zębinowych, inne natomiast mają przebiegać w istocie podstawowej zębiny. Czy włókna te wnikają aż do zewnętrznych części zębiny, a nawet do szkliwa (Morgenstern), dotychczas ostatecznie nie stwierdzono.

Ryc. 170.
Część szlifu poprzecznego siekacza ludzkiego w pobliżu korzenia.
Pow. około 360 razy.

Okostną zęba (ozębną, periodontium) nazywamy wszystkie te włókna, które przebiegają od ściany zębodołu do korzenia zębowego i umocowują ząb w zębodole. Są to wyłącznie klejodajne włókna, biegnące w wiązkach. W szyjce zęba biegną one wyłącznie poprzecznie, im zaś bardziej zbliżają się do końca korzenia, tem bardziej układają się skośnie. Wchodząc do cementu stanowią jego włókna sharpeyowskie. Ozębna zawiera liczne naczynia krwionośne i nerwy.

Rozwój zębów.

Z badań nad rozwojem zębów okazało się, że pochodzenie twardych części zęba jest dwojakie, a mianowicie szkliwo jest tworem pochodzącym z nabłonka jamy ustnej, zębina i cement zaś pochodzą z mezenchymy.

Punktem wyjścia dla rozwoju zębów jest nabłonek, leżący na brzegu szczęki. Już w początku siódmego tygodnia życia płodowego u człowieka nabłonek ten zaczyna wrastać do leżącej głębiej tkanki łącznej w postaci listwy, zwanej *listewką zębową*. W trzecim miesiącu na wolnym brzegu listewki zębowej, po jej stronie zwróconej ku wargom, zaczynają się tworzyć maczugowate lub kolbowate zgrubienia nabłonka. Leżą one w pewnych odstępach od siebie i są pierwszymi zawiązkami *zębów mlecznych* (ryc. 172). U człowieka ilość tych zgrubień, odpowiadająca ilości późniejszych zębów mlecznych, wynosi 20, czyli po 10 na każdej szczęce. Równocześnie zachodzą pewne zmiany w tkance łącznej, a mianowicie gęściej skupione komórki tkanki łącznej bujają ku zgrubieniom kolbowatym nabłonka

Ryc. 171.

Szlif podłużny przez wierzchołek zęba trzonowego ludzkiego. ($3^1/_2$ letn. chłopca).

Widać wnikanie kanalików zębowych pomiędzy pryzmaty szkliwa i przebieg tych ostatnich.

Pow. ok. 135 razy.

tak, że wpuklają się w nie, tworząc w ten sposób *brodawki zębowe*. Wskutek tego wpuklania się i dalszego wzrostu brodawki nabłonek przybiera kształt czapeczki, leżącej na brodawce łącznotkankowej. Ponieważ nabłonek ten uczestniczy w wytwarzaniu szkliwa, nazwano go *narządem szkliwnym (szkliworodnym)*. Następnie listewka zębowa zaczyna się oddzielać od narządu szkliwnego w ten sposób, że połączenie pomiędzy nimi, poprzednio szerokie, staje się coraz węższe tak, iż wreszcie tworzy wąziutkie połączenie, zwane *szyjką narządu szkliwnego*. Na listewce zębowej w tem miejscu, w którem narząd szkliwny zębów mlecznych oddziela się

od niej, tworzy się nowe kolbkowate zgrubienie, wnikające do tkanki łącznej; w zgrubienia te wrastają brodawki zębów trwałych (ryc. 173).

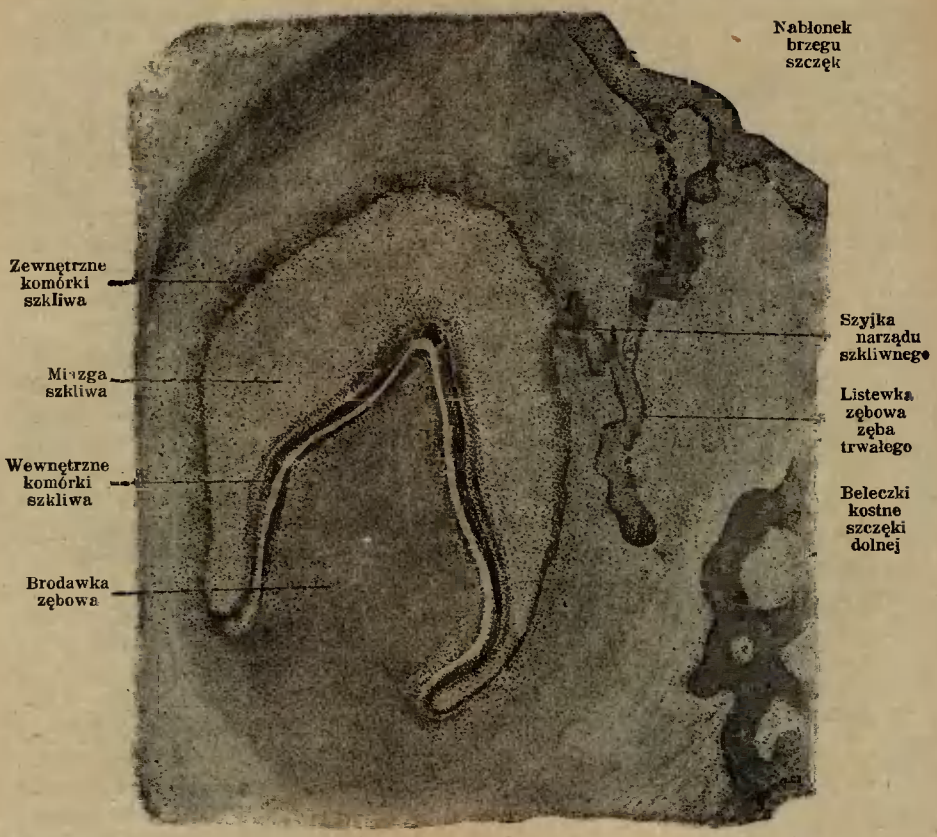
Tak więc, począwszy od piątego miesiąca życia płodowego, powstaje w kolejnym szeregu od przodu ku tyłowi 32 zawiązków zębów trwałych, które tworzą się w taki sam sposób, jak zawiązki zębów mlecznych, leżą jednak od nich na wewnątrz, t. j. od strony języka.

Tymczasem w narządzie szkliwnym i w brodawce zachodzą zmiany, doprowadzające do wytworzenia się substancji twardych. W narządzie szkliwnym komórki, sąsiadujące z brodawką zęba, tworzące tak zwane *wewnętrzne komórki szkliwa* czyli nabłonek wewnętrzny narządu szkliwnego, stają się coraz wyższe podczas gdy *zewnętrzne komórki szkliwa*, czyli nabłonek zewnętrzny narządu szkliwnego spłaszczają się coraz bardziej. Komórki leżące pomiędzy temi dwiema wastwami tworzą tak zwaną *miazgę szkliwa*. Pomiędzy komórkami miazgi gromadzi się w większej ilości istota międzykomórkowa, a same komórki przybierają kształt gwiaździsty i łączą się z sobą wypustkami, jednem słowem miazga szkliwa staje się tkanką galaretowatą. Później ilość miazgi szkliwa zmniejsza się stopniowo, aż wreszcie zanika prawie zupełnie. Zmiany, zachodzące w brodawce zębowej, polegają natomiast głównie na tem, że komórki mezenchymatyczne, leżące na powierzchni brodawki, przybierają kształt walcowaty i układają się w jedną warstwę, tak jak w nabłonku, stając się *odontoblastami* czyli komórkami zębinotwórczemi. Wkrótce zanika zupełnie związek listewki zębowej tak z nabłonkiem brzegu szczęki jak i z narządem szkliwnym. Odbywa się to w ten sposób, że w listewkę wrasta tkanka łączna, przedziurawia ją jak sito i rozkłada na drobne gniazda nabłonkowe. Gniazda te bywają często kuliste i niejednokrotnie posiadają współśrodkowe uwarstwowienie, skutkiem koncentrycznego układania się komórek nabłonkowych, jak warstw w miąższu cebuli (perły nabłonkowe). Równocześnie tkanka łączna tworzy dokoła zawiązków zębów osłonkę t. zw. *torebkę zębową*, która otacza ze wszystkich stron zarodek zęba.

Ryc. 172.
Wczesne stadyum rozwoju zęba zarodka świni.
Pow. ok. 240 razy.

Około 20 tygodnia życia płodowego rozpoczyna się u człowieka wytwarzanie się substancji twardych uzębienia mlecznego (ryc. 174). Najpierw pojawia się zębina. Jest to produkt odontoblastów czyli komórek twórczych zębiny. Wydzielają one na swej powierzchni istotę jednorodną, niezróżnicowaną, *prazębinę* w postaci cieniutkiej błonki *(membrana praeformativa)*, która oddziela ją od wewnętrznych komórek narządu szkliwnego (K ö l l i k e r). Prazębina przetwarza się w zębinę, która jest początkowo istotą nie zawierającą włókien. Włókna klejodajne wytwarzają się w niej później niezależnie od komórek (E b n e r). W ostatnich latach podniesiono zarzuty przeciwko tym zapatrywaniom na proces wytwarzania się zębiny. Tak np. K o r f f wystąpił z twierdzeniem, że odontoblasty nie uczestni-

czą w wytwarzaniu istoty podstawowej zębiny. Według niego istota podstawowa zębiny jest od samego początku włóknista, a włókna ma wytwarzać miazga w ten sposób, że włókna jej przechodzą pomiędzy odontoblastami bezpośrednio we włókna zawiązku zębiny (membrana praeformativa). Disse natomiast powraca do mniemania, wypowiedzianego niegdyś przez Waldeyera, że zębina tworzy się z przekształconej protoplazmy odontoblastów. Dopiero później występują włókna klejodajne wśród jednolitej istoty podstawowej, powstałej ze zmienionej proto-



Ryc. 173.

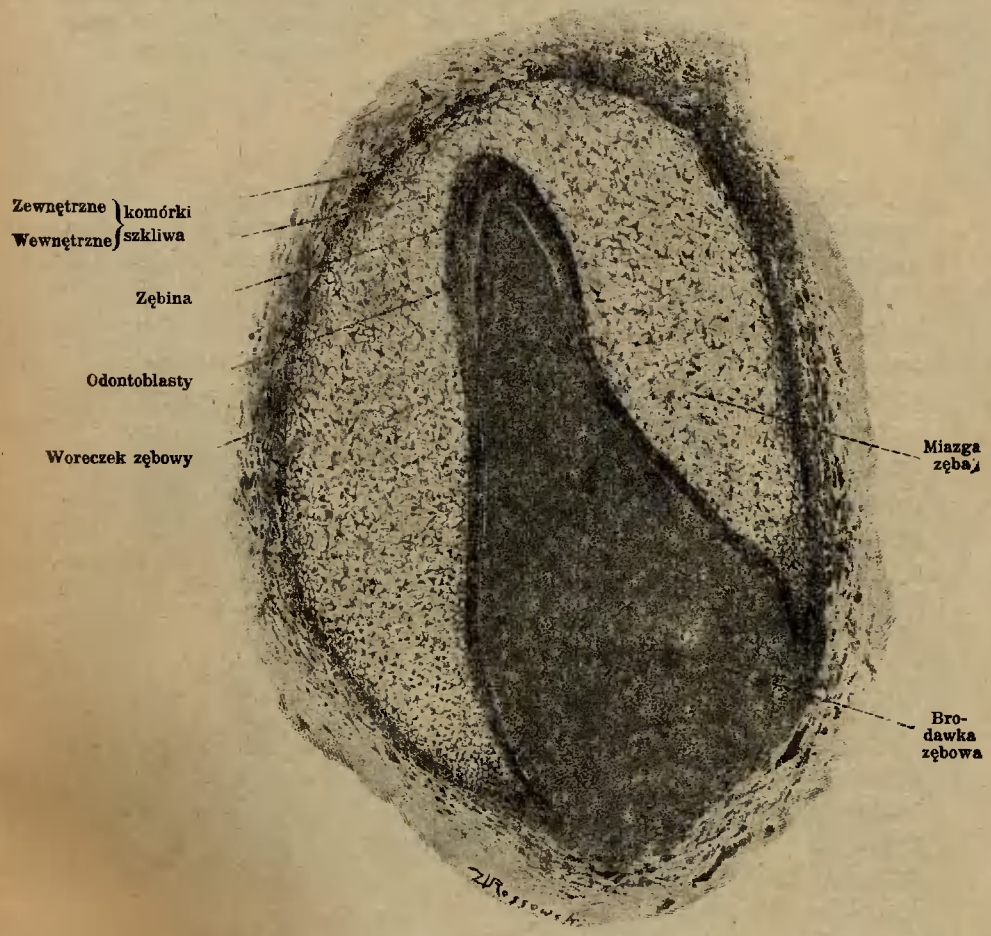
Starsze stadyum rozwoju zęba człowieka ($3^1/_2$ miesięcznego zarodka ludzkiego).

Pow. około 63 razy.

plazmy odontoblastów. Zębina zaczyna się wytwarzać na szczycie brodawki zębowej. Odontoblasty wysyłają do zębiny wypustki, które jako włókna zębowe układają się w kanalikach zębowych. We włóknistej istocie podstawowej zębiny zaczynają się osadzać warstwami sole wapniowe. Zwapniała zębina wystercza w części niezwapniałe w postaci wyniosłości półkulistych, zwanych *kulami zębiny* (Kölliker). W wielu miejscach jednak nie przychodzi wcale do zwapnienia; takie niewielkie przestrzenie niezwapniałe, otoczone kulami zębinowemi, tworzą opisane powyżej przestrzenie interglobularne czyli międzykulkowe.

W krótkim czasie po rozpoczęciu tworzenia się zębiny, zaczyna się także tworzyć szkliwo. *Szkliwo* wytwarzają *wewnętrzne komórki szkliwa (ameloblasty,*

adamantoblasty) (ryc. 174). Komórki te są jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym, są ze sobą połączone delikatnemi mostkami międzykomórkowemi i posiadają podwójny układ listewek granicznych, które od góry i od dołu zamykają przestwory międzykomórkowe. Nabłonek wewnętrzny narządu szkliwnego wydziela w obrębie przyszłej korony na powierzchni wewnętrznej, zwróconej ku



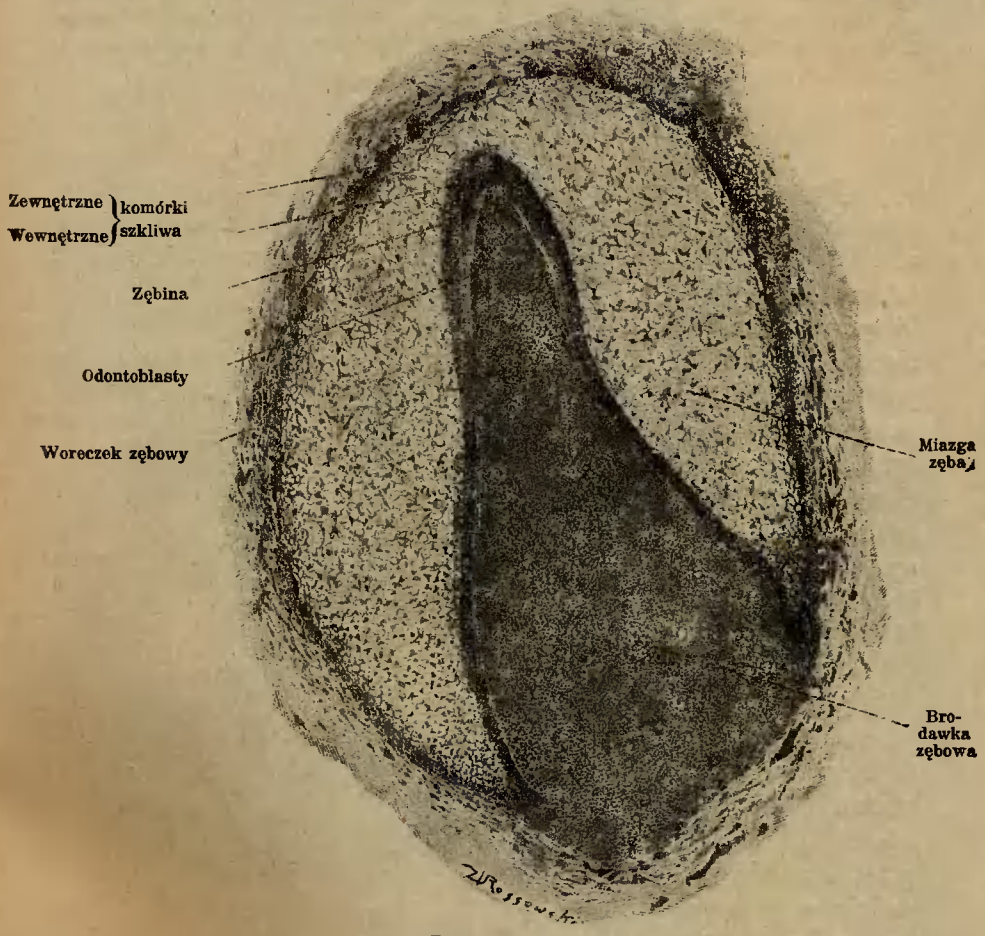
Ryc. 174.

Przekrój podłużny przez zawiązek zęba mlecznego pięć- do sześciomiesięcznego zarodka ludzkiego. Początek tworzenia się zębiny i szkliwa.

Pow. ok. 45 razy.

młodej zębinie miękką substancję, początkowo nie wykazującą żadnej budowy. Substancja ta (preadamantyna, preemalja) jest wydzieliną ameloblastów i wydostaje się na zewnątrz przez dolne ich końce, tworzące stożkowate *wypustki Tomesa* (L a m s). Gromadzi się ona w coraz większej ilości pomiędzy dolną powierzchnią ameloblastów, a już wytworzoną, młodą zębiną i z czasem ulega zwapnieniu. W ten sposób powstają walcowate twory, przyszłe *pryzmaty szkliwa.* Spoczywają one bezpośrednio na wypustkach Tomesa, tworząc ich przedłużenie w kierunku ku wewnątrz. Pomiędzy tworzącymi się pryzmatami gromadzi się

adamantoblasty) (ryc. 174). Komórki te są jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym, są ze sobą połączone delikatnemi mostkami międzykomórkowemi i posiadają podwójny układ listewek granicznych, które od góry i od dołu zamykają przestwory międzykomórkowe. Nabłonek wewnętrzny narządu szkliwnego wydziela w obrębie przyszłej korony na powierzchni wewnętrznej, zwróconej ku



Ryc. 174.

Przekrój podłużny przez zawiązek zęba mlecznego pięć- do sześciomiesięcznego zarodka ludzkiego. Początek tworzenia się zębiny i szkliwa.

Pow. ok. 45 razy.

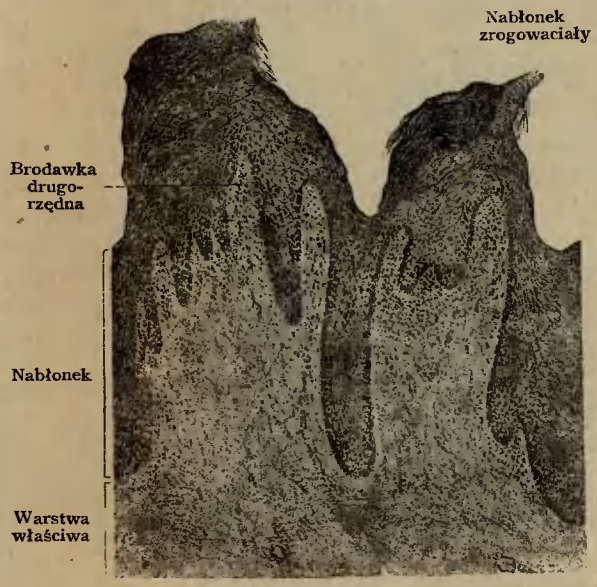
młodej zębinie miękką substancję, początkowo nie wykazującą żadnej budowy. Substancja ta (preadamantyna, preemalja) jest wydzieliną ameloblastów i wydostaje się na zewnątrz przez dolne ich końce, tworzące stożkowate *wypustki Tomesa* (L a m s). Gromadzi się ona w coraz większej ilości pomiędzy dolną powierzchnią ameloblastów, a już wytworzoną, młodą zębiną i z czasem ulega zwapnieniu. W ten sposób powstają walcowate twory, przyszłe *pryzmaty szkliwa*. Spoczywają one bezpośrednio na wypustkach Tomesa, tworząc ich przedłużenie w kierunku ku wewnątrz. Pomiędzy tworzącymi się pryzmatami gromadzi się

substancja, która później zagęszcza się w skąpą istotę kitową (ryc. 175). W końcu sole wapniowe zaczynają osadzać się w istocie kitowej. Gdy proces tworzenia się szkliwa dobiegnie kresu, komórki szkliwne giną, listewki ich podstawowe dostają się na powierzchnię i tworzą oszkliwie zęba. Podczas dalszego rozwoju szkliwa miazga szkliwa zanika stopniowo, aż wreszcie komórki zewnętrzne szkliwa zetkną się z komórkami wewnętrznemi, poczem jedne i drugie zanikają.

Cement rozwija się jako tkanka kostna pochodzenia łącznotkankowego z tkanki łącznej, graniczącej z zębiną; komórki tkanki łącznej zamieniają się na osteoblasty i wytwarzają dokoła siebie substancję kostną.

c) Język.

Język jest narządem złożonym przeważnie z mięśni prążkowanych, pokrytych błoną śluzową. Zależnie od kierunku przebiegu rozróżniamy trzy rodzaje *włókien mięsnych* w języku, a mianowicie takie, których wiązki przebiegają poziomo, a zarazem podłużnie czyli od przodu ku tyłowi języka, następnie poziomo i poprzecznie czyli z jednej strony języka na drugą i wreszcie mięśnie biegnące pionowo t. j. od górnej ku dolnej powierzchni języka. Wiązki te, zwłaszcza w wierzchnich warstwach mięsnych języka przeplatają się wzajemnie, a końce ich tu i ówdzie się dzielą i rozgałęziają. Pomiędzy wiązkami mięsnemi spotykamy obficie rozwiniętą tkankę łączną śródmięśniową, która zawiera liczne komórki tłuszczowe oraz gruczoły, wnikające głęboko pomiędzy wiązki mięsne.



Ryc. 176.
Dwie brodawki nitkowate z przedniej części języka ludzkiego.
Pow. ok. 80 razy.

Błona podśluzowa łączy mięśnie języka z błoną śluzową. Na końcu języka i na jego powierzchni górnej jest ona słabo rozwinięta i zbita, po bokach zaś, a zwłaszcza na powierzchni dolnej języka jest wiotka i obficiej rozwinięta. W błonie podśluzowej leżą bardzo

Ryc. 175. Przekrój przez zawiązek zęba szczęki dolnej zarodka 6-ściomiesięcznego Hemat. żclaz.-eozyna.

liczne gruczoły, które najgęściej występują w tylnej części języka. Budowę ich omówimy w związku z opisem gruczołów ślinowych.

Błona śluzowa języka składa się, podobnie jak cała błona śluzowa jamy ustnej, z łącznotkankowej warstwy właściwej i z nabłonka ją pokrywającego. Różni się ona od reszty błony śluzowej jamy ustnej głównie tem, że tworzy na górnej powierzchni języka bardzo liczne wyniosłości, o różnych kształtach, zwane *brodawkami języka*. W każdej zatem brodawce wyniosłość warstwy właściwej stanowi jej trzon, pokryty nabłonkiem języka. W głębi przechodzi warstwa właściwa bez ostrej granicy w warstwę podśluzową.

Ryc. 177.

Przekrój pionowy przez brodawkę grzybowatą języka ludzkiego.

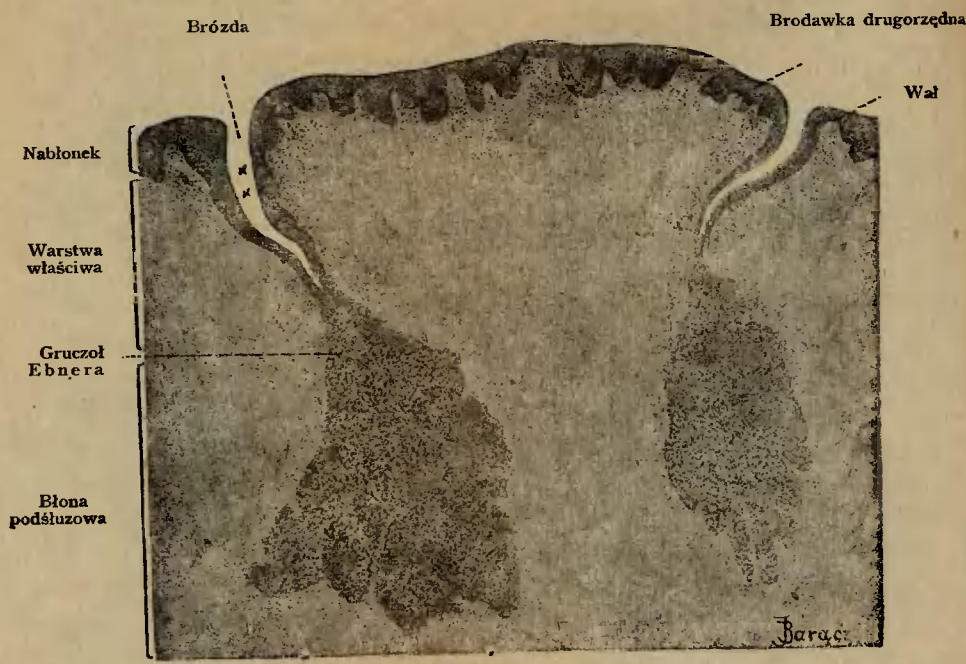
Pow. około 45 razy.

Rozróżniamy u człowieka cztery rodzaje brodawek językowych: *brodawki nitkowate* (papillae filiformes), *brodawki grzybowate* (papillae fungiformes), *brodawki okolone* (papillae circumvallatae) i *brodawki blaszkowate cz. liściaste* (papillae foliatae).

Brodawki nitkowate (ryc. 176) są wyniosłościami stożkowatemi różnej długości (0,7—3 mm), rozsiane po całej powierzchni górnej języka. Są one najwyższe w części środkowej języka, ku brzegom zaś są coraz niższe. Warstwa śluzowa właściwa, leżąca pod nabłonkiem, tworzy 5—20 drugorzędnych brodawek łącznotkankowych, które razem pokryte są grubym pokładem nabłonka wielowarstwowego płaskiego. Wierzchnie warstwy tego nabłonka ulegają czasem

zrogowaceniu (np. u kotów). Warstwa nabłonkowa tworzy ostro zakończoną, stożkowatą wyniosłość, która czasem rozpada się pendzelkowato na kilka wyrostków.

Brodawki grzybowate (ryc. 177) są tworami, mającymi 0,7—1,8 mm długości, kształtu maczugi lub rzadziej grzyba. Spotyka się je głównie w przedniej połowie górnej powierzchni języka, rozsiane pomiędzy brodawkami nitkowatemi, wśród których wyróżniają się barwą czerwoną dzięki temu, że naczynia krwionośne

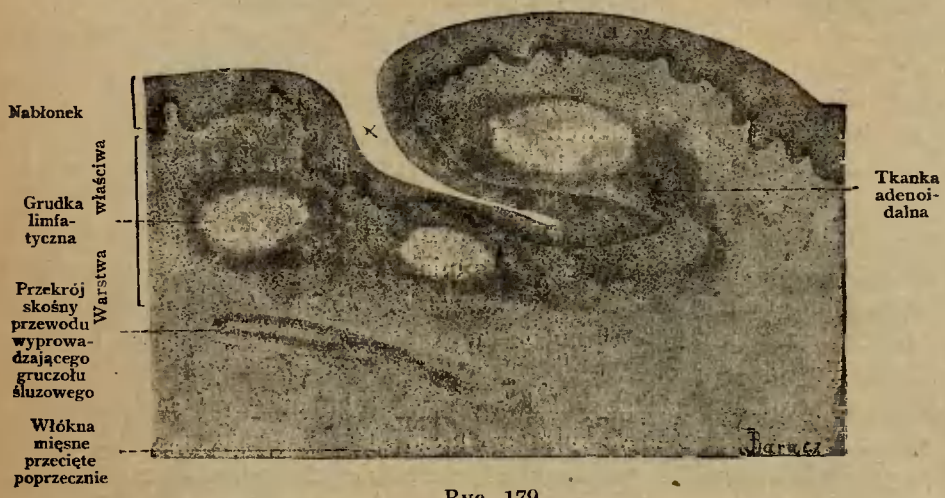


Ryc. 178.
Przekrój pionowy przez brodawkę okoloną języka ludzkiego.
× × = Kubki smakowe. Pow. 37 razy.

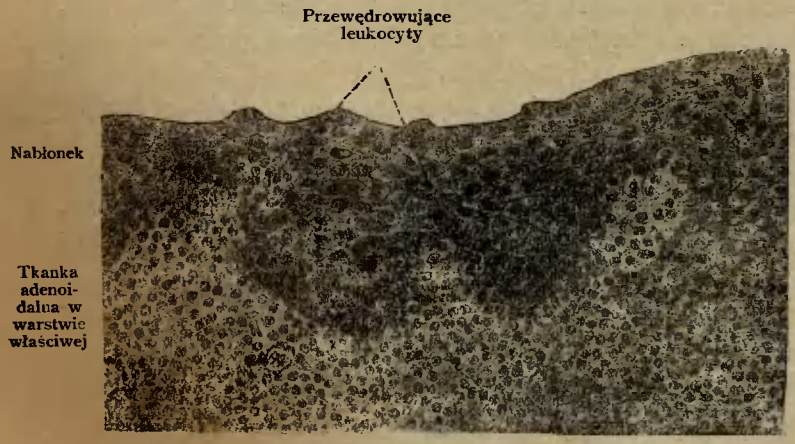
błony śluzowej właściwej przeświecają w nich po przez stosunkowo cienką warstwę nabłonka. Posiadają one większą, niż brodawki nitkowate, ilość łącznotkankowych brodawek drugorzędnych.

Brodawki okolone (ryc. 178) spotykamy w liczbie 7—12 jako twory okrągłe, mające 1—2 mm średnicy i 1 mm wysokości, ułożone tuż przed *sulcus terminalis* w ten sposób, iż tworzą linję załamaną, zwróconą ku przodowi, której ramiona zamykają kąt rozwarty. Wystają one niewiele ponad powierzchnię błony śluzowej. Każda z nich jest otoczona dokoła brózdą, a ponadto nazewnątrz od niej płaskim, pierścieniowatym wałem. Trzon łącznotkankowy

brodawki tworzy na górnej powierzchni liczne niskie brodawki drugorzędne, ponad któremi układa się gładko nabłonek. Powierzchnie boczne nie posiadają brodawek, natomiast zawierają aparaty



Ryc. 179.
Przekrój przez mieszek językowy człowieka.
× Jama mieszkowa. Pow. 50 razy.



Ryc. 180.
Część przekroju mieszka językowego człowieka.
Pow. ok. 260 razy.

końcowe nerwów smakowych, tak zwane *kubki smakowe*, zajmujące całą grubość, stosunkowo cienkiej warstwy nabłonka (por. ryc. 178, z lewej strony widać w warstwie nabłonka trzy kubki smakowe). Do brózdy uchodzą liczne gruczoły surowicze Ebnera, które opiszemy poniżej.

Brodawki blaszkowate (liściaste) znajdują się na bocznych brzegach tylnej części języka i przedstawiają się u człowieka w kształcie 3—6 równoległych fałdów błony śluzowej, biegnących pionowo i poprzecznie do brzegu języka i oddzielonych od siebie brózdami. W nabłonku ich, podobnie jak w brodawkach okolonych, znajdują się kubki smakowe. O wiele silniej niż u człowieka brodawki te są rozwinięte u wielu zwierząt ssących, jak np. u małp, małpiątek i gryzoniów. U królika np. tworzą one płaski owalny twór, składający się z licznych fałdów czyli blaszek. Na bocznych powierzchniach blaszek znajdują się niezwykle liczne *kubki smakowe*.

Błona śluzowa tylnej części czyli nasady języka nie posiada brodawek; znajdują się na niej natomiast liczne płaskie wyniosłości o 1—4 mm średnicy, zwane *mieszkami językowemi* (folliculi linguales); wszystkie razem wzięte stanowią one t. zw. *migdałek językowy* (tonsilla lingualis — ryc. 179).

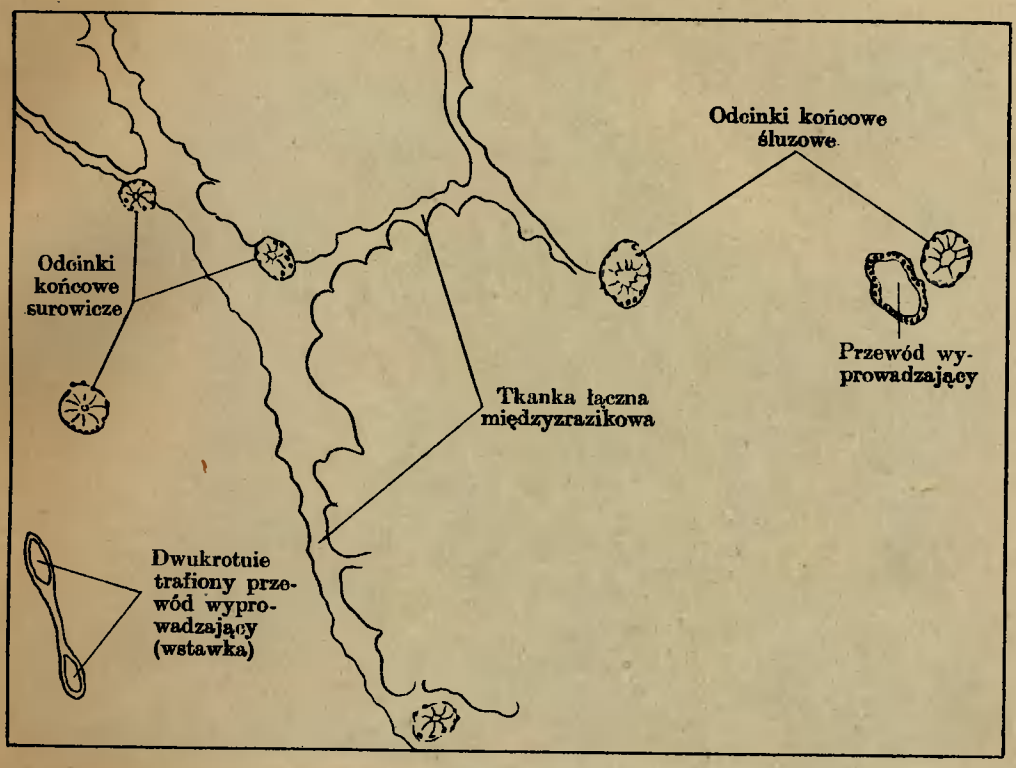
W środku każdego mieszka językowego znajduje się mały otwór, prowadzący do *jamy mieszkowej*. Jest to ślepo zakończone zagłębienie błony śluzowej, wysłane, podobnie jak cała powierzchnia języka, nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. W błonie śluzowej właściwej, leżącej pod nabłonkiem, znajduje się obficie nagromadzona tkanka adenoidalna, wyraźnie odgraniczona od otaczającej ją tkanki łącznej włóknistej; tworzy ona kilka grudek limfatycznych z ogniskami rozmnażania, ułożonych dokoła jamy mieszkowej. Granica pomiędzy nabłonkiem jamy mieszkowej, a leżącą pod nim tkanką adenoidalną, jest nieco zatarta z tego powodu, że leukocyty przewędrowują tędy masowo do jamy ustnej, co nawet może za sobą pociągnąć zniszczenie nabłonka w licznych miejscach (ryc. 180).

Tętnice zaopatrujące język są gałązkami tętnicy jezykowej. Tworzą one w błonie podśluzowej sieć, rozpostartą równolegle do powierzchni. Od sieci tej odchodzą gałązki do brodawek i rozpadają się na siateczkę naczyń włosowatych, które następnie przechodzą w żyły, przebiegające tak samo jak tętnice.

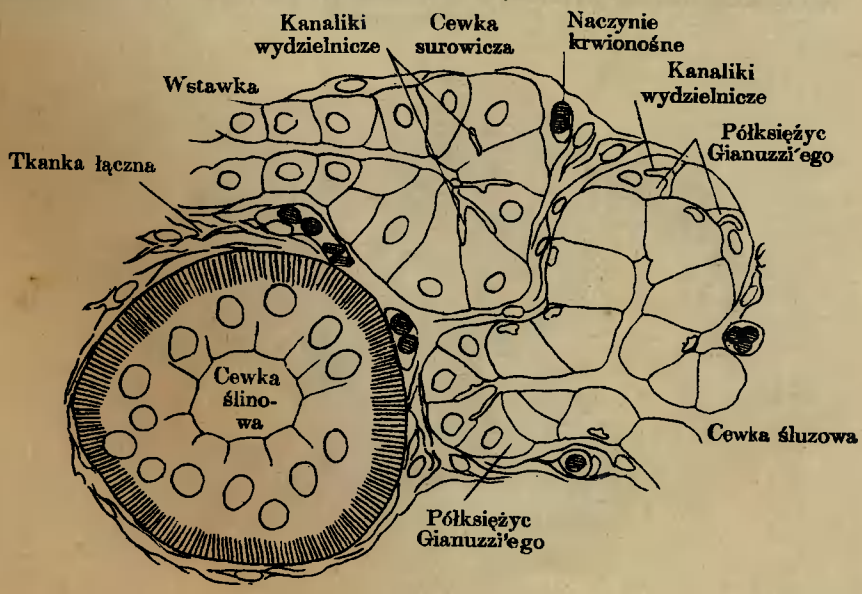
Podobnie przebiegają *naczynia limfatyczne* języka, które są silniej rozwinięte u nasady języka. Naczynia limfatyczne powstające wśród tkanki łącznej brodawek, tworzą jeden splot wierzchni, drugi zaś leżący głębiej, w błonie podśluzowej. Naczynia odprowadzające biegną do węzłów limfatycznych językowych i szyjnych (lymphoglandulae linguales et cervicales).

Nerwy języka są czworakiego pochodzenia. *Nerw językowy* (nervus lingualis, będący odgałęzieniem nerwu trójdzielnego) zaopatruje całą przednią część języka, tworząc dwa sploty: jeden w błonie podśluzowej, drugi w warstwie śluzowej właściwej. Od splotów tych odchodzą gałązki, które po części tworzą wolne zakończenia

Ryc. 181.



Ryc. 182.



Ryc. 181.
Przekrój gruczołu podszczękowego (Gl. submaxillaris) człowieka. Hematoksylina-eozyna.
Pow. ok. 150 razy.

Ryc. 182.
Część przekroju gruczołu podszczękowego człowieka. Barwione według Biondi'ego.
Pow. ok. 600 razy.

Ryc. 181.
Przekrój gruczołu podszczękowego (Gl. submaxillaris) człowieka. Hematoksylina-eozyna.
Pow. ok. 150 razy.

Ryc. 182.
Część przekroju gruczołu podszczękowego człowieka. Barwione według Biondi'ego.
Pow. ok. 600 razy.

w kształcie drzewek w tkance łącznej i w nabłonku, po części zaś kończą się specjalnemi ciałkami końcowemi, ciałkami Paciniego, Krausego, Meissnera i Ruffiniego.

Gałązki językowe nerwu językowogardłowego (rami linguales n. glossopharyngei), unerwiające całą tylną część języka, dochodzą głównie do kubków smakowych.

Małą część tylnej okolicy języka unerwia *nerw krtaniowy górny* (n. laryngeus superior) pochodzący od nerwu błędnego.

Wreszcie dochodzi do języka jeszcze czwarty nerw, mianowicie *nerw podjęzykowy* (n. hypoglossus). Jego gałązki końcowe są włóknami ruchowemi mięśni języka i kończą się we włóknach mięsnych płytkami końcowemi ruchowemi.

d) Ślinianki.

Budowę dużych gruczołów ślinowych, do których należą: gruczoł podszczękowy (glandula submaxillaris), gruczoł podjęzykowy (glandula sublingualis) i gruczoł przyuszny (glandula parotis) omówimy w związku z opisem budowy małych gruczołów ślinowych, które spotykamy w błonie podśluzowej jamy ustnej.

Z punktu widzenia morfologicznego, a więc ze względu na kształt części wydzielniczych, można podzielić ślinianki na *cewkowe*, *pęcherzykowe* i *cewkowo-pęcherzykowe*. Cewkowymi są gruczoły Ebnera, pęcherzykowym jest gruczoł przyuszny i surowicza część gruczołu podszczękowego, wszystkie inne gruczoły ślinowe są cewkowo-pęcherzykowe. Najdrobniejsze gruczoły jamy ustnej należą do typu gruczołów pojedyńczych rozgałęzionych, większe i duże gruczoły ślinowe natomiast są gruczołami złożonemi.

Z punktu widzenia fizjologicznego (Rudolf Heidenhain), a więc zależnie od rodzaju wydzieliny, dzielimy gruczoły ślinowe na *surowicze* t. j. wytwarzające wydzielinę, która zawiera białko, a nie zawiera śluzu, *śluzowe*, t. j. produkujące wydzielinę o znacznej zawartości śluzu, oraz *mieszane*, t: j. takie, które wytwarzają równocześnie oba rodzaje wydzieliny.

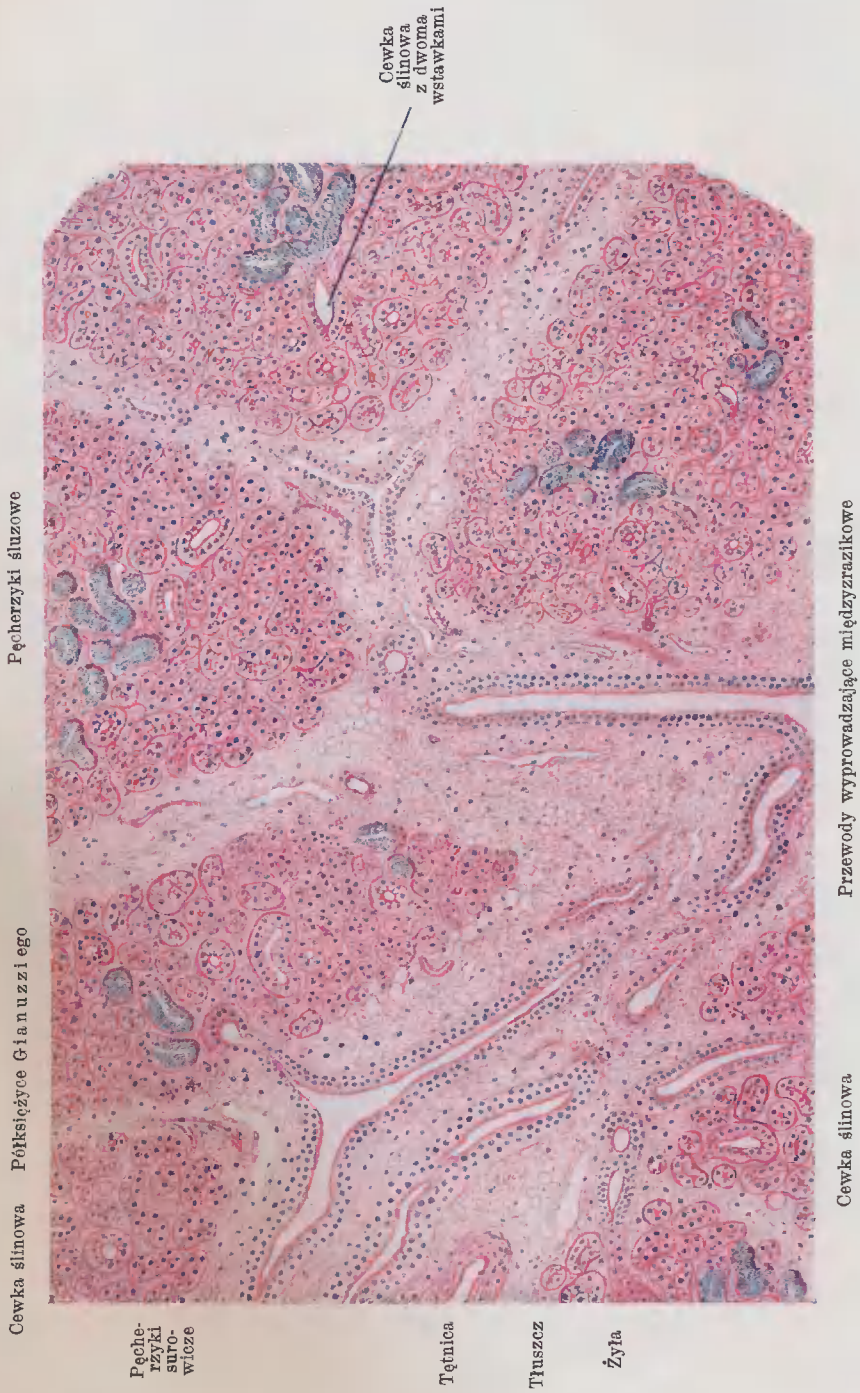
Wyłącznie surowiczemi są gruczoły Ebnera i gruczoł przyuszny; wyłącznie śluzowemi są niektóre małe gruczoły jamy ustnej (gruczoły podniebienne i część językowych); mieszanemi są: gruczoł podszczękowy, podjęzykowy, a z pośród gruczołów drobnych gruczoły policzkowe i wargowe oraz przednie gruczoły językowe.

Wszystkie większe gruczoły jamy ustnej posiadają typową budowę zrazikową; tkanka łączna dzieli cały miąższ gruczołowy na większe i mniejsze zraziki.

W miąższu gruczołów spotykamy następujące części składowe: *przewód główny*, odchodzący od powierzchni błony śluzowej jamy ustnej i dzielący się na liczne mniejsze przewody, z których w większych gruczołach rozwijają się t. zw. *cewki ślinowe*. Przebiegają one początkowo pomiędzy zrazikami, później wnikają do ich wnętrza i tam przechodzą w tak zwane *wstawki*, które prowadzą wreszcie do właściwych odcinków wydzielniczych, do t. zw. *odcinków końcowych*. W tych właśnie odcinkach końcowych, wytwarza się przedewszystkiem wydzielina, chociaż przeważnie i układowi przewodów odprowadzających przypisuje się własności wydzielnicze. Każdy odcinek końcowy niezależnie od tego, czy posiada kształt cewki czy pęcherzyka, jest wysłany jednowarstwowym nabłonkiem gruczołowym sześciennym i odgraniczony od zewnątrz niezmiernie cienką błonką, *błoną własną, membrana propria*, nie posiadającą wcale struktury.

Pomiędzy tą błoną a komórkami gruczołowemi, znajdują się gwiaździste komórki, łączące się wzajemnie wypustkami. Otaczają one w postaci koszyczka odcinki końcowe gruczołu i dlatego nazywają się *komórkami koszyczkowemi*. Dotychczas nie zostało ostatecznie wyjaśnione, czy to są komórki nabłonkowe, czy łącznotkankowe, czyli też kurczliwe komórki. Nabłonek wydzielniczy odcinków końcowych posiada inną budowę w gruczołach śluzowych, inną w surowiczych. Obok tego zaś w jednym i tym samym gruczole występują różnice, zależne od stanu czynnościowego komórek, gdyż komórki gruczołu czynnego, to znaczy wydzielającego, różnią się znacznie od komórek gruczołu w stanie spoczynku, t. j. takiego, który od dłuższego czasu nie wytwarza wydzieliny. Komórka spoczywająca pobiera podczas pauzy spoczynkowej z krwi substancje, które przewtarza na wydzielinę, względnie na produkty przedwstępne wydzieliny, komórka czynna wydziela tę wydzielinę do światła gruczołowego.

Jeśli będziemy badali komórki gruczołowe jakiegoś *gruczołu surowiczego*, np. gruczołu przyusznego, podczas *okresu spoczynkowego*, to zauważymy komórki stosunkowo małe, o protoplazmie budowy piankowatej. Wszystkie banieczki pianki zawierają w sobie kuliste ziarna tak, iż cała komórka jest niemi po brzegi wypełniona. W środku komórki leży jądro, nieregularnie ząbkowane, zawierające silnie zbitą chromatynę. Karmin barwi słabo ciało komórki, mieszanina kwaśnego barwika anilinowego czerwonego z niebieskim zasadowym barwi jądro na niebiesko, a ziarna protoplazmy na kolor żywo czerwony. Gdy w gruczole rozpoczyna się *proces wydzielniczy*, wówczas ziarna rozpływają się i jako wydzielina dostają się do światła gruczołu. W miarę tego, jak komórka wydala ziarenka wydzielnicze, znikają one z obwodowej jej części i partja podstawowa komórki



Ryc. 183. Gruczoł podszczękowy człowieka. Barwienie wedł. Biondiego.

Pow. ok. 270 razy.

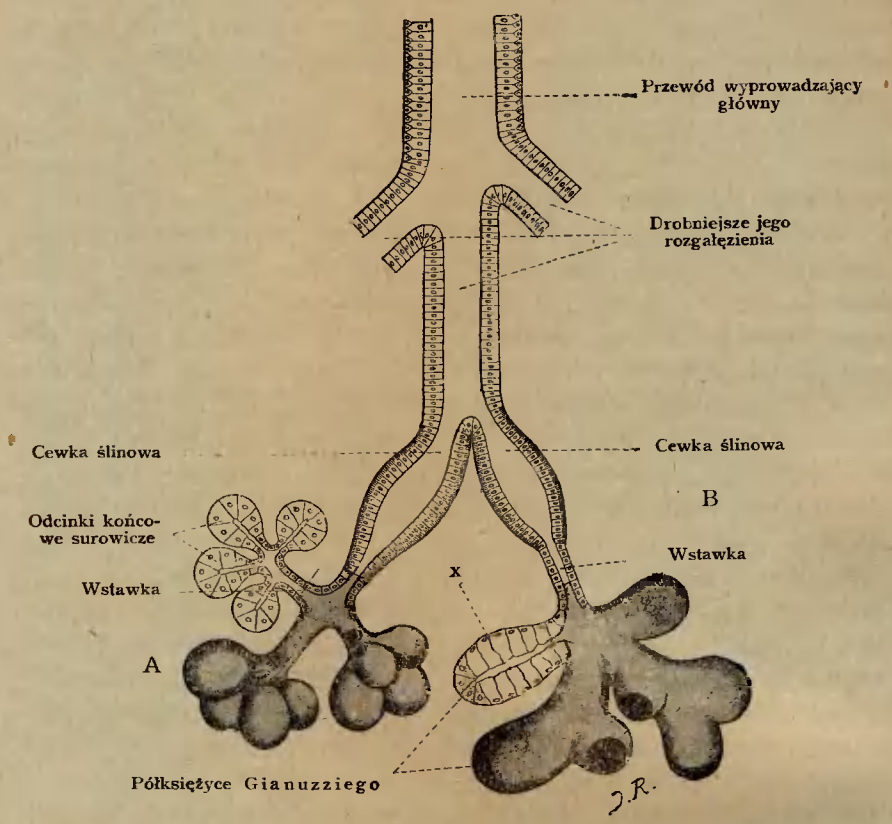
jaśnieje, ciało komórki zaś się zmniejsza. Jądro przybiera kształt kulisty i okazuje wyraźny zrąb chromatynowy oraz jąderko. Protoplazma w części podstawowej zagęszcza się coraz bardziej i barwi się silniej karminem. Ziarenka są produktem przedwstępnym wydzieliny i powstają, jak nowsze badania wykazały (Regaud i Mawas, Debeyre i inni), z mitochondrjów zawartych w podstawowej części komórki. Przytem przesuwają się one z części podstawowej ku powierzchni komórki i zmieniają się począwszy od centrum ku obwodowi w ziarna wydzieliny tak, że dojrzałe ziarna wydzieliny są otoczone tylko bardzo cienką warstwą substancji mitochondrjalnej. Dojrzałe ziarna rozpuszczają się częściowo już wewnątrz komórki, częściowo zaś wydostają się do światła i tu dopiero się rozpływają. W miejsce mitochondrjów zużytych podczas procesu wydzielniczego występują po pewnym czasie nowe w podstawowej części komórki.

Nieco inaczej przedstawiają się stosunki w *gruczole śluzowym*, np. w gruczole podniebiennym. Tutaj komórki, stosunkowo znacznie większe niż w gruczole surowiczym, posiadają podczas *okresu spoczynkowego* budowę również piankowatą i są także wypełnione ziarenkami, leżącemi wśród banieczek. Komórka taka jednak nie barwi się karminem, a w mieszaninie barwika kwaśnego z zasadowym, ciało komórkowe barwi się barwikiem zasadowym na niebiesko, a nie kwaśnym na czerwono, jak to było w komórkach surowiczych. Już w tym zatem okresie czynności wydzielniczej ziarenka wykazują *reakcję śluzową* czyli *mucynową*. Jądro bywa często wyszczerbione, wybitnie spłaszczone i leży tuż przy błonie własnej (membrana propria), lub też bywa wtłoczone w róg komórki tak, iż nieraz trudno je odnaleźć. Gdy *czynność wydzielnicza* komórki się rozpoczyna, t. zn. gdy komórka zaczyna wydzielać śluz, wówczas ziarenka pęcznieją, bywają wydalane do światła gruczołu, rozpuszczają się i dostarczają mucynę śluzu. Równomiernie z wydaleniem ziarenek daje się zauważyć w części podstawowej komórki przyrost protoplazmy, barwiącej się czerwono, w oczkach której zjawiają się ziarenka, barwiące się również czerwono. Ziarenka te zachowują się więc na razie podobnie jak ziarenka komórek surowiczych. Gdy ziarenka mucyny zostaną całkowicie wydalone, komórka śluzowa wygląda zupełnie podobnie do komórki surowiczej. Ten okres trwa jednak bardzo krótko, gdyż drobne ziarenka, barwiące się czerwono, które stanowią produkt przedwstępny mucyny, *mucynogen*, zaczynają się teraz przeobrażać w substancję mucynową. Proces ten rozpoczyna się w części wewnętrznej komórki i posuwa się stopniowo ku obwodowi.

Oba zatem rodzaje opisanych komórek, to znaczy komórki surowicze i śluzowe, ugrupowane w pewien określony sposób obok

siebie, wchodzą w skład przeważnej części gruczołów jamy ustnej (gr. policzkowe, wargowe i przednie językowe), podobnie jak i gruczołów ślinowych mieszanych (gr. podszczękowy i podjęzykowy).

Czy i jaki udział w czynności wydzielniczej biorą mitochondrja, względnie jądro, wyłożyliśmy już przy omawianiu komórek gruczołowych w ogólności — tam też odsyłamy czytelnika, by uniknąć powtarzania się.



Ryc. 184.

Schemat gruczołu podszczękowego.

A = część surowicza; B = część śluzowa; X = cewka śluzowa z półksiężycem Gianuzziego.

Gruczoł podszczękowy (glandula submaxillaris) jest gruczołem częściowo pęcherzykowym, surowiczym, częściowo zaś pęcherzykowo cewkowym, mieszanym (ryc. 181, 182, 183 i 184).

Główny przewód wyprowadzający, ductus submaxillaris (Wharton i), posiada nabłonek dwuwarstwowy, którego komórki wierzchnie są walcowate, głębsze zaś sześcienne (Steiner). Warstwa tkanki łącznej, odgraniczona od nabłonka błoną podstawową,

nie posiadającą wcale struktury, zawiera liczne włókna sprężyste oraz wiązki komórek mięśni gładkich, podłużnie przebiegających (Kölliker).

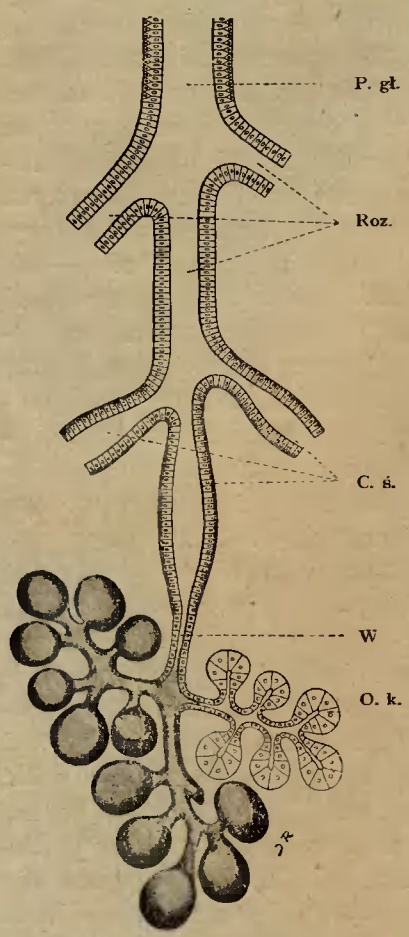
Wewnątrz gruczołu przewód ten rozgałęzia się wielokrotnie, najpierw pomiędzy pojedyńczemi zrazikami gruczołu, na przewody międzyzrazikowe (interlobularne), które początkowo posiadają taką samą budowę jak przewód główny. Te przewody międzyzrazikowe dzielą się w dalszym ciągu na przewody śródzrazikowe (intralobularne), które wnikają do samych zrazików, okazują wrzecionowate rozszerzenia, tracą swe umięśnienie, a nabłonek ich staje się jednowarstwowym walcowatym, w dalszym zaś przebiegu sześciennym. Komórki nabłonkowe tych śródzrazikowych *cewek ślinowych* wykazują w części podstawowej charakterystyczne prążkowanie — tak zw. *pręciki Heidenhaina*. Dokładne zbadanie przekonywa, że pręciki składają się z szeregów ziarenek. Prążkowanie to najprawdopodobniej jest w związku z czynnością wydzielniczą, jaką niektórzy autorowie (Zerner, Eckhard, Merkel, R Krause) przypisują tym komórkom. Nowsze badania dowiodły, że i w tych ziarnach mamy do czynienia z mitochondrjami. Cewki ślinowe śródzrazikowe przechodzą następnie w t. zw. *wstawki*, które są wysłane jednowarstwowym nabłonkiem sześciennym (ryc. 182, 183).

Odcinki końcowe gruczołu, w które wstawki przechodzą, są w gruczole podszczękowym dwojakiego rodzaju: albo wyłącznie surowicze, albo śluzowe. W gruczole podszczękowym człowieka przeważają znacznie pierwsze nad ostatniemi. Odcinki końcowe surowicze są pęcherzykowe, śluzowe natomiast są pęcherzykowo-cewkowe (ryc. 184). Do tych ostatnich jednak przyłączają się komórki surowicze, ułożone w dwojaki sposób, tak iż nie można ich określić jako odcinki wyłącznie śluzowe, lecz raczej jako odcinki mieszane. Cewka śluzowa może tutaj kończyć się albo bezpośrednio w pęcherzyku surowiczym, albo też na pęcherzyku śluzowym układają się małe skupienia komórek surowiczych, mające kształt czapeczki; na przekroju przedstawiają się te skupienia w kształcie półksiężyców. Są to tak zwane *półksiężyce* Gianuzziego lub Ebnera (ryc. 182). Komórki półksiężyców Gianuzziego są bezwątpienia komórkami wydzielniczemi (Ebner, Langley, E. Müller, R. Krause), a pod względem budowy posiadają tyle podobieństwa do komórek surowiczych, że można je z niemi utożsamiać. Za tem przemawia także skład chemiczny wydzieliny gruczołowej. Gdy tylko w gruczołach śluzowych zjawiają się półksiężyce, zwiększa się zawartość białka w ich wydzielinie (R. Krause).

Światło cewek wysłanych komórkami śluzowemi jest stosunkowo szerokie; w razie jeżeli odcinek końcowy śluzowy kończy się

półksiężycem Gianuzziego, wówczas szerokie światło tego odcinka przedłuża się w bardzo wąskie rureczki w t. zw. *kanaliki wydzielnicze*, które wchodzą pomiędzy komórki półksiężyca.

Światło pęcherzyków wyłącznie surowiczych jest natomiast wąskie; wychodzą zeń cienkie kanaliki wydzielnicze i wnikają pomiędzy komórki surowicze. Czy kanaliki te wnikają do samych komórek, jest dotychczas kwestją sporną.

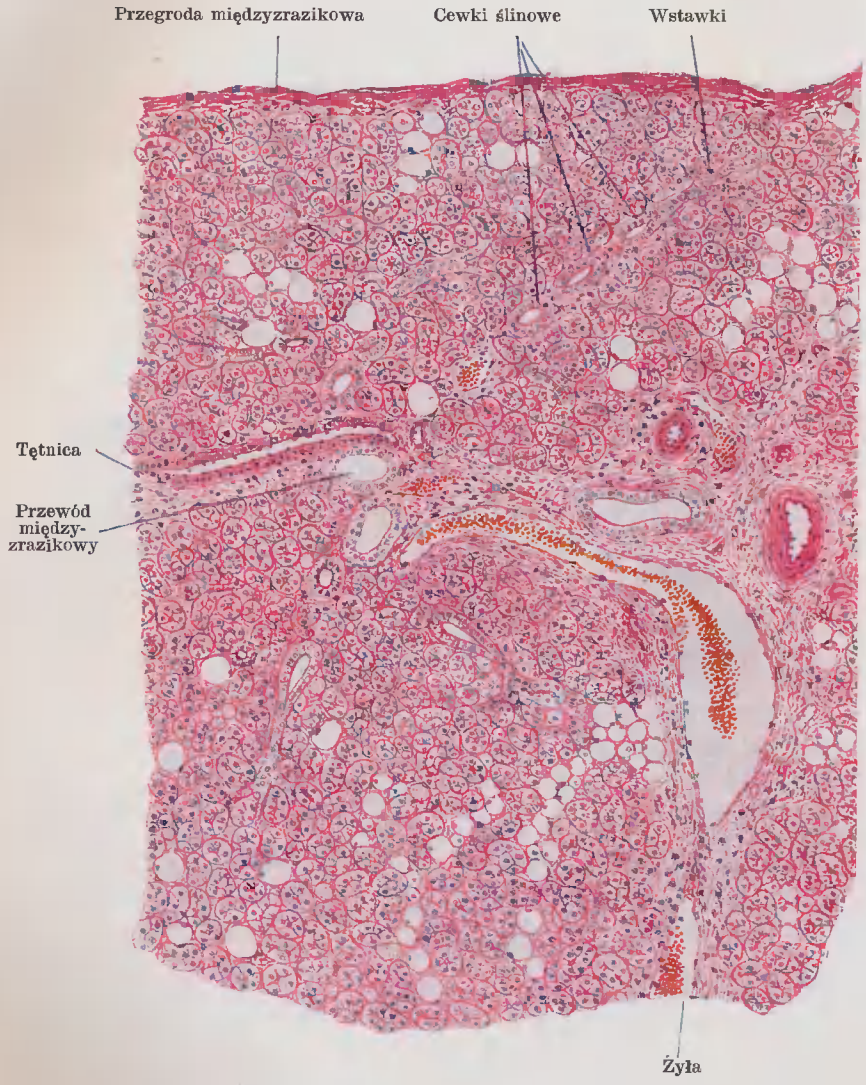


Ryc. 185.
Schemat gruczołu przyusznego.
P. gł. = przewód wyprowadzający główny; Roz = jego drobniejsze rozgałęzienia; C. ś. = cewka ślinowa; W = wstawka; O. k. = odcinek końcowy.

Tkanka łączna międzyzrazikowa w gruczole podszczękowym zawiera u człowieka często bardzo liczne komórki tłuszczowe, które mogą nawet wchodzić do samych zrazików.

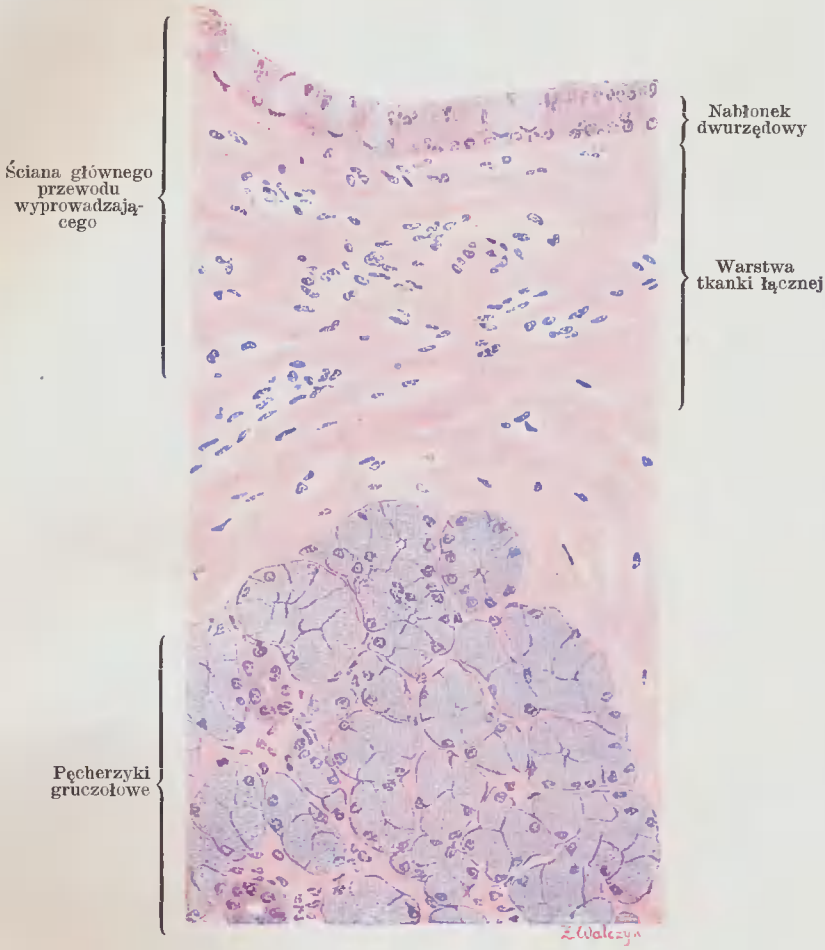
Gruczoł ślinowy przyuszny (parotis [ryc. 185, 186, 187 i 188]) jest gruczołem pęcherzykowym, wyłącznie surowiczym. Cały układ kanałów: przewód wydzielniczy (ductus parotideus s. Stenoni), cewki ślinowe i wstawki zachowują się podobnie jak w gruczole podszczękowym. Komórki cewek ślinowych wykazują prążkowanie mniej wyraźnie niż w gruczole podszczękowym, wstawki są nieco dłuższe, wąskie i wysłane niskiemi komórkami sześciennemi. W odcinkach końcowych spotykamy pomiędzy komórkami gruczołowemi liczne kanaliki wydzielnicze. W tkance łącznej pomiędzy pęcherzykami znajdują się również skupienia komórek tłuszczowych.

Gruczoł ślinowy podjęzykowy (glandula sublingualis) (ryc. 189) jest gruczołem przeważnie śluzowym, o budowie pęcherzykowo-cewkowej. Składa się on z jednego większego (gl. subling. major) i 5—20 mniejszych gruczołów pojedyńczych (gl. subling. minores). Przewód wyprowadzający pierwszego t. zw. przewód podjęzykowy większy (ductus sublingualis major s. Bartholini) uchodzi razem z przewodem podszczękowym



Ryc. 186. Gruczoł przyuszny człowieka. Barw. wedł. Biondiego.

Pow. ok. 60 razy.



Ryc. 187.
Drobna część przekroju gruczołu przyusznego człowieka.

na mięsku podjęzykowem (caruncula sublingualis), przewody pozostałych gruczołów (ductus sublinguales minores s. Rivini) uchodzą osobno na dnie jamy ustnej. Przewody podjęzykowe są podobne pod względem budowy do przewodu podszczękowego. Gruczoł podjęzykowy albo nie posiada wcale cewek ślinowych, wysłanych charakterystycznym nabłonkiem prążkowanym, ani wstawek, albo też są one tylko lekko zaznaczone. Odcinki końcowe, składające się z komórek śluzowych, posiadają zawsze półksiężyce Gianuzziego, złożone z komórek surowiczych, które leżą na największych wypukłościach pęcherzyków lub na końcach cewek w postaci czapeczek lub naparstków. Rzadziej spotyka się komórki surowicze ułożone w pojedyńcze pęcherzyki. Do komórek surowiczych dochodzą kanaliki wydzielnicze.

Z drobnych gruczołów jamy ustnej *gruczoły policzkowe* i *wargowe* oraz *gruczoły językowe przednie* (glandulae linguales anteriores [Blandini, Nuhni]), które tworzą grupy drobnych gruczołów z obu stron końca języka, są podobne pod względem budowy do gruczołu podjęzykowego. Są to gruczoły śluzowe o budowie pęcherzykowo-cewkowej z półksiężycami, czyli właściwie gruczoły mieszane. *Gruczoły podniebienne* i część *gruczołów języka* są natomiast gruczołami śluzowemi o budowie pęcherzykowo-cewkowej, nie posiadającemi półksiężyców. Odrębne stanowisko wśród gruczołów języka zajmują *gruczoły Ebnera*. Są one, jak wyżej zaznaczyliśmy, wyłącznie surowicze i należą do typu gruczołów cewkowych rozgałęzionych (Maziarski). Znajdują się one wyłącznie w okolicy brodawek okolonych i blaszkowatych. Ich przewody wyprowadzające są wysłane pojedyńczym nabłonkiem walcowatym, który w obrębie gruczołu staje się coraz niższy i w końcu brukowy, a w cewkach przechodzi w stożkowate komórki surowicze. Światło cewek jest bardzo wąskie, kanaliki wydzielnicze występują w dużej ilości.

Gruczoły języka są więc częścią czysto surowicze, częścią czysto śluzowe, częścią zaś mieszane.

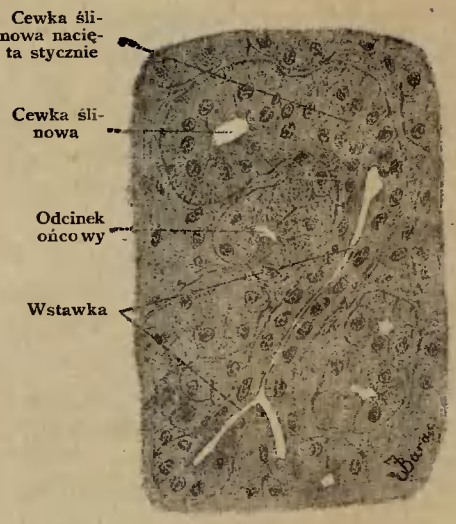
Gruczoły ślinowe są obficie zaopatrzone *naczyniami krwionośnemi*. Tętnice rozgałęziają się w tkance łącznej pomiędzy zrazikami, wnikają do wnętrza ich, rozpadają się tam na drobne gałązki i oplatają odcinki końcowe gęstą siecią naczyń włosowatych, leżącą nazewnątrz błony własnej, Wychodzące z tej sieci żyły przebiegają w sposób zupełnie podobny jak tętnice (ryc. 207).

Naczynia limfatyczne gruczołów ślinowych rozwijają się ze szczelin, oddzielających błonę własną odcinków końcowych gruczołu od naczyń włosowatych (Gianuzzi). Materjał, z którego ma się wytworzyć wydzielina, musi zatem najpierw przejść z naczyń krwionośnych włosowatych do tych przestrzeni limfatycznych, a z nich

dopiero dostaje się do komórek gruczołowych. W tych szczelinach limfatycznych, zwłaszcza w gruczołach czynnych, spotyka się dużą ilość komórek wędrujących i tucznych (R. Heidenhain, R. Krause).

Szczeliny limfatyczne okołopęcherzykowe i okołocewkowe łączą się ze sobą i uchodzą do naczyń limfatycznych włosowatych międzyzrazikowych, które znów stoją w związku z pochewkami limfatycznemi międzyzrazikowych naczyń krwionośnych.

Nerwy gruczołów ślinowych można podzielić na trzy rodzaje, zależnie od funkcji, jaką spełniają. *Nerwy wydzielnicze*, przeznaczone dla gruczołu podszczękowego, podjęzykowego i dla części gruczołów języka, pochodzą z nerwu pośredniego (nervus intermedius Wrisbergi), dla gruczołu przyusznego, gruczołów podniebiennych i języka z nerwu językogardłowego (nervus glossopharyngeus). *Nerwy czuciowe* są gałązkami nerwu trójdzielnego (n. trigeminus). *Nerwy naczyniowe* pochodzą z nerwu współczulnego szyjnego i ze splotów nerwowych dużych tętnic. Nerwy wydzielnicze oplatają odcinki końcowe rozgałęzieniami, które przenikają przez błonę własną i kończą się pomiędzy komórkami i na komórkach gruczołowych (Retzius, Fusari). Nerwy czuciowe kończą się przeważnie w tkance łącznej, leżącej pomiędzy zrazikami, czasami specjalnemi ciałkami końcowemi (W. Krause). Włókna współczulne, tworzące gęste sieci dokoła naczyń gruczołów, stoją w związku z małemi zwojami współczulnemi, które spotyka się dosyć często w tkance łącznej międzyzrazikowej. Na podstawie doświadczeń fizjologicznych można przypuszczać, że te włókna współczulne wchodzą w bezpośredni związek z komórkami gruczołowemi.



Ryc. 188.
Część przekroju gruczołu przyusznego człowieka.
Pow. ok. 450 razy.

Ślina (saliva) jest płynem jasnym, ciągliwym. Składa się ona z wydzieliny wszystkich gruczołów, uchodzących do jamy ustnej, i zawiera w niewielkiej ilości elementy komórkowe. Obok dużej ilości rozmaitych, właściwych jamie ustnej drobnoustrojów, znajdują się

w niej także złuszczone komórki nabłonka jamy ustnej i t. zw. „*ciałka ślinne.*“ Są to ciałka kuliste, o średnicy około 10 μ, zawierające ziarenka. W tych obumarłych tworach nie zawsze można rozpoznać jądro. W ich zawartości ziarnistej widać bardzo wyraźnie zjawisko ruchu molekularnego Browna. Prawie ogólnie uważa się ciałka ślinne za limfocyty, które przedewszystkiem z narządów limfoidalnych jamy ustnej (migdałki, grucz. mieszkowe) dostały się przez nabłonek do jamy ustnej. Laquer natomiast widzi w nich leukocyty obojętnochłonne względnie ich produkta rozpadowe, które dostają się przedewszystkiem przez błonę śluzową sklepienia gardzieli,

Ryc. 189.

Część przekroju przez gruczoł podjęzykowy człowieka.

Pow. ok. 560 razy.

wreszcie Retterer i Lelièvre twierdzą, że ciałka ślinne nie są elementami krwi, lecz wolnemi jądrami złuszczonych komórek nabłonkowych, otoczonemi wąskim rąbkiem plazmatycznym.

2. Gardziel.

Gardziel (cavum pharyngis) jest częścią składową zarówno układu pokarmowego, jak i oddechowego. Można w niej wyróżnić część nosową, ustną i krtaniową (pars nasalis, oralis et laryngea).

Wyściółka nabłonkowa gardzieli w części nosowej składa się z nabłonka wielorzędowego migawkowego, który przechodzi z części oddechowej (pars respiratoria) jamy nosowej, natomiast w części ustnej i krtaniowej spotykamy taki sam nabłonek jak w jamie ustnej, t. j. wielowarstwowy płaski. Warstwa właściwa błony śluzowej (la-

mina propria) w tych częściach gardzieli, które są pokryte nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, tworzy brodawki i zawiera obficie tkankę adenoidalną. Wytwarzają się tu liczne grudki rozsiane, a na sklepieniu gardzieli nagromadza się w znacznej ilości tkanka adenoidalna i tworzy tak zwany *migdałek gardzielowy, tonsilla pharyngea,* z obu zaś stron pomiędzy oboma łukami podniebiennymi przychodzi do wytworzenia *migdałków podniebiennych, tonsillae palatinae* (ryc. 190). Te ostatnie pod względem budowy są zupełnie podobne do opisanych powyżej gruczołów mieszkowych języka z tą tylko różnicą, że są od nich znacznie większe, gdyż tworzą skupienia 10—20 gruczołów mieszkowych. Zatoki wewnątrz poszczególnych mieszków są tu też o wiele głębsze i dzielą się wielokrotnie tak, iż tworzą rozgałęzione jamy. W okolicy migdałków podniebiennych leżą liczne gruczoły śluzowe.

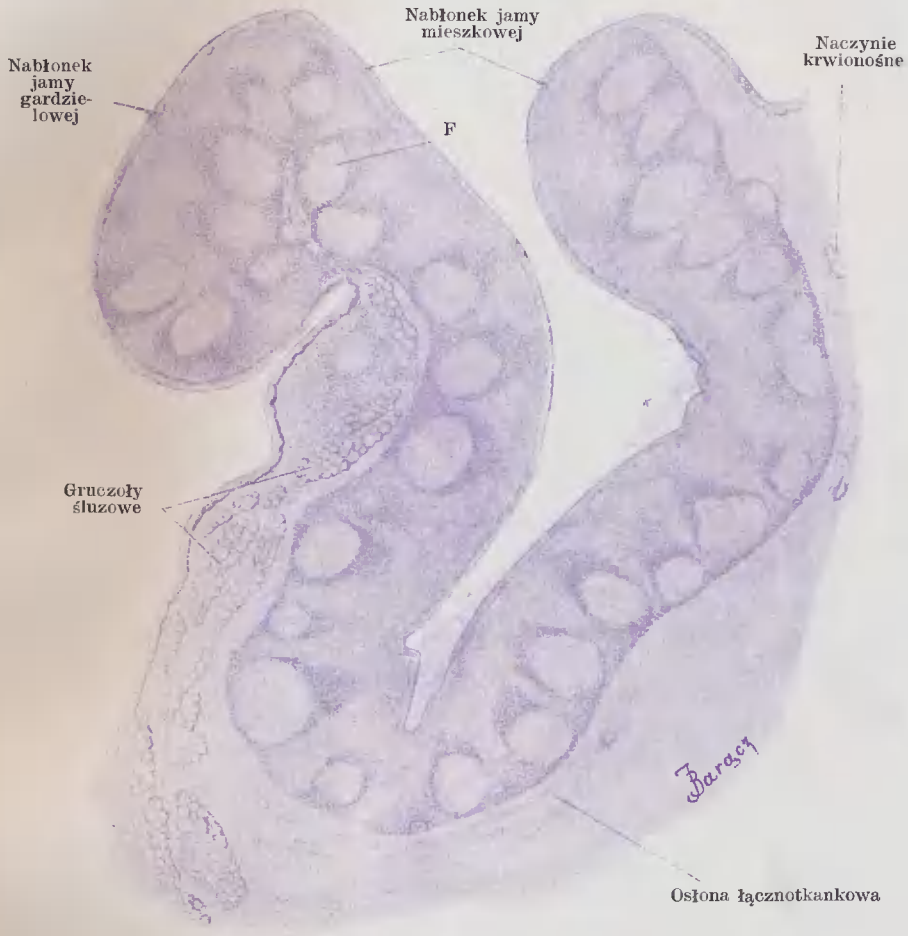
Budowa migdałka gardzielowego różni się niewiele od budowy migdałków podniebiennych. Brózdy, w liczbie 5—6, są często wysłane w głębi nabłonkiem migawkowym. Do nich uchodzą przewody gruczołów przeważnie mieszanych, które tworzą warstwę ciągłą pod migdałkiem gardzielowym.

Pod warstwą śluzową właściwą włókna sprężyste, przebiegające na ogół podłużnie, tworzą grubą warstwę, *graniczną warstwę sprężystą,* która jest najsilniej rozwinięta w części krtaniowej. Przy przejściu do przełyku warstwa sprężysta zanika stopniowo, przechodząc w warstwę mięsną błony śluzowej (muscularis mucosae). Graniczna warstwa sprężysta leży przeważnie bezpośrednio po stronie wewnętrznej mięśni gardzieli i wysyła do przegród międzymięśniowych silne pasma włókien sprężystych, które oplatają przylegające wiązki mięsne (J. Schaffer).

W przeważnej części gardzieli nie spotykamy zatem *błony podśluzowej,* a gruczoły śluzowe leżą pomiędzy wiązkami mięsnemi. Tylko w części krtaniowej odstaje warstwa graniczna od warstwy mięsnej; tam też tylko można mówić o błonie podśluzowej, w której leżą gruczoły.

Gruczoły w części ustnej i krtaniowej są wyłącznie śluzowe i leżą pod graniczną warstwą sprężystą, gruczoły części nosowej zawierają w okolicy sklepienia nierzadko twory półksiężycowate i leżą na wewnątrz, nad graniczną warstwą sprężystą, t. j. w samej błonie śluzowej, czem różnią się od reszty gruczołów gardzieli, a w czem zgadzają się z gruczołami jamy nosowej (Schaffer).

Błona mięsna gardzieli, leżąca nazewnątrz (zwieracze gardzieli, mm. constrictores pharyngis) składa się z włókien mięsnych prążkowanych.



Ryc. 190.

Przekrój migdałka psa.

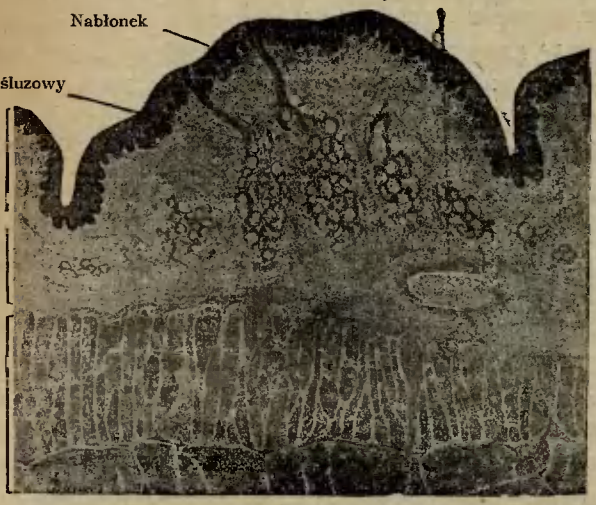
Przy x widoczne są leukocyty, które wywędrowały przez nabłonek. Pow. ok. 15 razy.

F = Grudka. × × = Jama mieszkowa.

3. Przełyk.

Ściana przełyku (oesophagus) składa się z błony śluzowej (mucosa), błony podśluzowej (submucosa), błony mięsnej (muscularis) i błony włóknistej (tunica adventitia — ryc. 191 i 192).

Błona śluzowa układa się w fałdy podłużne i jest wysłana nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, wśród którego mogą znajdować się wyspy nabłonka walcowatego jednowarstwowego. *Warstwa właściwa śluzowa (lamina propria)* tworzy brodawki, pokryte warstwą nabłonka, gładką na powierzchni wolnej. Błona śluzowa właściwa jest odgraniczona od błony podśluzowej warstwą wzdłuż biegnących



Ryc. 191.
Część przekroju poprzecznego przełyku psa.
Pow. ok. 25 razy.

włókien mięsnych gładkich, ułożonych w drobne wiązki, które dopiero w dolnej części przełyku tworzą warstwę ciągłą. Jest to *warstwa mięsna błony śluzowej (muscularis mucosae)*, którą odtąd spotykamy w całym przebiegu przewodu pokarmowego.

Przełyk posiada dwa rodzaje *gruczołów*. Jedne z nich, tak zwane *gruczoły wpustowe przełyku*, leżą w błonie śluzowej właściwej; drugie natomiast leżące w warstwie podśluzowej, są *gruczołami śluzowemi*. Wśród gruczołów wpustowych przełyku, które J. Schaffer po raz pierwszy dokładnie zbadał, rozróżniamy górne, leżące wąskim pasem już to na wysokości chrząstki pierścieniowatej, już też niżej aż do 4—5-ego pierścienia tchawicy i dolne, usadowione w dolnej części przełyku tuż przed przejściem jego w część wpustową żo-

łądka. Są to gruczoły cewkowe, całkiem podobne pod względem budowy do gruczołów wpustowych żołądka, tylko od nich nieco silniej rozgałęzione (ryc. 192). Według wyczerpujących badań Glińskiego gruczoły wpustowe górne można rozpoznać gołem okiem tylko w 6 % badanych przypadków, mikroskopowo zaś można je wykazać u około 50% wszystkich osobników. Występują one zwykle w postaci dwu symetrycznych ognisk w bocznych wgłębieniach górnej części przełyku, czasami jednak występują niesymetrycznie tylko po prawej stronie. Gruczoły te tworzą częściowo większe (2—3-cm^2) skupienia, częściowo zaś są rozrzucone pojedyńczo lub małemi grupkami. Leżą one zwykle w wiotkiej tkance adenoidalnej. Ujścia ich przewodów wyprowadzających są przeważnie zwrócone ku dołowi. W gruczołach tych, podobnie jak w gruczołach trawiennych żołądka, rozróżniamy dwa rodzaje komórek: komórki główne i okładzinowe. Komórki okładzinowe występują w pewnych razach bardzo obficie, w innych natomiast może ich brakować zupełnie. Z tego powodu Gliński nazywa te gruczoły „gruczołami trawiennemi górnej części przełyku."

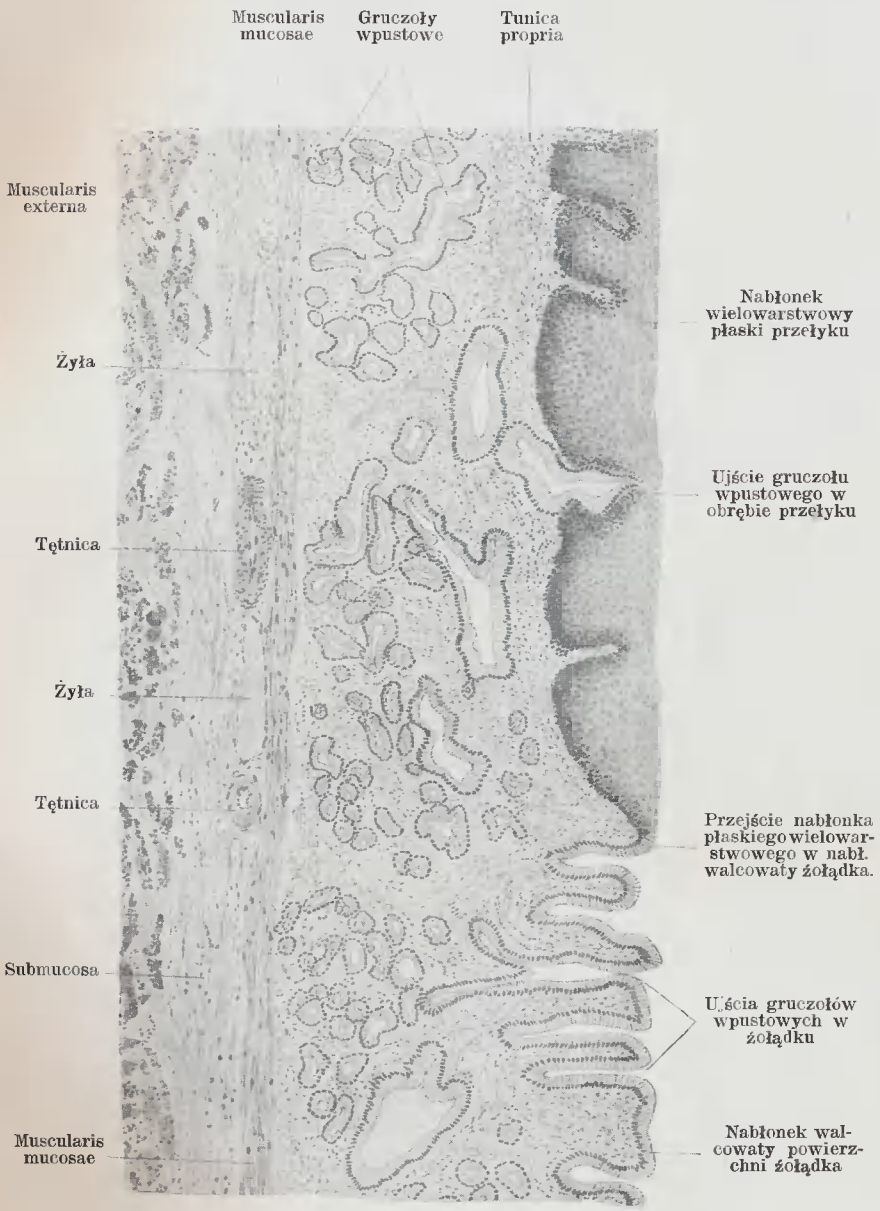
Gruczoły śluzowe, leżące w tkance podśluzowej, występują w przełyku człowieka w zmiennej ilości. W górnej części przełyku spotyka się ich więcej niż w dolnej. Są to gruczoły pęcherzykowo-cewkowe bez tworów półksiężycowatych. Przewody wyprowadzające są często kręte, a przed przebiciem warstwy mięsnej błony śluzowej ulegają zwyczajnie pęcherzykowatemu rozszerzeniu.

Błona mięsna, leżąca nazewnątrz od błony podśluzowej, składa się w górnej czwartej części przełyku prawie wyłącznie z mięśni prążkowanych, jednak i tutaj występują w warstwie wewnętrznej komórki mięśni gładkich. Mięśnie gładkie w miarę zstępowania ku dołowi przełyku wypierają coraz bardziej mięśnie prążkowane, tak iż w dolnej czwartej części przełyku widzimy prawie wyłącznie mięśnie gładkie.

Mięśnie gładkie są ułożone w dwie warstwy: wewnętrzną, biegnącą przeważnie okrężnie oraz skośnie lub spiralnie, i zewnętrzną, która zawiera głównie włókna o podłużnym przebiegu. W górnej części przełyku przeważa warstwa podłużna; w dolnej natomiast czwartej części warstwa okrężna, na wewnątrz leżąca, jest co najmniej trzy razy tak gruba jak warstwa podłużna.

Błona włóknista (tunica adventitia), składająca się z tkanki łącznej włóknistej zbitej, łączy ścianę przełyku z otoczeniem.

Naczynia krwionośne i *limfatyczne* tworzą sieci w błonie podśluzowej i błonie mięsnej. Od wierzchniej siateczki naczyń krwionośnych włosowatych odchodzą ku górze cienkie pętle, które zaopatrują brodawki. Naczynia limfatyczne odprowadzające uchodzą



Ryc. 192. Przekrój podłużny przez granicę przełyku i żołądka człowieka.

Pow. średnio-silne.

częściowo do węzłów limfatycznych śródpiersiowych tylnych (lymphoglandulae mediastinales posteriores), częściowo zaś do węzłów limfatycznych szyjnych głębokich (lymphoglandulae cervicales profundae).

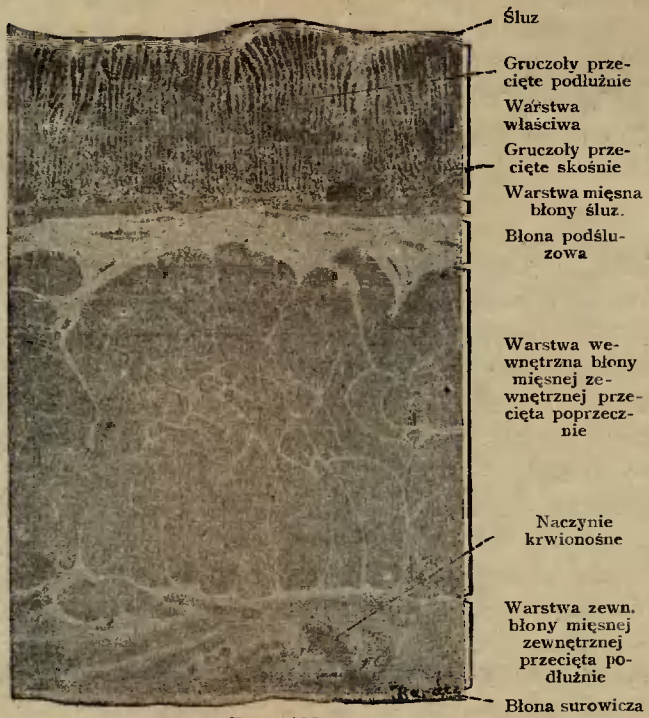
Nerwy tworzą w przełyku rozległy splot, składający się z włókien bezrdzennych i rdzennych, rozmieszczony pomiędzy warstwą mięsną okrężną a podłużną. Splot ten zawiera liczne komórki współczulne. Odchodzą od niego włókna ruchowe do komórek mięsnych, kończące się typowemi płytkami końcowemi, jakoteż włókna, biegnące do tkanki podśluzowej, gdzie tworzą drugi splot, wysyłający włókna do gruczołów, naczyń i warstwy mięsnej błony śluzowej. I ten splot zawiera również komórki współczulne. Wreszcie liczne włókna dochodzą do brodawek warstwy właściwej i kończą się pomiędzy komórkami nabłonkowemi.

4. Żołądek.

W ścianie żołądka obok warstw spotykanych w przełyku, t. j. błony śluzowej, podśluzowej i mięsnej znajduje się jeszcze jedna warstwa, leżąca nazewnątrz i zwana otrzewną (peritoneum — ryc. 193).

Błona śluzowa żołądka w stanie świeżym jest barwy szaroczerwonej, czem odróżnia się od białawej błony śluzowej przełyku. Błona śluzowa w pustym żołądku układa się w fałdy podłużne (rugae gastricae), połączone z sobą zapomocą fałdów skośnych, tak iż powstaje sieć o oczkach wydłużonych. W okolicy odźwiernika żołądka znajdują się oprócz tego inne drobne fałdy i kosmkowate wzniesienia zwane fałdami kosmkowatemi *(plicae villosae)*. Cała powierzchnia błony śluzowej jest podzielona na małe pólka, czasami bardzo wyraźne, czasami zaś ledwie zaznaczone. Pólka te *(areae gastricae)*, o kształtach nieregularnie wielokątnych, mające 1—4 mm. średnicy, odgraniczone są od siebie płytkiemi brózdami. W tych przypadkach, w których podział na pola jest wyraźny, mamy do czynienia z t. zw. *groszkowaniem (status mamillaris, état mamelonné)*; stan ten ma być wynikiem nierównomiernego rozmieszczenia i rozwoju gruczołów żołądkowych. Wreszcie wśród poszczególnych pól znajdują się liczne zagłębienia t. zw. *dołeczki żołądkowe (foveolae gastricae)* widoczne już gołem okiem; w okolicy odźwiernikowej są one większe i głębsze, niż w okolicy dna żołądka. Na dnie ich uchodzą gruczoły żołądka. Błona śluzowa żołądka jest najcieńsza w okolicy wpustowej (poniżej 0,5 mm), w kierunku zaś ku odźwiernikowi grubieje coraz bardziej i wreszcie osiąga grubość ponad 2 mm. Błona śluzowa żołądka składa się z takich samych warstw, jak błona śluzowa przełyku, a więc z nabłonka, warstwy właściwej i warstwy mięsnej błony śluzowej (ryc. 193).

Nabłonek pokrywający błonę śluzową żołądka, jest jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym. Wysokość komórek tego nabłonka jest 4—8 razy większa od ich szerokości; wyścielają one nietylko całą powierzchnię błony śluzowej, lecz także i jej dołeczki (foveolae gastricae), w których jednak są nieco niższe. Nabłonek wielowarstwowy płaski przełyku przechodzi bezpośrednio w nabłonek walcowaty wpustu żołądka (ryc. 192). Komórki, leżące na powierzchni błony śluzowej żołądka, są komórkami śluzowemi i są bardzo wra-



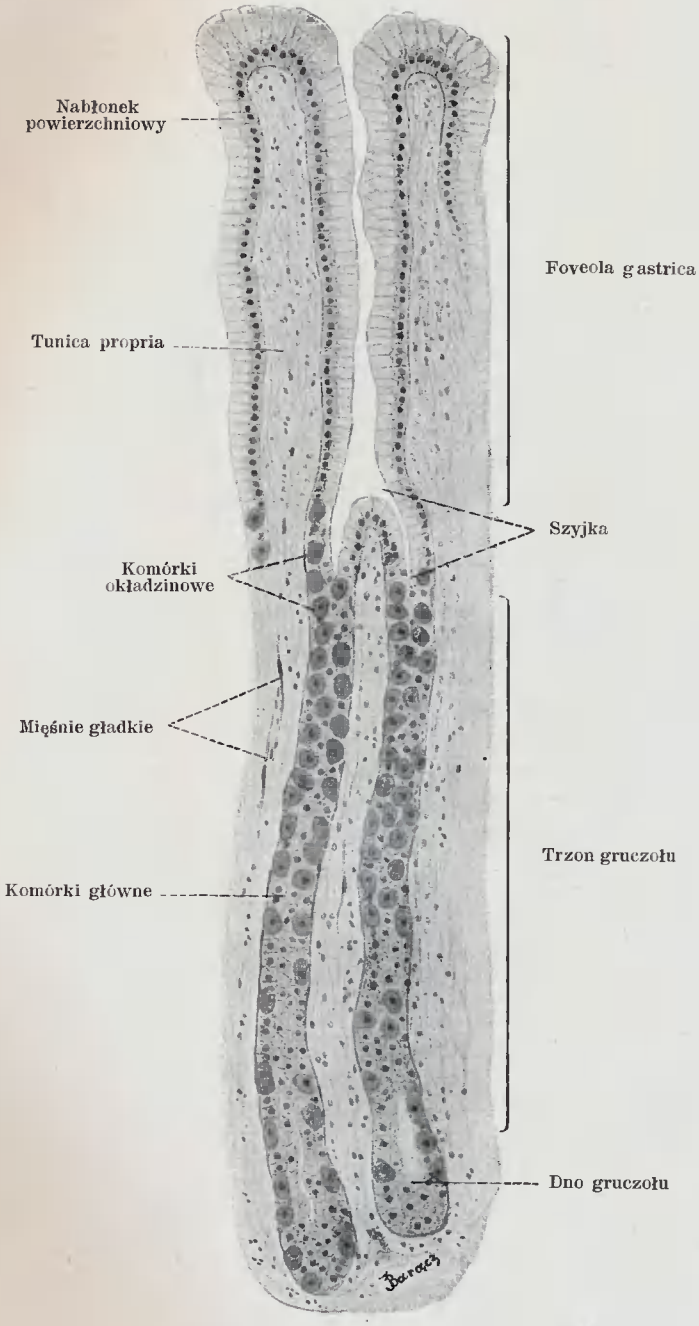
Ryc. 193.

Przekrój przez ścianę żołądka ludzkiego (okolica odźwiernika).

Pow. ok. 14 razy.

żliwe na wpływy zewnętrzne. Można w nich rozróżnić dwie części: podstawową ziarnistą, zawierającą protoplazmę i owalne jądro, oraz górną, bardziej jednorodną, śluzowo zmienioną. W osi podłużnej części górnej znajdują się dwa ciałka środkowe, leżące w różnej wysokości. Wzajemny stosunek wielkości obu tych części komórki zależy od stanu czynności komórki. Jądro leży mniej więcej na granicy obu części tak, że znajduje się je raz bliżej podstawy, drugi raz bliżej środka komórki.

Ponieważ komórki te pozostają w stałej, równomiernej czynności, nie można w nich odróżnić okresu spoczynkowego i czynnościo-



Ryc. 194.

Przekrój pionowy błony śluzowej okolicy dna żołądka człowieka.

Pow. ok. 250 razy.

wego, jak w innych komórkach śluzowych, np. w komórkach kubkowych. Ziarenka śluzu rozpływają się już w samej komórce i bywają stale wydalane z wolnej powierzchni komórki, które tylko wyjątkowo pokrywa rąbek oskórkowy. Pomiędzy komórkami występują tuż pod wolną powierzchnią wyraźne listewki graniczne.

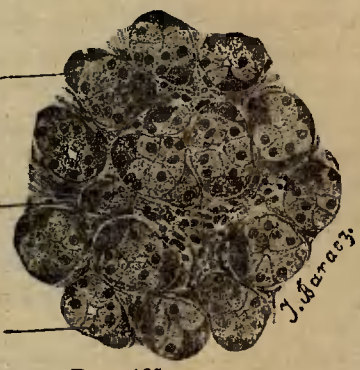
Pod nabłonkiem leży *warstwa właściwa* błony śluzowej, składająca się z delikatnej włóknistej tkanki łącznej klejodajnej, skombiwanej z tkanką siateczkowatą, zawierającą większą lub mniejszą ilość limfocytów. Rzadko tylko występują w żołądku większe nagromadzenia limfocytów pod postacią grudek limfatycznych odosobnionych; u dorosłych są one zdaniem F a b e r a tworami patologicznemi. Warstwa właściwa śluzowa jest odgraniczona od błony podśluzowej *warstwą mięsną błony śluzowej* (muscularis mucosae), która składa się z dwu lub trzech pokładów komórek mięśni gładkich, krzyżujących się z sobą i przebiegających równolegle do powierzchni. W warstwie śluzowej właściwej leżą *gruczoły żołądka*, które tworzą w niej ciągłą warstwę gruczołową. Tkanka warstwy śluzowej właściwej wypełnia wszystkie przestrzenie pomiędzy temi gruczołami. Od warstwy mięsnej błony śluzowej odchodzą pojedyńcze wiązki komórek mięsnych, które wnikają pomiędzy gruczoły i zwykle dochodzą aż pod nabłonek powierzchniowy.

Rozróżniamy trzy rodzaje *gruczołów żołądka*, które różnią się nie tylko pod względem rozmieszczenia, ale i co do budowy: gruczoły wpustowe, gruczoły dna i gruczoły odźwiernikowe.

Największą przestrzeń zajmują *gruczoły dna* żołądka czyli gruczoły żołądkowe właściwe (glandulae gastricae propriae), zwane również gruczołami trawiennemi lub pepsynowemi (ryc. 194, 195, 196 i 197). Spotyka się je w całym trzonie żołądka, a głównie w jego dnie. Są to gruczoły cewkowe rozgałęzione, 0,3—1,5 mm. długie, z czego $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{3}$ przypada na dołeczki błony śluzowej, które można uważać za przewody wyprowadzające gruczołów. Zwykle kilka gruczołów uchodzi do jednego dołeczka. W gruczołach tych rozróżniamy 3 części: szyjkę, t. j. część zwężoną, otwierającą się do dołeczka, następnie część zwaną trzonem gruczołu, dzielącą się często na kilka gałęzi, które przebiegają obok siebie prosto lub nieco wężykowato i zajmują prawie całą grubość błony śluzowej właściwej, dochodząc aż do warstwy mięsnej błony śluzowej, gdzie ślepo się kończą ostatnim, nieco rozszerzonym odcinkiem, zwanym dnem. Światło tych gruczołów jest naogół bardzo wąskie, rozszerza się tylko nieznacznie w ostatnim odcinku. Gruczoły te są objęte otoczką, *błoną własną* (membrana propria), nie posiadającą widocznej struktury; od zewnątrz do otoczki tej przylegają komórki gwiaździste. W skład nabłonka gruczołów żołądkowych właściwych dna wchodzą dwa ro-

dzaje komórek: *komórki główne* (R. Heidenhain), czyli adelomorficzne (Rollet) t. zn. o niewyraźnym kształcie i *komórki okładzinowe* (R. Heidenhain), czyli delomorficzne (Rollet) t. zn. o wyraźnym kształcie (ryc. 194, 195).

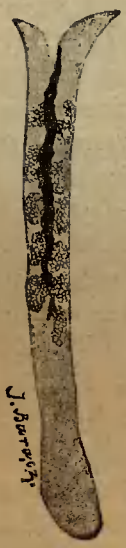
Komórki główne, stanowiące główny składnik cewek gruczołowych, tworzą ograniczenie ich światła. Posiadają one kształt sześcianów albo stożków, a wielkość ich jest zależna od stanu czynnościowego, mianowicie w czasie głodu są one większe niż podczas trawienia. Zawierają one mniejszą lub większą ilość drobnych, silnie światło łamiących ziarenek, które składają się z *propepsyny*, substancji, będącej produktem przedwstępnym zaczynu, zwanego pepsyną *(ziarenka pepsynogenu* R. Heidenhain, Langley). Ziarenka te zajmują część wewnętrzną komórki, która może się zwiększać kosztem części zewnętrznej, ciemniejszej i jednolitej, zawierającej jądro. W części zewnętrznej przychodzi do różnicowania się ergastoplazmatycznych włókien przypodstawnych (Bensley, Zimmermann, Théohari), które stoją w związku z wytwarzaniem się ziarenek pepsynogenu. Ziarenka te są bardzo delikatne; prawie wszystkie odczynniki niszczą je, tak iż na preparatach utrwalonych komórki główne są jaśniejsze, niż w stanie świeżym i bardziej przeźroczyste, niż komórki okładzinowe. Komórki główne oprócz pepsyny mają wydzielać jeszcze enzym czyli ferment zwany podpuszczką. Jeśli użyjemy do barwienia mieszaniny barwików kwaśnych i zasadowych, wówczas komórki główne okazują się jako zasadochłonne.



Ryc. 195.
Poprzecznie przecięte gruczoły dna żołądka myszy.
Pow. ok. 300 razy.

Komórki okładzinowe nie są tak liczne, jak poprzednie, i leżą przeważnie zdala od światła gruczołu na obwodzie jego ściany. Są one rozmieszczone nieregularnie w cewce gruczołowej i stosunek ich do komórek głównych w każdym z trzech odcinków inaczej się przedstawia. Najliczniej występują komórki okładzinowe w szyjce gruczołu, gdzie miejscami mogą nawet co do ilości przewyższać komórki główne; w trzonie gruczołu są one mniej liczne, w dnie zaś znajdują się w znikomo małej ilości, albo też brakuje ich zupełnie. W szyjce gruczołu wciskają się onepomiędzy komórki główne i często wspólnie

z niemi ograniczają światło gruczołu, w trzonie i w dnie natomiast są odsunięte przez komórki główne ku obwodowi i nie dochodzą wcale do światła gruczołu. Wypuklają one przytem otoczkę własną gruczołów na zewnątrz (ryc. 195). Komórki okładzinowe są większe niż komórki główne i mają kształt kulisty, jajowaty albo wieloboczny i zawierają jedno albo dwa kuliste jądra. W okresie głodu są one mniejsze, niż po przyjęciu pokarmów. Badane w stanie świeżym okazują drobne ziarnistości i są jaśniejsze niż komórki główne. Na preparatach utrwalonych natomiast są zwykle od nich ciemniejsze i odznaczają się wybitnem powinowactwem do kwaśnych i obojętnych barwików (np. eozyna, czerwień Kongo i karmin obojętny). Komórki okładzinowe, które leżą odsunięte od światła gruczołu, komunikują z nim zapomocą przewodu wydzielniczego, przeciskającego się pomiędzy komórkami głównemi. Przewód ten po zetknięciu się z komórką okładzinową dzieli się na cieniutkie kanaliki wydzielnicze, które oplatają komórkę w kształcie koszyczka, a także wnikają do jej wnętrza; w ten sposób przebiegają one nie tylko dokoła komórek, lecz także rozchodzą się w ich wnętrzu. Kanaliki wydzielnicze tych komórek, które leżą bezpośrednio przy świetle gruczołu, uchodzą wprost do światła (ryc. 196 i 197). Te włosowate kanaliki wydzielnicze można wyraźnie wykazać zapomocą chromowo-srebrowej metody Golgiego. Podczas trawienia rozszerzają się one z powodu wypełnienia wydzieliną. Wówczas także łatwiej można rozpoznać kanaliki, biegnące wewnątrz komórek. Ogólne jest mniemanie, że komórki okładzinowe wydzielają kwas solny soku żołądkowego, a to na tej podstawie, że wydzielina okolicy odźwiernikowej żołądka ma zawsze odczyn zasadowy, a jego gruczoły kwasu solnego nie wydzielają.



Ryc. 196.

Ryc. 197.

Ryc. 196. Przekrój podłużny gruczołu dna żołądka myszy.

Impregnacya metodą Golgiego. Pow. ok. 125 r.

Ryc. 197. Część gruczołu dna żołądka myszy.

Do światła gruczołu uchodzą kanaliki wydzielnicze koszyczków, które oplatają trzy komórki okładzinowe. Pow. ok. 600 razy.

Drugie miejsce co do ilości zajmują t. zw. *gruczoły odźwierni-*

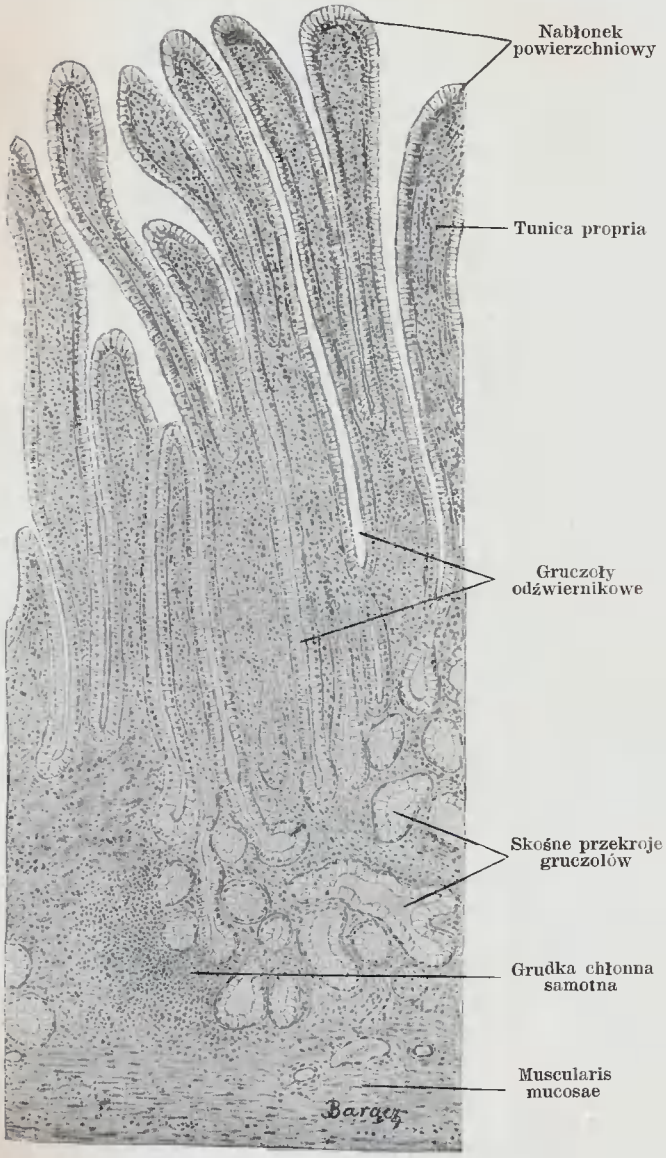
kowe czyli *wypustowe (glandulae pyloricae* — ryc. 198), które występują wyłącznie w odźwierniku i w najbliższem jego otoczeniu. Są to gruczoły pęcherzyko-cewkowe, pojedyńcze lub rozgałęzione, o pęcherzykowato rozszerzonym odcinku końcowym. Różnią się one nadto od gruczołów dna tem, że się częściej dzielą i że przebiegają kręto, a dołeczki, do których uchodzą, są nieco głębsze, niż w dnie żołądka. Gruczoły te zajmują mniej więcej połowę całej grubości błony śluzowej; tkanka łączna warstwy właściwej śluzowej wnikając pomiędzy nie, rozsuwa je tak, iż są one bardziej od siebie oddalone, niż gruczoły dna. Najbardziej charakterystycznem ich znamieniem jest jednak to, że zawierają komórki jednego tylko rodzaju. Ziarnistości, zawarte w tych komórkach, są drobniejsze od ziarnistości komórek głównych gruczołów dna żołądka. Zdaniem niektórych badaczy komórki tych gruczołów są komórkami swoistemi, właściwemi tylko gruczołom odźwiernikowym (Oppel), inni badacze natomiast utożsamiają je z komórkami głównemi gruczołów dna z powodu znacznego wspólnego podobieństwa (Heidenhain, Langley), inni wreszcie (Henle, Oppel, Schiefferdecker, Bentkowski) sądzą, że gruczoły odźwiernikowe są analogiczne do gruczołów Brunnera dwunastnicy. Za drugim z tych poglądów przemawia fakt, że w gruczołach odźwiernikowych spotyka się, chociaż rzadko, komórki okładzinowe (Schaffer, Oppel). Naogół przyjmują, że gruczoły odźwiernikowe, podobnie jak komórki główne gruczołów dna, wydzielają pepsynę i podpuszczkę.

Trzeci rodzaj gruczołów żołądka stanowią *gruczoły wpustowe* (ryc. 192). Gruczoły te, które spotykaliśmy już w przełyku w obu wymienionych wyżej miejscach, leżą w kształcie wąskiego paska, którego szerokość dochodzi do 6 mm., u wejścia do żołądka. Są to gruczoły cewkowe rozgałęzione, wysłane jasnym nabłonkiem walcowatym, rzadko zawierające komórki okładzinowe. Oppel i Bensley uważają gruczoły wpustowe za twory, ulegające zmianom wstecznym, które powstały z gruczołów dna przez zanik znamionujących je komórek okładzinowych.

Co do rozmieszczenia gruczołów żołądka należy jeszcze dodać, że na granicy pomiędzy częścią odźwiernikową, a trzonem żołądka znajduje się strefa przejściowa, w której leżą obok siebie oba rodzaje gruczołów, a więc zarówno gruczoły dna, jak i gruczoły odźwiernikowe.

W odcinku odźwiernika, graniczącym bezpośrednio z dwunastnicą, obok typowych gruczołów odźwiernikowych mogą występować też gruczoły Lieberkühna i Brunnera.

Zasługuje na uwagę również to, że czasami we wpuście żołądka, podobnie jak w odźwierniku, spotyka się zarówno na powierzchni,



Ryc. 198.

Przekrój pionowy błony śluzowej okolicy odźwiernikowej żołądka człowieka.

Pow. ok. 100 razy.

jak i w głębi gruczołów typowy nabłonek jelitowy, t. j. komórki z prążkowanym rąbkiem oskórkowym, pomieszane z komórkami kubkowemi. Cewki takie, zbliżone zupełnie do gruczołów Lieberkühna, nie wnikają tak głęboko w warstwę śluzową właściwą, jak sąsiadujące z niemi gruczoły wpustowe, które często nawet uchodzą do gruczołów Lieberkühna.

Błona podśluzowa (submucosa) żołądka składa się z tkanki łącznej wiotkiej, wśród której czasem leżą komórki tłuszczowe. Nie zawiera ona wcale gruczołów.

Błona mięsna (muscularis) żołądka jest najsilniej rozwinięta w odźwierniku, gdzie grubość jej wynosi ponad 2 mm., najsłabiej zaś w okolicy dna żołądka, gdzie grubość jej dochodzi zaledwie do 0,5 mm. Składa się ona właściwie z trzech warstw komórek mięsnych gładkich, które jednak nie wszędzie tworzą warstwę jednolitą. Warstwa zewnętrzna zawiera komórki przebiegające podłużnie i nie wszędzie jest równomiernie rozwinięta; najgrubszą jest ona na obu krzywiznach żołądka (curvaturae), natomiast może jej zupełnie brakować na przedniej i tylnej powierzchni trzonu, gdzie występuje na powierzchnię warstwa następna tj. mięśni okrężnych, leżąca zwykle pośrodku. Ta warstwa pośrednia jest grubsza od poprzedniej i składa się z komórek okrężnie biegnących. Jest ona najsilniej rozwinięta w odźwierniku, gdzie tworzy zwieracz odźwiernika (sphincter pylori). Komórki warstwy wewnętrznej przebiegają skośnie, tworzą pętlę dokoła wpustu i przechodzą stąd na obie powierzchnie żołądka, przyczem wiązki mięsne rozchodzą się promienisto i dochodzą po części aż do odźwiernika. Inne wiązki biegną skośnie od wpustu do dna żołądka.

Jeszcze bardziej nazewnątrz leży wreszcie *błona surowicza* (tunica serosa), której budowę opiszemy łącznie z otrzewną.

Naczynia i *nerwy* żołądka omówimy w związku z naczyniami i nerwami jelita.

Jelito.

Błona śluzowa jelita nie jest gładka, lecz posiada w jelicie cienkiem wyniosłości dwojakiego rodzaju, których przeznaczeniem jest zwiększenie powierzchni chłonącej. Są to po pierwsze *fałdy okrężne* błony śluzowej (plicae circulares Kerkringi), powtóre zaś *kosmki* jelitowe (villi intestinales).

Fałdy Kerkringa przebiegają okrężnie, zwykle jednak nie okalają całego światła jelita; wznoszą się stopniowo, osiągają pewną wysokość, i zanim okrążą światło jelita, stopniowo się obniżają i zanikają. Początkowa część dwunastnicy nie posiada tych fałdów,

zjawiają się one dopiero w odległości 3—5 cm. od odźwiernika i dochodzą do najwyższego rozwoju szybko, mianowicie już w górnym odcinku jelita czczego (jejunum), następnie stają się coraz niższe, aż wreszcie w dolnym odcinku jelita krętego (biodrowego, ileum) giną zupełnie. Ogółem jest około 800—900 fałdów Kerkringa.

Kosmki są to małe twory palcowate, które znajdują się na całej powierzchni błony śluzowej jelita cienkiego i dochodzą od 0,2 do 1 mm. wysokości (ryc. 199 i 200). Są one tak gęsto ułożone obok siebie, że błona śluzowa ma wygląd aksamitu. W jednych odcinkach jelita są one rozmieszczone gęściej, w innych rzadziej, pozatem różnią się zależnie od miejsca występowania zarówno co do kształtu jak i wielkości. Najobficiej występują one w dwunastnicy i w jelicie czczem (22—40 na 1 mm^2), w jelicie krętem są ułożone nieco rzadziej (18—31 na 1 mm^2). W dwunastnicy są one niższe (do 0,5 mm) i posiadają kształt blaszek, w jelicie czczem osięgają największą długość (około 1 mm) i posiadają kształt mniej więcej walcowaty, czasami zaś są maczugowato zgrubiałe. W jelicie krętem są nitkowate, a ku końcowi jego stają się coraz niższe i jednocześnie pojawiają się coraz rzadziej.

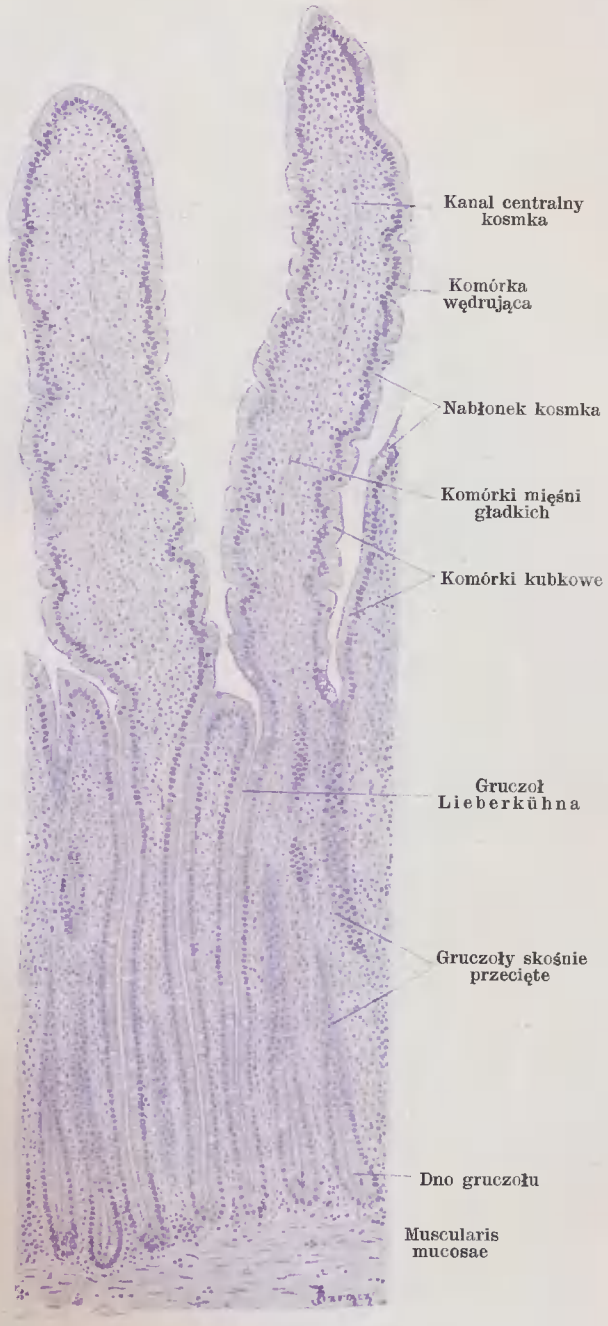
Oprócz tych wyniosłości, spotykanych wyłącznie w jelicie cienkiem, znajdują się zarówno w błonie śluzowej jelita cienkiego jak i jelita grubego zagłębienia w postaci gruczołów, które od podstawy kosmków jelitowych wnikają głęboko w warstwę właściwą błony śluzowej.

Wydzielina tych gruczołów i komórek nabłonkowych, ułożonych na powierzchni jelita, zwana *sokiem jelitowym*, jest płynem rzadkim, prawie bezbarwnym o odczynie zasadowym, zawierającym tylko około 1% składników stałych. Z pośród składników czynnych zawiera sok jelitowy głównie *erepsynę* i *enterokinazę*. Erepsynę najprawdopodobniej wydzielają gruczoły Lieberkühna. Posiada ona zdolność trawienia sernika (kazeiny) i włóknika (fibryny) oraz rozszczepiania albumozy i peptonu. Enterokinaza ma powstawać w nabłonku kosmków i posiada ważną zdolność aktywowania trypsyny (Pawłow). Gruczoły Brunnera wydzielają ferment podobny do pepsyny. Sok jelitowy może w małym stopniu skręcać płaszczyznę polaryzacji cukru trzcinowego i rozszczepiać maltozę oraz cukier mlekowy (Röhmann). Biorące w tem udział enzymy, jak *inwertaza*, *maltaza* i *laktaza* są prawdopodobnie wydzielane też przez gruczoły Lieberkühna; być może, iż leukocyty odgrywają ważną rolę w ich wytwarzaniu.

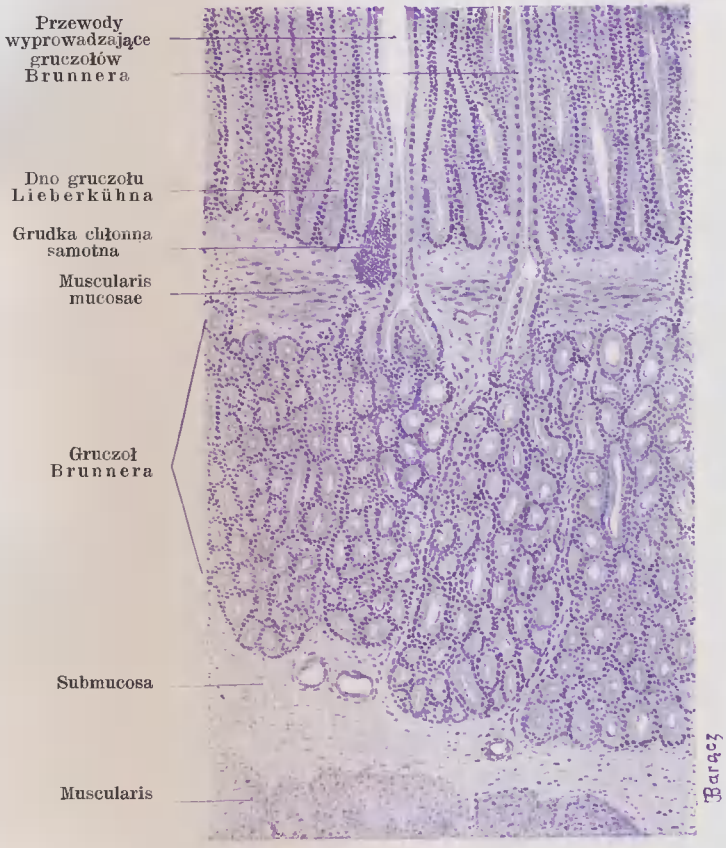
Błona śluzowa całego jelita składa się z nabłonka, warstwy śluzowej (lamina propria) i warstwy mięsnej błony śluzowej (muscularis mucosae — ryc. 199).

Nabłonek błony śluzowej jelita pokrywa wszystkie jej wyniosłości t. j. fałdy i kosmki, i przechodzi w głębi pomiędzy kosmkami bez przerwy w nabłonek gruczołów.

Nabłonek ten jest nabłonkiem walcowatym jednowarstwowym, zawierającym liczne komórki kubkowe (ryc. 200 i 201).



Ryc. 200.
Przekrój pionowy błony śluzowej jelita czczego z kota.
Pow. ok. 115 razy.

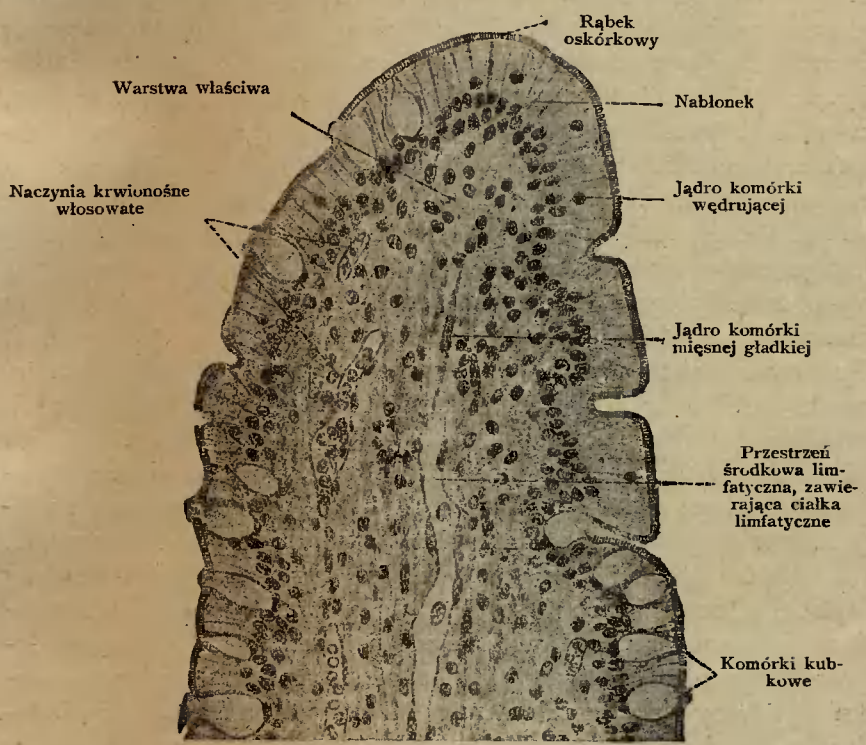


Ryc. 201.

Przekrój dwunastnicy kota.

Widoczna cała błona podśluzowa wraz z gruczołami Brunnera i części przyległe do błony śluzowej i mięsnej. Pow. ok. 100 razy.

Komórki walcowate jelita ludzkiego są 22—26 μ wysokie i 6 do 9 μ szerokie. Spoczywają one swą zwężoną lub rozszerzoną podstawową częścią na jednolitej błonie podstawowej, pozbawionej struktury. Ciało komórkowe posiada budowę zawiłą. Posiada ono na wolnej powierzchni *rąbek oskórkowy* (Henle), który jest mniej lub bardziej wyraźnie prążkowany (ryc. 203). Istnieją rozmaite zapatrywania na budowę, znaczenie i pochodzenie tego rąbka. Po-



Ryc. 202.
Przekrój podłużny przez wierzchołek kosmka jelita cienkiego kota.
Pow. ok. 450 razy.

przeczne prążkowanie rąbka powstaje skutkiem obecności krótkich pręcików, leżących gęsto obok siebie wśród istoty mieżnej (interstycjalnej). Według jednych autorów pręciki te są nitkowatemi wyrostkami ciała komórkowego, które mogą się kurczyć, to znaczy, że komórka może je wysyłać do brzeżka oskórkowego i wciągać z powrotem (R. Heidenhain); według zapatrywania innych autorów należy je uważać za migawki, które utraciły zdolność wykonywania ruchu (Prenant). W zgodzie z tem ostatniem zapatrywaniem pozostaje istnienie tuż pod rąbkiem oskórkowym ułożonych

ziarenek, które barwią się podobnie jak ciałka podstawowe prawdziwych komórek migawkowych (M. Heidenhain).

W komórce nabłonka jelitowego znajdującej się w spoczynku tj. w czasie głodzenia, możemy odróżnić cztery następujące po sobie odcinki. Zaczynając od powierzchni tuż pod rąbkiem oskórkowym widzimy wąski, jednolity odcinek, zawierający dwa obok siebie leżące ciałka środkowe. Po nim następuje odcinek nieco szerszy, ziarnisty, który prowadzi do odcinka włóknistego, stanowiącego przeważną część komórki i sięgającego aż do jądra. Charakterystyczne znamię nadają temu odcinkowi włókna gładkie, ściśle obok siebie leżące. Włókna te wynurzają się w okolicy jądra i biegną falisto, a często spiralnie przez całą długość komórki, gubiąc się we wspomnianym ziarnistym odcinku. Według M. Heidenhaina ma się tu do czynienia z *włókienkami oporowemi, tonofibryllami*, które mają zabezpieczać komórkę przed uszkodzeniem z powodu wzrastającego ucisku bocznego. Nowsze badania (Champy) nie pozostawiają żadnej wątpliwości co do tego, że te włókienka nie są niczem innem jak mitochondrjami w formie włókienek, chondrjokontami. Przemawia zatem zmiana, jakiej ulegają te twory podczas czynności resorbcyjnej, o której później mówić będziemy. Czwarty i ostatni, podstawowy odcinek leży obwodowo od jądra i zawiera również liczne, ale silniej zgięte chondrjokonty. Ta obwodowa grupa chondrjokontów jest połączona zapomocą nielicznych, obok jądra biegnących, włókienek z grupą chondrjokontów leżącą w górnym odcinku komórki.

Jądro komórek walcowatych jest podłużne, jajowate i leży w środku komórki albo nieco bliżej jej podstawy. Pomiędzy komórkami walcowatemi znajdują się wąskie przestrzenie międzykomórkowe, mające kształt szczelin, które od strony światła jelita są zamknięte listewkami granicznemi (M. Heidenhain). Sąsiadujące z sobą komórki są połączone zapomocą poprzecznych mostków międzykomórkowych, przebiegających poprzez przestrzenie międzykomórkowe (R. Heidenhain).

W nabłonku błony śluzowej jelita znajdują się pomiędzy komórkami walcowatemi liczne *komórki kubkowe* (Henle, F. E. Schultze), które wydzielają śluz. Występują one zarówno na kosmkach jak i w głębi gruczołów Lieberkühna (ryc. 200, 201 i 203). W jelicie grubem są one liczniejsze niż w cienkiem. W preparacie niebarwiowym odbijają jako jaśniejsze od ciemniejszych komórek walcowatych. Jeśli się zabarwi barwikami barwiącemi śluz, to występują bardzo wyraźnie, a przy odpowiednim doborze barwika mogą się barwić metachromatycznie. Komórki kubkowe nie posiadają rąbka złożonego z pręcików, wobec czego brakuje go w tych miejscach powierzchni nabłonka, gdzie one leżą. W każdej komórce

kubkowej można rozróżnić dwie części: górną śluzowo zmienioną i dolną cz. obwodową protoplazmatyczną. Część górna zawiera wśród zrębu piankowatego plazmy dwa ciałka środkowe, tuż obok siebie leżące i aparat siateczkowy Golgiego (tabl. II, ryc. 13), dolna zaś zawiera jadro o budowie bardziej zbitej i wskutek tego barwiące się silniej, niż jądra sąsiednich komórek walcowatych. Kształt tych komórek jest zależny od stopnia wypełnienia śluzem, im więcej go komórka zawiera, tem bardziej górny jej koniec jest rozszerzony i rozdęty. Często spotyka się komórki kubkowe, z których wolnego górnego końca wydobywa się nazewnątrz śluz.

Dotychczas nie rozstrzygnięto ostatecznie pytania, czy komórki kubkowe są odrębną formą komórek, czy też są zmienionemi komórkami nabłonka walcowatego. Pewni autorowie twierdzą, że każda młoda komórka nabłonka walcowatego może przekształcić się w komórkę kubkową, czyli że komórki nabłonkowe walcowate i komórki kubkowe przedstawiają ten sam element w dwu odrębnych okresach czynności (Patzelt, List, Biedermann, Paneth). Inni autorowie (Bizzozero, R. Monti) są natomiast zdania, że komórki kubkowe i komórki nabłonkowe walcowate stanowią dwa odrębne rodzaje komórek i że komórki kubkowe w okresie wypoczynku są tylko podobne do komórek walcowatych. Proces wytwarzania śluzu najprawdopodobniej może się powtarzać wielokrotnie w jednej i tej samej komórce.

Pomiędzy komórkami nabłonka spotyka się często leukocyty, które pochodzą z leżącej pod nabłonkiem warstwy śluzowej właściwej i wędrują do światła jelita. Posiadają one okrągłe jądro i wąski rąbek protoplazmatyczny.

Zadanie, które ma spełniać nabłonek jelita, jest podwójne: chłonienie i wydzielanie. Czynność chłonna komórek jelita jest właściwie specjalnym rodzajem wydzielania gruczołowego; chłonienie pod pewnemi względami jest poniekąd odwróceniem wydzielania. Podczas zwykłej czynności wydzielniczej bowiem komórka pobiera pewne substancje z krwi lub limfy, przerabia je i następnie wydziela nazewnątrz, podczas chłonienia natomiast, komórka jelitowa czerpie z treści jelita ciała pokarmowe, zmienione przez soki trawienne i oddaje je zmienione lub niezmienione do krwi lub limfy. Komórka jelitowa jest więc niejako pewnego rodzaju komórką gruczołową o wewnętrznem wydzielaniu (Mingazzini, Drago, Renaut, Mac Callum). Innemi słowy komórka gruczołowa pełni jednocześnie funkcje fizjologiczne dwojakiego rodzaju: za pośrednictwem swej powierzchni, zwróconej ku światłu, pobiera pewne substancje i przerabia je, za pośrednictwem zaś swej powierzchni, przylegającej do podstawy, wydziela te produkty, przerobione w swem ciele, do krwi lub limfy. Obie te czynności są prawdopodobnie wykonywane przez górną i dolną część komórki, które istotnie zawierają pewne twory, jak np. mitochondrja, stojące w związku z gruczołową czynnością komórek. W ten sposób fizjologiczna dwubiegunowość komórki znajduje wyraz także w dwubiegunowości morfologicznej (Champy, Prenant). Komórki nabłonkowe różnych odcinków jelita posiadają różną zdolność wchłaniania dla

różnych substancyj, które mają być resorbowane. Jelito grube np. chłonie wodę szybciej od jelita cienkiego, z białkiem i cukrem ma się rzecz wprost przeciwnie, a tłuszczu jelito grube nie wchłania wcale (Czapliński i Szymonowicz). Najlepiej zbadany jest proces wchłaniania tłuszczu, ponieważ tłuszcz daje się bardzo łatwo wykazać zapomocą kwasu osmowego. Nie jest dotychczas wiadome w jakiej postaci dostaje się tłuszcz do komórek nabłonkowych. Sok trzustkowy rozszczepia w jelicie tłuszcze, a uwolnione przy tem kwasy tłuszczowe albo zmydlają się pod wpływem alkaljów soku jelitowego i żółci — albo zostają rozpuszczone przez kwasy żółciowe, zawarte w żółci. (Pflüger, Altmann). W jednej z tych form przyjmuje je następnie nabłonek jelitowy. Zjawiają się one najpierw w drugim, ziarnistym odcinku komórek nabłonkowych w postaci drobnych kulek, które następnie wędrują ku obwodowi, rosną i zlewają się w duże krople. Te wlewają wkońcu swą treść do przetworów międzykomórkowych, z których następnie tłuszcz wchodzi do trzona kosmka i dostaje się do środkowej przestrzeni mleczowej. (R. Heidenhain, Czapliński i Rosner, Krehl, Altmann).

Przytem odgrywają chondrjokonty komórek nabłonka jelitowego ważną rolę. Najpierw ulegają zmianom różańcowatym, a następnie rozpadają się na liczne ziarna mitochondrjalne. Każde z tych ziarenek obładowuje się tłuszczem przy równoczesnym powolnym zaniku swego mitochondrjalnego jądra (Champy). Prawdopodobnie kwasy tłuszczowe, które dostały się do komórki, wchodzą najpierw w połączenie z ciałami białkowemi protoplazmy i dlatego nie dają się już wykazać naszymi metodami w odcinku zewnętrznym jednolitym komórki. To połączenie tłuszczu z ciałami białkowemi rozkłada się następnie w odcinku ziarnistym pod wpływem mitochondrjów.

Warstwa właściwa śluzowa jelita składa się w przeważnej części z tkanki siateczkowatej, która tworzy podstawę fałdów i kosmków jelitowych. Komórki tej tkanki gwiaździste i rozgałęzione, jak zwykle, łączą się z sobą zapomocą wypustek i tworzą siatkę o dużych oczkach, w których leżą liczne komórki wędrujące i fagocyty. Tkanka siateczkowata tworzy tuż przy błonie podstawowej nabłonka bardziej zbitą warstwę prążkowaną, zawierającą jądra. W kosmkach jelitowych (ryc. 180) spotykamy więc, idąc od zewnątrz ku wewnątrz, najpierw pokrywający je nabłonek walcowaty, pod nim błonę podstawową i wreszcie trzon kosmka, składający się z tkanki siateczkowatej. W trzonie kosmka oprócz naczyń krwionośnych i limfatycznych, które opiszemy niżej, znajdują się elementy mięsne w postaci wąskich pasm komórek mięsnych gładkich, które odłączają się od warstwy mięsnej błony śluzowej, wnikają w trzon kosmków i dochodzą w nim aż do błony podstawowej. Sąsiednie wiązki łączą się przytem ze sobą zapomocą odgałęzień bocznych i tworzą w trzonie kosmka sieć mięsną. Skurcz tych komórek powoduje naturalnie skracanie się kosmka.

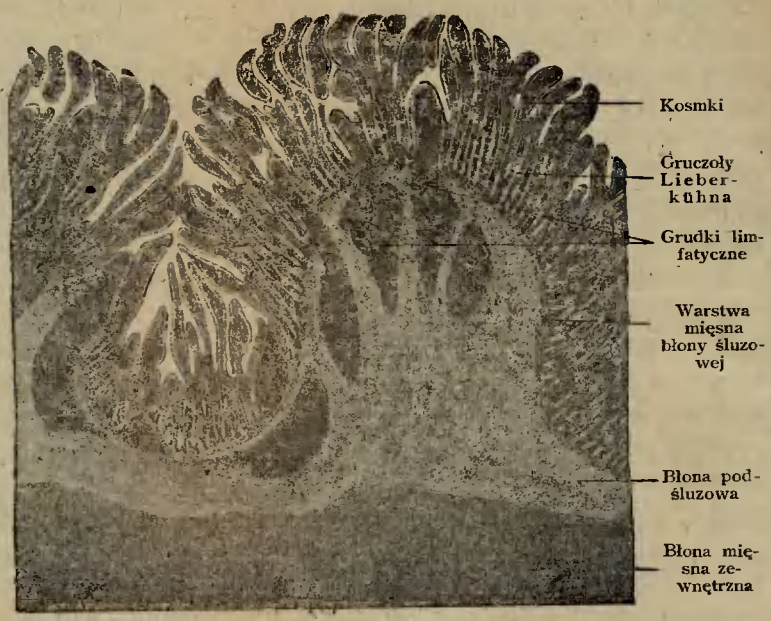
W warstwie właściwej śluzowej leżą *gruczoły Lieberkühna (gruczoły jelitowe, glandulae intestinales*, ryc. 178, 183). Są to gruczoły cewkowe pojedyńcze, czasami rozwidlone, których długość wynosi w jelicie cienkiem zaledwie 0,3—0,5 mm., w jelicie grubem

już znacznie więcej, a w odbytnicy dochodzi nawet do 5—7 mm. (Schaffer). Leżą one tuż obok siebie, porozdzielane zapomocą małej ilości tkanki siateczkowatej warstwy śluzowej właściwej i są wysłane komórkami nabłonkowemi walcowatemi, które nieznacznie tylko różnią się od komórek nabłonkowych kosmków; są mianowicie od nich niższe i mają słabiej rozwinięty rąbek oskórkowy. Ponieważ niema istotnej różnicy w budowie nabłonka wyściełającego gruczoły, i nabłonka pokrywającego powierzchnię jelita, przeto nasuwa się pytanie, czy gruczoły Lieberkühna są rzeczywistemi gruczołami wydzielającemi, czy też należy je uważać tylko za zagłębienia (cryptae) błony śluzowej, które miałyby na celu zwiększenia powierzchni jelita. Badania Bizzozera przemawiają za tem, że są to tylko zagłębienia. Na tej podstawie, iż w głębi gruczołów Lieberkühna osobliwie w dolnej ich części prawie zawsze znajdują się liczne figury mitotyczne, gdy tymczasem brak ich zupełnie na powierzchni błony śluzowej jelita, badacz ten postawił hipotezę, że gruczoły Lieberkühna są ogniskami odradzania się komórek nabłonkowych (zarówno walcowatych, jak kubkowych), które na powierzchni jelita niszczeją podczas procesu wydzielania. Badacz ten przypuszcza, że takie młode komórki, które powstały w gruczołach Lieberkühna, przesuwają się ku górze, a te nieznaczne różnice, jakie zachodzą pomiędzy nabłonkiem w głębi gruczołu i na powierzchni kosmka, są według niego wynikiem różnicy wieku tego samego rodzaju komórek. W związku z tem zapatrywaniem pozostaje wyjaśnienie pytania, dlaczego w gruczołach jelita grubego znajduje się o wiele więcej komórek kubkowych, niż w jelicie cienkiem: prawdopodobnie komórki nabłonkowe na powierzchni kosmków zużywają się bardzo szybko i dlatego muszą się szybko odradzać i przesuwać ku górze, tak iż poprostu braknie czasu, aby komórki mogły w obrębie zagłębień błony śluzowej przebyć całe przeobrażenie śluzowe. W jelicie grubem natomiast, gdzie brak kosmków, cała przemiana śluzowa może odbyć się w obrębie zagłębień błony śluzowej, ponieważ komórki nabłonkowe na powierzchni jelita zużywają się powoli i wskutek tego przesuwanie się komórek odbywa się wolniej.

Na dnie gruczołów znajdują się jeszcze pewne osobliwe komórki gruboziarniste, zwane od nazwiska badacza, który je odkrył, *komórkami ziarnistemi Panetha*. Znaczenie ich i czynność nie są dokładnie wyjaśnione, uważano je za młode komórki kubkowe (Ranvier, Bizzozero), trzeba jednak raczej przychylić się do zdania, że stanowią odrębny rodzaj komórek. Ziarenka komórek Panetha posiadają charakter surowiczy (Policard, Deville) oraz powinowactwo do barwików kwaśnych i jądrowych.

Jeśli się przyjmie, że komórki Panetha są rzeczywiście komórkami gruczołowemi, to przez to zyskuje na prawdopodobieństwie zapatrywanie, że gruczoły Lieberkühna są rzeczywistemi gruczołami. Lecz i tu napotyka się na pewną trudność, mianowicie, że komórki Panetha zostały wykazane nie u wszystkich gatunków zwierząt, a u pewnych zwierząt nie we wszystkich odcinkach jelita.

Oprócz komórek Panetha opisano w nabłonku jelita jeszcze inne komórki, zawierające ziarenka, np. komórki zawierające ziarenka chromochłonne (Kull), których nie należy utożsamiać z komórkami Panetha.

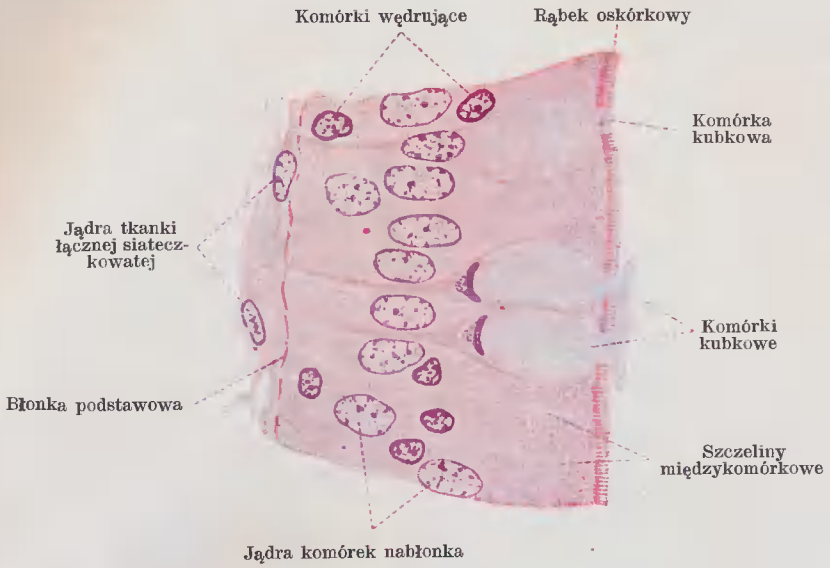


Ryc. 204.

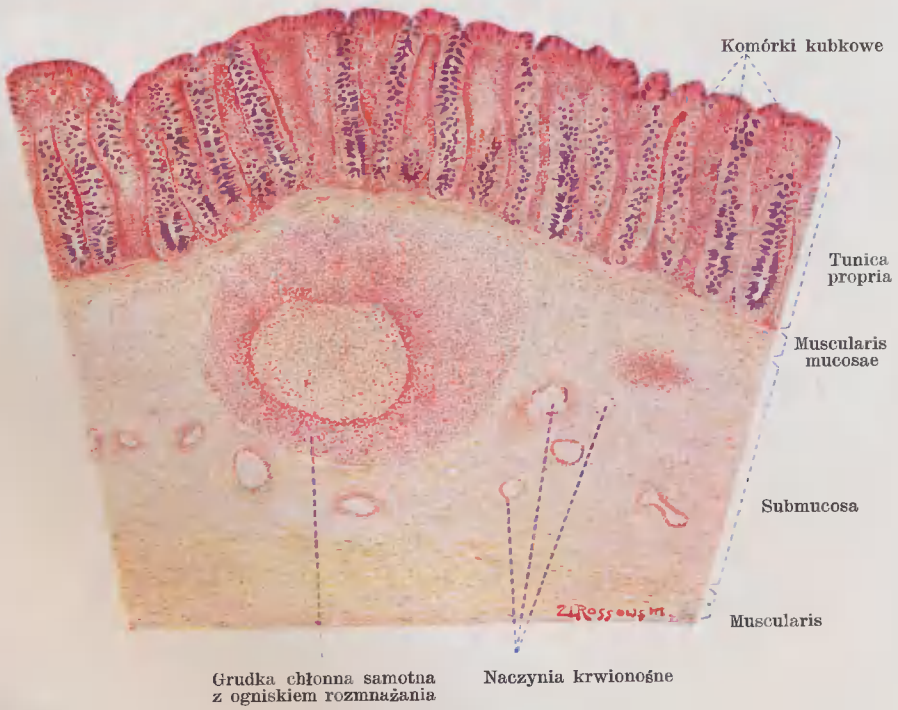
Przekrój grudek skupionych jelita cienkiego kota.

Nie wszystkie grudki zostały przecięte w ich największym wymiarze. Pow. ok. 25 razy.

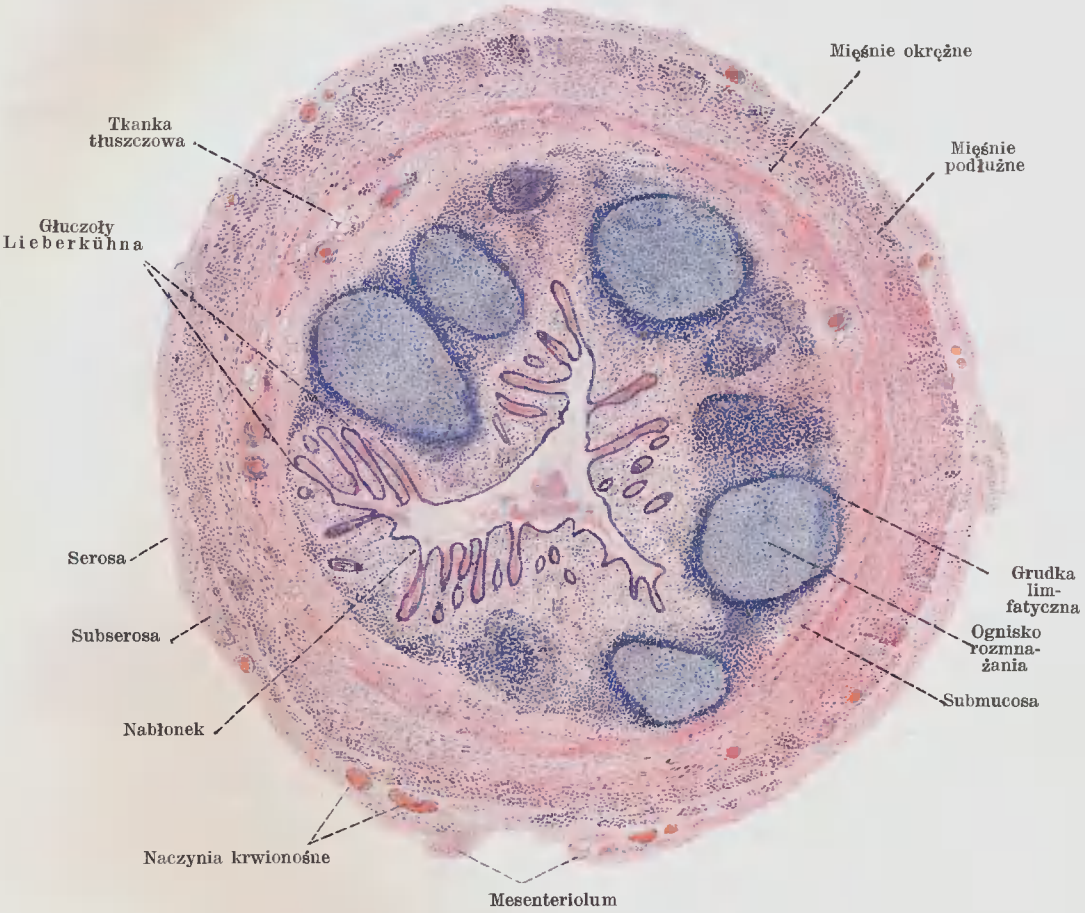
W błonie śluzowej różnych odcinków jelita znajdują się *grudki limfatyczne* różnej wielkości. W całem jelicie są rozrzucone *grudki limfatyczne odosobnione* (ryc. 204) wielkości ziarnka prosa. Rozwijają się one w warstwie właściwej śluzowej i zajmują całą jej grubość od nabłonka, który nazewnątrz wypuklają, aż do warstwy mięsnej błony śluzowej. W miarę dalszego rozrostu przebijają one warstwę mięsną błony śluzowej, zstępują w głąb, tak iż większa część grudki tkwi wśród warstwy podśluzowej. W miejscu tem gruczoły Lieberkühna zostają zepchnięte na boki, a to samo dzieje się często z kosmkami. Ponieważ warstwa podśluzowa wzrastającej grudce limfatycznej mniejszy stawia opór niż błona śluzowa, przybierają



Ryc. 203. Nabłonek jelita z przekroju podłużnego kosmka jelita kota.
Pow. ok. 1100 razy.



Ryc. 205.
Przekrój błony śluzowej jelita grubego z człowieka. W błonie właściwej widać dużą grudkę chłonną samotną.
Pow. ok. 45 razy.



Ryc. 206. Przekrój poprzeczny wyrostka robaczkowego skazańca 21-letniego. Płyn Zenkera, Hemat.-eozyna.

Słabe powiększenie.

grudki kształt gruszkowaty i rozszerzonym swym końcem sięgają do dolnej granicy błony podśluzowej. Wierzchołek grudki wypukla błonę śluzową do światła jelita i jest pokryty jednowarstwowym nabłonkiem jelitowym. Oprócz tego tkanka limfoidalna znajduje się w wielu miejscach w większych nagromadzeniach w postaci *grudek limfatycznych skupionych* (noduli lymphatici aggregati, kępki Peyera, plaques de Peyer) (ryc. 204). Zjawiają się one dopiero w dolnym odcinku jelita czczego i są w liczbie około 20 rozsiane po całem jelicie krętem. W jelicie grubem spotyka się je rzadko. Tworzą one płytki owalne o rozmaitych wymiarach (8 × 6 do 300 × 20 mm). Pod względem budowy są to nagromadzenia grudek odosobnionych, gęsto obok siebie leżących, w liczbie 5—100, najczęściej jednak w liczbie 20—30. Najobficiej występuje tkanka limfoidalna w wyrostku robaczkowym (ryc. 206), gdzie limfocyty tworzą jakby nacieki w warstwie właściwej śluzowej, a oprócz tego spotyka się w niej liczne grudki odosobnione, przyczem elementy gruczołowe schodzą na drugi plan. W pośrodku każdej grudki znajduje się zawsze ognisko rozmnażania. Nowowytworzone leukocyty częściowo dostają się stąd do naczyń limfatycznych, które oplatają grudki, częściowo zaś wędrują pomiędzy komórkami pokrywającego nabłonka i dostają się do światła jelita. Mają one dostarczać dla soku jelitowego ważnych dla procesu trawienia enzymów.

Warstwa mięsna błony śluzowej (muscularis muscosae) przedstawia się podobnie jak w żołądku i stanowi najgłębszą warstwę błony śluzowej, graniczącą z błoną podśluzową.

Błona podśluzowa jelita składa się z wiotkiej tkanki łącznej włóknistej i najlepiej jest rozwinięta w górnej części dwunastnicy, gdzie zawiera gruczoły *Brunnera*. Jest ona także silnie rozwinięta w wyrostku robaczkowym.

Gruczoły Brunnera (ryc. 199 i 201) są gruczołami pęcherzykowo-cewkowemi, których trzon leży w błonie podśluzowej, a przewody przebijają warstwę mięsną błony śluzowej i uchodzą na powierzchni pomiędzy gruczołami Lieberkühna lub też wprost do nich wpadają. Oprócz tego spotyka się czasami, jakkolwiek rzadziej, gruczoły Brunnera w błonie śluzowej dwunastnicy obok gruczołów Lieberkühna. Gruczoły Brunnera są najsilniej rozwinięte w górnej części dwunastnicy, gdzie zajmują całą grubość błony podśluzowej, ku dołowi występują coraz skąpiej, a ku końcowi dwunastnicy znikają zupełnie.

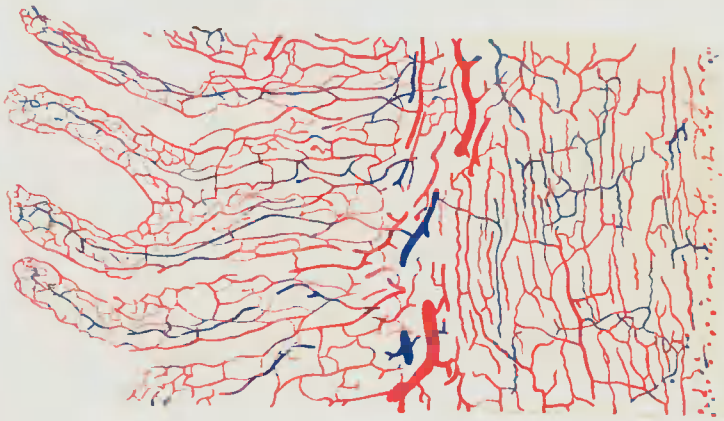
Niektórzy autorowie zwrócili uwagę na wielkie podobieństwo, zachodzące pomiędzy gruczołami Brunnera, a gruczołami odźwiernikowemi żołądka; niektórzy nawet utożsamiali je z niemi. Zapatrywania na wydzielinę gruczołów Brunnera są niezgodne. Wielu

autorów widzi w nich komórki wydzielające śluz, inni natomiast uważają je za gruczoły surowicze. Pomiędzy komórkami dają się wykazać kanaliki wydzielnicze, które cechują gruczoły surowicze. Oppel opisał w gruczołach *Brunnera* jeszcze jeden rodzaj osobliwych komórek gruczołowych, które pod względem budowy podobne są do komórek Panetha, ponieważ zawierają duże ziarenka eozynochłonne, regularnie ułożone. Pozatem rzuca się w oczy nadzwyczaj wielkie podobieństwo między dnem gruczołów Lieberkühna, zawierającem komórki Panetha, a gruczołami Brunnera, tak iż nasuwa się pytanie, czy gruczoły Brunnera nie powstały z silnie bujających odcinków końcowych gruczołów Lieberkühna.

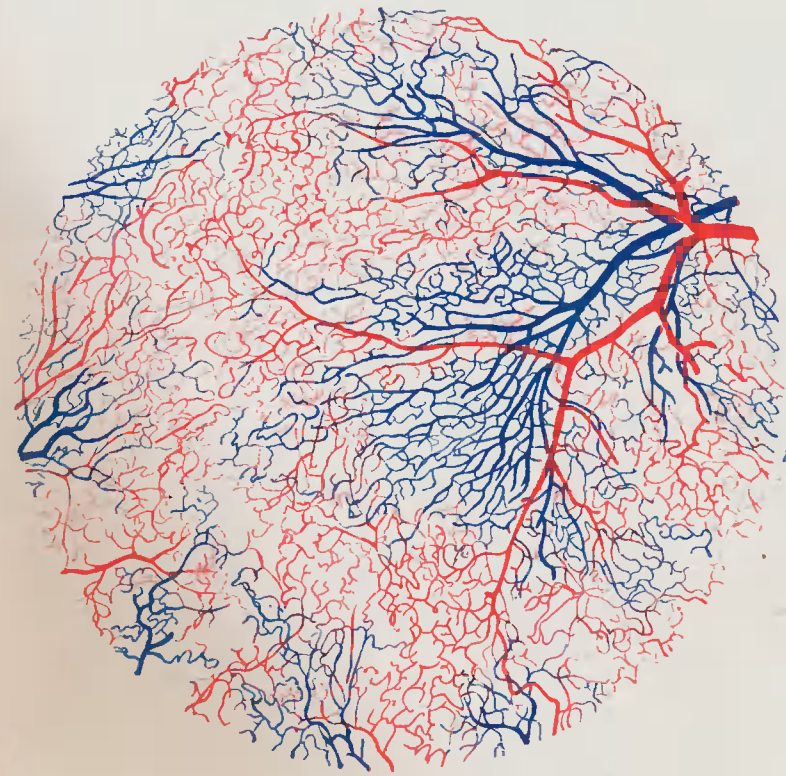
Nazewnątrz od błony podśluzowej leży *błona mięsna (muscularis externa)*, która składa się z dwóch pokładów komórek mięsnych gładkich: wewnętrznego grubego, biegnącego okrężnie, i zewnętrznego cieńszego, biegnącego podłużnie (ryc. 199). Błona mięsna jest w dwunastnicy rozwinięta lepiej niż w dalszych odcinkach jelita cienkiego, najsilniej zaś w odbytnicy (ponad 2 mm). Warstwa mięsna podłużna jest w niektórych miejscach słabo rozwinięta, tak np. w miejscu przyczepu krezki; w jelicie grubem nie tworzy również warstwy ciągłej, lecz ogranicza się do trzech grubych taśm *(taeniae)*, które przechodzą nieprzerwanie ponad wypuklenia okrężnicy *(haustra)*. Pomiędzy taśmami okrężnicy umięśnienie jelita grubego stanowią prawie wyłącznie komórki mięsne przebiegające okrężnie, do których przyłącza się bardzo poprzerywana warstwa komórek, ułożonych podłużnie. Mięśnie okrężne jelita grubego są silniej rozwinięte w pasach okrężnych, leżących pomiędzy wypukleniami *(haustra)* aniżeli w samych wypukleniach. Na początku odbytu umięśnienie gładkie kończy się grubym pierścieniem, tworzącym zwieracz wewnętrzny odbytu (sphincter ani internus); zwieracz odbytu zewnętrzny (sphincter ani externus) i dźwigacz odbytu (levator ani) zbudowane są z mięśni prążkowanych.

Naczynia krwionośne, naczynia limfatyczne i nerwy żołądka i jelita.

Naczynia krwionośne jelita przebiegają pomiędzy dwiema blaszkami krezki, wnikają do błony surowiczej ściany jelita, przebijają błonę mięsną, dając początek licznym gałązkom bocznym, i dostają się do błony podśluzowej, gdzie tworzą sieć płasko rozpostartą o dużych oczkach (ryc. 208). Odgałęzienia od tej sieci podchodzące ku górze, przenikają warstwę mięsną błony śluzowej i tworzą drugą sieć u dna gruczołów Lieberkühna w obrębie błony śluzowej właściwej. Od tej sieci odchodzą najdrobniejsze gałązki, które oplatają



Ryc. 208.
Część przekroju nastrzyknietego jelita cienkiego z królika.
Tętnice nastrzyknięte czerwono, żyły niebiesko.
Pow. ok. 50 razy.



Ryc. 207.
Część przekroju podwójnie nastrzyknietego gruczołu podszczękowego królika.
Tętnice nastrzyknięte czerwono. żyły niebiesko. Pow. ok. 100 razy.

gruczoły gęstą siateczką naczyń włosowatych, dochodzą aż pod błonę podstawową nabłonka powierzchniowego i ujścia gruczołów otaczają jakby wieńcem. W powyższy sposób zachowują się naczynia tętnicze w jelicie grubem i w żołądku. W jelicie zaś cienkiem, zawierającem kosmki, część tętniczek końcowych, przeznaczona dla kosmków, odgałęzia się od siateczki, leżącej w warstwie śluzowej właściwej i wznosi się ku górze pomiędzy gruczołami, dzieląc się po drodze na naczyńka włosowate. Gdy tętniczki te dojdą do podstawy kosmka, wchodzą do niego zwykle po kilka (1, 2 albo 3) i rozpadają się albo już w dolnej jego części, albo dopiero wyżej na sieć naczyń włosowatych o wązkich oczkach, która oplata cały kosmek tuż pod błoną podstawową. Z tej siateczki naczyń włosowatych zbiera się krew z całego kosmka zwykle do jednej żyły, która odprowadza tę krew do splotu żylnego, leżącego w warstwie śluzowej właściwej. Stąd odchodzą zwykle wraz z naczyniami tętniczemi biegnące żyły, które tworzą w błonie podśluzowej jeszcze jedną sieć, rozpostartą równolegle do powierzchni i opuszczają ścianę jelita. Od siateczki naczyń, leżącej w warstwie śluzowej właściwej, odchodzą też naczynia krwionośne do grudek odosobnionych i kępek Peyera. Dochodzące do nich liczne naczyńka tworzą gęste sieci dokoła grudek, a drobne gałązki wnikają do ich wnętrza, nie dochodząc jednak do części środkowej grudek.

Naczynia limfatyczne jelita, zwane *naczyniami mleczowemi* (vasa chylifera) w jelicie cienkiem biorą początek w kosmkach, w jelicie grubem zaś prawdopodobnie pomiędzy gruczołami Lieberkühna. W trzonie każdego kosmka znajduje się jeden, w dużych kosmkach nawet dwa lub trzy kanały, biegnące wzdłuż kosmków. Ściana tych kanałów składa się z jednowarstwowego nabłonka płaskiego, który powstał z ułożonych obok siebie gwiaździstych komórek tkanki siateczkowatej trzonu kosmka. Kanał ten nazywamy *środkową przestrzenią mleczową* kosmka. Ku wierzchołkowi kosmka przestrzeń ta jest zwykle maczugowato zgrubiała, u podstawy zaś kosmka zwęża się, rozszczepia i przechodzi w sieć naczyń mleczowych, zwaną *splotem podkosmkowym*. Od niego odchodzą pnie biegnące prostolinijnie pomiędzy gruczołami Lieberkühna do błony podśluzowej, tworzące tam *splot podśluzowy;* odgałęziające się od niego pnie odprowadzające, przenikają przez błonę mięsną i pomiędzy dwiema blaszkami otrzewnej dochodzą do krezki. Naczynia limfatyczne błony mięsnej zbierają się w sieć, leżącą pomiędzy warstwą mięsną okrężną a podłużną; wychodzące z niej naczynia odprowadzające uchodzą do naczyń mleczowych zstępujących z warstwy podśluzowej. Naczynia mleczowe jelita posiadają zastawki, które występują dopiero w gałązkach splotu podśluzowego. Naczynia

mleczowe tworzą dokoła grudek gęste sieci, *sieci Teichmanna*, które jednak do grudek nie wnikają.

Nerwy jelita, pochodzące ze splotów krezkowych, ze splotu trzewnego, podbrzusznego, odbytniczych i ze splotu aorty (plexus mesenterici, coeliacus, hypogastricus, haemorrhoidales i aorticus) dochodzą wraz z naczyniami do ściany jelita i tworzą w niej dwa rozległe sploty obficie zaopatrzone w zwoje: zewnętrzny z nich, splot nerwowy warstwy mięsnej, *(plexus myentericus* s. Auerbachi) leży pomiędzy warstwą mięsną podłużną a okrężną (ryc. 199), wewnętrzny zaś splot podśluzowy *(plexus submucosus* s. Meissneri), w błonie podśluzowej. Oba te sploty są połączone ze sobą zapomocą licznych włókien. W punktach węzłowych tych splotów zarówno jak i wewnątrz ich oczek leżą komórki nerwowe już to pojedyńczo, już też połączone w drobne zwoje; są to typowe komórki współczulne o licznych dendrytach i jednym neurycie. Dendryty tworzą na obwodzie każdego zwoju gęstą sieć, neuryty zaś, wychodzące ze zwojów, łączą ze sobą poszczególne zwoje i kończą się na komórkach mięsnych gładkich. Do komórek splotów dochodzą włókna ruchowe, pochodzące z nerwów mózgowordzeniowych; otaczają one komórki współczulne splotami okołokomórkowemi (Dogiel). Oczka splotu podśluzowego są węższe, a komórki mniejsze niż w splocie warstwy mięsnej. Od splotu podśluzowego odchodzą wiązki włókien do gruczołów, do naczyń leżących w błonie śluzowej i do nabłonka.

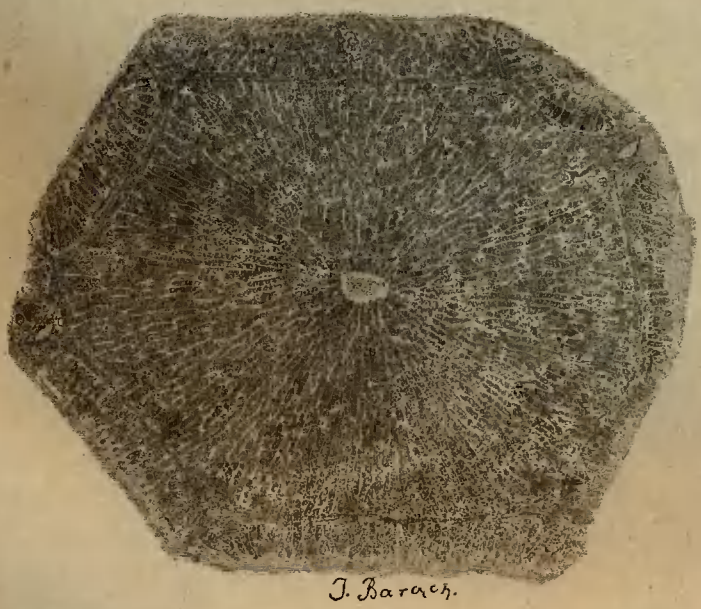
6. Wątroba.

Wątroba, hepar, jest gruczołem cewkowym złożonym, osobliwego rodzaju; jest to bowiem gruczoł, w którym cewki łączą się w sieć. Wątroba zachowuje typową cewkową budowę tylko u pewnych ryb; u innych kręgowców i u człowieka budowa ta występuje tylko we wczesnych okresach życia płodowego i zatraca się już wcześnie wskutek tego, że cewki zaczynają łączyć się ze sobą zapomocą licznych odgałęzień bocznych, co powoduje powstanie gęstej sieci.

Wątroba ssaków i człowieka składa się, jak inne duże gruczoły przewodu pokarmowego z licznych, ściśle obok siebie ułożonych zrazików. Zraziki wątrobowe *(lobuli hepalici)* okazują jednak u człowieka i u ssaków tę właściwość, że nie są wszędzie wyraźnie oddzielone łącznotkankowemi przegrodami, lecz zwykle przechodzą w siebie. Stąd tkanka łączna międzyzrazikowa występuje w wątrobie człowieka tylko bardzo słabo. U niektórych natomiast zwierząt jak np. u świni zraziki wątrobowe są od siebie oddzielone silnie rozwiniętą tkanką łączną miedzyzrazikową. Te zraziki wątrobowe są właściwie asymetrycznemi wielobocznemi pryzmatami; składają się

one przedewszystkiem z komórek wątrobowych i naczyń krwionośnych.

Na przekrojach poprzecznych zrazików można zauważyć, że jedne i drugie są promienisto ułożone. Na przekroju takim widzimy, że naczynia włosowate łączą żyły, leżące na obwodzie, z żyłą środkową, a jednocześnie łączą się z sobą i tworzą sieć o oczkach wydłużonych (ryc. 209 i 210). Oczka tej sieci włosowatej są wypełnione komórkami wątrobowemi, które układają się w wydłużone beleczki. Beleczki komórek wątrobowych łączą się także z sobą i tworzą rów-



Ryc. 209.

Przekrój zrazika wątroby świni.

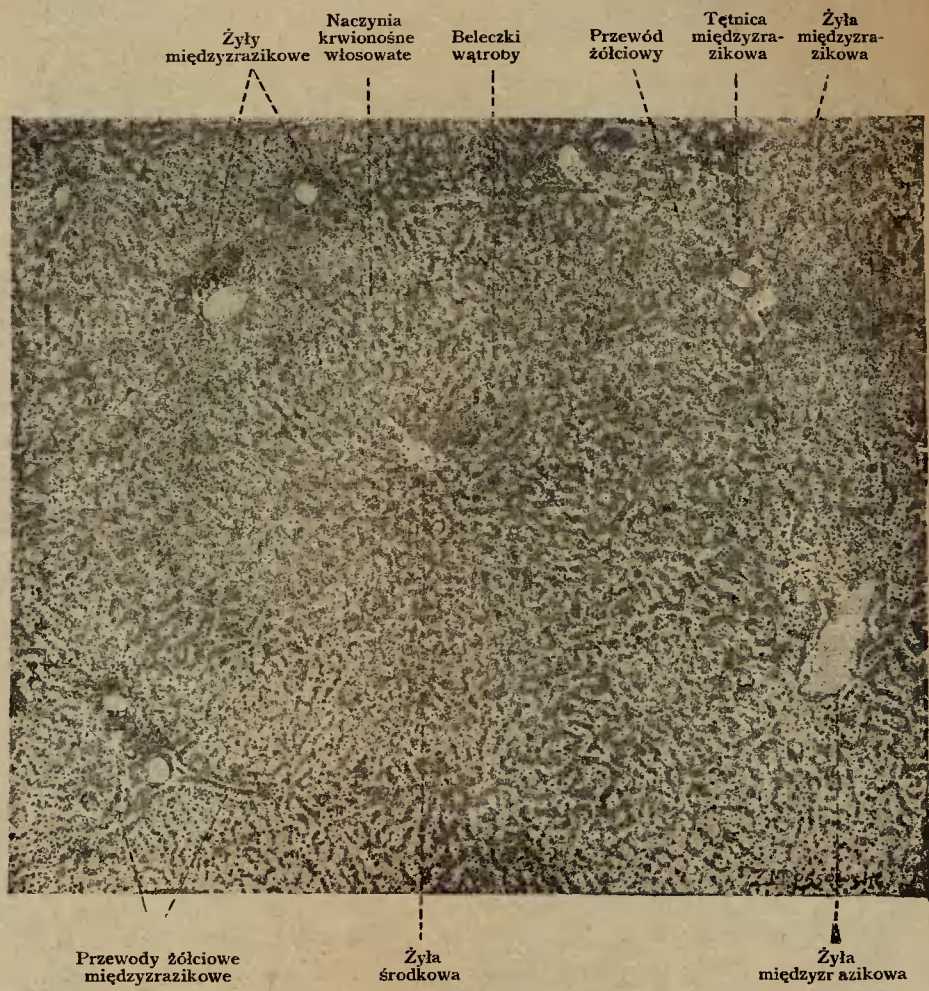
W środku żyła środkowa; tkanka łączna międzyzrazikowa ogranicza cały zrazik.

Pow. ok. 35 razy.

nież siatkę, tkwiącą w sieci naczyń włosowatych. Każda beleczka wątrobowa odpowiada właściwie jednej cewce, która w odróżnieniu od cewek innych gruczołów nie składa się z wielu komórek, ułożonych promienisto dokoła światła (co da się zauważyć na przekroju), lecz tylko z dwóch komórek, które na swej powierzchni zetknięcia otaczają okrągłe światło kanalika, zwanego *kanalikiem żółciowym*. Kanaliki te przebiegają zygzakowato i łączą się z kanalikami sąsiedniemi zapomocą gałązek bocznych tak, iż tworzą rodzaj sieci. Kanaliki żółciowe zbierają się na obwodzie zrazika i uchodzą do małych *przewodów żółciowych międzyzrazikowych*, które ostatecznie dają początek *głównemu przewodowi, ductus hepaticus*.

Czynność wątroby jest bardzo zawiła i pod pewnymi względami jeszcze mało wyjaśniona. To też przytoczymy tu tylko fakty najważniejsze i najdokładniej zbadane.

Swoistą czynnością wątroby jest wytwarzanie *żółci*. Żółć jest płynem zasadowym o zmiennej barwie żółto-zielonej i o zmiennej spójności, raz jest bardziej



Ryc. 210.

Część przekroju wątroby ludzkiej. Widać jeden zrazik całkowity wraz z częściami zrazików sąsiednich.

Pow. ok. 55 razy.

płynną, innym razem zaś bardziej lepką. Najważniejszą częścią składową żółci są *kwasy żółciowe*, związane z zasadami, oraz *barwiki żółci*, obok nich zaś mocznik, lecytyna, nukleoalbumina i niektóre związki nieorganiczne. Kwasy żółciowe i barwiki żółci wytwarzają się w komórkach wątrobowych; pierwsze z białek, drugie z barwika krwi. Znaczenie żółci polega głównie na tem, że wspomaga w jelicie

rozszczepianie tłuszczów i ich wchłanianie. Należy przytem dodać, że żółć jest nietylko wydzieliną, która wspomaga trawienie, lecz jest także wydaliną, ponieważ z nią razem wydostają się do jelita pewne pośrednie produkty przemiany materji, wytworzone w wątrobie, jak cholesteryna, barwiki żółci oraz połączenia żelaza z żółcią, które bywają wydalane wraz z kałem.

Oprócz tego wątroba odgrywa ważną rolę w regulowaniu chemicznych składników osocza krwi, głównie w regulowaniu zawartości cukru we krwi przez zatrzymywanie go w postaci glikogenu. Wątroba bowiem wytwarza z cukru wchłoniętego, który przedostaje się do niej z jelita za pośrednictwem żyły wrotnej, *glikogen*, węglowodan pokrewny skrobi, który posiada olbrzymie znaczenie dla przemiany materji. Wątroba gromadzi go w sobie i w odpowiednim czasie oddaje krwi jako glukozę.

Zdolność wytwarzania glikogenu nie jest jednak wyłączną własnością komórek wątrobowych, gdyż w mniejszym stopniu posiadają ją prawie wszystkie komórki.

Do czynności wątroby, regulujących skład krwi, można także zaliczyć zdolność wytwarzania mocznika z węglanu, względnie karbaminianu amonowego, a również wytwarzania sprzężonych kwasów siarkowych i glikuronowych oraz zdolność zatrzymywania w sobie substancyj szkodliwych, wchłoniętych z jelita, i stopniowego oddawania ich w ilościach nieszkodliwych, względnie zamieniania w połączenia nieszkodliwe (czynność antytoksyczna).

Należy jeszcze wymienić *hemolityczną* czynność wątroby, t. zn. zdolność przerabiania czerwonych ciałek krwi, względnie barwika krwi w barwik żółci, którą to kwestję Browicz poddał wyczerpującym badaniom histologicznym. Hematyna krwi zamienia się przytem w bilirubinę, która nie zawiera wcale żelaza, a odszczepione żelazo nagromadza się w wątrobie pod postacią barwika (pigmentu) część jego zostaje w końcu wydalona wraz z żółcią, część zaś dostaje się do obiegu krwi i przyczynia się do wytwarzania hemoglobiny.

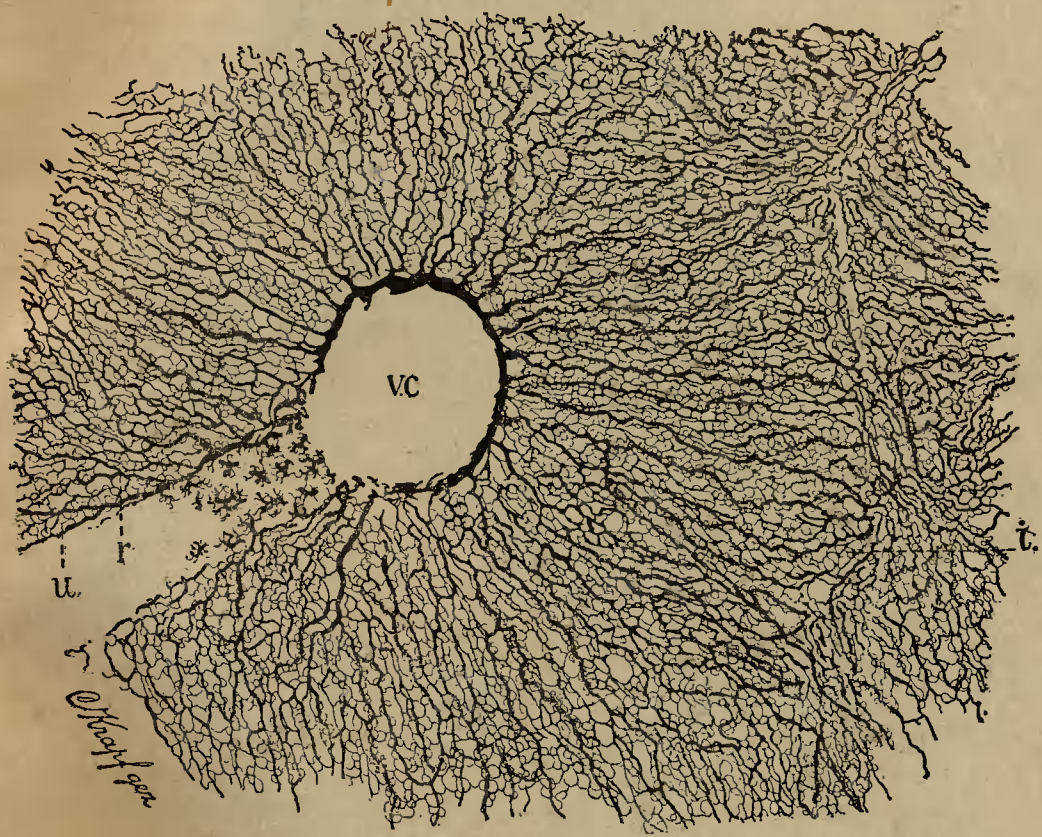
Obecnie omówimy bliżej poszczególne części składowe wątroby i rozpoczniemy od tkanki łącznej, która tworzy zrąb całego organu i podścielisko dla wszystkich jego części składowych, t. j. dla miąższu gruczołowego, przewodów żółciowych, naczyń i nerwów.

Tkanka łączna tworzy dokoła całego narządu torebkę, *capsula fibrosa* s. Glissoni; we wnęce wątroby wnika ona wraz z naczyniami i przewodami żółciowemi do wnętrza narządu, otacza tam najdrobniejsze gałązki międzyzrazikowe i znajduje się głównie na narożach zrazików wątrobowych, t. j. w tych miejscach, gdzie schodzi się ze sobą kilka zrazików; niewielka ilość tkanki łącznej, otacza leżące tam naczynia i przewody żółciowe. U człowieka (ryc. 210) jednak tkanka łączna nie odgranicza od siebie poszczególnych zrazików, jak u niektórych zwierząt, np. u świni, u której każdy zrazik posiada własną otoczkę z tkanki łącznej (ryc. 209). Można wprawdzie także w wątrobie ludzkiej gołem okiem zauważyć budowę zrazikową, lecz obraz tejże powstaje jedynie z powodu odmiennej zawartości krwi w naczyniach śródzrazikowych. Zwykle bowiem żyła środkowa jest wypełniona krwią, gdy obwodowe części zrazika jej nie zawierają, wskutek czego widzimy w każdym zraziku ciemny

środek i jasną część obwodową. Oprócz tkanki łącznej międzyzrazikowej spotykamy jeszcze tkankę łączną śródzrazikową, występującą pod postacią delikatnej i gęstej sieci włókienek *(włókna kratkowe Oppla)* (ryc. 211), które łatwo wykazać można zapomocą metod srebrzenia, złocenia i trawienia (Oppel, Miura, Mall). Na takim preparacie widać mianowicie, przedewszystkiem pomiędzy beleczkami komórek wątrobowych, grube włókna od obwodu ku środkowi zrazika promienisto przebiegające i łączące się dokoła żyły środkowej w pochewkę włóknistą *(włókna promieniste Oppla)*; od nich zaś odgałęziają się niezliczone drobniutkie włókienka, które oplatają gęstą siecią włosowate naczynia krwionośne zrazika *(włókna oplatające Oppla)*.

Komórki wątrobowe mają kształt kulisty lub wielokątny; średnica ich wynosi u człowieka 18—26 μ. Zależy to od stadjum wydzielania. Początkowo komórki wątrobowe są małe, posiadają duże jądra, jakoteż drobnoziarnistą protoplazmę bez obecności dużych ziarn; później jednak komórki stają się większe, ich protoplazma wykazuje wakuole, sieć natomiast protoplazmatyczna pomiędzy wakuolami zawiera kwaso- i zasadochłonne ziarenka. Równocześnie jądra stają się mniejsze. W końcu wydzielina występuje do kanalików żółciowych, które dotąd były próżne; obecnie wypełniają się wydzieliną i stają się szersze (Forsgren). Pod względem budowy dają one obrazy bardzo różnorodne i dlatego jedni badacze przypisywali im budowę włókienkową, inni siateczkową, jeszcze inni piankowatą lub wreszcie ziarnistą. Komórki wątrobowe wykazują różną budowę nietylko w obrębie zrazika, lecz i w obrębie beleczki. Budowa ich jest inną w okresie głodu, inna zaś po obfitem spożyciu pokarmów. Podczas głodu komórki wątrobowe, badane w stanie świeżym, mają budowę drobnoziarnistą, podczas trawienia natomiast zawierają w sobie grube bryłki. Bryłki te rozpuszczają się po dodaniu rozczynu soli kuchennej i wtedy występuje w komórce siateczka, złożona z cienkich włókienek protoplazmatycznych, która się na obwodzie komórek zagęszcza, tworząc warstwę zewnętrzną w rodzaju błony (ektoplazma) (Kölliker, R. Krause) (ryc. 212). Rozpuszczone bryłki składają się z *glikogenu*. Oprócz niego w ciele komórek wątrobowych znajdują się zawsze kropelki tłuszczu w zmiennej ilości. W komórkach wątrobowych, podobnie jak w innych komórkach gruczołowych, opisano mitochondrja. Policard sądzi, że pozostają one w ścisłym związku z procesami przemiany materji w komórce. Przypisuje się im ważną rolę w wytwarzaniu produktów komórki wątrobowej, a przedewszystkiem w wytwarzaniu kropel tłuszczu (Altmann, Noël). Nie można jednak pominąć milczeniem, że w ostatnich latach Bergowi nie udało się wykazać

zależność zmian w mitochondrjach od występowania ziarenek tłuszczu w komórce wątrobowej. Mitochondrja leżą częściowo około jądra, częściowo zaś w obwodowych częściach komórki. Podczas wzmożonej produkcji żółci gromadzą się one dokoła kanalików żółciowych. Glikogen zaś ma tworzyć się pomiędzy mitochondrjami w jasnej



Ryc. 211.

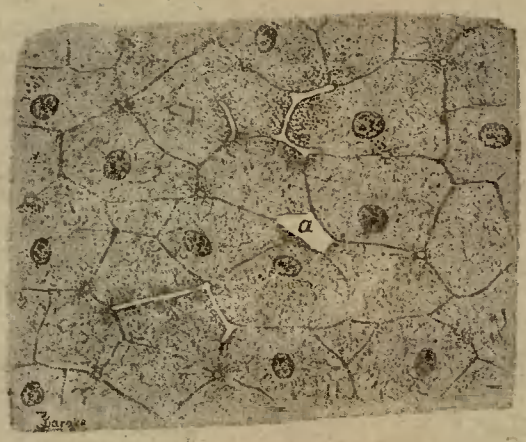
Wątroba ludzka. Włókna kratkowe uwydatnione zapomocą metody srebrowej Oppla na preparacie utrwalonym w alkoholu.

V. c. = żyła środkowa; i = brzeg zrazika; r = grubsze włókna promieniste; u = drobne włókna oplatające. Pow. ok. 140 razy.

hyaloplazmie (Fiessinger i Lyon-Caen). Launoy opisał oprócz tego inny ziarnisty składnik komórki wątrobowej, a mianowicie t. zw. ciała tłuszczowate, które składają się z otoczki tłuszczowatej i drobnych ziarenek. Ziarenka te są tworami różnemi od mitochondrjów, choć, być może, z nich powstają. Komórka wątrobowa człowieka nadzwyczaj często zawiera dwa jądra, jedno z nich barwi się o wiele mocniej i zawiera w sobie więcej chromatyny, niż drugie.

Dotychczas nie jest rozstrzygniętą kwestja, czy to zdwojenie jądra powstaje przez podział pośredni, czy bezpośredni jądra; w każdym razie w wątrobie spotyka się dosyć często figury mitotyczne.

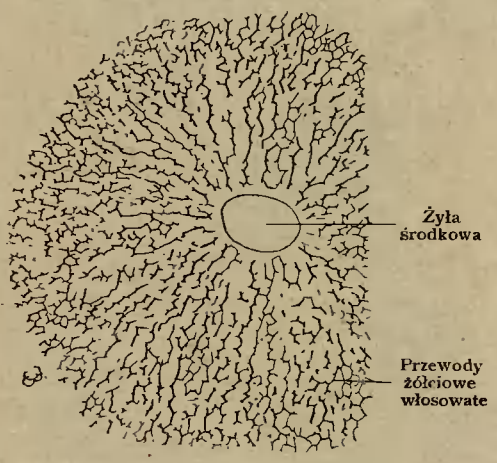
Kanaliki żółciowe (ryc. 212 i 213) są przestrzeniami wydzielniczemi komórek wątrobowych. Są to kanaliki okrągławe, o średnicy około 1—2 μ, otoczone ze wszystkich stron komórkami wątrobowemi. Powstają one w ten sposób, że rynienkowate wgłębienie istniejące na obu powierzchniach komórek wątrobowych, stykających się ze sobą, przylegają do siebie i tworzą cienką cewkę. Podobny obraz otrzymamy, gdy obie silnie zaciśnięte pięści zbliżymy ściśle do siebie stronami dłoniowemi, tak aby rynienki powstałe pomiędzy końcami wciśniętych palców a dłoniami, złączyły się w jeden kanał. Pięście wyobrażają komórki wątrobowe, a powstały kanał kanalik żółciowy. Ściany tych kanalików tworzą więc same komórki wątrobowe. Kanaliki żółciowe łączą się ze sobą, podobnie, jak beleczki komórek wątrobowych, w rodzaj sieci, w której oczkach leżą komórki wątrobowe. Komórki te są poniekąd oplecione kanalikami żółciowemi, ponieważ kanaliki te przebiegają po kilku powierzchniach komórki. Na brzegu każdego zrazika sąsiadujące ze sobą kanaliki żółciowe łączą się ze sobą i przechodzą w *przewody żółciowe międzyzrazikowe.* W miejsce komórek wątrobowych występuje w nich warstwa sześciennych komórek, które posiadają na wolnej powierzchni rąbek oskórkowy. Rąbek przechodzi bezpośrednio w ścianę kanalika żółciowego, t. zn. w zagęszczoną ektoplazmę komórek wątrobowych. Opisywano nieraz także obrazy, na podstawie których możnaby przypuszczać, że od kanalików żółciowych wnikają cieniutkie kanaliki do wnętrza komórek wątrobowych, podobnie jak to widzieliśmy w komórkach okładzinowych gruczołów żołądka. W protoplazmie komórek wątrobowych spotykamy mianowicie t. zw. *wakuole wydzielnicze Kupffera;* są to niewielkie jamki kuliste, połączone



Ryc. 212.
Część cienkiego skrawka wątroby aksolotla.
a = naczynie krwionośne włosowate. Cienkie przewody podłużnie i poprzecznie przeciętych naczyń żołciowych włosowatych.
Pow. ok. 325 razy.

z kanalikiem żółciowym zapomocą cienkiej drożnej szypułki. Nasuwa się więc przypuszczenie, że wydzielina komórek wątrobowych, t. j. żółć zbiera się w tych drobnych wakuolach i bywa wyciskana przez szypułkę do światła kanalika żółciowego. Na podstawie nowszych badań, a głównie na podstawie faktów zaczerpniętych z dziedziny patologji wydaje się bardzo prawdopodobne, że istnieje połączenie pomiędzy światłem kanalików żółciowych, a wnętrzem komórek wątrobowych (Geberg, R. Krause, Marchand, Browicz). Według Browicza należy szukać początków kanalików żółciowych w jądrze; udało mu się bowiem znaleźć w niem kropelki żółci (ryc. 214, 215).

Przewody żółciowe międzyzrazikowe są wysłane pojedyńczą warstwą komórek sześciennych, opatrzonych rąbkiem oskórkowym i otoczonych od zewnątrz błoną własną, nie posiadającą widocznej struktury. W miarę tego jak przewody te stają się coraz szersze wskutek zlewania się drobnych kanalików, komórki wyścielające je stają się coraz wyższe, a nazewnątrz od błony własnej zaczyna coraz wyraźniej występować warstwa łącznotkankowa otaczająca przewód. Przewody międzyzrazikowe przebiegają razem z gałązkami żyły wrotnej i tętnicy wątrobowej ku wnęce wątroby i łączą się tam w *przewód wątrobowy (ductus hepaticus)*. W grubszych przewodach żółciowych międzyzrazikowych zjawiają się mięśnie pod postacią odosobnionych komórek mięśni gładkich, ułożonych okrężnie lub skośnie. U człowieka występują one obficiej dopiero w przewodzie żółciowym wspólnym (ductus choledochus) i tworzą u jego ujścia do dwunastnicy pierścieniowaty mięsień zwierający (zwieracz, musculus sphincter). Nabłonek przewodu wątrobowego jest również jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym; pomiędzy komórkami walcowatemi spotyka się dosyć często komórki kubkowe. W warstwie śluzowej właściwej leżą dosyć liczne gruczoły pęcherzykowo-cewkowe, które są podobne pod względem budowy do gruczołów wpustowych żołądka i służą zapewne do wydzielania nukleoalbuminy żółci, t. zw. śluzu żółci.



Ryc 213.
Przewody żółciowe włosowate w zraziku wątroby królika (metoda chromowosrebrowa).
Pow. ok. 80 razy.

Tak zwane *naczynia zbaczające (vasa aberrantia)* są prawdopodobnie przewodami żółciowemi, których miąższ uległ zanikowi podczas rozwoju (Toldt, Zuckerkandl).

Pęcherzyk żółciowy służy jako zbiornik żółci. Jego błona śluzowa, tworząca fałdy wielokrotnie łączące się ze sobą, składa się z pojedyńczej warstwy wysokich komórek walcowatych, z jądrami leżącemi u podstawy i rąbkiem oskórkowym drobno prążkowanym. Policard zauważył w tym nabłonku resorpcję tłuszczu, zupełnie w ten sposób się odbywającą jak w nabłonku jelita cienkiego. Pod tym nabłonkiem leży warstwa śluzowa właściwa (propria), w skład której wchodzi tkanka łączna włóknista z dużą ilością włókien sprężystych. Nazewnątrz od niej leży cienka warstwa komórek mięsnych

Ryc. 214.

Ryc. 215.

Ryc. 214. Dwujądrzasta komórka wątrobowa z wątroby ludzkiej, wykazującej zastój żółci.

Śródkomórkowe przewody żółciowe, które zostały rozmaicie przecięte, są znacznie rozszerzone.

Ryc. 215. Komórka wątrobowa psa.

W jądrze widać kryształek haemoglobiny; w wakuolach ciała komórkowego widać natomiast brunatne kryształki methemoglobiny, mające kształt igiełek, co zostało spowodowane tem, że płynna hemoglobina dostała się do komórki gruczołowej (po śródżylnem zastrzyknięciu hemoglobiny). Obie ryciny z preparatów profesora Browicza. Pow. ok. 700 razy

gładkich, przeważnie okrężnych, wreszcie warstwa tkanki łącznej, w której można rozróżnić błonę włóknistą (fibrosa), podsurowiczą (subserosa) i surowiczą (serosa). U człowieka pęcherzyk żółciowy zawiera w szyjce nieliczne gruczoły, które są podobne do gruczołów znajdujących się w przewodach żółciowych.

Przewód pęcherzykowy (ductus cysticus) i *przewód żółciowy wspólny (ductus choledochus)* posiadają na ogół podobną budowę, jak przewód wątrobowy.

Naczynia krwionośne. Do wątroby krew dopływa przez tętnicę wątrobową (arteria hepatica) i żyłę wrotną (vena portae). Przez pierwszą z nich dopływa krew odżywiająca tkankę międzyzrazikową, przez drugą krew czynnościowa, odżywiająca także komórki wątrobowe. Wszystka krew z wątroby odpływa przez żyły wątrobowe (venae hepaticae), które, jak wiadomo, przebiegają inaczej niż tęt-

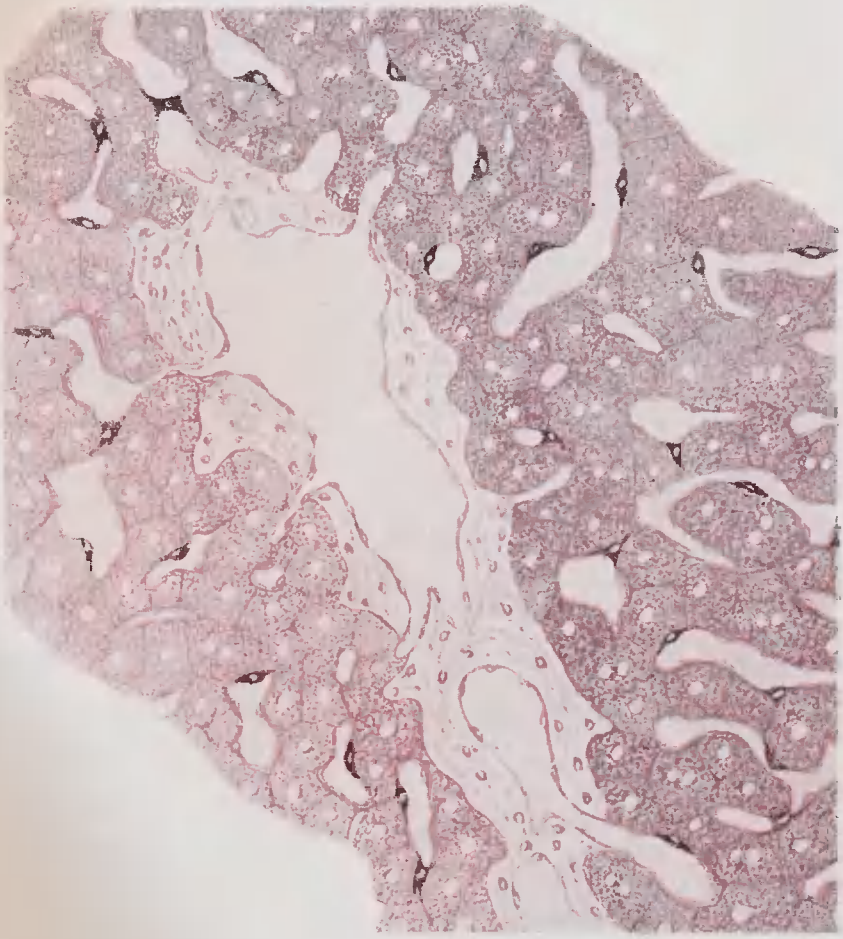


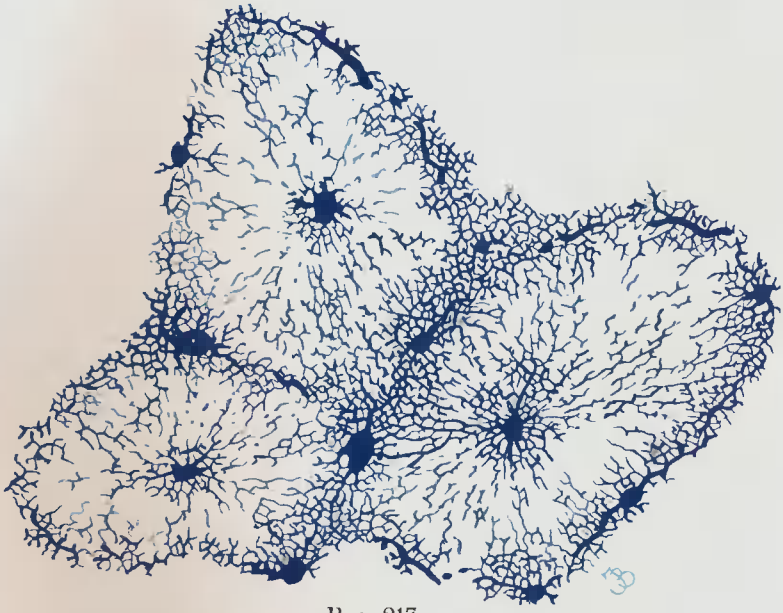
Fig. 216. Wątroba dziecka. Skrawek chrzęstny traktowany chlorkiem złota i kwasem solnym. Komórki wątrobowe i tkanka łączna czerwona, komórki Kupffera czarne.

Ca. 400mal vergrößert.

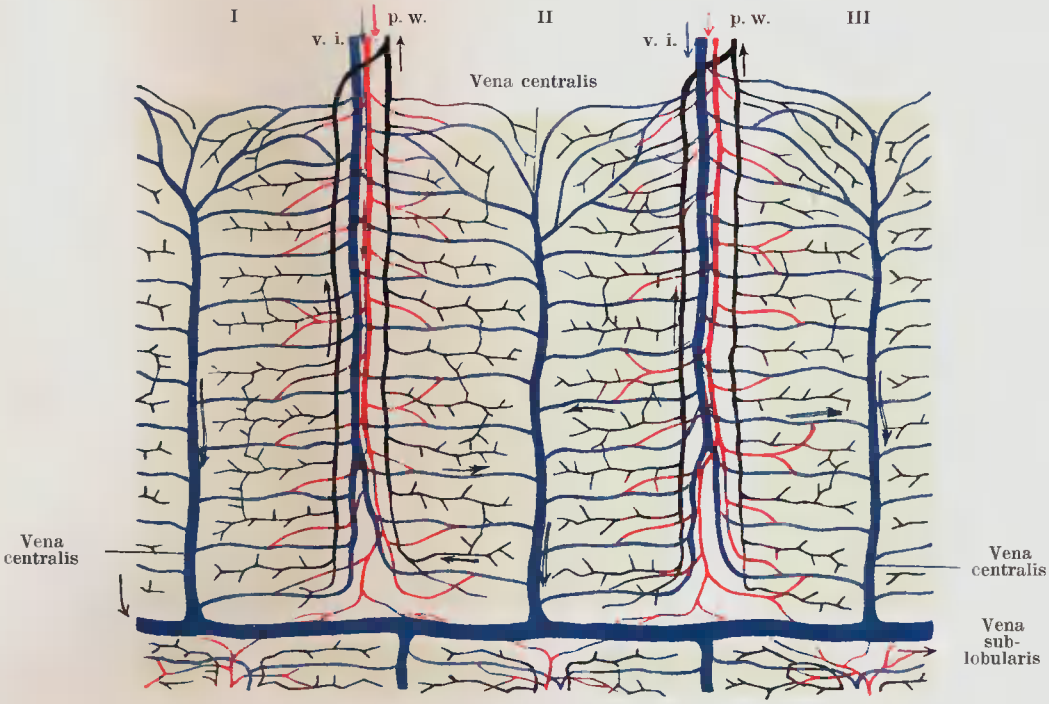
Fig. 216. Leber des Menschen. Gefrierschnitt mit Goldchlorid und Salzsäure behandelt. Leberzellen und Bindegewebe rot, Kupffersche Sternzellen schwarz.

Ca. 400mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Ryc. 217.
Naczynia krwionośne 3 zrazików wątrobowych królika, niebiesko nastrzyknięte.
W środku zrazika widoczne są żyły środkowe, na obwodzie żyły międzyzrazikowe.
Pow. ok. 60 razy.



Ryc. 218.
Schemat wątroby.

Widoczne są 3 zraziki (I, II, III). Przewody żółciowe zaznaczone czarno, tętnice czerwono, żyły niebiesko. v. i. = vena interlobularis, p. w. = przewód wyprowadzający. Kierunek obiegu krwi oznaczony strzałkami.

nica wątrobowa i żyła wrotna, biegnące tuż obok siebie (ryc. 217, 218). Tętnica wątrobowa wnika do wątroby przez wnękę. Najdrobniejsze jej gałązki zaopatrują przestrzenie, leżące pomiędzy zrazikami, a naczynia włosowate uchodzą do żył międzyzrazikowych żyły wrotnej, do t. zw. korzeni wewnętrznych żyły wrotnej. Żyła ta, będąca jednem z największych naczyń w ciele, dzieli się, podobnie jak tętnica, najpierw na dwie gałęzie, prawą i lewą, które następnie rozgałęziają się wielokrotnie w obrębie narządu. Jej gałązki przebiegające pomiędzy zrazikami, nazwano żyłami międzyzrazikowemi *(venae interlobulares)*. Każda taka żyła dzieli się na naczynia włoskowate, które wnikają do sąsiednich zrazików i wewnątrz nich zbierają się w żyłę środkową *(vena centralis)*. Do każdego zrazika wchodzą gałązki kilku żył międzyzrazikowych, a każda żyła międzyzrazikowa wysyła gałązki conajmniej do dwu sąsiednich zrazików. *Żyła środkowa* jest około 1 mm długa, jest więc mniejwięcej o połowę krótsza od zrazika. Żyła środkowa uchodzi do *żyły podzrazikowej (vena sublobularis)* przylegającej ściśle do podstawy zrazika. Do każdej żyły podzrazikowej uchodzą liczne żyły środkowe. Z połączenia tych żył pod razikowych powstają większe pnie żylne, które już gołem okiem można rozpoznać po tem, że przebiegają osobno, w pewnej odległości od leżących tuż obok siebie tętnic, przewodów żółciowych i gałązek żyły wrotnej.

Kupffer opisał pod nazwą *komórek gwiaździstych* osobliwe komórki posiadające kształt gwiaździsty i leżące po stronie wewnętrznej ścian naczyń krwionośnych włosowatych, zaopatrujących zraziki wątroby; są to pewnego rodzaju elementy fagocytarne, chciwie pochłaniające szczątki ciałek krwi oraz ciała obce, wprowadzone do krwi (cynober, tusz) (ryc. 216). Komórki gwiaździste należy uważać za istotną część składową ściany naczyń włosowatych, za swoisty nabłonek fagocytarny naczyń włosowatych śródzrazikowych, t. zn. za nabłonek, którego komórki posiadają zdolność pobierania ze krwi ciał obcych (Kupffer, Browicz, Schilling, Szumkowa-Trubina). Browicz przypisuje im rolę wytwarzania barwików na tej podstawie, iż drobne cząsteczki czerwonych ciałek krwi ulegają wewnątrz tych komórek dalszym zmianom i że w ich wnętrzu znajdują się grudki barwika.

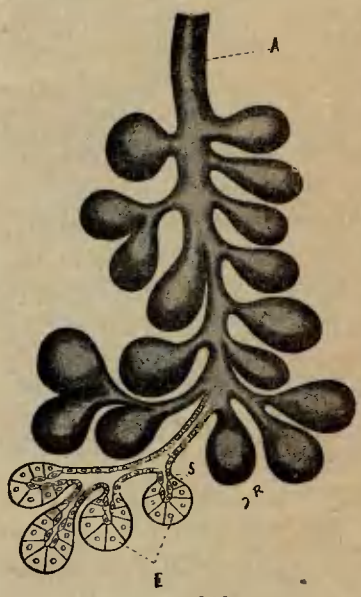
Naczynia limfatyczne biorą początek w pochewkach, któremi są otoczone wszystkie naczynia włosowate w obrębie zrazików. Naczynia włosowate nie przylegają więc bezpośrednio do beleczek komórek wątrobowych, lecz są od nich odgraniczone szczeliną t. zw. pochewką limfatyczną. Pochewki te nie posiadają własnych ścian. Z tego powodu wymiana materji pomiędzy krwią naczyń włosowatych a komórkami wątrobowemi może się odbywać tylko za po-

średnictwem limfy, zawartej w szczelinach otaczających naczynia. Na obwodzie zrazika szczeliny limfatyczne przechodzą w wysłane nabłonkiem naczynia limfatyczne międzyzrazikowe, przebiegające obok żył.

Większa część *nerwów* wątroby pochodzi od splotu trzewnego (plexus coeliacus), reszta od nerwu błędnego (n. vagus). Wnikają one do narządu razem z tętnicą wątrobową i żyłą wrotną. Wewnątrz zrazików mają one tworzyć sploty dokoła beleczek komórek wątrobowych i kończyć się w postaci guziczków lub drzewek końcowych pomiędzy komórkami wątrobowemi (Berkley). Nerwy zaopatrują bardzo obficie przewody żółciowe i pęcherzyk żółciowy, w których tworzą w obrębie warstwy mięsnej splot analogiczny do splotu Auerbacha w jelicie, zawierający liczne komórki współczulne.

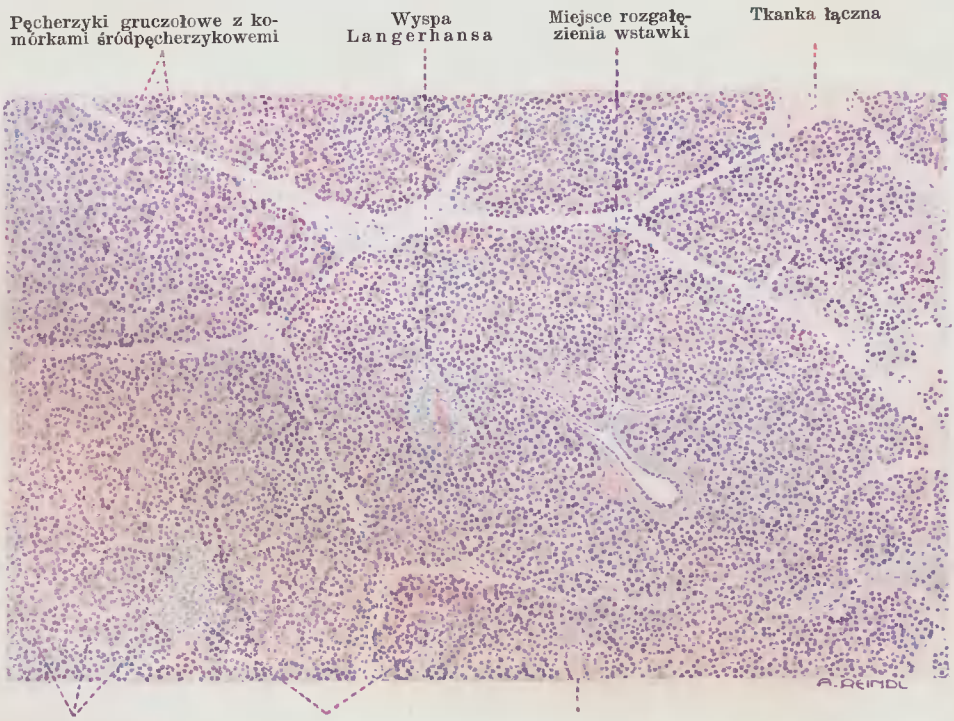
7. Trzustka.

Trzustka (pancreas) jest gruczołem pęcherzykowym złożonym, o budowie wybitnie zrazikowej. Schemat jej budowy da się porównać ze schematem budowy gruczołu przyusznego. Przewód wyprowadzający trzustki, ductus pancreaticus (Wirsungi), wykazujący, jak wiadomo z anatomji opisowej, wiele indywidualnych odmian, przebiega przez całą długość gruczołu, rozgałęziając się w nim wielokrotnie. Najdrobniejsze przewody międzyzrazikowe wnikają do zrazików, rozgałęziają się i przechodzą w długie wstawki, od których odchodzą drobne gałązki boczne do pęcherzyków (ryc. 219).



Ryc. 219.
Schemat trzustki.
A = przewód wyprowadzający; S = wstawka; E = odcinek końcowy z komórkami śródpęcherzykowemi.

Wydzielina trzustki, *sok trzustkowy*, jest płynem dość gęstym, bezbarwnym, o odczynie zasadowym i zawiera 1,2% stałych składników, z czego 0,5% przypada na składniki organiczne, a 0,7% na nieorganiczne. Ze składników organicznych najważniejszą rolę odgrywają enzymy, wśród których rozróżniamy enzymy *amylolityczne*, t. j takie, które zamieniają skrobię w maltozę, następnie *trypsynę* — enzym *proteolityczny*, rozszczepiający białko, wreszcie *steapsynę* — enzym *lipolityczny*, rozszczepiający tłuszcz. Pawłow wykazał, że kwas solny, który dostaje się z żołądka do dwunastnicy, stanowi najważniejszy środek pobudzający wydzielanie soku trzustkowego.



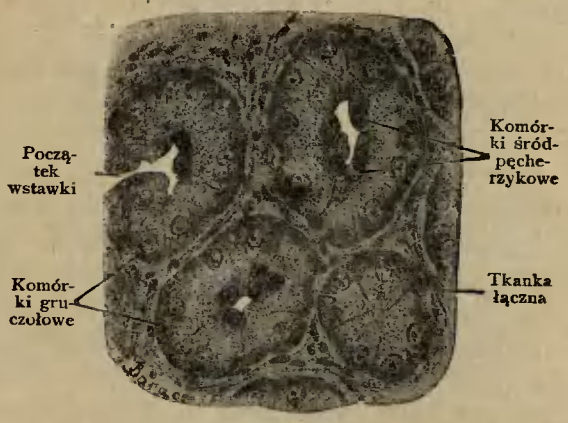
Ryc. 220.

Część przekroju trzustki człowieka. Widoczny jeden zrazik w całości i część sąsiednich. Barwione hematoksyliną i eozyną.

Pow. ok. 100 razy.

W każdym zraziku trzustki nawet pod małem powiększeniem można zauważyć pewną właściwość, która odróżnia trzustkę od wszystkich innych gruczołów. Mianowicie mniejwięcej w środku przekroju każdego zrazika można zauważyć wyraźnie ograniczone pole, w którem komórki nie są ułożone w sposób typowy dokoła światła pęcherzyka, jak w reszcie miąższu zrazika (ryc. 220). Pola te, nazwane *wyspami Langerhansa*, omówimy osobno.

Komórki gruczołowe trzustki (ryc. 221) posiadają kształt stożkowaty lub sześcienny; można w nich wyróżnić dwie części, zewnętrzną i wewnętrzną. Część zewnętrzna w stanie świeżym jest jasna, lekko prążkowana, część wewnętrzna natomiast jest ciemna i wypełniona kulistemi, gęsto ułożonemi i silnie światło łamiącemi ziarenkami, t. zw. *ziarenkami zymogenu* (czyli enzymorodnemi). Podczas głodzenia wewnętrzna część komórki jest bardzo duża, zewnętrzna zaś bardzo wąska; podczas trawienia natomiast pierwsza z nich staje się coraz węższa i może zaniknąć zupełnie, a wtedy całe ciało komórkowe odpowiada warstwie zewnętrznej. Na preparatach barwionych widać, że ciało komórkowe składa się z siateczkowego zrębu protoplazmatycznego, który w części zewnętrznej posiada oczka bardzo drobne; w części wewnętrznej natomiast oczka są szersze i otaczają ziarenka zymogenu. *Jądro komórkowe* leży zawsze w obrębie części zewnętrznej i to w czasie głodzenia blisko podstawy komórki, podczas zaś trawienia przesuwa się ku jej środkowi. Co się tyczy zapatrywań na mechanizm wydzielania, to tutaj zaznaczają się wyraźniej dwa zapatrywania, według których wydzielina jest produktem jądra lub protoplazmy. Z pośród tych badaczy, którzy twierdzą, że ziarenka wydzieliny trzustki pochodzą z jądra, najdalej idzie Galleotti, który jest zdania, że ziarenka te tworzą się wprost wewnątrz jądra. Inni, jak Ogata, Mathews, Garnier, Laguesse sądzą, że jądro, którego substancja przechodzi do protoplazmy, uczestniczy tylko pośrednio w wytwarzaniu wydzieliny gruczołowej trzustki. Zwolennicy protoplazmatycznego pochodzenia zia-



Ryc 221.
Część przekroju trzustki kota.
Pow. ok. 580 razy,

renek wydzieliny zaczynają w ostatnich latach przypisywać mitochondrjom bezpośrednią rolę w wytwarzaniu wydzieliny (Hoven). Chondrjosomy, liczne początkowo, zamieniają się w łańcuszki ziarenek, które zwiększają swą objętość i występują potem jako ziarenka zymogenu. Ażeby uniknąć powtarzania się, odsyłamy czytelnika po dalsze szczegóły do rozdziału o nabłonku gruczołowym (str. 54).

W komórkach trzustki opisywano już oddawna t. zw. *jądro dodatkowe (przyjądrze, paranucleus)*, o kształcie bardzo zmiennym, które przedstawia się albo jako półksiężyc, przylegający do jądra, albo też jako kula, leżąca obok jądra. Zapatrywania na ten twór również nie są zgodne. Uważają go albo za produkt czysto protoplazmatyczny, albo też sądzą, że pochodzi z jądra. Przeważa jednak zapatrywanie, że jest pochodzenia mieszanego, mianowicie pochodzi z pewnych produktów zróżnicowania protoplazmy, z tak zwanych włókien przypodstawnych, w których nagromadza się substancja wydzielona z jądra.

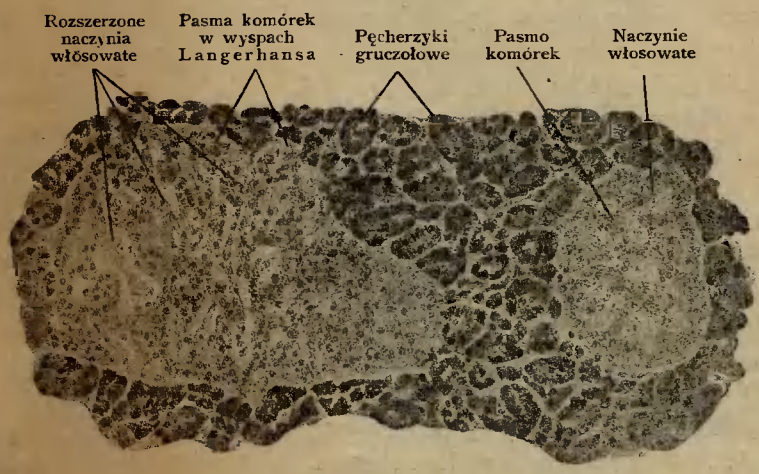
We wstawkach, w miejsce gruczołowych komórek pęcherzyków, występują bardzo niskie komórki nabłonkowe wstawek (ryc. 219); które wciskają się także do pęcherzyków i układają się na wierzchu komórek gruczołowych, ograniczając światło pęcherzyka od wewnątrz (ryc. 221). Te komórki *śródpęcherzykowe* (centroazinäre Zellen), odkryte przez Langerhansa, wyróżniają trzustkę od wszystkich innych gruczołów ciała ludzkiego.

W trzustce, podobnie jak w gruczole przyusznym, od światła pęcherzyka odchodzą cieniutkie *kanaliki wydzielnicze*, które według jednych zapatrywań kończą się wewnątrz komórek, według innych wnikają tylko pomiędzy sąsiadujące ze sobą komórki.

Przewody wyprowadzające [ductus pancreaticus (Wirsungi) i ductus pancreaticus accessorius (Santorini)] są wysłane jednowarstwowym nabłonkiem brukowym lub walcowatym. W trzustce nie występuje nigdzie wśród komórek przewodów między- i śródzrazikowych taka budowa pręcikowa, jak w cewkach ślinowych gruczołu podszczękowego i gruczołu przyusznego. W przewodzie wyprowadzającym trzustkowym znajduje się wysoki nabłonek walcowaty, otoczony od zewnątrz błoną podstawową, nie posiadającą wcale struktury. Na zewnątrz niej leży cienka łącznotkankowa warstwa właściwa błony śluzowej (propria). Komórki mięsne gładkie, przebiegające okrężnie, tworzą dosyć silną błonę mięsną. W warstwie właściwej znajdują się nieliczne gruczoły śluzowe.

Wyspy Langerhansa są to twory przeważnie zaokrąglone, wynoszące u człowieka 100—200 μ średnicy i odcinające się zwykle wyraźnie od miąższu zrazika, czasami zaś przechodzące bezpośrednio w pęcherzyki gruczołowe (ryc. 220, 222 i 223). Występują one w licz-

bie 10—20 wysp na miligram substancji trzustkowej i są w głowie i ciele trzustki liczniejsze, aniżeli w ogonie (Clark) (ryc. 220, 222 i 223). Na preparatach barwionych mają one wygląd jasnych plam, gdyż komórki ich barwią się słabiej, niż komórki pęcherzyków. Składają się one czasem z nieregularnie ułożonych komórek wielobocznych lub zaokrąglonych, pomiędzy któremi znajdują się liczne naczynia krwionośne włosowate. Zwykle jednak komórki te układają się w pasma, łączące się z sobą w sieć, w której oczkach leżą naczynia krwionośne włosowate. Naczynia te w obrębie wysp rozszerzają się i bez przerwy przechodzą w naczynia krwionośne włoso-



Ryc. 222.

Dwie wyspy Langerhansa zawarte w jednym zraziku trzustki człowieka.

Pow. ok. 135 razy.

wate, rozmieszczone dokoła wysp. Wogóle rzuca się w oczy ścisły związek, który zachodzi pomiędzy wyspami Langerhansa, a naczyniami krwionośnemi (ryc. 222).

Dotychczas nie rozstrzygnięto pytania, czy te szczególne zbiorowiska komórek stoją w związku z przewodami wyprowadzającemi trzustki. Liczni badacze przeczą temu, inni natomiast utrzymują, że tak jest rzeczywiście. Według nowszych badań Nerlicha wyspy dają się nastrzykiwać od przewodu trzustkowego.

Obecnie prawie powszechnie przyjęto zapatrywanie, wypowiedziane przez Laguesse'a, że pod względem czynności wyspy Langerhansa odgrywają rolę gruczołów o wewnętrznem wydzielaniu. Za tem, że posiadają one zdolność wydzielania, przemawia bez wątpienia fakt, że komórki tych wysp wyglądają inaczej podczas głodzenia, inaczej zaś w okresie trawienia (Nerlich). Po wycięciu trzustki zwierzę zaczyna wydzielać w moczu cukier *(diabetes)*, którego nie może

już normalnie przerabiać. Według badań Diamarego odgrywa tu rolę brak wysp Langerhansa, gdyż wytwarzają one wydzielinę, która wywiera pośredni wpływ na glykolyzę w ciele.

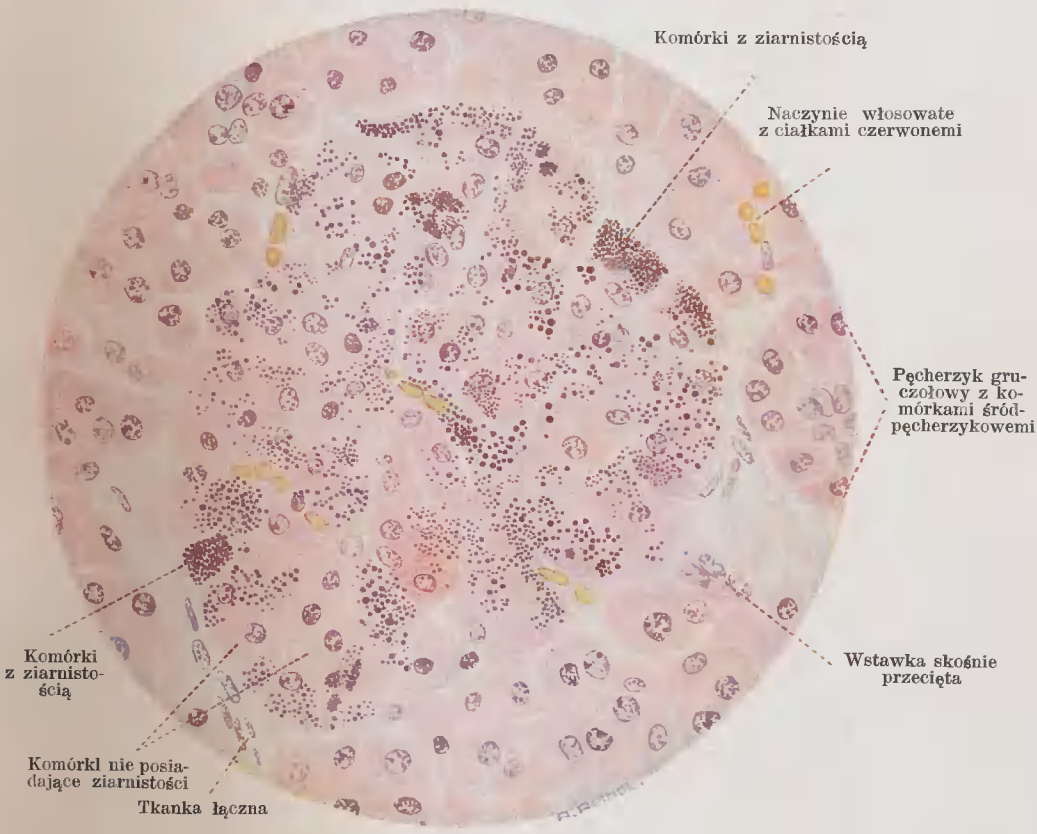
Istnieją dwa sprzeczne zapatrywania na naturę, znaczenie i pochodzenie tych zbiorowisk komórkowych.

Według jednego z nich wyspy Langerhansa, rozwinąwszy się podczas życia płodowego, tracą związek z resztą tkanki trzustki, odgraniczają się od niej zapomocą torebki łącznotkankowej i stale i niezmiennie są czynne jako małe samodzielne gruczoły o wewnętrznem wydzielaniu (Diamare, Pearce, Heiberg, S. Suguki). Według innego zapatrywania, wyspy Langerhansa są tworami, czasowo tylko wyróżnicowanemi z miąższu trzustki. Zwolennicy tego poglądu przypisują elementom wysp pewną zmienność (théorie de balancement Laguesse'a), dzięki której komórki pęcherzyków mogą się przekształcać w tkankę wysp, a komórki wysp w nabłonek pęcherzyków (Lewaschew, Mańkowski, Schmidt, Karakaschew, Herzheimer, Swale Vincent i Thompson, Laguesse, Gellé, Retterer). Wyspy tworzą się kosztem pęcherzyków trzustki, przez pewien ograniczony czas pełnią czynność wydzielania wewnętrznego i wracają z powrotem przez stopniową segmentację do poprzedniego stanu pęcherzykowego. Zwolennicy tego zapatrywania zaobserwowali ścisły związek i formy przejściowe pomiędzy miąższem wysp, a otaczającym je miąższem pęcherzykowym, jako też bezpośrednie przekształcanie się komórek pęcherzyków w komórki wysp i odwrotnie. Fakta zaobserwowane w przypadkach patologicznych oraz drogą doświadczalną (zapalenie trzustki i zamknięcie kanału Wirsunga) zdają się przemawiać za tem ostatniem zapatrywaniem.

Naczynia krwionośne, limfatyczne i nerwy zachowują się w trzustce zupełnie podobnie, jak w gruczołach ślinowych. Nerwy i tutaj, podobnie jak w śliniankach, rozróżniamy: naczyniowe, wydzielnicze i czuciowe. Te ostatnie kończą się (przedewszystkiem w trzustce kota) w formie ciałek Vater-Paciniego. Nerwy trzustki są przeważnie bezrdzenne i zawierają w swoim przebiegu komórki zwojowe.

8. Otrzewna.

Otrzewna (peritoneum) wyściela ściany jamy brzusznej i jamy miednicy jako blaszka ścienna (peritoneum parietale) i tworzy mniej lub więcej całkowitą powłokę dokoła leżących w nich organów jako blaszka trzewna (peritoneum viscerale). Nie wchodząc w przebieg i zachowanie się otrzewny, co należy do anatomji systematycznej, opiszemy tylko budowę poszczególnych odcinków otrzewny.



Ryc. 223.

Wyspa Langerhansa z trzustki ludzkiej wraz z częścią otaczających pęcherzyków gruczołowych. Barwione hematoksyliną żelazistą i eozyną.

Pow. ok. 600 razy.

Blaszka ścienna otrzewny (peritoneum parietale) posiada od wewnątrz na swej wolnej powierzchni nabłonek, składający się z jednej warstwy płaskich komórek wielobocznych. Komórki nabłonkowe leżą na cienkiej błonie podstawowej sprężystej, nazewnątrz której znajduje się tkanka łączna z rozgałęzionemi fibroblastami i licznemi cienkiemi włóknami sprężystemi, łączącemi się w sieć. Grubość blaszki ściennej wynosi około 100 μ. Łączy się ona z mięśniami zapomocą tkanki łącznej wiotkiej — tkanki podsurowiczej (tela subserosa). Pomiędzy komórkami nabłonkowemi blaszki ściennej, głównie na dolnej powierzchni przepony, znajdują się liczne otworki (stomata), prowadzące do naczyń limfatycznych, z któremi zatem jama brzuszna znajduje się w bezpośrednim związku (von Recklinghausen).

Blaszka trzewna otrzewny (peritoneum viscerale) jest mniej więcej o połowę cieńsza od blaszki ściennej, zresztą jednak posiada taką samą budowę. Tkanka podsurowicza jest przeważnie bardzo słabo rozwinięta. W blaszce trzewnej miednicy znajdują się ponadto komórki mięsne gładkie, głównie w więzadle szerokiem macicy, i układają się pomiędzy obiema blaszkami więzadła.

Sieć wielka (omentum majus) składa się z czterech, *sieć mała (omentum minus)* z dwu listków otrzewny. Powłoka nabłonkowa sieci w życiu pozapłodowem nie jest zupełna. Sieć wygląda jak gdyby poprzedziurawiana i przedstawia siatkę, przetkaną licznemi komórkami tłuszczowemi i pokrytą jedną warstwą płaskich komórek nabłonkowych.

Krezka (mesenterium) jest zdwojeniem otrzewny. Pomiędzy obu blaszkami, wśród osobnej warstwy łącznotkankowej [membrana mesenterii propria (Toldt)], przebiegają naczynia i nerwy do jelita.

Naczynia krwionośne otrzewny są słabo rozwinięte i tworzą sieć naczyń włosowatych o dużych oczkach.

Nerwy są dosyć liczne; są to przeważnie nerwy bezrdzenne. Kończą się one na naczyniach lub tworzą specjalne zakończenia nerwowe. W krezce kota spotyka się duże ciałka końcowe, typu ciałek *Vater-Paciniego*.

W jamie brzusznej znajduje się normalnie niewielka ilość jasnego rzadkiego płynu, który zawiera wielkie komórki o kulistych jądrach, posiadające dużą ilość protoplazmy, t. zw. *makrofagi*, elementy fagocytarne. Według Weidenreicha są to komórki oddzielone od nabłonka otrzewny, a pochodzące z sieci. Według tego zapatrywania można uważać sieć za aparat limfoidalny, płasko rozpostarty.

III. Układ oddechowy.

Układ oddechowy składa się z odcinka górnego i dolnego. W skład odcinka dolnego wchodzą płuca, oskrzela, tchawica i krtań, odcinek górny zaś stanowi jama nosowa. Oba te odcinki są połączone za pośrednictwem gardzieli, która jest przestrzenią wspólną dla układu trawiennego i dla układu oddechowego. Obecnie zajmiemy się budową tylko odcinka dolnego organów oddechowych, jamę nosową zaś omówimy w związku z opisem narządów zmysłowych.

Układ oddechowy rozwija się w najściślejszym związku z kanałem pokarmowym, od którego odsznurowuje się w bardzo wczesnym okresie życia płodowego. jako rynienka względnie cewka brzuszna. U zarodka ludzkiego, wynoszącego 5 mm długości, widać na jelicie przedniem po bokach dwie podłużnie biegnące listewki, które dzielą górny odcinek jelita przedniego na dwie rynienki, a następnie, gdy się wolnemi brzegami z sobą zrosną, na dwie cewki: grzbietną przełykową i brzuszną płucną, która w górnej części uchodzi do gardzieli, w dolnej zaś przechodzi w parzysty zawiązek płuc. Płuco wytwarza się z zawiązka płuc przez pączkowanie w podobny sposób, jak każdy gruczoł pęcherzykowo-cewkowy. Górna część przewodu płucnego rozszerza się, otrzymuje szkielet chrząstkowy, pochodzący z drugiego do piątego łuku skrzelowego, przekształca się w krtań, odcinek zaś środkowy tworzy tchawicę i oskrzela.

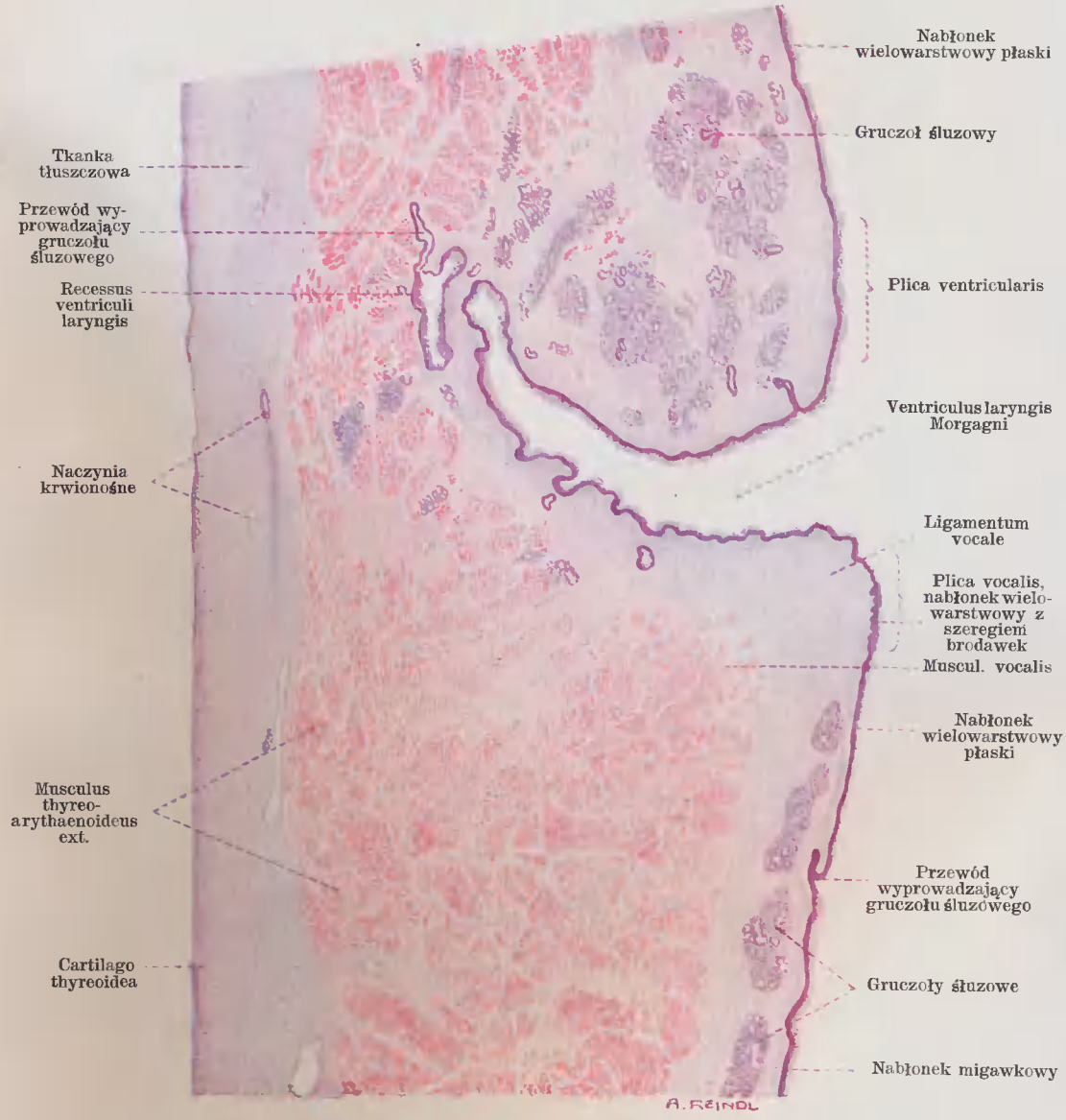
Będziemy więc kolejno omawiać:

1. Krtań,
2. Tchawicę,
3. Oskrzela i
4. Płuca.

I. Krtań.

Krtań u zwierząt wyższych służy nietylko do oddychania, lecz jest także organem głosu. Prąd powietrza, przechodząc przez krtań, wprawia w drgający ruch struny głosowe, t. j. dwa zdwojenia błony śluzowej, zawierające dużą ilość tkanki sprężystej, umieszczone u górnego wylotu krtani. Przez drganie to, podobnie jak w piszczałce, wytwarza się ton. Skomplikowany aparat mięśniowy służy do naciągania i zmiany położenia strun głosowych, a przez to wpływa na siłę, wysokość i barwę głosu.

Błona śluzowa krtani składa się z nabłonka, błony podstawowej i warstwy właściwej (ryc. 224). Grubość jej ulega wahaniom indywidualnym, a przeciętnie wynosi około 0,5 mm. *Nabłonek* jest dwojakiego rodzaju: *wielowarstwowy nabłonek płaski* jamy ustnej i gardzieli wnika jeszcze na pewną odległość do wnętrza krtani i wyściela powierzchnię krtaniową nagłośni, tak iż tworzy się rąbek nabłonka płaskiego, otaczający wolny brzeg nagłośni, który jest u góry najszer-



Ryc. 224.
Przekrój czołowy krtani człowieka.

Pow. ok. 18 razy.

szy, około 1 cm., a ku fałdom nalewkowo-nagłośniowym staje się coraz węższy. Takiż nabłonek wyściela całą okolicę międzynalewkową (regio interarytaenoidea) i wolne brzegi prawdziwych i rzekomych strun głosowych. Pozostała część błony śluzowej krtani jest wysłana *nabłonkiem wielorzędowym migawkowym*, którego migawki poruszają się w kierunku jamy ustnej. Należy jednak dodać, że w obrębie tego nabłonka spotyka się wysepki nabłonka wielowarstwowego płaskiego, które pod względem rozciągłości ulegają indywidualnym wahaniom i leżą w różnych miejscach, głównie jednak na tylnej powierzchni nagłośni.

Nabłonek migawkowy krtani osiąga grubość około 50 μ, składa się z nieprzerwanej warstwy wysokich komórek walcowatych, opatrzonych migawkami; pomiędzy zaś dolnemi, zwężonemi końcami tych komórek, leżą skierowane ku górze i ostro zakończone komórki, które nie dochodzą do powierzchni błony śluzowej. Pomiędzy komórkami walcowatemi leżą liczne komórki kubkowe. Nabłonek wielowarstwowy płaski nie posiada szczególniejszych właściwości. Zagłębia się on w warstwie właściwej błony śluzowej w postaci czopków, które na brzegu prawdziwej struny głosowej łączą się w listewki podłużne, przebiegające równolegle do siebie. W miejscu tem nabłonek osiąga grubość 100 μ. W nabłonku błony śluzowej krtani często znajdują się rozsiane *kubki smakowe* (V e r s o n), lecz tylko w okolicach, pokrytych nabłonkiem płaskim; na strunach głosowych nie spotyka się ich nigdy.

Błona podstawowa jest zawsze dobrze rozwinięta i albo nie posiada wcale struktury, albo też jest niewyraźnie prążkowana.

Warstwa właściwa błony śluzowej składa się z gęsto splecionych włókien tkanki łącznej, pomiędzy któremi leżą bardzo liczne włókna sprężyste. W pewnych miejscach jest ona bardziej wiotką np. na fałdach nalewkowo-nagłośniowych i na tylnej ścianie krtani, w innych miejscach natomiast jest bardziej zbitą. Brodawki znajdują się na niej tylko w tych miejscach, które są pokryte nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. Na *strunie głosowej* cz. na *więzadle głosowem prawdziwem* listewki warstwy właściwej śluzowej przebiegają podłużnie. W tych miejscach warstwa właściwa składa się prawie wyłącznie z grubych włókien sprężystych, przebiegających podłużnie, połączonych z sobą zapomocą cienkich gałązek poprzecznych. W ten sposób powstaje zbita wiązka sprężysta, która na tylnym końcu rozpada się na włókna i łączy z wyrostkiem głosowym (processus vocalis), z przodu zaś przyczepia się do kąta chrząstki tarczowej (ligamentum vocale). W tem miejscu łączy się z chrząstką tarczową chrząsteczka sprężysta, tworząca t. zw. wyrostek głosowy przedni, (processus vocalis anterior) czyli plamkę żółtą (macula flava). Struna

głosowa rzekoma człowieka mniej więcej w połowie przypadków zawiera jedną lub dwie okrągławe chrząstki sprężyste, nie większe nad 1 mm. (Citelli), struna głosowa prawdziwa zawiera natomiast zawsze na swym przednim końcu w odległości 1½—2 mm. od chrząstki tarczowej dwie małe, żółtawe grudki, mające 2—3½ mm. długości, składające się z włókien sprężystych, lecz nie zawierające komórek chrząstkowych (noduli elastici chordae vocalis Imhofer). Pod struną głosową leżą włókna mięśnia tarczowo-nalewkowego (m. thyreo-arythaenoideus). Struna głosowa cz. więzadło głosowe prawdziwe (ligamentum vocale) jest uważana przez jednych badaczy za ścięgno (Henle, Ludwig), przez innych zaś za powięź tego mięśnia (Harless, Fränkel).

W warstwie właściwej błony śluzowej krtani znajdują się liczne *gruczoły;* najliczniej występują one w zatoce (kieszonce) krtaniowej (ventriculus laryngis) i w fałdzie kieszonki krtani czyli więzadle głosowem rzekomem (plica vocalis), brak ich natomiast zupełny na wolnej, drgającej powierzchni struny głosowej. Gruczoły te są bądź rozgałęzionemi gruczołami cewkowemi surowiczemi, bądź też pęcherzykowo-cewkowemi gruczołami śluzowemi z półksiężycami Gianuzziego (Maziarski). Spotyka się tu także grudki limfatyczne, które jednak w normalnych warunkach występują tylko na tylnej powierzchni nagłośni, w kieszonce krtaniowej (ventriculus laryngis) i w tylnej ścianie krtani. Na tylnej powierzchni nagłośni znajdują się liczne gruczoły mieszkowe, połączone razem w t. zw. *migdałek krtaniowy, tonsilla laryngea,* które to gruczoły począwszy od 30 roku życia ulegają silnej przemianie wstecznej (Citelli).

Błona podśluzowa, utworzona z tkanki łącznej wiotkiej, występuje w krtani tylko na górnej powierzchni nagłośni, w fałdach nalewkowo-nagłośniowych, w fałdach kieszonek krtaniowych i w kieszonce krtaniowej; zresztą warstwa zewnętrzna warstwy właściwej błony śluzowej przechodzi bezpośrednio w sprężystą ochrzęstnę chrząstki.

Naczynia krwionośne tworzą zwykle w błonie śluzowej krtani trzy sieci, ułożone na różnych poziomach i połączone zapomocą gałązek bocznych. Sieć wewnętrzna leży tuż pod błoną podstawową. *Naczynia limfatyczne* przenikają również do warstwy właściwej błony śluzowej, znajduje się ich najmniej w strunach głosowych prawdziwych, najwięcej w fałdach nalewkowo-nagłośniowych.

Chrząstki krtani są otoczone bardzo silną ochrzęstną (perichondrium), zawierającą dużą ilość włókien sprężystych. Składają się one przeważnie z chrząstki szklistej. Wyjątek stanowią: nagłośnia (cartilago epiglottica), chrząstki klinowate (cartilagines cuneiformes), chrząstki rożkowate (cartilagines corniculatae) i wyrostek głosowy (processus vocalis) chrząstek nalewkowych, które składają się

z chrząstki sprężystej. Chrząstki krtani kostnieją stosunkowo już wcześnie. Według Chievitza kostnienie rozpoczyna się u mężczyzny w 20, u kobiety w 22 roku życia; kostnieje najpierw chrząstka tarczowa i pierścieniowa. Jest to proces fizjologiczny, który u mężczyzny przybiera większe rozmiary niż u kobiety.

Nerwy krtani pochodzą z nerwu krtaniowego górnego i dolnego (nervi laryngei superior et inferior) oraz z nerwu współczulnego; pierwszy z nich i ostatni zaopatrują przeważnie błonę śluzową krtani, nerw krtaniowy dolny zaś przeważnie mięśnie krtani. Nerwy tworzą w warstwie właściwej błony śluzowej duże sploty zawierające częściowo jeszcze włókna rdzenne, a posiadające komórki zwojowe w znacznej ilości. Włókna, wstępujące od nich ku górze, kończą się rozgałęzieniami między komórkami nabłonka, na gruczołach i naczyniach.

Mięśnie krtani składają się wyłącznie z włókien prążkowanych.

2. Tchawica.

Nabłonek błony śluzowej tchawicy jest, podobnie jak nabłonek krtani, nabłonkiem wielorzędowym migawkowym, którego grubość wynosi około 70 μ. Migawki poruszają się tak jak w krtani w kierunku ku jamie ustnej. Pomiędzy komórkami migawkowemi leżą liczne komórki kubkowe, a nierzadko spotyka się także wysepki nabłonka wielowarstwowego.

Błona podstawowa wykazuje takie same stosunki jak w krtani.

Warstwa właściwa błony śluzowej (lamina propria) tchawicy zawiera bardzo liczne włókna sprężyste. Tuż pod błoną podstawową znajduje się cienka warstwa łącznotkankowa, przetkana limfocytami, nazewnątrz zaś od niej leży silnie rozwinięta warstwa sprężysta, której włókna, biegnące przeważnie podłużnie, łączą się w sieci. Jeszcze bardziej nazewnątrz leży gruba warstwa łącznotkankowa, która zawiera liczne gruczoły; przechodzi ona albo w ochrzęstnę chrząstek tchawicy, albo w błonę podśluzową. W ścianie błoniastej leżą włókna sprężyste bezpośrednio pod nabłonkiem, biegną okrężnie i tworzą tu bardzo pokaźną warstwę (Yokayama).

Gruczoły są silnie rozwinięte w błonie śluzowej tchawicy człowieka, a pod względem budowy są zupełnie podobne do gruczołów krtani.

Błony podśluzowej niema wcale po stronie wewnętrznej chrząstek, znajduje się ona tylko w przestworach międzychrząstkowych i w ścianie błoniastej jako tkanka łączna wiotka, zawierająca liczne włókna sprężyste.

Chrząstki tchawicy, posiadające, jak wiadomo, kształt pierścieni owalnych, otwartych z tyłu, składają się z chrząstki szklistej i są

otoczone silną, sprężystą ochrzęstną. Według De Kervily zawierają chrząstki tchawicy elementa sprężyste tak, że możnaby je zaliczyć do chrząstki sprężystej. Kostnieją one mniej prawidłowo niż chrząstki krtani.

Oba wolne końce pierścieni tchawicy są z sobą połączone zapomocą wiązek *komórek mięśni gładkich*, które razem tworzą mięsień tchawiczny (musculus trachealis). Mięśnie te posiadają na swych końcach krótkie ścięgna. Nazewnątrz od tych wiązek poprzecznych znajdują się ponadto pojedyńcze wiązki, przebiegające podłużnie. Gruczoły, leżące w części błoniastej (pars membranacea), przebijają wielokrotnie warstwę mięsną i tkwią w tkance łącznej pozamięśniowej.

Naczynia i *nerwy* przebiegają w tchawicy tak samo jak w krtani.

3. Oskrzela.

Grubsze i drobniejsze rozgałęzienia tchawicy, jakiemi są oskrzela i oskrzeliki, są w zasadzie tak samo zbudowane, jak tchawica (ryc.225). Należy tylko dla dokładności opisu dodać następujące szczegóły.

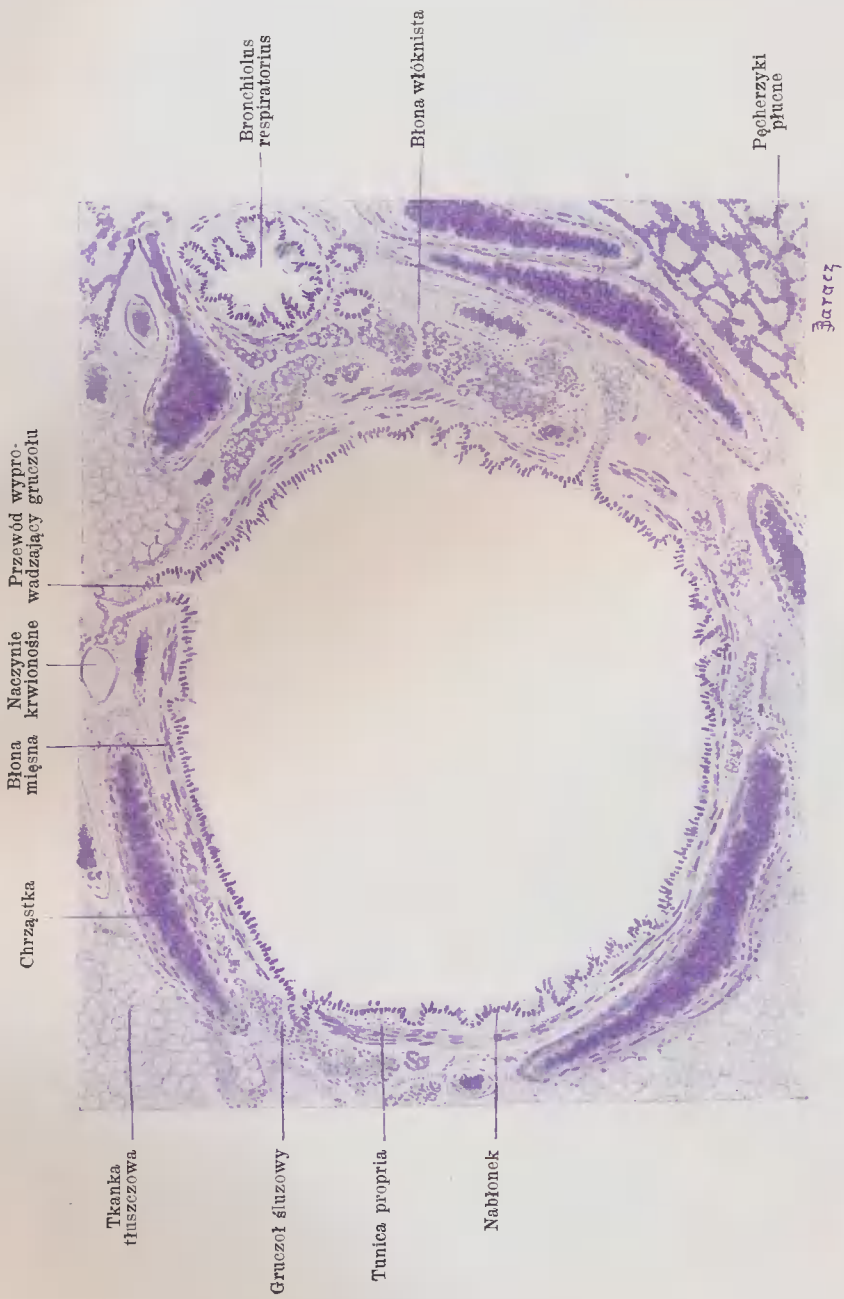
Błona śluzowa wstercza w dużych oskrzelach do światła w postaci fałdów podłużnych, które w cieńszych oskrzelach stają się bardziej płaskie i wkońcu znikają. *Nabłonek* pokrywający błonę śluzową jest początkowo taki sam jak w tchawicy. Gdy grubość oskrzeli wynosi już tylko 0,5 mm, ginie stopniowo warstwa głębsza komórek i nabłonek staje się jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym migawkowym. Komórki jego stają się coraz niższe w miarę tego, jak oskrzela się zwężają. Gdy nabłonek staje się jednowarstwowym, giną w nim także komórki kubkowe.

Warstwa właściwa składa się w oskrzelach prawie tylko z włókien sprężystych, połączonych w sieci.

Gruczoły, liczne w początkowych odcinkach oskrzeli, stopniowo stają się coraz rzadsze i giną zupełnie, gdy grubość oskrzela spadnie do 0,85 mm. W średnich i mniejszych oskrzelach leżą one nazewnątrz od chrząstki.

Chrząstki rozpadają się i cienieją coraz bardziej, aż wkońcu znikają zupełnie, gdy grubość oskrzela spadnie również do 0,85 mm. Otacza je gruba warstwa łącznotkankowa, zawierająca liczne włókna sprężyste i łącząca ścianę oskrzeli z otaczającą je tkanką płuc. Według Cutore u człowieka oskrzela leżące wewnątrz płuca posiadają chrząstkę sprężystą.

Mięśnie tworzą w większych i średnich oskrzelach warstwę ciągłą, której grubość wynosi 100—150 μ. W miarę tego jak chrząstki zanikają, warstwa ta staje się coraz cieńsza, a oskrzeliki nie posiadające chrząstki, zwykle nie posiadają już także ciągłej warstwy mięsnej.



Ryc. 225.
Przekrój poprzeczny $1^3/_4$ mm grubego oskrzelika kota.
Pow. ok. 40 razy.

4. Płuca.

Płuca są gruczołami pęcherzykowo-cewkowemi. U noworodków widać jeszcze wyraźnie, że składają się one z poszczególnych zrazików. W płucach osobników dorosłych można także rozróżnić oddzielne zraziki, lecz są one tutaj o wiele większe, 1—2 cm, gdyż powstają z połączenia kilku zrazików pierwotnych. Tkanka łączna międzyzrazikowa, o dużej ilości włókien sprężystych, łączy zraziki bardzo ściśle z sobą.

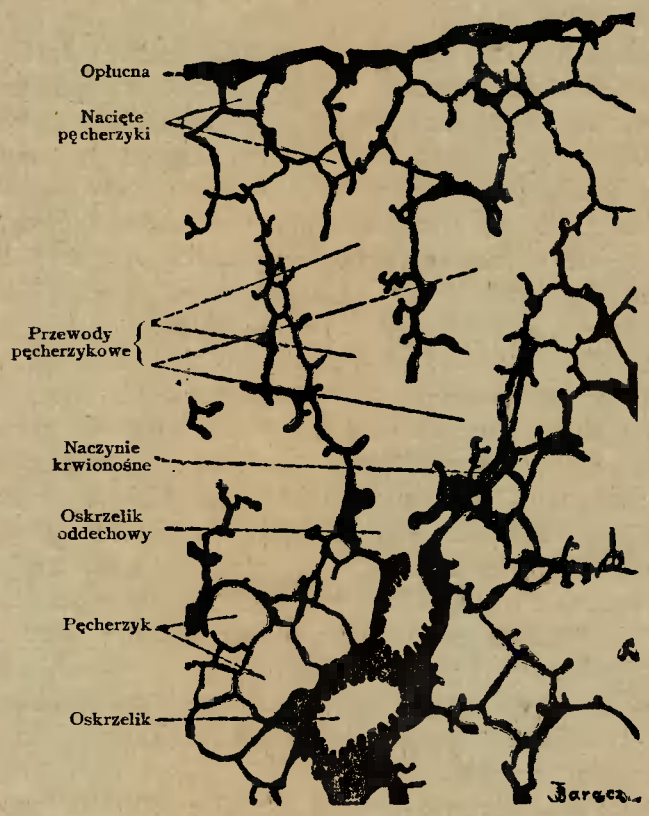
Do każdego zrazika pierwotnego dochodzi jeden oskrzelik, który oddając odgałęzienia boczne i rozszczepiając się raz po raz dwudzielnie dzieli się ostatecznie na 50—100 *oskrzelików końcowych*. Każdy oskrzelik końcowy rozszerza się w *przewód pęcherzykowy*, który bezpośrednio przechodzi w pewną ilość szerszych lub węższych, wydłużonych ślepo zakończonych woreczków, t. zw. *lejków (infundibula)*. W ścianach przewodów pęcherzykowych i lejków znajdują się dokoła liczne wypuklenia, tak zwane *pęcherzyki płucne* (ryc. 226).

W ten sposób powstaje znaczna powierzchnia oddechowa, wysłana *nabłonkiem oddechowym*. Nabłonek ten na podstawie badań Bohra możnaby uważać za nabłonek gruczołowy ze względu na to, że posiada zdolność wydzielniczą. Nietylko bowiem pośredniczy w przechodzeniu dwutlenku węgla z krwi otaczających go naczyń krwionośnych włosowatych do pęcherzyków oraz tlenu z powietrza, zawartego w pęcherzykach, do krwi, lecz w tem podobny jest do prawdziwego nabłonka gruczołowego, że nietylko dwutlenek węgla wydziela, lecz go też po części wytwarza samodzielnie z produktów pośrednich dowiezionych przez krew (Bohr).

Ponieważ poznaliśmy już budowę oskrzeli i oskrzelików, pozostają więc nam do omówienia tylko oskrzeliki końcowe, przewody pęcherzykowe i pęcherzyki.

W *oskrzeliku końcowym* czyli w *oskrzeliku oddechowym* (bronchiolus respiratorius) spotykamy pewne ważne cechy odrębne. Komórki nabłonkowe nie mają już migawek, a zmniejszając się stopniowo, stają się wreszcie zupełnie płaskie. Tkanka łączna w warstwie właściwej zanika również coraz bardziej. To samo dotyczy mięśni, które nie tworzą kompletnego pierścienia, lecz splot o dużych oczkach. Ściana oskrzelików oddechowych składa się wciąż z jednowarstwowego nabłonka różnej wysokości; pod nim leży niekompletna warstwa gładkich komórek mięsnych, przetkanych włóknami sprężystemi. Najważniejszą cechą wyróżniającą ściany oskrzelików końcowych jest to, że posiadają wypuklenia boczne w formie pęcherzyków t. j. *pęcherzyki płucne*.

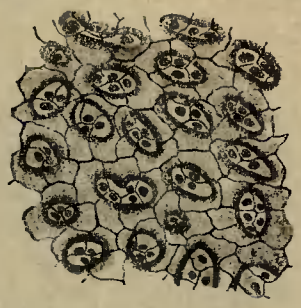
Przewody pęcherzykowe (ductuli alveolares), *lejki*, zwane także przedsionkami (atria) oraz *pęcherzyki płucne* posiadają jednakową budowę. Podstawę ich tworzy jednolita *błona podstawowa*, nie posiadająca wcale struktury, lub lekko prążkowana. W tych miejscach, gdzie dwa pęcherzyki stykają się z sobą, znajduje się tylko jedna błona podstawowa, wspólna dla obu pęcherzyków, a oddzielająca od siebie ich światło. Wśród błony podstawowej leżą na-



Ryc. 226.
Przekrój płuca kota.
Oskrzelik oddechowy dzieli się na dwie gałązki. Pow. ok. 50 razy.

czynia krwionośne włosowate, które będąc od niej grubsze, wypuklają błonę tę nawewnątrz i nazewnątrz. Oprócz błony podstawowej w ścianach pęcherzyków znajdują się włókna łącznotkankowe i liczne włókna sprężyste, które oplatają pęcherzyki. Według Orsósa można rozróżnić dwa układy włókien sprężystych zależnie od ich pochodzenia, przebiegu i budowy; układy te łączą się z sobą za pośrednictwem delikatnych rozgałęzień. Jeden układ włókien grubszych pochodzi ze ścian oskrzeli i tworzy stałe rusztowanie pę-

cherzyków. Jest on tak zbudowany, że włókna mogą się przesuwać, przez co umożliwiają perjodyczne rozszerzanie się i zwężanie pęcherzyków podczas ruchów wdechowych i wydechowych. Drugi układ włókien sprężystych jest cieńszy, pochodzi ze sprężystych warstw naczyń krwionośnych i w przebiegu swym towarzyszy naczyniom włosowatym. Włókna sprężyste są ułozone najgęściej w ściankach, oddzielających pęcherzyki i przy ujściu pęcherzyków do lejków, do przewodów pęcherzykowych i oskrzelików oddechowych. W miejscach tych tworzą one pierścienie, które mogą mniej lub więcej odcinać światło pęcherzyków od lejków.



Ryc. 227.
Nabłonek oddechowy z płuca żaby z posrebrzonemi linjami kitowemi.
Pow. ok. 300 razy.

Nabłonek, wyścielający te jamy, nazywa się *nabłonkiem oddechowym* (Fr. E. Schultze) (ryc. 227). Istnieją dwa zapatrywania na budowę tego nabłonka. Według jednego z nich składa się on z dwu różnych elementów, a mianowicie z dużych, jasnych, cienkich płytek bezjądrowych i z małych, sześciennych, ciemnych komórek nabłonkowych, zawierających jądra i mitochondrja. (Eberth, Elenz, C. Schmidt, F. E. Schultze, Kölliker). Rozmieszczenie tych elementów względem siebie zależy od przebiegu sieci naczyń włosowatych, oplatających pęcherzyki. Komórki, posiadające jądra, leżą pojedyńczo lub po kilka w oczkach tej sieci, płytki bezjądrowe natomiast, które są od nich trzy lub cztery razy większe, leżą na samych naczyniach włosowatych. Płytki pod względem rozwoju pochodzą także z komórek nabłonkowych sześciennych, które się rozszerzyły na stałe wskutek oddychania. Według zapatrywania drugiego (Oppel) te płytki bezjądrzaste są poprostu wypustkami, bocznemi płatami komórek, zawierających jądra, pokrywającemi naczynia krwionośne włosowate.

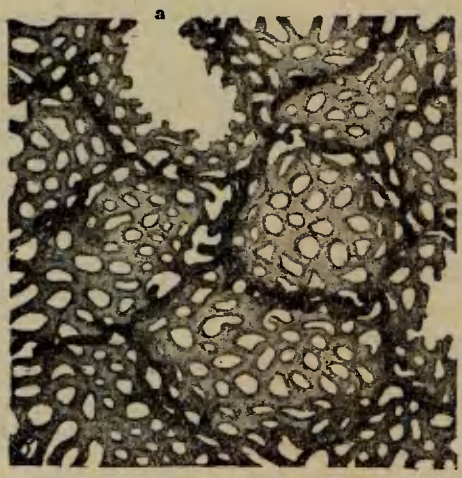
Nabłonek brukowy oskrzelików przechodzi stopniowo i nieregularnie w tak zw. nabłonek oddechowy w oskrzeliku oddechowym.

Co do występowania gładkich komórek mięsnych w ścianie pęcherzyka poglądy są różnorakie. Rindfleisch i Nicolas są zdania, że one w pęcherzykach występują, według Toldta natomiast przechodzą tylko z oskrzelików oddechowych do przewodów pęcherzykowych.

Delafield, Hansemann, Nicolas, Marchand i wielu innych opisywali otworki w ściankach odgraniczających pęcherzyki, któremi to otworkami łączą się światła przyległych pę-

cherzyków. Zdaje się, że połączenia takie występują normalnie u człowieka i zwierząt ssących.

Układ naczyń krwionośnych w płucu jest podwójny, podobnie jak w wątrobie; możemy tu także rozróżnić krew czynnościową i krew odżywczą. Krew czynnościowa dopływa do płuc przeważnie przez tętnicę płucną (arteria pulmonalis), krew odżywcza przez tętnice oskrzelowe (arteriae bronchiales). Krew odpływa głównie przez żyły płucne (venae pulmonales), a żyły oskrzelowe (venae bronchiales) odprowadzają stosunkowo niewielką tylko ilość krwi ze ścian dużych i średnich oskrzeli oraz z tkanki łącznej międzyzrazikowej. Gałązki tętnic towarzyszą oskrzelom i rozgałęziają się wraz z niemi. Tętnice oskrzelowe zaopatrują przytem w krew błonę śluzową, mięśnie i warstwę właściwą oskrzeli oraz tkankę łączną międzyzrazikową. Tętnica płucna bierze w tem mały udział i zdaje się nie tworzy istotnych połączeń z tętnicą oskrzelową. Gałązki tętnic oskrzelowych dochodzą tylko do granic zrazika płucnego, do którego dochodzi tylko jedna gałązka tętnicy płucnej. We wnętrzu zrazika tętnica płucna towarzyszy początkowo oskrzelikowi, a następnie wysyła do każdego oskrzelika oddechowego po jednej gałązce, która znów oddaje gałązki dla przewodu pęcherzykowego, lejków i pęcherzyków płucnych. Gałązki te dzielą się na naczyńka włosowate, które tworzą dokoła każdego pęcherzyka płucnego sieć w kształcie koszyczka (ryc. 228); średnica oczek tej sieci, jednej z najgęstszych sieci naczyń włosowatych ciała ludzkiego, waha się między 5 a 18 μ, zależnie od objętości pęcherzyka. Naczynia włosowate leżą, jak wspomnieliśmy, w samej błonie podstawowej jednorodnej i są tak cienkie, że ciałka krwi muszą się przez nie przeciskać. Żyły wyprowadzające, gałęzie i gałązki żył płucnych, przebiegają odpowiednio do tętnic i zabierają oprócz całej ilości krwi oddechowej dużą ilość krwi oskrzelowej, ponieważ żyły oskrzelowe rozwijają się dopiero na oskrzelach średniej wielkości.



Ryc. 228.

Część przekroju nastrzykanego płuca królika.

Pęcherzyki widziane z powierzchni; przy a nadcięty pęcherzyk. Szare beleczki są naczyniami włosowatemi, jasne pola zaś oczkami sieci naczyń włosowatych. Pow. ok. 300 razy.

Początki *naczyń limfatycznych* płuc leżą dokoła pęcherzyków i w tkance łącznej międzyzrazikowej; naczyńka odprowadzające albo towarzyszą oskrzelom i dochodzą do wnęki płuc, albo wnikają wśród tkanki łącznej międzyzrazikowej aż pod opłucnę i przechodzą tu w sieć limfatyczną podsurowiczą o dużych oczkach, od której biegną naczynia odprowadzające do wnęki płuc. Wśród sieci podsurowiczej leżą liczne grudki i węzły limfatyczne. Znajdują się one także w sąsiedztwie średnich i dużych oskrzeli.

Nerwy płuc pochodzą od nerwu błędnego i nerwu współczulnego; wnikają one wgłąb wraz z oskrzelami, rozgałęziają się wielokrotnie w błonie śluzowej oskrzeli i kończą się na ich mięśniach. Wśród zrazików płuc tworzą one splot, leżący pomiędzy pęcherzykami. Zachowanie się jego końcowych gałązek nie jest dokładniej zbadane.

Opłucna.

Opłucna wyściela jako opłucna ścienna (pleura parietalis) po obu stronach, t. j. po prawej i po lewej stronie, ściany jamy opłucnej (cavum pleurae), około wnęki zaś płuc przechodzi na trzon płucny (radix pulmonis) i w dalszym ciągu jako opłucna płuc (pleura visceralis) okrywa całą ich powierzchnię i wnika też w szpary pomiędzy poszczególne płaty płucne. Opłucna jest błoną surowiczą, która składa się z jednej warstwy niskich, płaskich komórek nabłonkowych wielobocznych, które leżą na cienkiej błonie podstawowej, nie posiadającej wcale struktury. Pomiędzy komórkami nabłonka znajdują się otworki (stomata), które prowadzą do szczelin limfatycznych podopłucnowych (Dybowski). Pod błoną podstawową leży tkanka łączna, która zawiera dużą ilość włókien sprężystych i jest znacznie silniej rozwinięta w opłucnej ściennej niż w opłucnej płuca.

IV. Układ moczowy.

Układ moczowy składa się z dwu dużych narządów gruczołowych, *nerek*, których zadanie polega na wydalaniu z ciała trujących produktów przemiany materji, wytwarzających się w krwi i w narządach. *Moczowody* odprowadzają z nerek mocz, będący rozczynem wspomnianych produktów, do *pęcherza moczowego* jako zbiornika, który go *cewką moczową* wydala poza organizm. Ten końcowy odcinek układu moczowego służy u samców również do wydalania produktów układu płciowego męskiego, a znajduje się w prąciu, które jest narządem spółkowania. U osobników płci żeńskiej natomiast drogi moczowe i drogi płciowe uchodzą na zewnątrz oddzielnie.

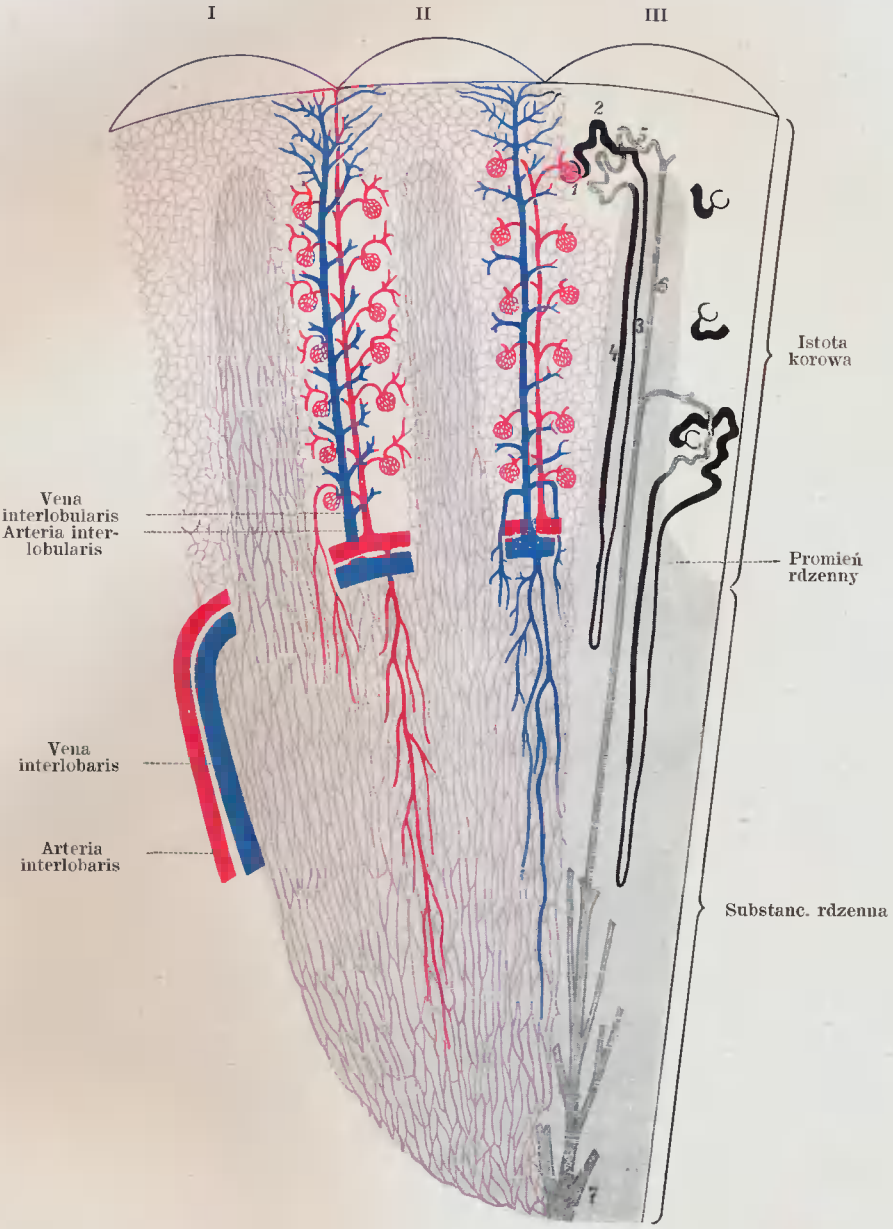
Nerki.

Nerka jest gruczołem cewkowym złożonym. Chociaż początek każdej cewki stanowi pęcherzykowate rozszerzenie (torebka Bowmanna), jednakże wyłącznie na tej podstawie nie można zaliczać nerek do rzędu gruczołów cewkowo-pęcherzykowych. Rozszerzenia owe bowiem nie posiadają cech charakterystycznych dla wydzielniczych odcinków gruczołów, brak im mianowicie istotnych elementów gruczołowych. Kanaliki łączą się w pewną ilość przewodów odprowadzających, które w przeciwieństwie do innych gruczołów nie zlewają się stopniowo w jeden wspólny przewód wyprowadzający. lecz uchodzą oddzielnie do jednej wspólnej jamy. Jamą tą jest miednicza nerkowa, skąd mocz wydostaje się dalej przez moczowód-

Mocz jest cieczą, która przyjmuje, zależnie od stężenia, barwę od jasnożółtej aż do czerwono-brunatnej, o zapachu aromatycznym oraz odczynie obojętnym albo słabo kwaśnym. Ilość moczu wydalanego na dobę wynosi przeciętnie 1500 ccm., podlega ona jednakże znacznym wahaniom. Świeży mocz nie posiada żadnych składników ukształtowanych, z wyjątkiem pewnej ilości złuszczonych komórek nabłonkowych z dróg moczowych. Najważniejsze składniki organiczne moczu są następujące: 1. *Mocznik* (2 do 3%), najistotniejszy końcowy produkt rozkładu białka w ustroju zwierzęcym. Mocznik jest jedynie wydalany przez nerki. Miejsce wytwarzania się jego nie jest dokładnie znane, niewątpliwie jednak wątroba odgrywa w tym procesie bardzo ważną rolę. 2. *Kwas moczowy* posiada w moczu ludzkim mniejsze znaczenie, niż u gadów i ptaków, gdzie zawiera główną część azotu moczowego. Kwas moczowy jest również tylko wydalany przez nerki, wytwarza się zaś w ustroju jako końcowy produkt rozkładu nuklein. 3. *Kreatynina* 4. *Zasady purynowe* (ksantyna, guanina, hypoksantyna, paraksantyna i inne). 5. *Kwas szczawiowy*. 6. *Kwas hippurowy*. 7. *Kwas eterosiarkowy*. 8. *Kwas indoxylosiarkowy* oraz *barwiki moczowe* (urochrom, urobilina itd.) Ze składników nieorganicznych najważniejsze są: *chlorek sodu, chlorek potasu, fosforany, siarczany* i *amoniak*.

Już wolnem okiem można zobaczyć na poprzecznym lub podłużnym przekroju nerki dwie, różniące się barwą, warstwy: jedną ciemno-czerwoną (o szerokości od 6—8 mm), tworzącą *istotę korową*, oraz drugą, jaśniejszą, *istotę rdzenną*. Ostatnia składa się z szeregu tworów stożkowatych, zwanych *piramidami nerkowemi* (Malpighiego). Zaokrąglone wierzchołki tych piramid wsterczają w kształcie *brodawek* do miedniczki nerkowej, szerokie zaś podstawy zwrócone są ku istocie korowej. Nerka ludzka posiada 7—20 takich piramid, u większości jednak ssaków występuje tylko jedna pojedyncza piramida. Jak wykazuje nerka noworodków, każda z tych piramid przedstawia oddzielny płat miąższu nerkowego. Powierzchnia nerki posiada u noworodków wyraźną budowę płatową, ilość zaś płatów odpowiada ilości brodawek. Każdy płat sięga od brodawki aż do powierzchni; już jednak w latach dziecięcych podstawy oddzielnych piramid zrastają się, budowa płatowa zanika i w ten sposób wytwarza

Ryc. 229.
Przekrój podłużny przez część nerki małpy.
a. a. = art. arciformis; v. a. = vena arciformis.
Pow. ok. 13 razy.

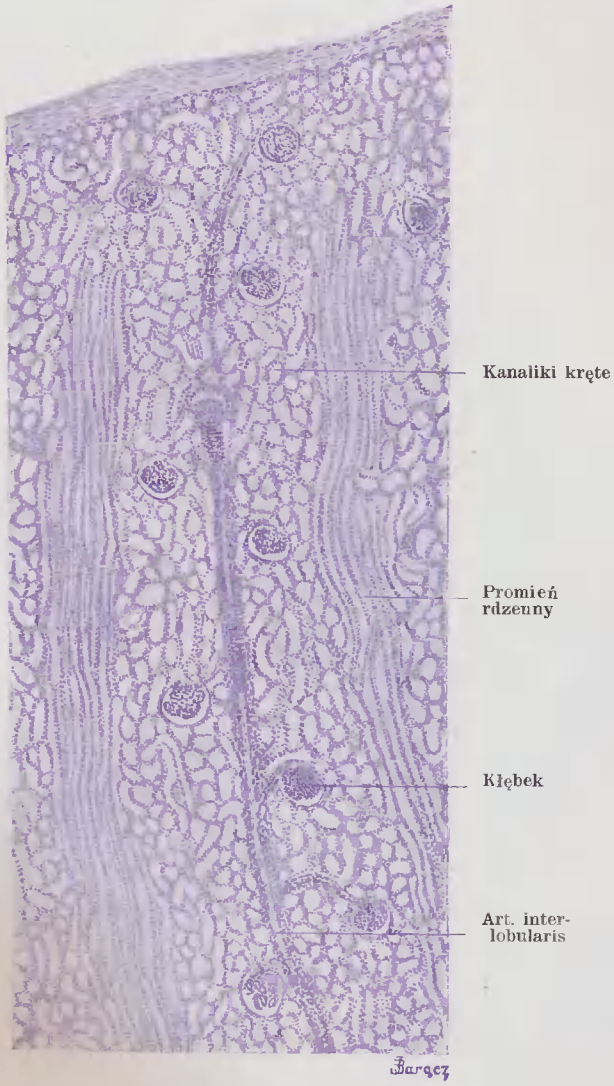


Ryc. 230.

Schematyczne przedstawienie przebiegu kanalików moczowych (na prawo) i naczyń krwionośnych nerki (na lewo).

Tętnice czerwone, żyły niebieskie, naczynia włosowate fioletowe, capsulae Bowmani, tub. cont. I ord. i ansae Henlei czarne, tub. cont. II ord. i przewody zbiorcze szare.

I, II, III = Zraziki nerkowe, 1 = Capsula Bowmani, 2 = Tub. cont. I ord., 3 = Ramus descendens ansae Henlei, 4 = Ramus ascendens ansae Henlei, 5 = Tub. cont. II ord., 6 = Przewód zbiorczy, 7 = Ductus papillaris.



Ryc. 231.

Przekrój podłużny przez warstwę korową nerki małpy.

Widać dwa promienie rdzenne, a pomiędzy niemi kłębki Malpighiego i kanaliki kręte. W środku przebiega tętnica. Pow. ok. 55 razy.

się jednolita kora nerkowa. Istota korowa wchodzi ponadto pomiędzy podstawowe części piramid i oddziela je od siebie, drążąc w postaci klinowatych wyrostków — *słupów nerkowych (columnae renales s. Bertini)* — w kierunku zatoki nerkowej. Z drugiej zaś strony od podstawy każdej piramidy wychodzą liczne, zwężające się stopniowo wypustki stożkowate, kończące się tuż pod powierzchnią nerki. Są to tak zw. *promienie rdzenne (processus medullares s. Ferreïni)*. Znajdująca się pomiędzy niemi część kory nerkowej nazywa się *labiryntem nerkowym* (ryc. 229).

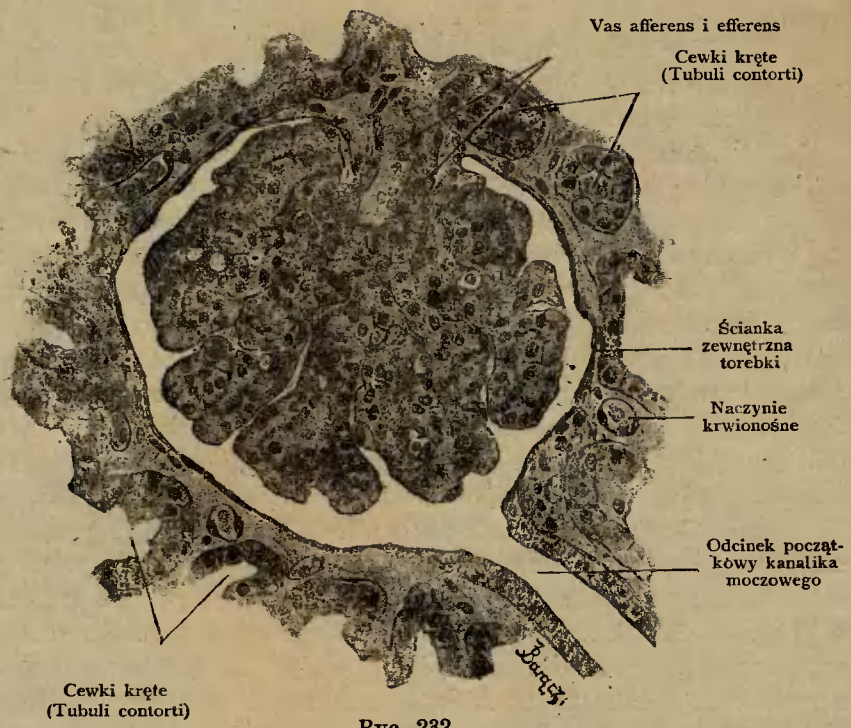
Przebieg kanalików nerkowych w piramidach, w promieniach rdzennych, oraz w słupach nerkowych jest prostolinijny, w istocie korowej natomiast kręty.

W każdym kanaliku odróżniamy *odcinek wydzielniczy i odcinek odprowadzający* (ryc. 230). Kanalik rozpoczyna się małym, kulistym, umieszczonym w labiryncie nerki tworem — *ciałkiem nerkowem Malpighiego (corpusculum renis)*. Z ciałka tego wychodzi krótka szyjka, która łączy je z kręto wijącą się cewką, leżącą wśród kory (labiryntu), zwaną *cewką krętą (tubulus contortus)*. W kierunku obwodowym od ciałka cewka tworzy liczne skręty, umieszczone ściśle obok siebie, następnie wchodzi do promienia rdzennego i zwężając stopniowo swe światło, przechodzi w *pętlę Henlego*. Ta zaś, drążąc mniej lub więcej daleko w kierunku dośrodkowym, wchodzi w głąb piramidy. Oba ramiona pętli leżą tuż obok siebie i różnią się wymiarami światła. W pętlach długich (według Petera na 1 długą pętlę przypada co najmniej 7 krótkich), ramię zstępujące, oraz początek wstępującego są cienkie, pozostała zaś część ramienia wstępującego jest grubsza, w pętlach krótkich natomiast tylko niewielki odcinek ramienia zstępującego jest cienki, koniec zaś jego, tudzież całe ramię wstępujące są grubsze. W dalszym przebiegu kanalik zdąża ponownie ku swemu ciałku, przylega doń ściśle i przechodzi w krętą *wstawkę*, która w dalszym ciągu uchodzi łukowato do *cewki prostej* cz. *zbiorczej*. Wstawka stanowi zakończenie części wydzielniczej, cewka zaś prosta początek części odprowadzającej, czyli tak zw. *cewek zbiorczych*. Cewka prosta zbiera najpierw liczne wstawki; następnie wchodzi do istoty rdzennej, której większą część przebiega, nie przyjmując więcej kanalików. Dopiero w wewnętrznej połowie istoty rdzennej, sąsiadujące z sobą cewki zbiorcze poczynają zlewać się z sobą w grubsze *przewody wyprowadzające*, które ostatecznie łączą się w *przewody brodawkowe (ductus papillares)*, uchodzące w liczbie 10—24 na każdej brodawce.

Wszystkie powyżej opisane części kanalika moczowego posiadają jako osłonę cienką, bez widocznej budowy *błonę własną (membrana propria)*; na jej wewnętrznej powierzchni leży pojedyńcza warstwa komórek nabłonkowych. Wysokość, kształt, oraz budowa

tych komórek wykazują w poszczególnych odcinkach kanalika charakterystyczne różnice i dlatego będą omawiane zosobna.

Ciałko Malpighiego (o średnicy od 0,13—0,22 mm) składa się z dwu części: z *kłębka (glomerulus)*, tworzącego część wewnętrzną ciałka oraz z *torebki (torebka* Müllera czyli Bowmanna), obejmującej go niemal zupełnie dokoła (ryc. 232). Podczas gdy w innych gruczołach pęcherzyk igruczołowe otoczone są naczyniami krwio-



Ryc. 232.

Część przekroju istoty korowej nerki małpy.

Widoczne jest ciałko Malpighiego wraz z odcinkiem początkowym kanaliku moczowego. Pow. ok. 350 razy.

nośnemi w kształcie koszyczka, tutaj rzecz przedstawia się odwrotnie. Naczynie krwionośne, w postaci kłębka *(glomerulus)* spoczywa we wnętrzu ciałka, otoczone torebką Bowmanna. Aby zrozumieć należycie budowę ciałek Malpighiego, możemy wyobrazić sobie, że istniały pierwotnie dwie odrębne części składowe: pęcherzyk kulisty, będący zakończeniem kanalika moczowego, oraz pętla naczyniowa, która, rosnąc ku pęcherzykowi, wpukla go na biegunie, przeciwległym ujściu kanalika. Dzięki temu, że wskutek bujania pętla naczyniowa wciąż się powiększa i wciska się coraz dalej do wnętrza pęcherzyka, wytwarza się z niego zrazu kielich o podwój-

nej ściance, wkońcu zaś torebka dwuścienna. Jedna z tych ścianek — *zewnętrzna (parietalis)* — otacza ciałko zzewnątrz. Ona to tworzy bezpośrednie przedłużenie ściany kanalika moczowego, na biegunie zaś ciałka, przeciwległym ujściu kanalika moczowego, odgina się i przechodzi w *wewnętrzną (visceralis) ściankę*, oddzieloną od zewnętrznej tylko wąską szczeliną (ryc. 232). Owa więc torebka, o podwójnej ściance, posiada w miejscu pierwotnego wpuklenia okrągły otwór, którego brzeg jest właśnie miejscem przejścia ściany zewnętrznej torebki w wewnętrzną. Przez otwór ten wchodzi do wnętrza torebki naczynie krwionośne doprowadzające *(vas afferens)*, dzieli się tam na kilka gałązek, łączących się z sobą, i tworzy kłębek. Poszczególne gałązki łączą się następnie w naczynie odprowadzające *(vas efferens)*, które wychodzi z ciałka przez ten sam otwór tuż obok naczynia doprowadzającego *(vas afferens)*. Kłębek wypełnia przytem tak szczelnie wnętrze ciałka Malpighiego, że ścianka wewnętrzna torebki przylega ściśle do pętli naczyniowych kłębka, czyniąc wrażenie zewnętrznej warstwy nabłonkowej.

A więc w każdej torebce należy odróżniać błonę własną *(membrana propria)* oraz nabłonek zewnętrzny i wewnętrzny. Błona własna jest cienka, nie wykazuje widocznej budowy, a w miejscu wejścia naczyń powleka jeszcze na pewnej przestrzeni powierzchnię kłębka, lecz wkrótce potem znika. Na zewnątrz błona ta, a wraz z nią całe ciałko, otoczona jest tkanką łączną włóknistą, która jednakże w warunkach normalnych jest bardzo słabo rozwinięta. Nabłonek ścianki zewnętrznej leży bezpośrednio na owej błonce i składa się z nieprawidłowo wielobocznych, dość wielkich i zupełnie płaskich komórek, których jądra wypuklają nieco do wnętrza ciało komórkowe. U wejścia do kanalika moczowego komórki płaskie nagle stają się wyższe i przechodzą w nabłonek brukowy kanalika. Nabłonek ścianki wewnętrznej składa się z zupełnie podobnych komórek, które jednakże w nerce dorosłego człowieka niełatwo rozpoznać. U noworodka komórki te posiadają jeszcze kształt sześcienny, wskutek czego łatwiej je dostrzec. U dorosłego jednak człowieka są silnie spłaszczone, leżą bezpośrednio na ściance pętli naczyniowych i tworzą nieprzerwaną ich wyściółkę, drążą przytem głęboko pomiędzy oddzielne zraziki kłębka (ryc. 232).

Cewka kręta (tubulus contortus). Zwana również cewką krętą I rzędu *(tubulus contortus I ordinis)*, zaczyna się przeważnie u spodniej, t. zn. zwróconej ku wnętrzu nerki, części torebki Bowmanna przewężeniem w kształcie szyjki. Skręty jej, jak zaznaczono wyżej, skierowywują się przeważnie ku powierzchni nerki, następnie zaś zbliżają się znów ku ciałku Malpighiego, przechodząc wreszcie bardziej dośrodkowo, t. j. zbliżając się w swym przebiegu ku warstwie

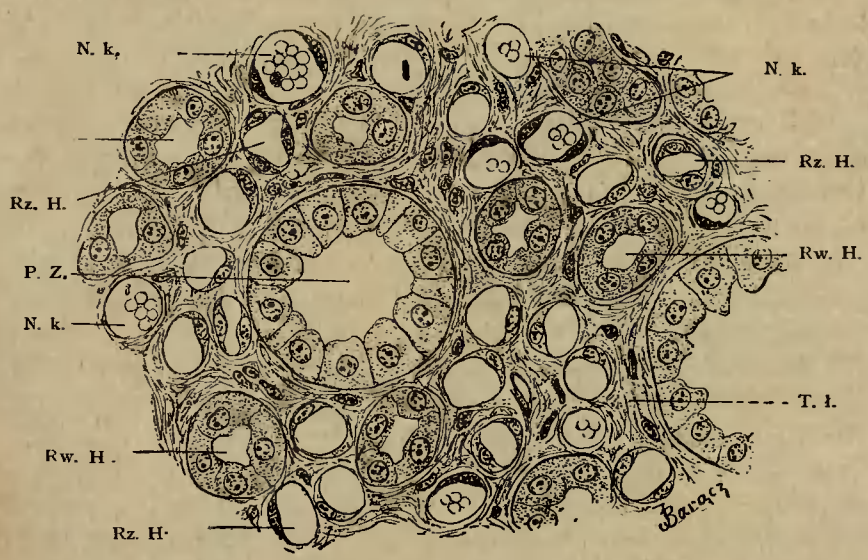
rdzennej, w pętlę Henlego. Na świeżym preparacie cewka wydaje się zawsze ciemną, wskutek czego odcina się wyraźnie od początkowej części pętli Henlego, stale jasnej i przejrzystej. Grubość cewki krętej wynosi 38—42 μ. Na zewnątrz leży silnie rozwinięta błona własna *(membrana propria)*, która jest tutaj złożona z dwóch blaszek: z zewnętrznej, jednolitej i wewnętrznej, bardzo cienkiej blaszki, wykazującej regularne, okrężne prążkowanie (v. Frisch). Od wewnątrz błona własna jest wyścielona jednowarstwowym nabłonkiem. Komórki nabłonka mają kształt rozmaity — od sześcianów do niskich walców. Światło cewki jest stosunkowo wąskie; szerokość jego zmienia się zależnie od stanu czynności wydzielniczej. Przy wzmożonem wydzielaniu światło cewki jest szersze, komórki zaś niższe; natomiast w stanie spoczynku, to jest bezpośrednio przed wydaleniem wydzieliny, światło zwęża się, a komórki stają się wyższe (Sauer). Trudno oznaczyć granice komórek, wyścielających cewkę krętą, gdyż graniczące ze sobą komórki zachodzą na siebie zębiastemi brzegami i stąd zarysy ich występują w preparacie bardzo niewyraźnie (ryc. 233). Komórki te zawierają duże, owalne albo kuliste jądro, położone pośrodku lub bliżej światła. Ciało komórkowe jest mętne i zawiera liczne drobne ziarenka i niteczki (chondrjomity, ryc. 9); część jego podstawowa wykazuje bardzo wyraźną budowę pręcikową, podobnie jak komórki cewek ślinowych. Według poglądu R. Heidenhaina, który w ostatnich czasach popiera też Takagi, pręciki owe są to jednolite lub też ziarniste wypustki ciała komórkowego, ułożone gęsto i równolegle obok siebie, jak frendzle. Sauer natomiast objaśnia powstawanie tych pręcików przez układanie się ziarenek w szeregi, wewnątrz samej protoplazmy komórkowej.

Ryc. 233.
Przekrój poprzeczny cewki krętej nerki królika.
Granica komórek nabłonkowych niewidoczna. Na płaszczyznie przekroju widoczne są tylko 3 jądra. Budowa pręcikowa oraz rąbek szczoteczkowy wyraźnie zaznaczone. Pow. ok. 1100 razy.

Zwrócona ku światłu, wolna powierzchnia komórki obrzeżona jest niskim rąbkiem, złożonym z krótkich, sztywnych pręcików; jest to tak zwany *rąbek szczoteczkowy* albo *brzeżek szczoteczkowy* (Tornier, Nussbaum, Lorenz, van der Stricht, Nicolas, Sauer), którego wysokość i wygląd ulegają znacznym wahaniom podczas czynności wydzielniczej. Bezpośrednio pod rąbkiem szczoteczkowym leży rząd ciałek podstawowych (Nicolas, Prenant) (ryc. 233). Pośrodku powierzchni komórki, pod rzędem

ciałek podstawowych leży podwójne ciałko środkowe (Zimmermann).

Pętla Henlego — jak wspomnieliśmy poprzednio — składa się z ramienia zstępującego i wstępującego. Kanalik kręty mianowicie zwęża się stopniowo i przechodzi w ramię zstępujące pętli, przyczem miejsce wyżej opisanych komórek sześciennych, ziarnistych zajmują komórki płaskie i jasne. Przejście takie jest zawsze nagłe; u człowieka odbywa się ono we wszystkich kanalikach na wysokości jednakowej w zewnętrznych częściach istoty rdzennej. Grubość tego ja-



Ryc. 234.

Część przekroju poprzecznego podstawy piramidy nerki małpy.

P. Z. = przewód zbiorczy; Rz. H. = ramię zstępujące pętli Henlego; Rw. H. = ramię wstępujące pętli Henlego; N. k. = naczynia krwionośne; T. ł. = tkanka łączna śródmiąższowa.

Pow. ok. 500 razy.

snego odcinka pętli Henlego wynosi 9—15 μ, przyczem światło kanału jest względnie szerokie. Błona własna jest bardzo silnie rozwinięta; komórki, które ją wyścielają, są blaszkowato cienkie i ułożone naprzemian w ten sposób, że jądra komórek leżą po przeciwnych stronach kanalika. Poszczególne komórki obejmują niekiedy dokoła całe światło pętli. Skutkiem tego, że jądro wypukla nieco ciało komórkowe do wnętrza światła, a jądra te, przeciwległe sobie, nie leżą na tej samej wysokości, skutkiem tego zarys światła tego odcinka pętli Henlego na przekroju podłużnym przedstawia się w postaci linji lekko falistej. Na przekroju poprzecznym kanalik taki wykazuje wielkie podobieństwo do naczynia włosowatego (ryc. 234).

Rozmiary owego jasnego odcinka pętli Henlego są bardzo rozmaite. W pętlach długich całe ramię zstępujące wraz ze znaczną częścią wstępującego jest jasne i cienkie, w krótkich natomiast odcinek jasny miewa długość nieznaczną i zajmuje tylko pewną część ramienia zstępującego.

Odcinek jasny pętli Henlego przechodzi w część mętną, w której miejsce jasnych płaskich komórek zajmują ciemne, sześcienne. I tu przejście jest nagłe; zgodnie z powyższemi wywodami, odbywa się ono w pętlach krótkich — w końcowym odcinku ramienia zstępującego, w długich zaś — w części początkowej ramienia wstępującego; towarzyszy mu stale znaczne zgrubienie kanału z 15 na 30 μ. Komórki nabłonka wykazują budowę pręcikową, podobnie jak w kanaliku krętym; światło jest stosunkowo wąskie.

Dawniej sądzono, że ramię wstępujące pętli Henlego posiada budowę jednakową aż do samej wstawki; lecz badania Petera dowiodły, że w ramieniu wstępującem, tuż przed wejściem jego do substancji korowej, w miejsce ciemnych komórek zjawiają się znowu komórki niższe i jaśniejsze. Obwód kanalika zwiększa się przytem nieco (z 30 do 33 μ), światło zaś rozszerza się znacznie. Ramię skierowywa się ponownie ku swemu ciałku Malpighiego, tworzy tuż w pobliżu jego jeden lub dwa skręty i przechodzi we wstawkę.

Wstawka, zwana inaczej cewką krętą II rzędu *(tubulus contortus II ordinis)*, wykazuje znów budowę cewki krętej I rzędu; grubość jej jest niemal taka sama, jak tamtej, jednak komórki, wyścielające ją, są niższe, światło zaś szersze. Wstawka przedstawia się jako pętla, której komórki, w miarę zbliżania się do cewki zbiorczej, stają się coraz jaśniejsze. Z tego powodu niektórzy badacze zaznaczali istnienie odrębnego *odcinka łączącego* o jasnym nabłonku, leżącego pomiędzy wstawką, a przewodem zbiorczym.

Zarówno w nabłonku pętli Henlego jak i wstawki znajduje się stale u dorosłego człowieka tłuszcz w postaci drobnych kropelek. Według Segawy ma się tu do czynienia z mieszaniną lipoidów i brunatnego pigmentu.

Przewód zbiorczy wyścielają jasne komórki sześcienne, pozbawione budowy pręcikowej o kulistem, wewnątrz komórki umieszczonem jądrze (ryc. 234). Każda z tych komórek, podobnie jak komórki wszystkich innych odcinków, zawiera podwójne ciałko środkowe, umieszczone tuż pod powierzchnią (Zimmermann). Zupełnie podobną budowę posiadają także przewody wyprowadzające, oraz przewody brodawkowe, z tą różnicą, że wraz ze zwiększaniem się obwodu kanału zwiększa się też wysokość komórek wyścielających. Komórki sześcienne przechodzą więc najpierw w niskie, następnie zaś w wysokie komórki walcowate.

Również w nabłonku cewek zbiorczych, a przedewszystkiem przewodów brodawkowych może się znajdować u człowieka w podeszłym wieku tłuszcz, a mianowicie tłuszcz obojętny. W znacznie większej ilości znajduje się tłuszcz u niektórych zwierząt np. u kota.

Co się tyczy czynności poszczególnych tych tak bardzo niejednakowych w budowie swej kanalików nerkowych, to, pomimo nader licznych badań w tej dziedzinie, nie mamy żadnych pewnych danych. Budowa torebki Bowmanna, oraz cienkiego odcinka pętli Henlego wskazuje, że części te nie pełnią czynności wydzielniczych. Kłębki wydzielają przeważną ilość wody, zawartej w moczu, w cienkiej zaś części pętli Henlego odbywa się przypuszczalnie powrotne jej wchłanianie z moczu, a więc zagęszczenie moczu. Natomiast wydzielanie soli moczowych odbywa się w cewkach krętych, ciał zaś purynowych w tych samych cewkach, oraz w szerokiem ramieniu pętli Henlego.

Procesy, odbywające się w komórkach nerkowych podczas ich czynności są prawdopodobnie wielce złożone. W cewkach krętych następują one zapomocą pewnego rodzaju exosmozy poprzez rąbek szczoteczkowy, który stale się utrzymuje podczas wszystkich faz wydzielania. Przed rozpoczęciem wydalania, kiedy komórki są jeszcze wysokie, prążkowanie rąbka jest słabiej zaznaczone; natomiast podczas samego wydalania lub po jego ukończeniu, kiedy już komórki stają się niższe, prążkowanie występuje wyraźniej.

Zachowanie się mitochondrjów zarówno w nerce, jak i w innych gruczołach, było w ciągu ostatnich lat przedmiotem licznych dociekań. W cewkach krętych mitochondrja występują w postaci chondrjosomów, chondrjomitów i chondrjokontów. Przy zmniejszonem wydzielaniu komórki nabłonkowe cewek krętych są wypełnione całkowicie chondrjomitami i chondrjokontami wskutek znacznego ich rozmnożenia się. Przy wydzielaniu wzmożonem *(diureza)*, w części, zwróconej ku światłu, następuje rozpadanie się mitochondrjów na pojedyńcze ziarna, rozsypane bezładnie wewnątrz komórki, która skutkiem wchłonięcia płynu jest silnie nabrzmiała; niekiedy zaś ziarenka te zlewają się z sobą. Ziarna te należy uważać za produkt wstępny, który następnie zmienia się w właściwą wydzielinę. Podczas wytwarzania się wydzieliny mitochondrja i chondrjomity utrzymują się tylko w częściach podstawowych komórek, skutkiem czego pręciki są w tym okresie niższe, niż w stanie spoczynku, kiedy dochodzą do najwyższego pozwoju. (Kolster). Badając zachowanie się mitochondrjów podczas diurezy kofeinowej, Hjelt zauważył, że ta część ciała komórkowego, która zawiera zwykle ziarenkowate włókienka, wypełniona bywa mnóstwem gęsto ułożonych, przeważnie jednolitych włókienek, krótszych niż normalne; pomiędzy niemi znajdowały się jednak również niteczki ziarenkowate. Przestrzeń pomiędzy temi, pozornie pomnożonemi włókienkami przypodstawnemi, a rąbkiem szczoteczkowym wypełniają liczne, odosobnione ziarna, mniejsze

lecz obfitsze, niż w prawidłowej komórce nerkowej. W częściach, położonych w bliskości światła, spotykamy czasem wakuole. Tego rodzaju więc zmiany, charakteryzujące diurezę, możemy zawsze obserwować we wszystkich cewkach krętych nerki.

Tkanka łączna występuje w nerce w skąpej ilości. Tkanka ta otacza ściśle całą nerkę w postaci mocnej, zbitej, zawierającej też włókna mięsne gładkie, *torebki białawej (tunica albuginea)*, i stąd przenika cienkiemi pasmami do kory nerkowej, gdzie występuje w znikomej ilości dokoła cewek krętych. Cokolwiek obficiej, lecz w warunkach normalnych wciąż jeszcze nader skąpo, tkanka łączna rozwinięta jest wokoło ciałek Malpighiego, największy zaś stopień rozwoju wykazuje w piramidach, w których w większej ilości otacza kanały odprowadzające.

Tętnice nerki są rozgałęzieniami tętnicy nerkowej *(art. renalis)*, która, w większej lub mniejszej odległości od aorty, dzieli się na odnogi główne. Tuż przed wejściem do nerki, lub też bezpośrednio potem, wysyłają one liczne naczynia do tkanki tłuszczowej, otaczającej nerkę *(capsula adiposa renis)*. Gałązki tętnicy nerkowej dzielą się na brzuszne i grzbietowe; pierwsze zaopatrują obszar większy, niż drugie tak, że przez brzeg boczny *(margo lateralis)* przechodzą nawet na powierzchnię grzbietową (Zondek). Tętnice wchodzą pomiędzy piramidy i drążą, jako *tętnice międzyzrazowe (art. interlobares)*, aż do granicy pomiędzy istotą rdzenną a korową. Doszedłszy do tego miejsca, odginają się i biegną odtąd równolegle do powierzchni nerek, jako *tętnice łukowate (art. arciformes)*. Od strony wypukłej łuków tętniczych oddzielają się w równych niemal odstępach niewielkie tętniczki i, jako *tętnice międzyzrazikowe*, dążą promienisto wprost ku powierzchni nerek *(art. interlobulares) (ryc.* 230*)*. Te dla nerki tak charakterystyczne naczynia przebijają całą niemal grubość istoty korowej, przyczem dzielą się kilkakrotnie (Dehoff) i, cieniejąc stopniowo, oddają na wszystkie strony krótkie gałązki. One to wchodzą jako *naczynia doprowadzające (vas afferens)* do ciałek Malpighiego, gdzie tworzą *kłębki (glomeruli)* (*ryc.* 235). Naczynie doprowadzające *(vas afferens)* należy uważać zarówno jak odprowadzające *(vas efferens)* za tętnicę tak, że w kłębku tętniczym mamy do czynienia z tak zw. *dziwną siatką tętniczą (rete mirabile arteriosum)*. Pętle tej ostatniej mają podobną budowę jak naczynia włosowate.

Naczynie odprowadzające *(vas efferens)*, które odprowadza krew z kłębka, dąży w kierunku promienia rdzennego i rozpada się na drobną sieć naczyń włosowatych, oplatających leżące tutaj kanaliki proste. W miejscu przenikania w głąb istoty korowej oczka sieci włosowatej przybierają ponownie kształt bardziej okrągły i oplatają

cewki kręte, oraz wstawki. Siatki naczyń włosowatych łączą się i przechodzą wreszcie w niewielkie żyłki, przebiegające równolegle tuż obok tętnic międzyzrazikowych *(art. interlobulares)*, jako żyły *międzyzrazikowe (venae interlobulares, ryc.* 230*)*. Żyły te uchodzą do *żył łukowatych (venae arciformes)*, które biegną równolegle do tętnic o tej samej nazwie.

Ostatnie końce tętnic międzyzrazikowych dzielą się na naczynia włosowate, oplatające cewki kręte powierzchniowej części istoty korowej. Lecz niekiedy zdarza się, że owe tętnice drążą przez korę, docierają nawet do torebki białawej *(tunica albuginea)* i łączą się z tętnicami torebki. Dzięki temu powstaje uboczne krążenie krwi pomiędzy miąższem nerki a torebką nerkową; w razie zamknięcia jednej z gałązek miąższowych tętnicy nerkowej, odcinek odpowiedni może być zasilany krwią zastępczo przez tętnice torebki nerkowej (Hyrtl, Hoyer, Steinach, Geberg, Gołubiew). Krew żylna, odpływająca ze skrajnych części kory, zbiera się pod torebką nerkową w maleńkich żyłkach, których rozgałęzienia łączą się ze sobą nakształt gwiazd, jako *żyły gwiazdkowate (venae stellatae, stellulae* Verheynii), i tworzą początek żył międzyzrazikowych.

Ryc. 235.
Kłębek (glomerulus) z nastrzykniętej nerki ludzkiej.
Widać vas afferens i efferens.
Pow. ok. 160 razy.

Istotę rdzenną zaopatrują w krew wypustki naczyń włosowatych istoty korowej, tudzież *tętniczki proste (arteriolae rectae)*, które są dwojakiego pochodzenia: większość ich odchodzi bezpośrednio z wypukłej strony łuków tętniczych, jakie tworzą tętnice łukowate *(art. arciformes)*, niektóre zaś są poprostu naczyniami odprowadzającemi *(vasa efferentia)* głębiej położonych kłębków tętniczych. Tworzą one sieć włosowatą o wydłużonych oczkach oplatającą pętle Henlego, cewki zbiorcze, przewody wyprowadzające oraz przewody brodawkowe i łączą się następnie w *żyłki proste (venulae rectae)*, uchodzące do żył łukowatych *(venae arciformes)*. Bezpośrednie połączenia tętnic z żyłami w torebce nerkowej opisał Geberg, w samej zaś nerce Gołubiew.

Początkiem *naczyń limfatycznych* nerki są szczeliny, znajdujące się wszędzie pomiędzy kanalikami moczowemi w ubogiej tu tkance

łącznej. Odpływ z nich jest dwojakiego rodzaju. Z jednej strony szczeliny owe uchodzą do naczyń limfatycznych, towarzyszących większym lub średnim naczyniom krwionośnym i opuszczających wraz z niemi nerkę; z drugiej zaś strony szczeliny łączą się z siecią naczyń limfatycznych, które przebijają torebkę białawą *(tunica albuginea)* (Ludwig i Zawarykin, Budge).

Unerwienie nerek jest nader obfite. Nerwy wnikają do nerek wraz z naczyniami, oplatają kanaliki moczowe i przechodzą w cienkie różańcowate włókienka, kończące się w postaci guziczków na komórkach kanalików moczowych (Retzius, Berkley, Smirnow). Azoulay i Evant opisali nerwy, drążące wraz z naczyniem doprowadzającem *(vas afferens)* do ciałka Malpighiego i kończące się na komórkach nabłonkowych torebki Bowmana.

2. Drogi wyprowadzające mocz.

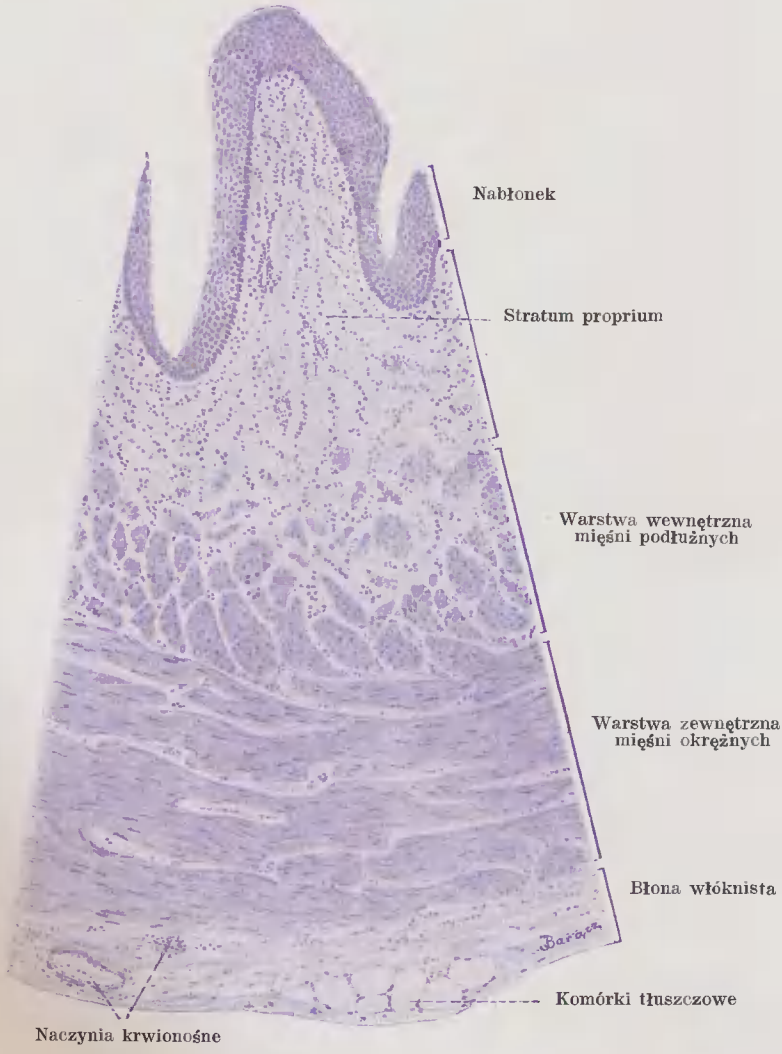
a) Kielichy nerkowe, miedniczki nerkowe, moczowody i pęcherz moczowy.

Najpierw opiszemy tę pierwszą grupę dróg, mocz wydalających. Grupa ta składa się z następujących części: z *kielichów nerkowych*, które, otaczając brodawki nerkowe, łączą się ze sobą w *miedniczkę nerkową;* miedniczka ta zaś, zwężając się stopniowo, przechodzi w *moczowody*, którymi mocz odpływa do *pęcherza moczowego*, stanowiącego ogólny zbiornik. Ponieważ wszystkie wymienione części wykazują pewną zgodność w swej budowie, przeto będziemy rozpatrywali je łącznie.

W drogach moczowych wydalających odróżniamy:

1. błonę śluzową, składającą się z nabłonka i warstwy właściwej, 2. błonę podśluzową, 3. błonę mięsną i 4. błonę włóknistą.

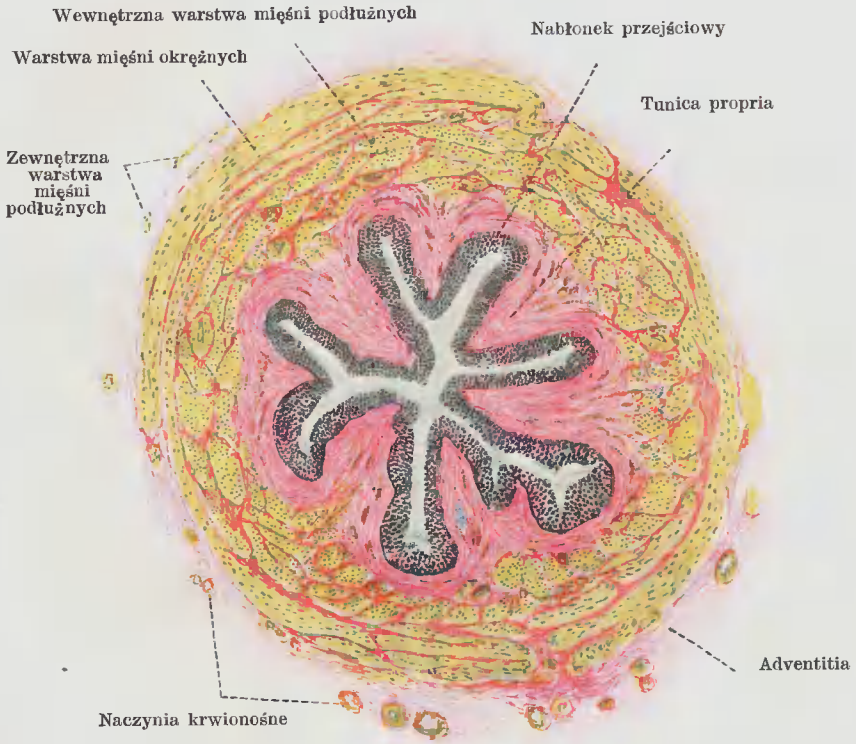
1. *Nabłonek*, leżący na powierzchni błony śluzowej dróg wydalających mocz, jest tak zw. nabłonkiem przejściowym, t. j. nabłonkiem wielowarstwowym, którego warstwy najgłębsze składają się z komórek sześciennych, warstwy środkowe z najróżnorodniejszych: walcowatych, sześciennych, maczugowatych i wielobocznych, warstwy wreszcie najbardziej wierzchnie ze spłaszczonych, często wielojądrowych komórek pokrywających (ryc. 236, 237, 238), które ze względu na odrębny kształt, oznaczamy mianem komórek baldaszkowatych. Grubość nabłonka waha się w rozległych granicach i wynosi przeciętnie 60—70 μ. Wolna powierzchnia brodawek nerkowych, jako dalszy ciąg nabłonka przewodów brodawkowych *(ductus papillares)*, pokryta jest jednowarstwowym nabłonkiem brukowym, który zmienia się w nabłonek przejściowy tam, gdzie zaczynają się kielichy ner-



Ryc. 236.

Część przekroju poprzecznego przez moczowód psa.

Pow. ok. 110 razy.

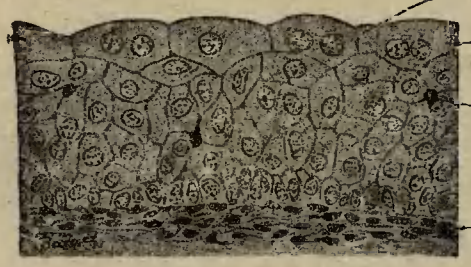


Ryc. 237. Przekrój poprzeczny skurczonego moczowodu skazańca 20-letniego. Płyn Zenkera, Hematoksylina-Van Gieson-Benda.

Słabe powiększenie.

kowe. Pomiędzy komórkami nabłonkowemi miedniczki nerkowej znajdują się prócz tego twory wrzecionowate, drążące przez całą grubość nabłonka aż pod komórki pokrywające. Są to pasma tkanki łącznej, wychodzące ku górze z warstwy właściwej śluzowej, a złożone z włókienek i fibroblastów (Disse). Wraz z temi komórkami tkanki łącznej drążą do nabłonka również włosowate naczyńka krwionośne, wskutek czego mamy tu do czynienia z niezmiernie rzadkim przypadkiem *nabłonka unaczynionego*. Moczowody, oraz pęcherz moczowy wykazują stosunki zupełnie podobne.

Warstwa właściwa (tunica propria) błony śluzowej dróg, wydalających mocz, składa się z tkanki łącznej włóknistej z dość licznemi włóknami sprężystemi (ryc. 236, 237). Pomiędzy nią a nabłonkiem brak błony podstawowej. W miedniczce nerkowej błona śluzowa



Ryc. 238.
Część przekroju pionowego błony śluzowej pęcherza moczowego małpy.
Pow. ok. 300 razy.

jest gładka, natomiast w moczowodzie (w stanie próżnym) układa się w liczne fałdy podłużne; w skurczonym zaś pęcherzu błona śluzowa tworzy system fałdów, połączonych ze sobą nakształt sieci. Tylko w trójkącie pęcherzowym *(trigonum vesicae)* brak fałdów.

Istnienie gruczołów w drogach wyprowadzających mocz, jest sprawą dotąd sporną. Zgodnie z ostatniemi badaniami (Brunn, Disselhorst, Aschoff, Disse) można uważać miedniczki nerkowe oraz moczowody za narządy, zupełnie pozbawione gruczołów. W przeważnej części pęcherza brak ich również, o ile nie zechcemy oznaczać mianem gruczołów zwykłych zagłębień błony śluzowej. Natomiast w pobliżu wewnętrznego ujścia cewki moczowej *(orificium urethrae internum)* znajdujemy nierzadko gruczoły cewkowe rozgałęzione, które można uważać za „przemieszczone gruczoły cewki moczowej."

2. Warstwa właściwa błony śluzowej przechodzi bez wyraźnej granicy w *błonę podśluzową*. Błona ta w miedniczce nerkowej roz-

winięta jest bardzo słabo, cokolwiek silniej w moczowodzie, najsilniej zaś w pęcherzu moczowym. Składa się ona z tkanki łącznej włóknistej, zmieszanej z włóknami sprężystemi, w pęcherzu zaś zawiera ponadto komórki mięsne gładkie.

3. *Błona mięsna* występuje we wszystkich częściach dróg moczowych wyprowadzających i składa się wszędzie z gładkich, ułożonych w wiązki, komórek mięsnych. W miedniczkach nerkowych znajdujemy wewnętrzne, podłużnie biegnące mięśnie, oraz zewnętrzne okrężne; mięśnie te jednak nie tworzą nieprzerwanej błony mięsnej, lecz układają się raczej nakształt siatki, w wielu zaś miejscach niema ich wcale. Mięśnie okrężne otaczają w kielichach nerkowych podstawy brodawek. Henle opisał je nawet jako osobny „mięsień okrężny brodawki.“ Dopiero w środkowych odcinkach moczowodu napotykamy ciągłą błonę mięsną. Znajdujemy tam przedewszystkiem potężną warstwę mięśni podłużnych wewnętrznych po niej następuje warstwa środkowa, złożona z komórek przebiegających okrężnie, wreszcie na zewnątrz leży cienka warstwa mięśni podłużnych zewnętrznych (ryc. 236, 237). Przy przejściu moczowodów w pęcherz, mięśnie moczowodów zachowują swą samodzielność w stosunku do mięśni pęcherza; wskutek tego fale skurczu, przebiegające przez moczowód od góry ku dołowi i powodujące przepływanie moczu do pęcherza, nie udzielają się dalej umięśnieniu pęcherzowemu.

Mięśnie pęcherza składają się z mięśni błony podśluzowej i z właściwej warstwy mięsnej, złożonej z ułożonych na wewnątrz mięśni okrężnych, oraz z zewnętrznych mięśni podłużnych. Mięśnie błony podśluzowej są nader słabo rozwinięte w trzonie pęcherza, natomiast w dnie jego występują w postaci potężnego pokładu mięsnego, który, łącząc się z mięśniami wewnętrznego ujścia cewki moczowej *(orificium urethrae internum)*, tworzy zwieracz wewnętrzny pęcherza *(musculus sphincter vesicae internus)*. Mięśnie okrężne układają się w grubą, dość równomierną warstwę, natomiast pokład mięśni podłużnych jest cieńszy i nierównomiernie rozwinięty.

4. *Błona włóknista (adventitia)* leży po zewnętrznej stronie błony mięsnej i składa się z tkanki łącznej luźnej. Zauważyć w niej można przebiegające grubsze gałązki nerwowe i naczyniowe.

Naczynia krwionośne miedniczek nerkowych tworzą 3 warstwy tak, że pnie grubsze leżą najbardziej obwodowo, naczynia zaś włosowate znajdują się bezpośrednio pod nabłonkiem (Disse). Jak zaznaczyliśmy wyżej, naczynia te wchodzą wraz z tkanką łączną do samego nabłonka. Zupełnie podobne stosunki spotykamy w moczowodach, z tą jednak różnicą, że znajdujemy tu dwie sieci naczyń włosowatych: jedna leży pod nabłonkiem i wewnątrz niego, druga zaś

wewnątrz błony mięsnej. Ściana pęcherza moczowego posiada również dwie takie sieci naczyń włosowatych.

Naczynia limfatyczne moczowodu występują zarówno w warstwie właściwej błony śluzowej, jak i w błonie mięsnej (W. Krause); w pęcherzu zaś mają one występować jedynie w błonie mięsnej (Gerota, Disse).

Nerwy moczowodu tworzą przedewszystkiem w błonie włóknistej splot podstawowy o dużych oczkach (Engelmann); od tego splotu odchodzą włókna ku mięśniom i nabłonkowi. Prócz tego wewnątrz warstwy mięsne mają się znajdować komórki współczulne (Maier, Protopow, Disse).

Zdaniem Michajłowa *unerwienie pęcherza* przedstawia się w sposób następujący: Nerwy mózgowordzeniowe (posiadające osłonkę rdzenną), oraz nerwy współczulne (bez osłonki) tworzą w ścianie pęcherza sploty, z których jedna część rozchodzi się wśród błony włóknistej, druga zaś w błonie mięsnej pęcherza. Niektóre włókna nerwowe błony mięsnej kończą się na komórkach mięsnych gładkich, inne zaś drążą głębiej do błony podśluzowej i śluzowej, gdzie ponownie tworzą sploty. We wszystkich warstwach ściany pęcherza (w błonie włóknistej, mięsnej i śluzowej) znajdują się tu i ówdzie komórki zwojowe współczulne bądź pojedyńczo, bądź też w większych lub mniejszych skupieniach. W warstwie właściwej błony śluzowej nerwy posiadają zakończenia otorbione lub też nieotorbione. Wśród zakończeń otorbionych odróżniamy: zmienione ciałka Vater-Paciniego, ciałka o zakończeniach płytkowych, oraz otorbione kłębki nerwowe; z nieotorbionych zaś: zakończenia drzewkowate, nieotorbione kłębki nerwowe, oraz sieci nerwowe końcowe. W wastwie nabłonkowej błony śluzowej pęcherza nerwy kończą się wolno między komórkami nabłonkowemi, w postaci obficie rozgałęzionych drzewek, których końcowe gałązki wykazują różnorodne zgrubienia.

b) Cewka moczowa.

Cewka moczowa męska.

Cewka moczowa męska składa się z tych samych warstw, co i pozostałe części dróg moczowych wyprowadzających.

Nabłonek w poszczególnych odcinkach cewki moczowej wykazuje odrębne cechy. Nabłonek pęcherzowy przechodzi na cewkę moczową tak, że jej część sterczowa *(pars prostatica)* wysłana jest takim samym wielowarstwowym nabłonkiem, jaki już poznaliśmy w pęcherzu, jako nabłonek przejściowy. Przy przejściu części sterczowej w część błoniastą *(pars membranacea)*, w miejsce tego nabłonka występuje nabłonek walcowaty, opisywany bądź jako wielorzędowy,

bądź też jako wielowarstwowy. Znajdujemy tutaj wierzchnią warstwę długich komórek walcowatych, wyścielających pojedyńczym szeregiem światło cewki, u podstawy zaś przyłącza się do tych komórek jedna, czasem nawet kilka warstw komórek sześciennych, mniej lub bardziej wydłużonych. Wierzchnie komórki walcowate albo dosięgają dolnej granicy nabłonka — wtedy mamy nabłonek wielorzędowy, lub też nie dochodzą do niej — w tym przypadku nabłonek jest wielowarstwowy (ryc. 239). Gdzieniegdzie, zwłaszcza w części błoniastej, może brakować zupełnie głębszych warstw komórek — w tym przypadku mamy do czynienia z jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym. Oczywiście, że zachodzą w wyściółce nabłonkowej cewki moczowej pod tym względem znaczne wahania indywidualne. Omawiany nabłonek walcowaty wyściela stale część błoniastą, oraz jamistą cewki moczowej. Ku tyłowi nabłonek ten może powlekać większy lub mniejszy odcinek części sterczowej aż poza wzgórek nasienny *(colliculus seminalis)*; wzgórek sam jednakowoż prawie zawsze powleczony jest nabłonkiem przejściowym. Ku przodowi zaś nabłonek walcowaty dochodzi aż do początku dołu łódkowatego *(fossa navicularis)*, pokrytego jednak w większej swej części, podobnie jak i zewnętrzne ujście cewki moczowej *(orificium externum urethrae)*, nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, który w dalszym ciągu przechodzi w naskórek żołędzi.

Warstwa właściwa błony śluzowej cewki moczowej jest wszędzie dobrze rozwinięta. Składa się ona z tkanki łącznej włóknistej, tworzy wszędzie wysterczające do nabłonka brodawki, które jednakże w tylnych odcinkach cewki są wcale nieliczne i dopiero w dole łódkowatym występują w pokaźniejszej liczbie.

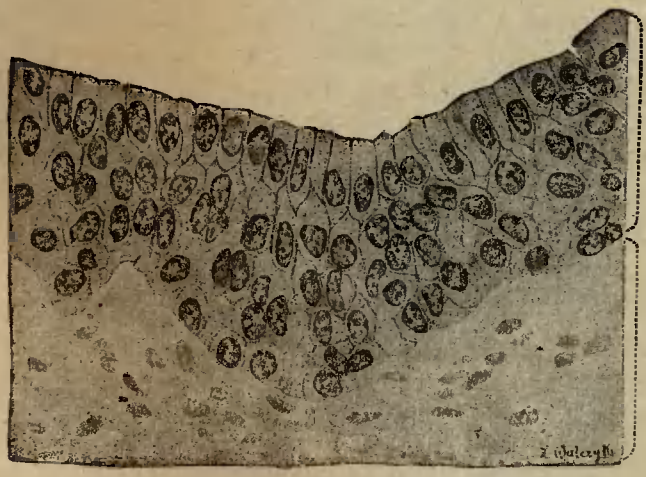
Warstwa właściwa przechodzi niepostrzeżenie w *błonę podśluzową*, zawierającą liczne naczynia krwionośne.

Zarówno w warstwie właściwej, jak i w błonie podśluzowej części jamistej, rzadziej w części błoniastej, znajdują się liczne gruczoły, znane pod nazwą *gruczołów cewki moczowej (glanduale urethrales)* albo *gruczołów* Littrégo. Są to gruczoły cewkowo-pęcherzykowe, które, zdaniem Herzoga i Lichtenberga, podzielić można na podnabłonkowe i podśluzowe. Gruczoły podnabłonkowe składają się z jednego, rzadziej z kilku pęcherzyków, leżących w warstwie właściwej i otwierających się wspólnie do światła cewki moczowej. Są one wysłane walcowatemi komórkami, zawierającemi wiele ziarenek. Jądro leży u podstawy komórki. Natomiast gruczoły podśluzowe drążą aż do tkanki ciała jamistego cewki *(corpus cavernosum urethrae)* i występują dopiero poza ujściem gruczołów opuszkowo-cewkowych *(glandulae* Cowperi). Ich przewody wyprowadzające przebijają błonę śluzową skośnie od tyłu ku przodowi i wy-

słane są jasnemi komórkami walcowatemi. Gruczoły podśluzowe są to rozgałęzione gruczoły cewkowo-pęcherzykowe; ich nabłonek składa się z wybitnie ziarnistych komórek walcowatych, których jądra leżą w pobliżu podstawy.

Płytkie zagłębienia w błonie śluzowej cewki, nie mające nic wspólnego z gruczołami, oznaczamy nazwą *zatok cewki moczowej (lacunae urethrales, lacunae* Morgagni). Są one wysłane nabłonkiem cewki moczowej, a w głębi ich mogą się otwierać wyżej omówione gruczoły.

Błonę mięsną właściwą, złożoną z komórek mięsnych gładkich, znajdujemy tylko w części sterczowej, błoniastej, oraz w tylnym odcinku ($^1/_3$) części jamistej cewki. Składa się ona z wewnętrznych



Ryc. 239

Nabłonek walcowaty wielowarstwowy z części błoniastej cewki moczowej człowieka.

Pow. ok. 540 razy.

mięśni podłużnych oraz z zewnętrznych mięśni okrężnych; pierwsze są w ogólności lepiej rozwinięte aniżeli drugie.

Naczynia krwionośne cewki moczowej są bardzo obfite; rozpatrzymy je w związku z naczyniami prącia.

Nerwy tworzą sploty i kończą się jużto wolno w nabłonku, już też specjalnemi ciałkami końcowemi (patrz zakończenia nerwowe).

Cewka moczowa kobieca.

Stosunki, dotyczące *nabłonka* w cewce moczowej żeńskiej, są o wiele bardziej proste aniżeli w męskiej. I tutaj nabłonek pęcherza przechodzi na odcinek początkowy cewki, lecz ustępuje wkrótce

miejsca nabłonkowi wielowarstwowemu płaskiemu, który tworzy wyściółkę cewki aż do jej zewnętrznego ujścia.

Warstwa właściwa przechodzi tu również bez ostrego odgraniczenia w *błonę podśluzową;* błony te zawierają potężne *sploty żylne* o podłużnych oczkach. Sploty razem wzięte, tworzą t. zw. *ciało gąbczaste (corpus spongiosum).* Warstwa właściwa tworzy wybitne listwy, przebiegające wzdłuż cewki, wskutek czego błona śluzowa wystaje do światła cewki moczowej w postaci fałdów podłużnych.

Również cewka moczowa kobieca zawiera gruczoły w postaci płytkich, kolbkowatych zagłębień w błonie śluzowej. Budowa ich przypomina gruczoły łojowe. Zdaniem R. Virchowa wytwarzają one wydzielinę, podobną do wydzieliny gruczołu krokowego.

Błona mięsna cewki moczowej kobiecej składa się również z dwóch warstw. Wewnętrzną warstwę mięśni podłużnych, których komórki drążą aż pomiędzy żyły ciała gąbczastego, obejmuje zewnętrzna warstwa mięśni okrężnych, prawie równie silnie rozwiniętych. Jeszcze dalej na zewnątrz napotykamy rozsiane pasma włókien mięśni poprzecznie prążkowanych, biegnących okrężnie, a należących do mięśnia głębokiego poprzecznego krocza *(m. transversus perinei profundus).*

V. Układ rozrodczy.

Układ rozrodczy służy do utrzymania gatunku. Zadanie jego polega przedewszystkiem na wytwarzaniu komórkowych elementów płciowych (jaj i plemników), następnie na umożliwieniu połączenia się tych elementów podczas spółkowania i w końcu na tem, że narząd rodny kobiecy służy do celów rozwojowych nowego osobnika.

Ze względu na to, że budowa narządów płciowych jest różna u płci męskiej i żeńskiej, będziemy je rozpatrywali każdy z osobna.

1. Narządy płciowe męskie.

Narządy płciowe męskie składają się:

a) z gruczołu wytwarzającego nasienie czyli *jądra,*

b) z dróg nasiennych t. j. *najądrza, nasieniowodu* wraz z *bańką* i *z przewodu wytryskowego,*

c) z narządu spółkowania t. j. *prącia* i

d) z gruczołów dodatkowych: *pęcherzyków nasiennych, gruczołu krokowego* (sterczu), *gruczołów opuszkowo-cewkowych* oraz z *gruczołów cewki moczowej* (p. str. 284).

a) Jądro.

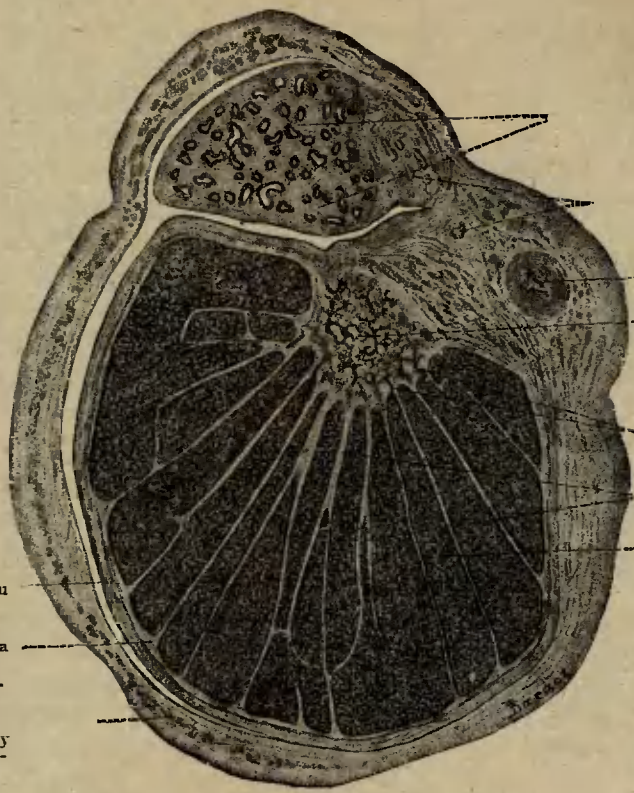
Jądro (testis) w najważniejszej części pochodzi z nabłonka wyścielającego jamę ciała, który to nabłonek na powierzchni przyśrodkowej i bocznej pranercza

przeistacza się w *nabłonek płciowy*. Z tego nabłonka powstaje jądro przez wpuklanie się go, ja każdy gruczoł cewkowy rozgałęziony. Z gruczołem tym łączą się następnie kanaliki, wrastające z pranercza do zawiązku jądra; kanaliki te jednak nie służą do wytwarzania nasienia, lecz mają znaczenie dróg odprowadzających.

Jądro leży pierwotnie wewnątrz jamy brzusznej, lecz począwszy od 3-go miesiąca życia płodowego, zstępuje poprzez miednicę ku dołowi i wkońcu ciąży dostaje się do worka skórnego, zwanego moszną. Moszna otacza oprócz jądra najądrze i początek nasieniowodu. Zewnętrzną powłokę moszny stanowi cienka skóra, obfitująca w gruczoły łojowe i potowe. Od wewnątrz przylega do niej tkanka podskórna, którą w miejscu tem przeplatają komórki mięsne gładkie, silnie rozwinięte. Powłoce tej nadano nazwę *błony kurczliwej moszny (tunica dartos)*. Dalej na wewnątrz znajdujemy cienką, łącznotkankową *powięź dźwigacza jądra (fascia cremasterica)*, zwaną inaczej powięzią Cowpera i *dźwigacz jądra (m. cremaster)*, składający się z mięśni poprzecznie prążkowanych. Następująca po nich *osłona pochwowa wspólna (tunica vaginalis communis)*, wyściela całą moszną w postaci mocnej, obfitującej we włókna sprężyste błony łącznotkankowej; na jej powierzchni wewnętrznej leży warstwa komórek mięsnych gładkich, nazywana też *dźwigaczem moszny wewnętrznym (m. cremaster internus)*. Powłoki, jeszcze bardziej na wewnątrz leżące, nie są niczem innem jak otrzewną, wypukloną przez jądro z jamy brzusznej w obręb moszny. Warstwa ta nazywa się *osłoną pochwową właściwą (tunica vaginalis propria)*. Podobnie jak wszystkie błony surowicze, tworzy ona także tutaj blaszkę *trzewną*, powlekającą jądro, oraz blaszkę *ścienną*, otaczającą jamę pochwową; obie blaszki przechodzą w siebie, jedna w drugą. Idąc od zewnątrz ku wewnątrz, napotykamy oczywiście najpierw ostatnią z tych blaszek t. j. *blaszkę ścienną błony pochwowej właściwej (lamina parietalis tunicae vaginalis propriae)*. Składa się ona z cienkiej warstwy tkanki łącznej pokrytej od wewnątrz jednowarstwowym nabłonkiem płaskim,, którego komórki zawierają niekiedy barwik. *Blaszka trzewna osłony pochwowej właściwej (lamina visceralis tunicae vaginalis propriae)* okazuje budowę zupełnie taką samą; od poprzedniej oddzielona jest wąską szczeliną, jamą pochwową *(cavum vaginale* [ryc. 240]), która stanowi oddzieloną część jamy brzusznej.

Cały narząd otoczony jest torebką grubości około 0,5 mm t. zw. *powłoką białawą (tunica albuginea)*, składającą się ze zbitej tkanki łącznej; jest ona nierozerwalnie spojona z blaszką trzewną błony pochwowej właściwej. Na wewnątrz błona biaława graniczy z warstwą tkanki łącznej luźnej, której, ze względu na obfite unaczynienie, nadano nazwę *błony naczyniowej (tunica vasculosa)*. Przylega ona już bezpośrednio do miąższu jądra. Na tylnej górnej stronie jądra

błona biaława tworzy zgrubienie klinowato wsterczające do wnętrza jądra, zwane *śródjądrzem (mediastinum testis s. corpus* Highmori). Jest to nagromadzenie zbitej tkanki łącznej, od którego rozchodzą się promienisto do wnętrza narządu łącznotkankowe *przegródki jądra (septula testis)*. Przegrody te przenikają promienisto całe jądro aż do błony naczyniowej i dzielą miąższ jądra na poszczególne *zraziki jądra (lobuli testis* [ryc. 240]).

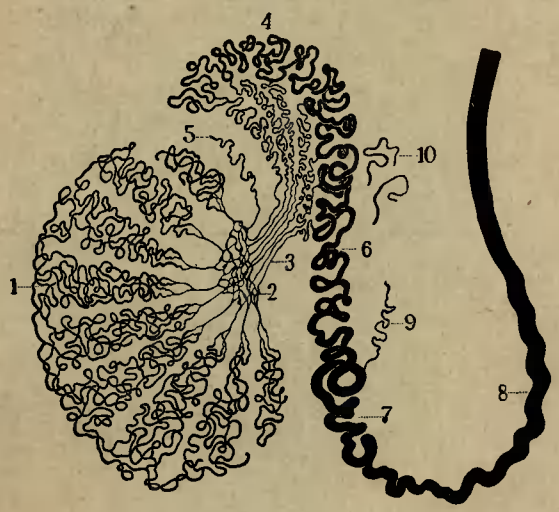


Ryc. 240.
Przekrój poprzeczny przez jądro $2^1/_2$ letniego dziecka.
Pow. 7 razy.

Zraziki jądra, których liczba dosięga 300, mają kształt stożków, zwróconych podstawą na zewnątrz ku błonie białawej, wierzchołkiem zaś ku śródjądrzu. Poszczególny zrazik składa się z *kanalików nasiennych* ([jądrowych] *tubuli seminiferi*). W każdym kanaliku odróżnić można odcinek nasieniotwórczy, oraz odcinek wyprowadzający. Pierwszy leży w części obwodowej zrazika i ze względu na niezliczone skręty, w które się układa, nosi nazwę *kanalika krętego (tubulus contortus)*. Ku środkowi zrazika zbiega się pod ostrym kątem coraz

większa liczba kanalików, które łączą się z sobą i biegną bardzie prosto; kanalik kręty przechodzi w *kanalik prosty (tubulus rectus)*, a tem samem odcinek nasieniotwórczy w odcinek wyprowadzający. Kanaliki proste w dalszym ciągu zlewają się z sobą, a z wierzchołka każdego zrazika wychodzi wreszcie prosty kanalik, który wnika do śródjądrza. Tutaj wszystkie kanaliki łączą się, tworząc *siatkę jądra (rete testis* [ryc. 241 i 242]).

Kanaliki kręte (ryc. 241 i 242) dorosłego, dojrzałego płciowo mężczyzny są to bardzo długie cewki, o grubości od 140—250 μ. Tylko niewielka część tych kanalików kończy się ślepo; przeważnie zaś łączą się one z sąsiednimi w formie pętlic na obwodzie jądra (ryc. 241). Każdy kanalik otoczony jest zewnątrz *błoną właściwą (membrana propria)*, która składa się z wiązek tkanki łącznej, ułożonych blaszkowato i zawierających nader cienkie siateczki włókien sprężystych. Do błony tej od wewnątrz przylega nabłonek wielowarstwowy, w którym odróżniamy dwa rodzaje komórek: 1. *Komórki podstawowe* (Sertoliego) i 2. *Komórki nasienne*. Pierwsze z nich są to komórki walcowate, długie, pozbawione błony, idące przez całą grubość nabłonka. Przylegają one swemi rozszerzonemi podstawami do błony właściwej, do wnętrza zaś kanalika wysyłają wypustki. Umieszczone w równych niemal odstępach, posiadają wielkie, jasne, ubogie w chromatynę, mniej lub bardziej spłaszczone jądra, które na przekroju mają często kształt trójkątny. Prócz tego komórki te zawierają nitkowate mitochondrja, oraz maleńkie krystaloidy, opisane przez Spangaro. Jedynie komórki nasienne wytwarzają wydzielinę jądra t. j. plemniki. Powstają one wskutek przeistaczania się tych komórek. W stanie spoczynku komórki nasienne mają kształt okrągławy i są ułożone w kilka warstw. W stanie zaś czynnym, t. j. w czasie wytwarzania nasienia (sper-



Ryc. 241.

Schemat przebiegu kanalików w jądrze i najądrzu.

1 kanaliki kręte; 2 siatka jądra; 3 przewód odprowadzający jądra; 4, 6 przewód najądrza; 5 i 9 kanaliki zbaczające; 7, 8 nasieniowód; 10 przyjądrze.

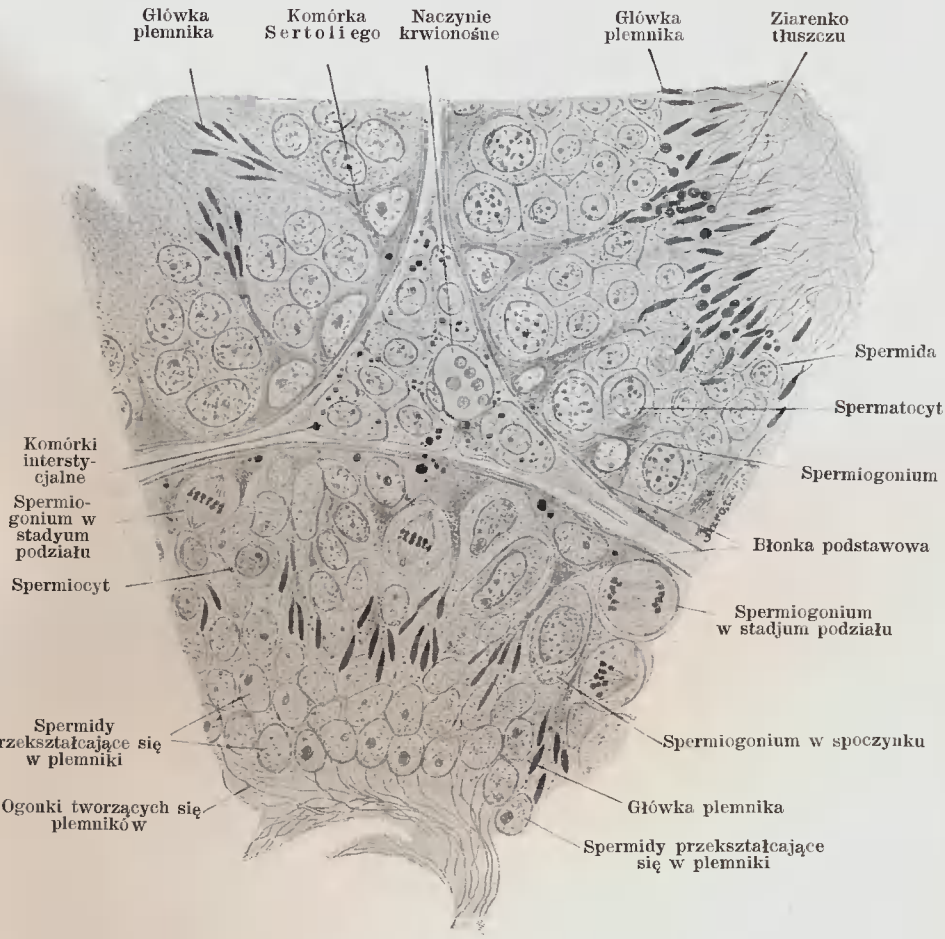
miogeneza), komórki te u dojrzałego płciowo mężczyzny przechodzą przez wielce złożone procesy różnicowania się oraz przeistaczania, którym poświęcimy osobny rozdział.

Kanaliki proste biegną prostolinijnie, są stosunkowo krótkie i mają mniejszą średnicę (od 20 do 25 μ) aniżeli *kanaliki kręte*. Na wewnętrznej powierzchni błony właściwej leży jednowarstwowy nabłonek walcowaty, którego komórki odpowiadają komórkom pod-

Ryc. 242.
Część przekroju poprzecznego jądra człowieka.
Pow. ok, 125 razy.

stawowym (Sertoliego) i tworzą bezpośrednie ich przedłużenie. Przy przejściu w siatkę jądra *(rete testis)*, kanaliki te tracą błonę właściwą i nabłonek ich leży bezpośrednio na tkance łącznej śródjądrza, jako pojedyńcza warstwa niskich komórek sześciennych. Grubość kanalików tych jest niejednakowa.

Pomiędzy kanalikami jądra, wśród zrazików, leży luźna tkanka łączna, przenikająca do zrazików od strony przegródek. W tej śródmiąższowej tkance łącznej, obok zwykłych płaskich komórek łącznotkankowych, występują komórki skupione nakształt gniazd lub smug, zwane komórkami *śródmiąższowemi* (interstycjalnemi [ryc. 242, 243]). Co do pochodzenia ich zdania są różne. Koelliker, Leydig, Waldeyer, Plato, Friedman widzą w nich



Ryc. 243.

Przekrój przez jądro myszy białej.

Pow. ok. 600 razy.

przeistoczone fibroblasty, natomiast Hofmeister, von Michalkovics, Nusbaum uważają je za pochodzące od nabłonka płciowego, Regaud zaś ma je za przeistoczone ciałka białe krwi. Komórki śródmiąższowe występują u człowieka w stosunkowo małej ilości; są to dosyć duże, okrągławe lub wieloboczne komórki o wyraźnych granicach i wielkiem, okrągłem, odśrodkowo umieszczonem jądrze. Niekiedy jedna komórka posiada kilka jąder, gdy tymczasem zwykle na każde jądro przypadają dwa pałeczkowate ciałka środkowe. Protoplazma tych komórek ma budowę siateczkową i zawiera rozmaite twory, jako to: różnej wielkości kropelki tłuszczu, mniejsze lub większe krystaloidy, opisane przez Reinkego a składające się z substancji białkowatej, oraz mitochondrja, występujące w postaci cienkich włókien i ziarenek (v. Winiwarter). Od krystaloidów Reinkego należy dokładnie odróżniać zawarte w nabłonkach jądra krystaloidy Lubarscha, jak również krystaloidy, opisane przez Spangaro w komórkach Sertoliego. W budowie komórki śródmiąższowe wykazują pewne podobieństwo do gruczołowych komórek wydzielniczych. Wielokrotnie przypisywano im znaczenie odżywcze. Plato zauważył przechodzenie kropelek tłuszczu z tych komórek przez błonę właściwą do komórek Sertoliego. Podług tego autora, komórki te wchłaniają i nagromadzają tłuszcz, niezbędny dla dojrzewających plemników, którym go we właściwym czasie oddają. Regaud zaznacza również, że pewne substancje przechodzą z komórek śródmiąższowych do komórek Sertoliego. Natomiast Reinke opisał przechodzenie opisanych przezeń krystaloidów do włosowatych naczyń limfatycznych i przypisuje wyżej wymienionym komórkom wytwarzanie wydzieliny wewnętrznej o doniosłem znaczeniu. Regaud, Policard, Bouin, Tandler, Gross, Steinach i. i. uważają komórki śródmiąższowe za samodzielny gruczoł o wewnętrznem wydzielaniu, których wydzielina (inkret) dostaje się do krwiobiegu i wywiera wpływ wybitny na ukształtowanie się drugorzędnych cech płciowych męskich. Natomiast badania ostatnich lat odpierają to zdanie i powracają do dawnego zapatrywania, iż komórki śródmiąższowe spełniają czynność czysto odżywczą (Stieve, Frankenberger).

Naczynia krwionośne jądra pochodzą od tętnicy nasiennej wewnętrznej *(arteria spermatica interna)*. Rozgałęzienia jej przenikają od śródjądrza *(mediastinum)* do wewnętrznej warstwy błony białawej, stąd zaś, jak również z samego śródjądrza, dochodzą do przegródek, poczem jako naczynia włosowate oplatają kanaliki nasienne splotem o szerokich oczkach. Żyły, które z naczyń włosowatych powstały, mają przebieg analogiczny do tętnic.

Naczynia limfatyczne tworzą również gęste sieci naokoło kanalików, poczem przenikają albo bezpośrednio do śródjądrza, albo też do głębszych warstw powłoki białawej. W pierwszym przypadku zespalają się w liczne pnie, biegnące w powrózku nasiennym, w drugim zaś przebijają powłokę białawą i łączą się w naczynia zbiorowe, które kierują się ku najądrzu.

Nerwy zachowują się podobnie, jak naczynia. W głębszych warstwach powłoki białawej tworzą splot luźny, drążą do przegródek i wychodząc stamtąd oplatają kanaliki nasienne. Sclavunos i Falcone utrzymują, że nerwy dochodzą aż pomiędzy komórki nabłonkowe, natomiast Timofiejew zaprzecza istnieniu podobnych włókien śródnabłonkowych. Cilimbaris wykazał istnienie wielobiegunowych komórek nerwowych pomiędzy kanalikami jądra.

Nasienie.

Wydzielinę jądra stanowią *plemniki*, które, wraz z wydzieliną dróg nasiennych odprowadzających, tworzą *nasienie (sperma)*. Jest to gęsta, ciągnąca się, lepka, biaława lub żółtawa ciecz, zawierająca 96,8‰ ciał stałych; z tych 87,8‰ jest pochodzenia organicznego, 9‰ zaś nieorganicznego. Pierwsze są to przeważnie proteiny (mianowicie głównie nukleoproteidy), oraz mucyna, albuminy i albumozy. Przy powolnem wysychaniu nasienia, tworzą się w niem kryształy, t. zw. *kryształy nasienne* Böttchera, trudno rozpuszczalne w zimnej wodzie i będące prawdopodobnie związkiem *sperminy*, zasady wykrytej przez Schreinera, z kwasem fosforowym.

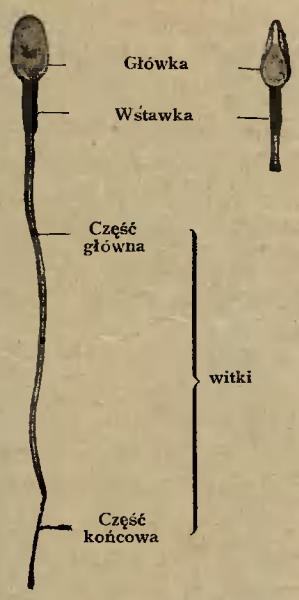
Z elementów uformowanych zawiera nasienie obok niewielkiej ilości leukocytów, kulistych złogów z gruczołu krokowego oraz komórek nabłonkowych, pochodzących z dróg nasiennych odprowadzających, wielką ilość *plemników* czyli *spermatozoidów*, mianowicie w 1 cm^3 ludzkiego nasienia około 60 000. Świeżo wytryśnięte plemniki posiadają żywe, właściwe sobie wężykowate ruchy, przyczem witka każdego z plemników wykonywa ciągły obrót dookoła swej osi podłużnej. Podług Adolphiego plemniki osiągają szybkość 14—23 μ na sekundę i potrzebują około 3 godzin na przebycie drogi od zewnętrznego ujścia macicy do lejka jajowodu. Są one nader odporne na wpływy zewnętrzne (np. niska temperatura) i długo zachowują żywotność. Odczyn kwaśny środowiska zmniejsza ich ruchliwość, natomiast zwiększa ją słabo zasadowy.

Świeżo wytworzone w jądrze plemniki ludzkie posiadają początkowo niewielką ruchliwość. Dopiero po upływie 24—48 godzin osiągają one pełnię dojrzałości i ruchliwości. Jeżeli jednak przez szereg dni nie nastąpił wytrysk nasienia, plemniki tracą ruchliwość i powoli obumierają. Po wytrysku nasienia tworzą się szybko w jądrze nowe

plemniki i wędrują do najądrza. Po wytryskach, szybko po sobie następujących, ciecz nasienna może wkońcu zupełnie nie posiadać plemników (Lode, Broesike).

Plemniki ludzkie są według W. Krausego 52—62 μ długie i składają się z trzech części głównych: z główki, wstawki (pasemka łączącego) i witki czyli ogonka (ryc. 244).

Długość *główki* wynosi 4—5 μ, szerokość zaś 2—3 μ; ma ona kształt tarczy, grubszej i cokolwiek szerszej ku tyłowi, od przodu zaś cieńszej i nieco zwężonej. Odróżniamy w niej część przednią *(pars anterior)*; oraz część tylną *(pars posterior)*; części te są oddzielone linią, słabo ku przodowi uwypukloną. Odcinek przedni zajmuje przednie $^2/_3$, tylny zaś $^1/_3$ główki. Barwiki zasadowe barwią zawsze przedni odcinek nieco słabiej, aniżeli tylny. Wpoprzek główki biegną 3 prążki, które barwienie słabiej lub mocniej uwydatnia; z tych dwa przednie należą do części przedniej, tylny zaś do tylnej (ryc. 245 g i h). U przeważnej części kręgowców główka zakończona jest ostrzem różnokształtnem *(perforatorium*, Waldeyer*)*. W plemnikach ludzkich brak go zupełnie; ostry przedni brzeg główki służy tu jako perforator.



Ryc. 244.
Plemniki ludzkie
(według Retziusa).
Z lewej strony widziany wprost, z prawej z boku. Silne powiększenie (ok. 1200 razy).

Główka składa się z chromatyny i barwi się barwikami zasadowemi. Różnice w zabarwieniu główki Ries objaśnia tem, że główka posiada jedynie powłokę z substancji chromatynowej, która, dzięki ruchowi pełzakowatemu, może się rozciągać i kurczyć.

Wstawka (pasemko łączące) jest niemal tak długa, jak główka, lecz znacznie cieńsza (1 μ). Ma ona postać walca o przekroju owalnym. Przedni jej odcinek, który jednak u człowieka nie różni się od reszty, oznaczamy mianem *szyjki*. Składa się ona z przedniego centriolu, wpuszczonego w tylny koniec główki (przedni guziczek końcowy Mevesa), oraz jednorodnej substancji, łączącej ów centriol z przednią częścią tylnego centriolu, umieszczonego na początku właściwej wstawki (tylny guziczek końcowy Mevesa).

Wstawka zawiera we wnętrzu *niteczkę osiową*, posiadającą budowę włókienkową i ciągnącą się nieprzerwanie od przedniej części

tylnego centriolu, wzdłuż wstawki, aż do witki (ryc. 245, h). W obrębie wstawki niteczka osiowa otoczona jest nader cienką osłonką, osłonką wewnętrzną, którą od zewnątrz obejmuje *niteczka spiralna*. Jest to włókno kurczliwe, poczynające się u przedniej części tylnego centriolu i okrążające niteczkę osiową ścisłemi skrętami wężownicowatemi. Niteczka spiralna przechodzi na tylnym końcu wstawki w przedziurawiony krążek tzw. *tarczkę zamykającą* (Ss), która odpowiada tylnej części tylnego centriolu. Niteczka spiralna leży w jednolitej substancji pośredniej i otoczona jest zewnętrzną osłonką protoplazmatyczną, która powleka również szyjkę, wykazuje zgrubienie w części środkowej i przyczepia się do tylnego końca główki.

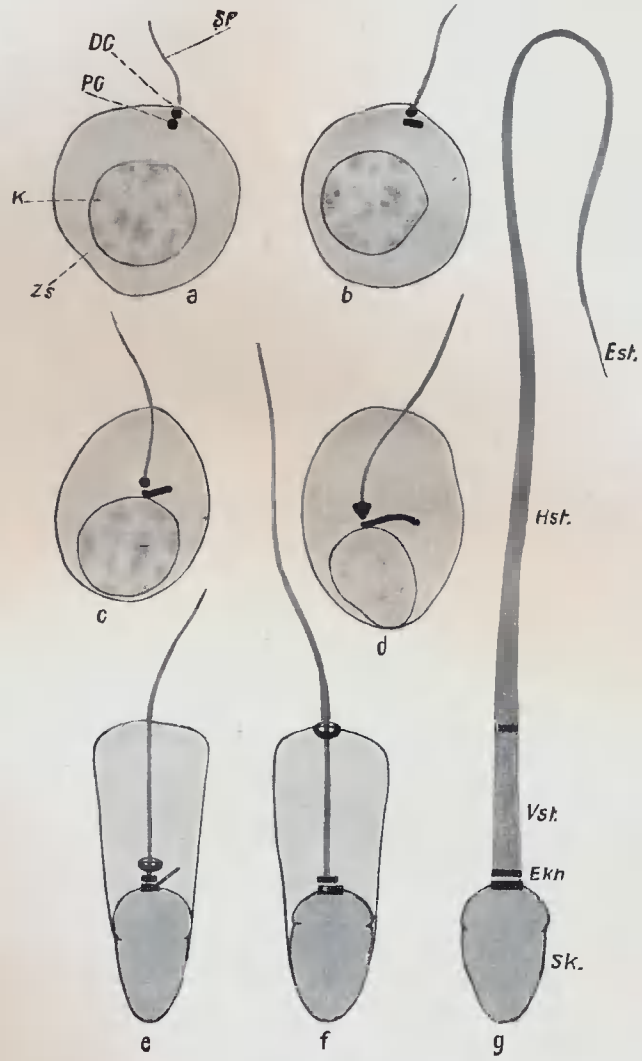
Witka (ogonek) posiada według Krausego długość 41—52 μ, grubość zaś jej wynosi u przedniego końca 1 μ i zmniejsza się stopniowo ku tyłowi. Składa się ona z niteczki osiowej, oraz z powlekającej ją pochewki, która jest zgrubiałem przedłużeniem wewnętrznej osłonki wstawki. Koniec witki nie posiada osłonki i kończy się ostro. Tę właśnie krótką, nieosłoniętą *część końcową (pars terminalis)* autorowie przeciwstawiają reszcie osłoniętej *części głównej (pars principalis)* witki.

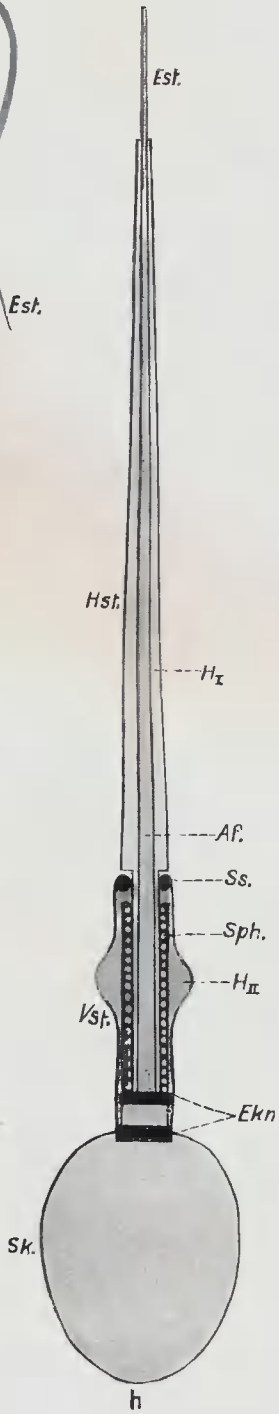
Rozwój plemników (spermiogeneza).

Plemniki wytwarzają się z komórek jądra. Wytwarzanie nasienia u człowieka rozpoczyna się z chwilą dojrzałości płciowej i trwa nieprzerwanie aż do starości, przyczem nie wszystkie odcinki kanalika krętego jądra znajdują się jednocześnie w jednakowem stadjum wytwarzania nasienia. Podobnież rzecz ma się u zwierząt domowych; u zwierząt dzikich natomiast wytwarzanie nasienia odbywa się jedynie w porze określonej (podczas ruji). Pomiędzy dwoma okresami ruji występuje stale okres spoczynku. Podczas ruji wszystkie części kanalików krętych jądra wykazują to samo stadjum rozwoju plemników.

Przed okresem pokwitania odróżniamy w kanalikach nasiennych dwa rodzaje komórek: opisane wyżej komórki Sertoliego czyli *podstawowe*, oraz ułożone pomiędzy niemi w kilku warstwach *prakomórki plemnikowe (komórki nasienne pierwotne)*.

Prakomórki plemnikowe (ryc. 243) są to dość wielkie, mniej lub bardziej kuliste, albo też, wskutek wzajemnego ucisku, spłaszczone komórki, których protoplazma zawiera nierównomiernie rozsiane mitochondrja. Okrągłe jądro posiada wyraźne jąderko, oraz subtelnie rozdzieloną chromatynę. Obok jądra leżą dwa ciałka środkowe, otoczone tworem znacznej nieraz objętości, składającem się z 2 części: z właściwego *idiosomu* (Meves) i z otaczającego go wewnętrznego aparatu siateczkowego Golgiego.





Ryc. 245.

a—g = siedem stadyów przeistaczania się spermidy człowieka w plemnik (g), przedstawione nawpół schematycznie; h = schemat budowy dojrzalego plemnika.

Objaśnienia rysunków a—f:

Zs = Plazma komórkowa; K = Jądro; PC = Ciałko środkowe proksymalne; DC = Ciałko środkowe dystalne; Sf = Witka ogonowa.

Objaśnienia rysunków g—h:

Sk = Główka plemnika; Ekn = Guziczki końcowe; Vst = Pasemko łączące; Hst = Odcinek główny: Est = Odcinek końcowy; Af = Nitka (osiowa; H_I = Osłonka wewnętrzna; H_{II} = Osłonka zewnętrzna; Sph = Osłanka spiralna; Ss = Krążek końcowy.

Tablicę tę zawdzięczam uprzejmości Pana Prof. Dr. Mevesa.)

Z tych więc prakomórek plemnikowych tworzą się z chwilą dojrzałości płciowej plemniki i to w ten sposób, że, wskutek procesów mitotycznych, powstają z nich najpierw cokolwiek mniejsze komórki, t. zw. *spermiogonia*, ułożone w jednej warstwie pomiędzy komórkami Sertoliego i przylegające do błony właściwej. Rozmnażają się one szybko, tworząc ustawicznie nowe osobniki tego samego rodzaju.

Kiedy *okres rozmnażania* dosięgnie kresu, następuje *okres wzrostu*. Spermiogonia rosną, odsuwają się od błony właściwej do drugiego szeregu komórek i od tej chwili nazywają się *spermiocytami* (komórkami plemnikotwórczemi) *I rzędu*.

W tym czasie rozpoczynają się w jądrze tych komórek zmiany mitotyczne. Spermiocyty I rzędu wstępują w *okres podziałów* (podziały dojrzewania), które odbywają dwukrotnie (jest to t. zw. okres dojrzewania). Proces dojrzewania jest opisany bardziej szczegółowo w rozdziale: proces zapłodnienia na str. 343). Wskutek pierwszego podziału spermiocyty I rzędu dają *spermiocyty II rzędu*, które po drugim podziale tworzą *spermidy*. Między temi dwoma okresami dzielenia się istnieje krótki stan spoczynku (v. Ebner, Meves, Lenhossék, Moore, Rawitz).

Podczas pierwszego podziału dojrzewania substancja jądrowa komórki macierzystej zostaje przepołowiona w zwykły sposób; w drugim zaś podziale (t. zw. redukcyjnym) chromosomy rozstępują się na dwie jednakowe grupy, przyczem jednak poszczególne chromosomy nie ulegają rozszczepieniu się podłużnemu. Charakterystyczną więc cechą tego podziału jest brak przyrostu substancji jądrowej i podwojenia się ilości chromosomów. Tym sposobem, pod koniec procesu dojrzewania, ilość substancji chromatynowej oraz liczba chromosomów w komórce pochodnej wynosi połowę w stosunku do komórki macierzystej, czyli jest do połowy zredukowana. Dzięki temu, spermidy, które powstały wskutek podziału redukcyjnego, zawierają tylko połowę tej ilości chromosomów, jaka jest typowa dla każdej komórki ciała czyli komórki somatycznej danego zwierzęcia.

Spermidy są to niewielkie komórki, wyścielające kilku warstwami światło kanalika jądrowego; składają się z jądra, ciałka środkowego wraz z idiosomem (sfera z aparatem siateczkowym) oraz z cytoplazmy z mitochondrjami. Spermidy przeistaczają się stopniowo w plemniki. Z chromatyny jądra powstaje główka, z centrosomu szyjka oraz wstawka, cytoplazma zamienia się na niteczkę osiową i osłonki, wreszcie mitochondrja na włókno spiralne. Idiosom, od którego w okresie tym oddziela się wewnętrzny aparat siateczkowy, jako twór osobny, przesuwa się ku wierzchołkowi główki plemnika i tworzy tam ostrze *(perforatorium)*; aparat siateczkowy natomiast ma leżeć w osłonce plasmatycznej wstawki w kształcie niteczek i zia-

renek (Weigl) albo zdaniem pewnych badaczy pozostaje w tej części protoplazmy, która później odpada.

Zanim przejdziemy do bardziej szczegółowej analizy tego procesu, musimy wspomnieć o właściwej roli, jaką niektórzy przypisują komórkom Sertoliego w okresie przeistaczania się spermid w plemniki. Mianowicie komórki te wydłużają się zwolna, wysyłając w kierunku światła kanalika wypustki płatkowate, pomiędzy któremi układają się kiście spermid. W tych zagłębieniach protoplazmy komórek podstawowych spermida przechodzi wszystkie dalsze przemiany i dostaje się do światła kanału dopiero wtedy, gdy jest plemnikiem prawie zupełnie wykształconym. Tę *kopulację* (Benda) spermid z komórkami Sertoliego można uważać za proces, który ułatwia doprowadzanie substancji odżywczych do rozwijającego się plemnika (ryc. 243).

W dalszem przedstawieniu przekształcania się spermid oprzemy się na znakomitych badaniach Mevesa, przyczem jednak zaznaczamy, że poglądy rozmaitych autorów wykazują liczne i to dość poważne różnice w stosunku do poglądów tu podanych. Jeżeli najpierw zajmiemy się jądrem, ryciny tablicy LIII pokażą nam, w jaki sposób zrąb chromatynowy jądra spermidy coraz bardziej się zagęszcza, tak że wkońcu główka plemnika przedstawia twór niemal że jednolity. Jądro przytem zmienia początkowe położenie środkowe na coraz to bardziej obwodowe i, stopniowo się wydłużając, przybiera wreszcie ostateczny kształt główki plemnika.

Już we wcześniejszym okresie przeistaczania się posiadają spermidy po dwa ciałka środkowe, umieszczone tuż pod powierzchnią ich ciała komórkowego. Jedno z nich — ciałko środkowe bliższe obwodu (dystalne) — leży tuż pod powierzchnią komórki — drugie zaś, bliższe centrum komórki (proksymalne), cokolwiek bliżej jądra. Z ciałka dystalnego wyrasta cienkie włókienko, które przybierając na długości, przebija warstwę powierzchniową komórki i tworzy pierwszy zawiązek witki.

W chwili, w której ciałko proksymalne przybiera kształt pałeczki, oba ciałka poczynają wędrować w kierunku jądra. Ciałko proksymalne układa się tuż obok jądra i zespala się z niem ściśle; ciałko zaś obwodowe (dystalne), które podczas swej wędrówki stale jest połączone z silnie rosnącą witką, przybiera zrazu kształt stożka, następnie zaś dzieli się na dwie części: bliższy środka (proksymalny) guziczek, oraz dalszy (dystalny) pierścień. Oddalają się one od siebie w ten sposób, że pierścień, okalający witkę, przesuwa się na obwód komórki i tam wytwarza „tarczkę zamykającą" wstawki. Niteczka spiralna, otaczająca włókienko osiowe w obrębie wstawki, wytwarza się, jak to wykazał v. Brunn, skutkiem tego, że błyszczące ziarenka

cytoplazmy, które są identyczne z mitochondrjami, odkrytemi przez Bendę, układają się jedno za drugiem.

Osłonka, otaczająca włókienko osiowe w części głównej witki oraz we wstawce (warstewką o wiele cieńszą) jest prawdopodobnie wytworem, wydzielonym przez włókienko osiowe.

W ten sposób plemnik otrzymuje wszystkie części składowe komórki, jest więc komórką samoistną, zmienioną jedynie pod względem kształtu.

Z chromatyny jądra powstaje główka plemnika, wstawka posiada ciałka środkowe, cytoplazma tworzy włókienko osiowe oraz osłonki, wreszcie mitochondrja osłonkę spiralną.

W ustroju ludzkim, jak również u zwierząt domowych, nasienie wytwarza się nieprzerwanie, od początku okresu pokwitania. W *układzie* komórek, znajdujących się wewnątrz kanalików nasiennych w różnych okresach spermiogenezy, zauważyć można pewną prawidłowość. U licznych rodzajów zwierząt wykazano, że „posobne w czasie stadja rozwojowe komórek nasiennych występują oboksiebnie (jedne obok drugich) wzdłuż przebiegu kanalika nasiennego" (v. Ebner). Zjawisko spermiogenezy, składające się z szeregu stadjów rozwojowych, obejmuje, nakształt fali, całą rozciągłość kanalika nasiennego; fala taka powraca w pewnych odstępach (v. Ebner).

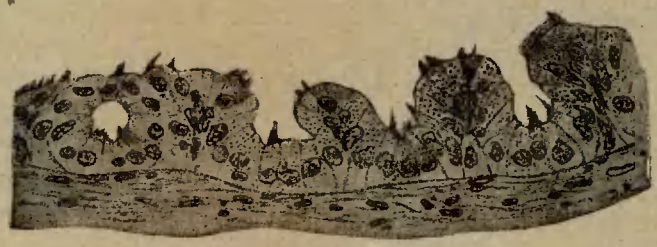
Natomiast u zwierząt dzikich wytwarzanie nasienia ograniczone jest do pewnych okresów, t. zw. okresów ruji, podczas których wszystkie części kanalików krętych wykazują jednakowe stadja rozwojowe plemników. W międzyczasie (okres spoczynku) nasienie się nie wytwarza, kanaliki zaś nasienne wykazują jedynie spermiogonia i komórki Sertoliego.

b) Drogi nasienne odprowadzające.

Z siatki jądra *(rete testis)* biorą początek *przewody odprowadzające jądra (ductuli efferentes testis* [ryc. 241]), których liczba wynosi 9—15. Po krótkim, prostym przebiegu układają się one w coraz silniejsze skręty, tworząc odpowiednią ilość (9—15) małych piramid, pooddzielanych łącznotkankowemi przegrodami. Mocna, również łącznotkankowa błona biaława łączy wszystkie te piramidy w *głowę najądrza.* Każdy z przewodów odprowadzających tworzy wraz ze swemi licznemi skrętami *zrazik najądrza (lobulus epididymidis),* czyli *stożek unaczyniony Hallera (conus vascolosus* Halleri). Przewód, wychodzący z najwyżej położonego zrazika, zwraca się ku dołowi, przyjmuje w siebie po kolei wszystkie inne przewody i przechodzi w *przewód najądrza (ductus epididymidis).* Wzdłuż tylnej powierzchni jądra przebiega on ku dołowi i tworzy liczne zwoje, stanowiąc *trzon i ogon najądrza.*

Przewód najądrza przechodzi następnie w *nasieniowód (ductus deferens)*, który od najądrza zwraca się wprost ku górze i łącząc się na tylnej powierzchni jądra z naczyniami i nerwami w *powrózek nasienny (funiculus spermaticus)*, skierowywa się w górę i wchodzi do miednicy przez kanał pachwinowy. Na dnie pęcherza tworzy on wrzecionowate rozszerzenie, zwane *bańką nasieniowodu (ampulla*

Ryc. 246.
Przekrój poprzeczny przez przewody odprowadzające jądra człowieka. W środku kanalików widoczne są plemniki.
Pow. ok. 100 razy.

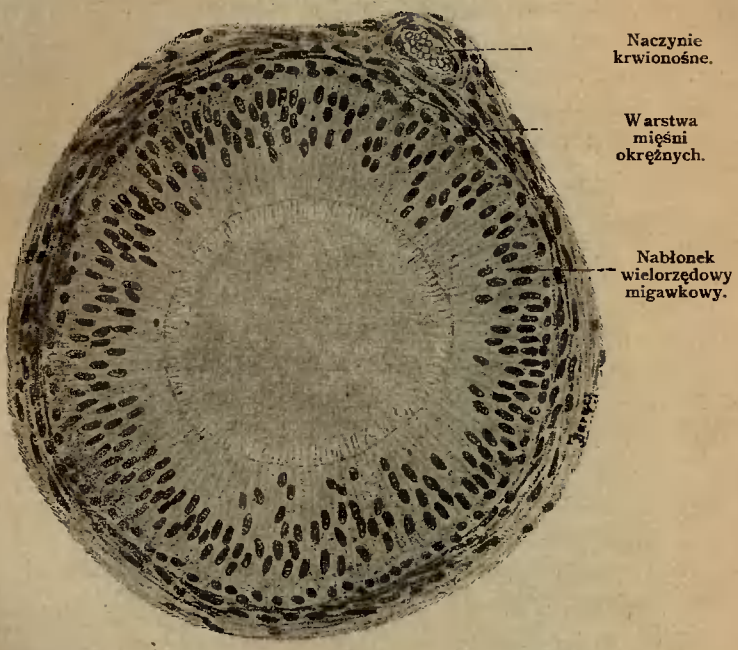


Ryc. 247.
Część przekroju przez przewód odprowadzający jądra.
Pow. ok. 360 razy.

ductus deferentis), z której następnie wychodzi jako *przewód wytryskowy (ductus eiaculatorius)*. Do tego przewodu uchodzi *pęcherzyk nasienny (vesicula seminalis)*. Przewód wytryskowy, przeniknąwszy przez gruczoł krokowy, otwiera się wreszcie na *wzgórku nasiennym (colliculus seminalis)* do cewki moczowej.

Nabłonek, wyścielający *przewody odprowadzające (ductuli efferentes* [ryc. 246 i 247]), posiada liczne zagłębienia, które jednak nie wypuklają nazewnątrz błony właściwej. Na dnie tych dołków na-

błonek jest sześcienny, natomiast między nimi mniej lub bardziej walcowaty i opatrzony pęczkami migawek; wykazuje on żywo odbywające się procesy wydzielnicze (Hermann, Hammar, Henry). Henry odróżnia 3 rodzaje komórek, które prawdopodobnie mogą przechodzić jedna w drugą: komórki walcowate z migawkami, komórki ziarniste i wreszcie komórki walcowate bez migawek. Komórki pierwszego rodzaju posiadają pod oskórkiem opatrzonym migawkami, rząd ciałek podstawowych, a protoplazma ich zawiera kulki tłuszczu, oraz ziarenka brunatnego lub żółtego



Ryc. 248.
Przekrój poprzeczny przez przewód najądrza człowieka.
Pow. ok. 300 razy.

barwika. Migawki poruszają się w kierunku przewodu najądrza i ułatwiają posuwanie się w tem miejscu jeszcze nieruchomych plemników. W górnej połowie wielu komórek, powyżej jądra, znajdujemy ziarenka natury wydzielniczej, które dostają się do światła przewodu wtedy, gdy komórka traci oskórek wraz z migawkami. Zdaniem Henryego komórki te są później zdolne do regeneracji aparatu migawkowego.

W *przewodzie najądrza* znajduje się dwurzędowy nabłonek migawkowy. Z każdej komórki wystaje pęczek długich migawek. Pomiędzy podstawowemi końcami komórek walcowatych leżą stożkowate komórki zastępcze, których ostry koniec górny nie dosięga

(Petersen) i zależnie od stanu swojej czynności zmieniają wygląd. Zawierają one prócz ziarenek tłuszczu i barwika ziarenka wydzielnicze, po części zasadochłonne (Limon), po części zaś kwasochłonne (Petersen), które wydalają do światła. Komórki podstawowe nagromadzają często tłuszcz, który może niekiedy wypełniać, w kształcie dużej kuli, całe wnętrze komórki (Limon).

Budowa *przewodu wytryskowego (ductus eiaculatorius)* jest zasadniczo zgodna z budową nasieniowodu.

Należy tu jeszcze wspomnieć o pewnych tworach, będących pozostałościami organów życia płodowego. Są to:

Przyjądrze (paradidymis) czyli *narząd* Giraldésa, składający się z kilku kanalików krętych, zakończonych ślepo na obu końcach i wysłanych jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym migawkowym; kanaliki te leżą pomiędzy naczyniami powrózka nasiennego, w pobliżu głowy najądrza.

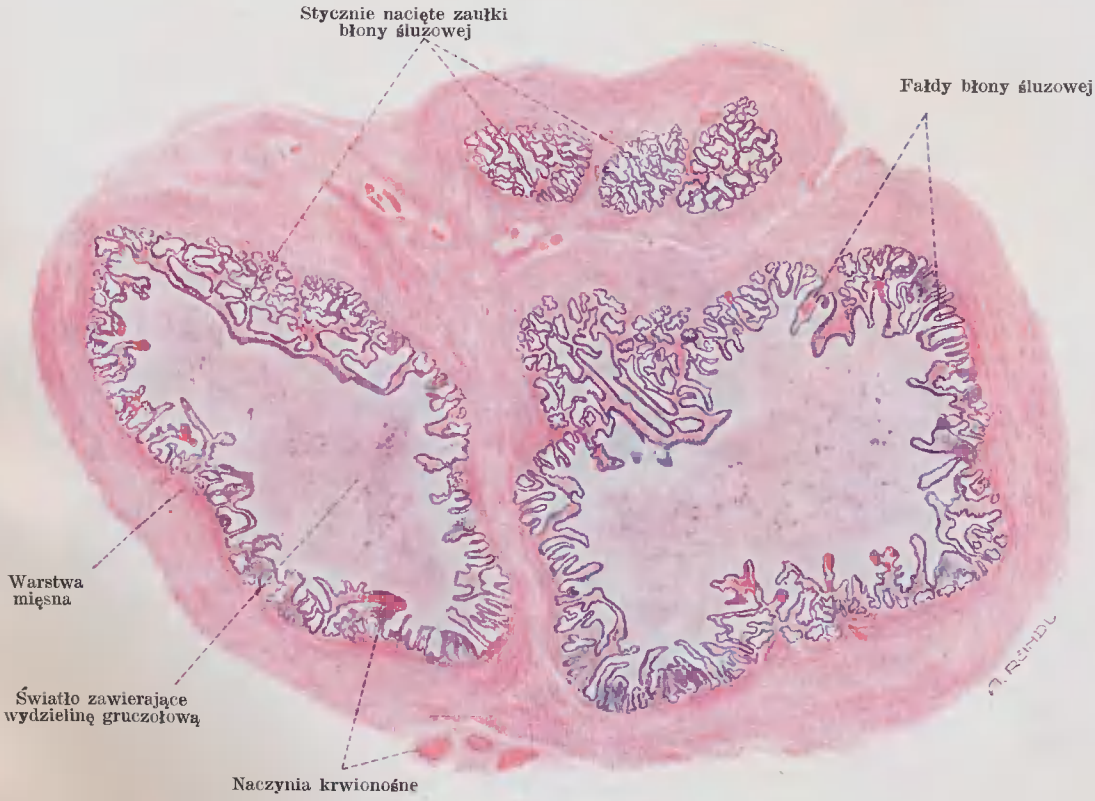
Kanaliki zbaczające (ductuli aberrantes) spotykamy w jądrze oraz w najądrzu w postaci trzech ślepo zakończonych przewodów, wysłanych walcowatym nabłonkiem migawkowym. Jeden z nich wychodzi z siatki jądra, drugi z głowy najądrza, trzeci wreszcie — z przewodu najądrza.

Przydatek jądra czyli przydatek nieuszypułowany Morgagniego *(appendix testis)* występuje jako twarde ciałko, osadzone na przedniej części najądrza. Składa się ono z mocno unaczynionej tkanki łącznej pokrytej nabłonkiem migawkowym. Czasem zawiera jamę, wysłaną również nabłonkiem migawkowym. Z ciałka tego wychodzi krótka, wewnątrz pusta szypułka, wysłana nabłonkiem walcowatym.

Przydatek najądrza czyli przydatek uszypułowany *(appendix epididymidis)*, niezawsze występujący u człowieka, ma kształt małego pęcherzyka, wysłanego nabłonkiem brukowym; od pęcherzyka tego prowadzi do głowy najądrza długa szypułka. Jest to prawdopodobnie szczątek pranercza, gdy tymczasem przydatek jądra przedstawia pozostałość przewodu Müllera.

c) Prącie.

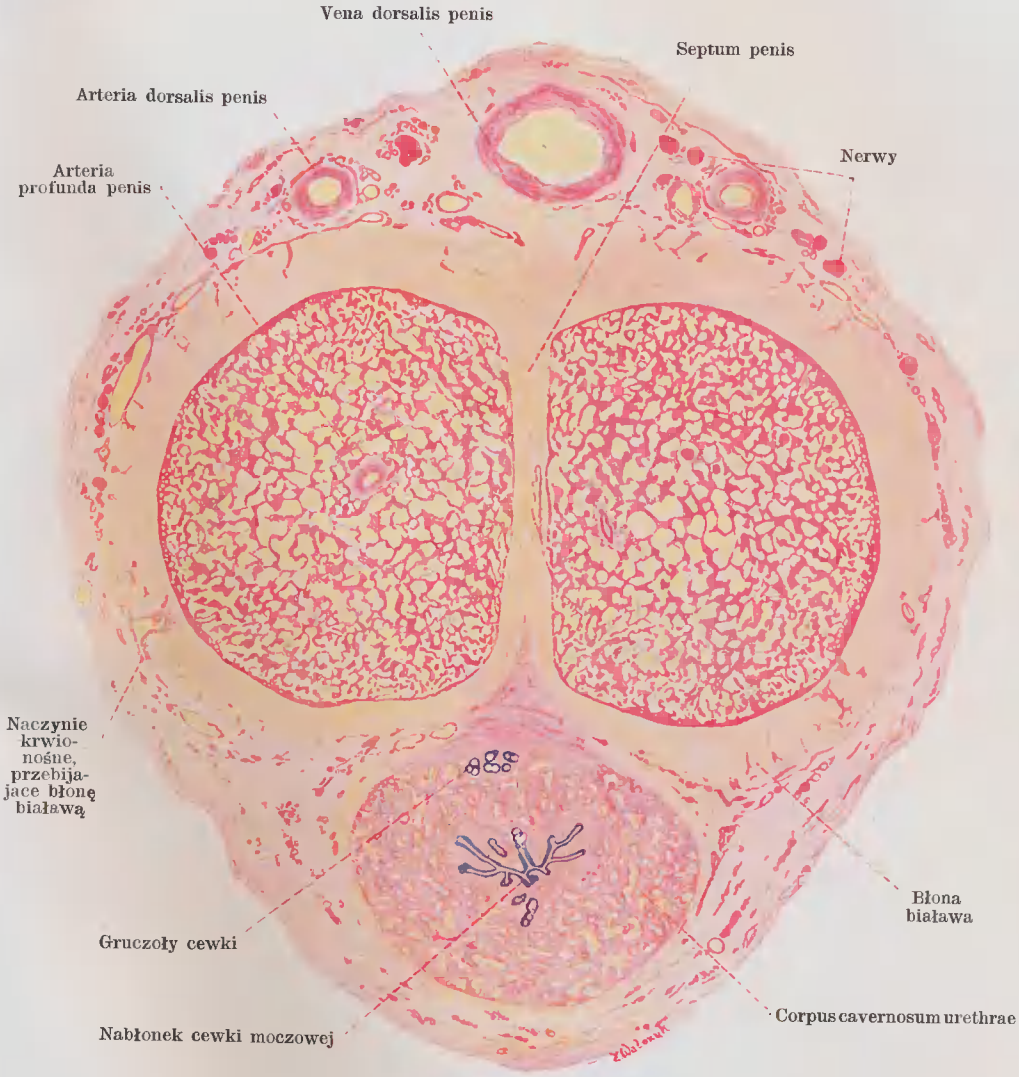
Męski narząd spółkowania, *prącie (penis)*, jest to długi twór walcowaty, pokryty z zewnątrz skórą; część jego istotną stanowią *trzy ciała jamiste (corpora cavernosa* [ryc. 251 i 252]). Oba *ciała jamiste prącia (corpora carvernosa penis)* umieszczone są po stronie grzbietowej i przebiegają symetrycznie do linji środkowej. Zaczynają się one poniżej dolnego ramienia kości łonowej *(ramus inferior ossis pubis)*, a kończą w przednim odcinku prącia. Końce zarówno części początkowej, jak i końcowej, są śpiczaste. *Ciało jamiste cewki moczowej*



Ryc. 250.

Przekrój poprzeczny przez pęcherzyk nasienny człowieka. Przewód trafiony dwukrotnie. Na górze widać stycznie nacięty zakręt.

Pow. ok 20 razy.

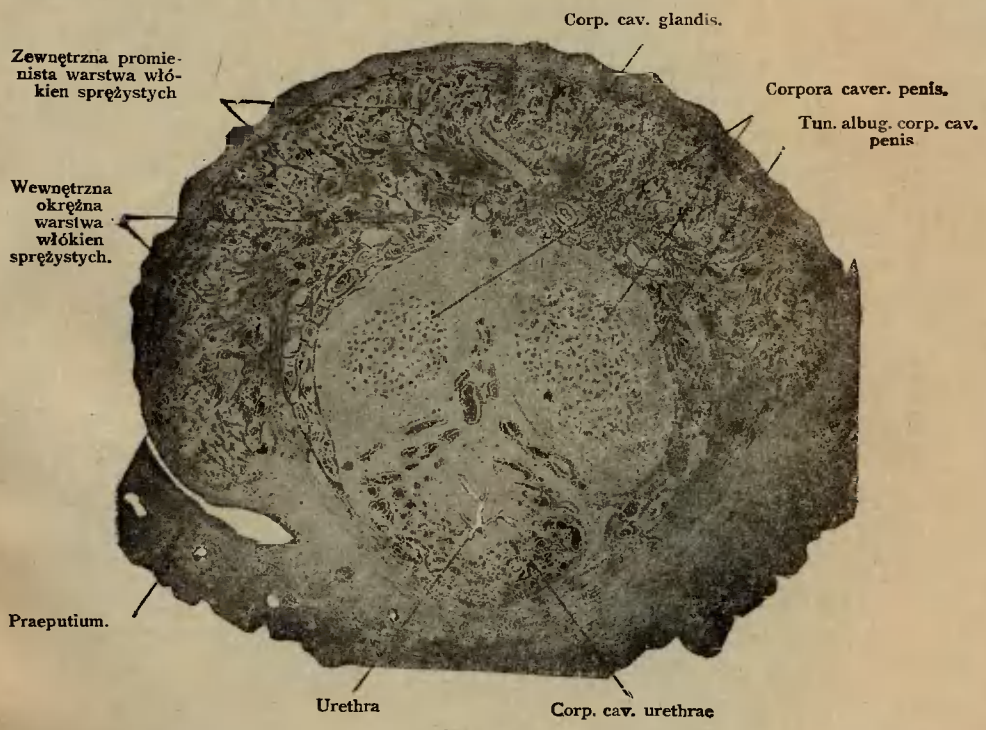


Ryc. 251.

Przekrój poprzeczny przez prącie człowieka. Zewnętrzna część skóry, otaczającej prącie, nie jest wyrysowana.

Pow. ok. 13 razy.

(corpus cavernosum urethrae) leży na linji środkowej, po stronie brzusznej obu ciał jamistych prącia. Tylny koniec jego tworzy zgrubiała *opuszka (bulbus)*, umieszczona pomiędzy rozchylonymi tylnymi końcami obu ciał jamistych prącia; na przodzie zaś ciało jamiste cewki moczowej przechodzi w *żołądź (glans penis)*, nasadzoną nakształt czapeczki grzyba na przednie końce tychże ciał. Do powierzchni ciała jamistego cewki wchodzi, tuż poza opuszką, cewka moczowa i biegnie wzdłuż niej aż do otworu zewnętrznego *(orificium externum)*.



Ryc. 252.

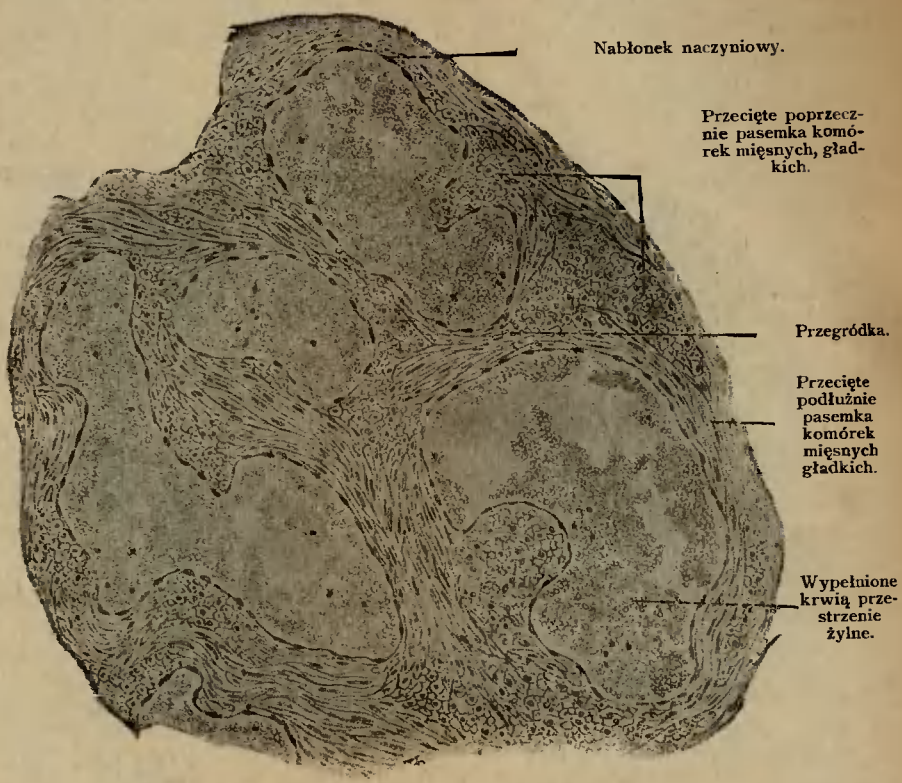
Przekrój poprzeczny przez glans penis (w bliskości corona glandis) trzyletniego chłopca.

Pow. ok. 9 razy.

Skóra prącia jest bezpośredniem przedłużeniem sąsiedniego obrębu skórnego i z przodu tworzy fałd podwójny w kształcie kołnierza zw. *napletkiem (praeputium)*.

Skóra na członku jest dość cienka i rozciągliwa i daje się dzięki nader luźnej tkance łącznej podskórnej łatwo w fałd unosić. Napletek stanowi zdwojenie skóry; pomiędzy jej dwiema blaszkami leży tkanka łączna luźna. W rowku wieńcowym *(sulcus coronarius)* skóra zawija się z wewnętrznej blaszki napletka na żołądź, zespalając się ściśle

i mocno z jej łącznotkankową błoną białawą. W przednim odcinku skóra prącia pozbawiona jest włosów i posiada jedynie gruczoły potowe, część tylna natomiast ma też gruczoły łojowe. Wielce sporną jest w histologji sprawa istnienia gruczołów w wewnętrznej blaszce napletka oraz w żołędzi. Gruczoły te mają posiadać charakter gruczołów łojowych i są znane pod nazwą *gruczołów napletkowych*



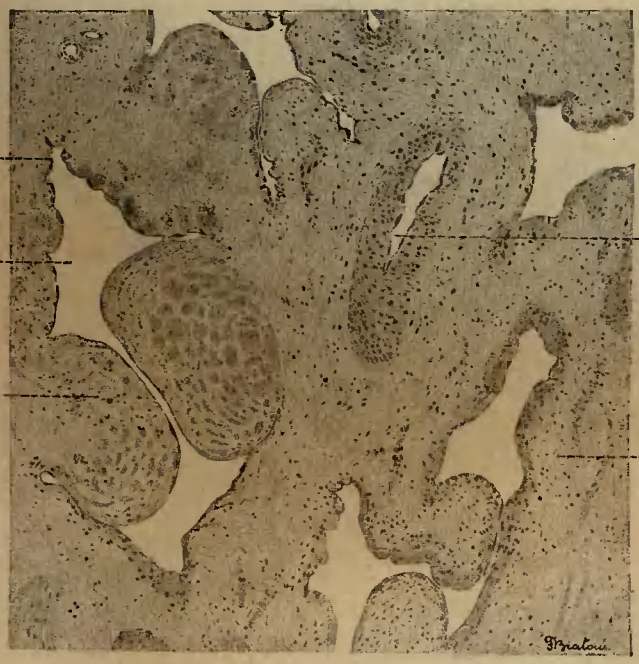
Ryc. 253.
Tkanka gąbczasta z corpus cavernosum penis małpy.
Powiększ. ok. 200 razy.

(Tysona); one to mają wydzielać łój napletkowy czyli t. zw. *mazidło* lub *mastkę (smegma praeputii)*. Badania nowsze (Saalfeld, Müller, Tandler i Doméný) wykazały, że w miejscach tych istotnie mogą się znajdować gruczoły łojowe, ale tylko w ilości nader ograniczonej.

Każde z *ciał jamistych (corpus cavernosum)* składa się z łącznotkankowych przegródek i blaszek, łączących się wspólnie w gąbczastą tkaninę (ryc. 253). Przegródki te zawierają włókna sprężyste i komórki mięsne, gładkie. Jamy *(cavernae)*, znajdujące się wewnątrz

tej tkaniny, tworzą cały system połączonych z sobą przestrzeni wolnych. Zawierają one krew żylną i są wysłane płaskiemi komórkami, ułożonemi nabłonkowato. Nazewnątrz każde ciało jamiste otoczone jest mocną łącznotkankową osłoną białawą *(tunica albuginea)*. Oba ciała jamiste prącia przedziela przegroda łącznotkankowa *(septum)*, ułożona w linji pośrodkowej prącia, w której łączą się błony białawe obu stron. Przegroda prącia jest gruba w części tylnej, ku przodowi zaś staje się coraz cieńsza i poprzerywana.

Ciała jamiste prącia różnią się pod niektóremi względami od ciała jamistego cewki; w drugiem jamy, zawierające krew żylną, są



Ryc. 254.
Przekrój ciała jamistego cewki 25-letniego skazańca.
Płyn Zenkera, Hematoxylina-eozyna.
Średnie powiększenie.

węższe, blaszki zaś oraz przegródki są grubsze i posiadają znacznie więcej włókien sprężystych, natomiast mniej elementów mięsnych gładkich.

Tętnice, doprowadzające krew do ciał jamistych prącia *(corpora cavernosa penis)*, tj. tętnice prącia grzbietowe oraz głębokie *(arteriae dorsales et profundae penis)* posiadają w swych odgałęzieniach, idących do ciał jamistych prącia, potężnie rozwinięte umięśnienie. W gałązkach o średnicy poniżej 1 mm. błona wewnętrzna *(intima)* okazuje zgrubienia poduszkowate (v. Ebner), w których równo-

legle do powierzchni biegną cienkie, okrężne włókna sprężyste (ryc. 255). Włókna te, uważane dawniej za odgałęzienia wewnętrznej błony sprężystej *(elastica interna)*, pochodzą od blaszki sprężystej podnabłonkowej (Rothfeld).

Na uwagę szczególną zasługuje rozmaity stosunek tętnic do żył (C. Langer), mianowicie: większa część tętnic przechodzi w żyły za pośrednictwem naczyń włosowatych, mniejsza zaś otwiera się bezpośrednio do jam żylnych. (*Aa. helicinae*). W pierwszym przypadku rozgałęzienia końcowe tętnic tworzą na powierzchni (tuż

Ryc. 255.
Poprzeczny przekrój tętnicy, przebiegającej w tela subfascialis 4½ letn. chłopca
Pow. około 150 razy

pod błoną białawą) siatkę korową z drobnych naczyń włosowatych, którą przechodzi w sieć korową żylną grubszą, głębiej położoną. Z tą dopiero siecią żylną łączą się wielkie przestwory żylne ciała jamistego. W drugim zaś przypadku tętnice przechodzą bezpośrednio w żyły, przyczem otwierają się albo do głębszej, grubszej sieci korowej, żylnej, albo też wlewają się wprost do jamistych przestworów żylnych. W tętnicach tych *(art. helicinae)* ulegają komórki mięsne mniej lub więcej wyraźnej przemianie nabłonkowatej (epiteloidalnej), skutkiem czego stają się grubsze i krótsze (Max Clara).

Żyły odprowadzające t. zw. *żyły wypustowe (venae emissariae)* zbierają krew po części z głębszej, grubszej sieci korowej żylnej, po części zaś z środkowych jamistych przestworów żylnych; przytem

pnie, mające w nich początek, przechodzą przez oczka sieci korowej. Układ taki posiada znaczenie nader doniosłe przy wzwodzie *(erectio)* członka. Wtedy bowiem, wskutek znaczniejszego wypełnienia się obwodowej sieci żylnej, przenikające przez nią pnie żylne ulegają zaciśnięciu, przez co zostaje zahamowany odpływ krwi z sieci środkowej, do tego miejsca napływającej tu szczególnie obficie, dzięki bezpośredniemu połączeniu tętnic z żyłami. Po przebiciu błony białawej, drobne żyły łączą się w żyłę grzbietową prącia *(vena dorsalis penis)* oraz w żyły głębokie prącia *(venae profundae penis)*.

W ciele jamistem cewki (corpus cavernosum urethrae) nazewnątrz od tkanki ciała jamistego leżą silne sploty żylne warstwy podśluzowej cewki moczowej. Tętnice nie przechodzą tu jednak bezpośrednio w żyły, sa bowiem między nie zawsze wstawione naczynia włosowate. Błona biaława, otaczająca ciało jamiste cewki moczowej, jest tutaj cieńsza, niż w ciałach jamistych prącia.

Żołądź prącia (glans penis) składa się przedewszystkiem ze splotu mocno pokręconych żył, połączonych z sobą tkanką łączną, silnie rozwiniętą. W tkance łącznej, tworzącej przegródki, przebiegają wiązki włókien sprężystych, które podzielić możemy na dwie grupy (ryc. 252). Pierwsza z nich okrężna, leżąca w tylnym odcinku żołędzi na błonie białawej, staje się ku przodowi coraz cieńsza, a zarazem w miejscu, w którem kończą się ciała jamiste prącia, warstwa ta zbliża się do cewki moczowej. Druga grupa składa się z wiązek włókien sprężystych, ułożonych nakształt wachlarza. Łączą one dopiero co opisaną warstwę głęboką z warstwą włókien sprężystych biegnącą w wierzchnich warstwach żołędzi. Grupa ta włókien sprężystych ma w przednim odcinku żołędzi układ promienisty (Rothfeld).

O unerwieniu prącia patrz rozdział: „Obwodowe zakończenia nerwowe."

d) Gruczoły dodatkowe męskich narządów płciowych.

a) Gruczoł krokowy (stercz, *prostata*).

Gruczoł krokowy składa się z 30—50 gruczołów cewkowo-pęcherzykowych, pomiędzy któremi przebiegają włókna mięśni gładkich w takiej obfitości, w jakiej nie spotyka się ich w żadnym innym gruczole. Przewody odprowadzające (w liczbie 15—30) mają zbieżny kierunek do wzgórka nasiennego *(colliculus seminalis)* i uchodzą w jego pobliżu do światła cewki moczowej. Pęcherzyki i cewki gruczołowe wysłane są warstwą sześciennych lub walcowatych komórek nabłonkowych, pod któremi Petersen znajduje w wielu miejscach jeszcze jedną warstwę komórek bardziej płaskich. Ciało

komórek nabłonkowych posiada liczne, silnie barwiące się ziarenka kwaso- i zasadochłonne, będące produktem wstępnym wydzieliny.

Wydzielina ta, *płyn sterczowy (succus prostaticus)*, stanowi ciecz mleczną o odczynie słabo zasadowym. Zawiera ona, obok nukleoproteidów, ciał śluzowatych, lecytyny i choliny, zaczyn (ferment), zwany *vesiculasą*, który ma jakoby powodować krzepnięcie nasienia. Pęcherzyki sterczu zawierają, przeważnie u osobników starszych, złogi t. zw. *kamyki sterczowe*, składające się głównie z kwaśnego fosforanu wapniowego. Kamyczki te dosięgają nieraz wielkości główki od szpilki i, podobnie jak wszystkie tego rodzaju złogi, wykazują wybitne uwarstwienie współśrodkowe.

Łagiewka sterczowa (utriculus prostaticus) jest to kieszonka rozmaitej szerokości i głębokości, tkwiąca w substancji sterczowej i otwierająca się do cewki moczowej na wzgórku nasiennym, pomiędzy ujściami przewodów wytryskowych. Błona śluzowa łagiewki jest wysłana dwurzędowym nabłonkiem migawkowym i tworzy liczne fałdy podłużne. Pod względem rozwoju należy uważać narząd ten za szczątek odcinka doogonowego zlanych z sobą przewodów Müllera.

Pomiędzy gruczołami sterczu leży tkanka pośrednia, utworzona ze zbitej tkanki łącznej, przetkanej niezwykle licznemi wiązkami włókien mięsnych gładkich. Tworzy ona przedewszystkiem dokoła całego gruczołu silną torebkę, następnie potężną warstwę, obejmującą cewkę moczową, i stanowi wreszcie największą część substancji gruczołu krokowego. Pomiędzy poszczególnemi gruczołami tworzy ona grube przegrody, promienisto się rozchodzące od okolicy wzgórka nasiennego ku torebce zewnętrznej. W późniejszym wieku tkanka pośrednia rozrasta się znacznie kosztem utkania gruczołowego, co może spowodować znaczny przerost narządu, a tem samem sprowadzić zaciśnięcie cewki moczowej, zagrażające niekiedy życiu.

Naczynia krwionośne tworzą dokoła gruczołów sieci włosowate, z których wychodzi splot żylny, łączący się ze splotem podśluzowym cewki moczowej.

Naczynia limfatyczne są bardzo obfite i uchodzą licznemi pniami do węzłów limfatycznych krzyżowych *(lymphoglandulae sacrales)*.

Nerwy sterczu pochodzą częściowo od splotu podbrzusznego *(plexus hypogastricus)*, częściowo zaś od trzeciego i czwartego nerwu krzyżowego *(nervus sacralis)* (Gentés). Wysyłają one gałązki wydzielnicze do gruczołów, ruchowe do mięśni, czuciowe zaś do tkanki pośredniej, w której kończą się specjalnemi ciałkami końcowemi.

β) Gruczoły opuszkowo-cewkowe (Gruczoły Cowpera).

Gruczoły Cowpera *(glandulae bulbo-urethrales)* są to dwa ciała wielkości grochu, leżące u tylnego końca opuszki cewki moczowej. Wykazują one budowę cewkowo-pęcherzykową. Nabłonek ich jest jednowarstwowy, sześcienny; pomiędzy komórkami znajdują się kanaliki wydzielnicze (Braus). Komórki te są zupełnie podobne do komórek śluzowych. Błona własna *(membrana propria)* jest dobrze rozwinięta. I w tym gruczole występuje również obfita tkanka pośrednia pomiędzy cewkami i pęcherzykami gruczołowemi; w tkance tej napotykamy nietylko komórki mięsne gładkie, ale i poprzecznie prążkowane w znacznej ilości.

Zdaniem Henlego, Stillinga i innych, wydzielina gruczołu Cowpera nie zawiera śluzu. Jest to ciecz przejrzysta, obojętna, nie mętniejąca za dodaniem kwasu octowego.

Przewody międzyzrazikowe tych gruczołów posiadają rozszerzenia, podobne do zatok. Przewody te są wysłane bądź niskim nabłonkiem sześciennym, bądź też pojedyńczym nabłonkiem walcowatym; natomiast w przewodach odprowadzających głównych występuje nabłonek walcowaty wielorzędowy.

Pęcherzyk nasienny oraz gruczoły Littrego zostały już opisane w innem miejscu (p. str. 300 i 284).

Płyn, wydzielany podczas ejakulacji, zawiera oprócz nasienia właściwego *(spermy)* jeszcze wydzielinę najądrzy, nasieniowodów oraz gruczołów dodatkowych. Jednakże cały ten „płyn nasienny" nie jest bynajmniej mieszaniną wszystkich tych wydzielin, każda bowiem z nich zostaje wydzielana zosobna. Podług Broesikego odbywa się to w sposób następujący: po uprzednim wzwodzie (erekcji) członka najpierw gruczoły Cowpera i Littrego wylewają do cewki moczowej swą słabo zasadową wydzielinę śluzowatą, aby jej błonę śluzową uczynić bardziej śliską, a tem samem ułatwić wytrysk nasienia; potem stercz wydaje zasadową wydzielinę, której zadaniem jest zobojętnienie pozostałych w cewce moczowej kwaśnych resztek moczu oraz kwaśnego śluzu pochwy i wywołanie w ten sposób bardziej wzmożonej ruchliwości plemników. Teraz zkolei wytryskuje nasienie właściwe, nagromadzone w najądrzu oraz w nasieniowodzie, wkońcu zaś wylewają pęcherzyki nasienne swą galaretowatą, zasadową wydzielinę, przeznaczoną przedewszystkiem do mechanicznego usunięcia z cewki moczowej resztek pozostałego w niej nasienia. U niektórych zwierząt wydzielina ta krzepnie po spółkowaniu i tworzy czop, zatykający pochwę i w ten sposób zapobiegający wypłynięciu z niej nasienia.

2. Narządy płciowe kobiece.

Narządy płciowe kobiece dzielimy na wewnętrzne i zewnętrzne. Do pierwszych zaliczamy: a) jajnik, b) jajowód, c) macicę, d) pochwę. Do zewnętrznych (stanowiących srom niewieści) należą: e) łechtaczka, f) wargi sromowe większe, g) wargi sromowe mniejsze i h) przedsionek pochwy wraz z gruczołami przedsionkowemi mniejszemi *(glandulae vestibulares minores)* oraz z grzuczołem przedsionkowym większym *(glandula vestibularis maior)*.

a) Jajnik.

Jajnik (ovarium), podobnie jak główna część jądra, rozwija się z nabłonka płciowego, tworzącego po stronie przyśrodkowej pranercza t. zw. listewkę płciową. Komórki nabłonka płciowego rozmnażają się przez podział i niektóre z nich różnicują się następnie w większe komórki, o obfitej protoplazmie i dużem pęcherzykowatem jądrze. Komórkom tym nadano nazwę *jajek pierwotnych* czyli *prajajek* [*(oogonia* (ryc. 256A)].

Komórki nabłonka płciowego poczynają się obecnie żywo rozmnażać i tworzą w młodym jajniku wielowarstwową część korową, która przechodzi ku wewnątrz w istotę rdzenną, ułożoną w pasma, a pochodzącą z reteblastemu.

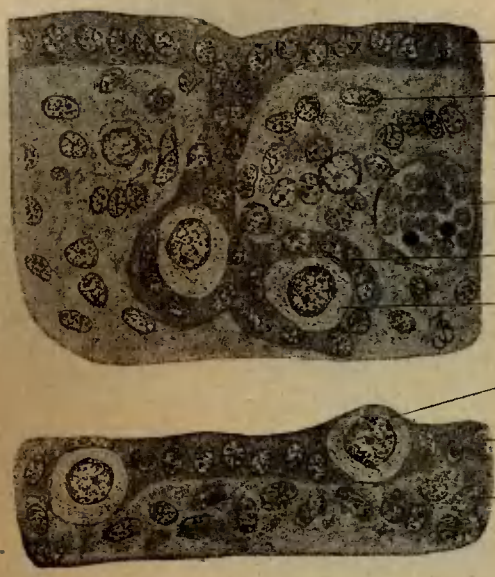
Podczas gdy od 4-ego miesiąca życia płodowego pasma reteblastemu powoli zanikają, buja tkanka łączna istoty rdzennej do warstwy korowej i rozdziela wybujały nabłonek płciowy na większą ilość gniazd komórkowych, które się zowią *pasmami* czyli *sznurami Pflügera* (ryc. 256B). Każde z tych gniazd składa się z większej ilości oogoniów i ze znacznie liczniejszych niezróżnicowanych komórek nabłonka płciowego. Tkanka łączna otacza je z wszystkich stron.

Wśród tych gniazd komórkowych przychodzi następnie do podziału oogoniów i powstaje druga generacja komórek, tzw. *oocyty*, równowartościowe ze spermiocytami jądra.

Gdy się oocyty raz wytworzyły, tkanka łączna otaczająca gniazda, wciska się do ich wnętrza i rozdziela komórki na mniejsze kompleksy, z których każdy zawiera jeden oocyt i pewną ilość indyferentnych komórek nabłonkowych. Te ostatnie układają się w jednej warstwie dokoła każdego oocytu, przez co powstają twory nazwane *pęcherzykami pierwotnemi jajkowemi (folliculi oophori primarii)*. Podczas gdy tworzenie się pęcherzyków postępuje od wnętrza ku powierzchni jajnika, na obwodzie narządu odbywa się nieprzerwanie proces tworzenia się prajajek z nabłonka płciowego; w ustroju ludzkim czynność ta ustaje dopiero ku końcowi pierwszego roku życia. W środku jajnika tworzy tkanka łączna wraz z wrastającemi w nią

naczyniami większą masę, nie zawierającą pęcherzyków t. zw. *istotę rdzenną*, gdy tymczasem *istota korowa* zawiera wyżej wspomniane pęcherzyki, poprzegradzane tkanką łączną. Jajnik ograniczony jest od zewnątrz nabłonkiem płciowym, pod którym tkanka łączna tworzy zbitą warstwę, zwaną *błoną białawą (tunica albuginea)*.

Wzrost jaj, zawartych w pęcherzykach pierwotnych czyli t. zw. oocytów odbywa się dopiero w życiu pozapłodowem, a towarzyszy mu olbrzymi rozrost całego pęcherzyka. Proces ten również postępuje w kierunku od wnętrza ku obwodowi i rozpoczyna się już u noworodka



Ryc. 256.

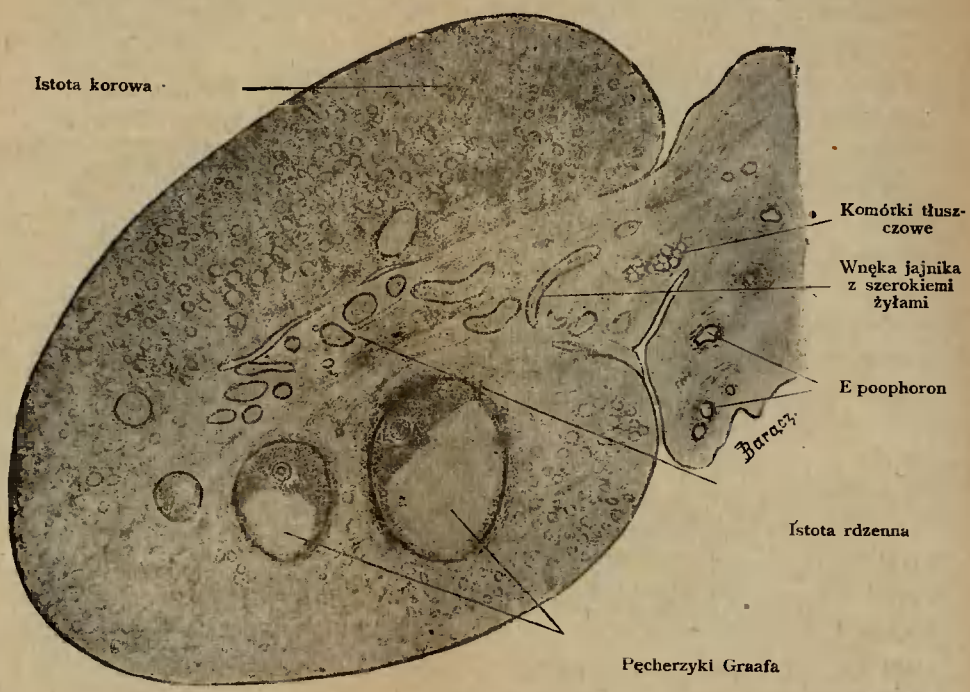
Część przekroju pionowego jajnika zarodka ludzkiego z 3 m. ciąży.

Powiększ ok. 540 razy.

(Runge). To też w głębszych warstwach istoty korowej dojrzałego jajnika znajdujemy stale obok dużych jajek, względnie dojrzałych pęcherzyków, także liczne niedojrzałe pęcherzyki, a tem samem możemy śledzić rozwój ich nawet w jajniku dojrzałej płciowo kobiety.

Istota rdzenna (zona vasculosa) wnika od wnęki *(hilus)* wraz z naczyniami w głąb narządu i składa się z luźnej tkanki łącznej z domieszką włókien sprężystych. Razem z naczyniami od strony więzadła szerokiego *(ligamentum latum)* wnikają do istoty rdzennej pasma komórek mięsnych, gładkich, u człowieka jednak w skąpej ilości. Jak już wyżej zaznaczyliśmy, istota rdzenna nie zawiera pęcherzyków, natomiast mogą wyrośnięte, dojrzałe pęcherzyki, zawarte w istocie korowej, napierać na nią tak silnie, że się w nią wpuklają (ryc. 257).

Najistotniejszą część składową *istoty korowej* stanowią pęcherzyki. Pomiędzy niemi biegną wszędzie pasma tkanki łącznej z włóknami sprężystemi, nie posiadające jednak już mięśni. Prócz tego tkanka łączna zawiera jeszcze komórki ułożone grupami, nazwane *komórkami śródmiąższowemi* (interstycjalnemi [T o u r n e u x]); komórki te nie występują jednakowoż u wszystkich ssaków jako w równym stopniu rozwinięta część składowa jajników. U człowieka występują one tylko w bardzo nieznacznej ilości; u niektórych zwie-



Ryc. 257.
Przekrój poprzeczny jajnika małpy.
Pow ok. 26 razy.

rząt (gryzoniów, owadożernych i nietoperzy) natomiast komórki te dochodzą do bardzo znacznego rozwoju, tak że stają się tutaj przeważającym składnikiem podścieliska jajnikowego i tworzą t. zw. *gruczoł śródmiąższowy*. Gruczoł ten występuje albo jako bardziej zbity miąższ albo też w postaci rozsianych okrągławych lub wielobocznych pęcherzyków albo sznurów, pooddzielanych od siebie unaczynioną tkanką łączną, która w kształcie delikatnych beleczek drąży promienisto do wnętrza tego gruczołu. Unaczynienie gruczołu jest tak obfite, że prawie każda komórka jest otoczona naczyniami włosowatemi z jednej lub z kilku stron. Budowa tych tworów przypomina nieco budowę istoty korowej nadnercza. Komórki ich wielo-

boczne, o pęcherzykowatych jądrach, zawierają ziarenka, podobne do tłuszczowych, i są poniekąd zbliżone budową do komórek śródmiąższowych jądra. Budowa komórek śródmiąższowych wskazuje na to, że są zdolne do wydzielania wewnętrznego.

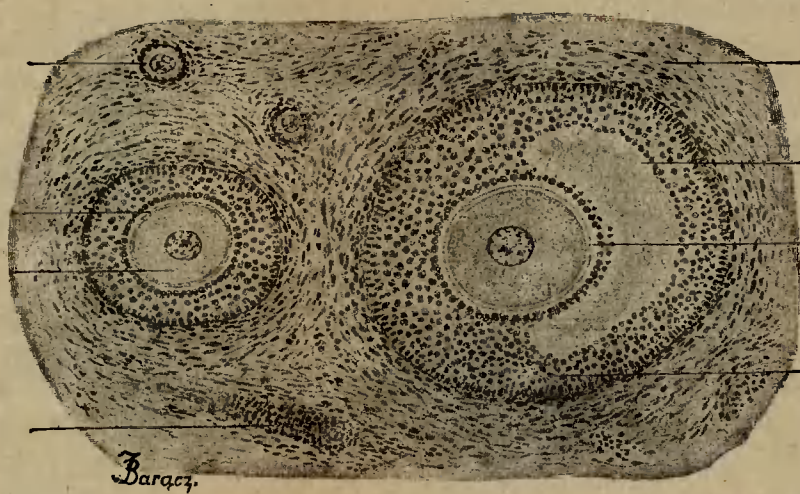
Co się tyczy pęcherzyków, zwanych od nazwiska swego odkrywcy *pęcherzykami* Graafa, to liczba ich z wiekiem zmniejsza się stopniowo. W warunkach bowiem prawidłowych, począwszy od pory pokwitania, przy każdem miesiączkowaniu (a więc co 28 dni), wydalane bywa jedno dojrzałe jajko, co równa się zanikowi jednego pęcherzyka. Od drugiego zaś roku życia ustaje wytwarzanie nowych prajajek. Prócz tego znaczna ilość młodych pęcherzyków nie dochodzi bynajmniej do ostatecznej dojrzałości, lecz ulega zanikowi we wszystkich stadjach procesu dojrzewania. Według Henlego z 72 000 zawiązków jajek, wytworzonych w ustroju ludzkim, dojrzewa tylko około 400. Owe przemiany wsteczne stanowią więc proces fizjologiczny, którego szczegóły omówimy później. Dzięki tym wywodom staje się zrozumiałem, że podścielisko łącznotkankowe istoty korowej, rozwijając się w miejsce zanikających elementów swoistych jajnika, rozrasta się w ciągu życia osobnika coraz bardziej, a tem samem nadaje całemu narządowi większą zbitość i twardość.

Pęcherzyki, zawarte w jajniku młodej lecz dojrzałej płciowo kobiety, możemy podzielić na *pęcherzyki pierwotne*, na *pęcherzyki w okresie wzrostu* i na *pęcherzyki dorosłe* t. j. *dojrzałe do pęknięcia.*

Pęcherzyki pierwotne leżą przeważnie w części powierzchniowej istoty korowej. Składają się one z jajka czyli oocytu oraz z otaczającej je warstwy płaskich komórek nabłonkowych, wyścielających pęcherzyk, zwanych *komórkami pęcherzykowemi* (ryc. 256B). Jajko jest komórką kulistą o średnicy 50—65 μ i posiada cieniutką błonkę komórkową, która oddziela ją od komórek pęcherzykowych. Ciało komórkowe wykazuje wyraźną budowę włókienkową. Kuliste jądro o średnicy około 30 μ, zwane tutaj *pęcherzykiem zarodkowym*, leży stale pośrodku ciała komórki i zawiera wyraźny zrąb chromatynowy oraz wielkie, okrągłe jąderko, zwane tu *plamką zarodkową*. Komórki pęcherzykowe są to płaskie lub niskie komórki nabłonkowe, otaczające jajko jedną lub dwiema warstwami (ryc. 256).

W okresie wzrostu pęcherzyków przebiegają równocześnie obok siebie rozmaite procesy. Na pierwszy plan wybija się z nich olbrzymie pomnożenie ilości komórek nabłonkowych pęcherzykowych. Komórki te, płaskie zpoczątku, zmieniają swój kształt na sześcienny i dzielą się mitotycznie w nieprzerwanym ciągu, tak, że jajko otaczają wkońcu liczne warstwy nabłonka pęcherzykowego, co oczywiście powoduje znaczne powiększenie się całego pęcherzyka (ryc. 258). Niektóre z tych komórek odznaczają się wielkością i jasnym wyglądem

(N a g e l); są one skazane na zagładę i rozpadają się, tworząc małe, wypełnione płynem *jamki nabłonkowe*. Jamki te powstają w części pęcherzyka, zwróconej ku powierzchni jajnika, zlewają się wkrótce z sobą i tworzą małą *jamę pęcherzykową (antrum folliculi)*, wypełnioną *płynem pęcherzykowym (liquor folliculi)* (ryc. 258). Jama ta zwiększa się stopniowo wraz z jednoczesnym rozrostem całego pęcherzyka, i to stale kosztem obwodowej partji nabłonka pęcherzykowego. W odcinku dośrodkowym pęcherzyka, skierowanym do istoty rdzennej jajnika, zostaje nabłonek dokoła jajka zachowany i wstercza do jamy pęcherzykowej w postaci mniej lub bardziej półkulistej masy



Ryc. 258.

Część przekroju poprzecznego istoty korowej jajnika małpy.

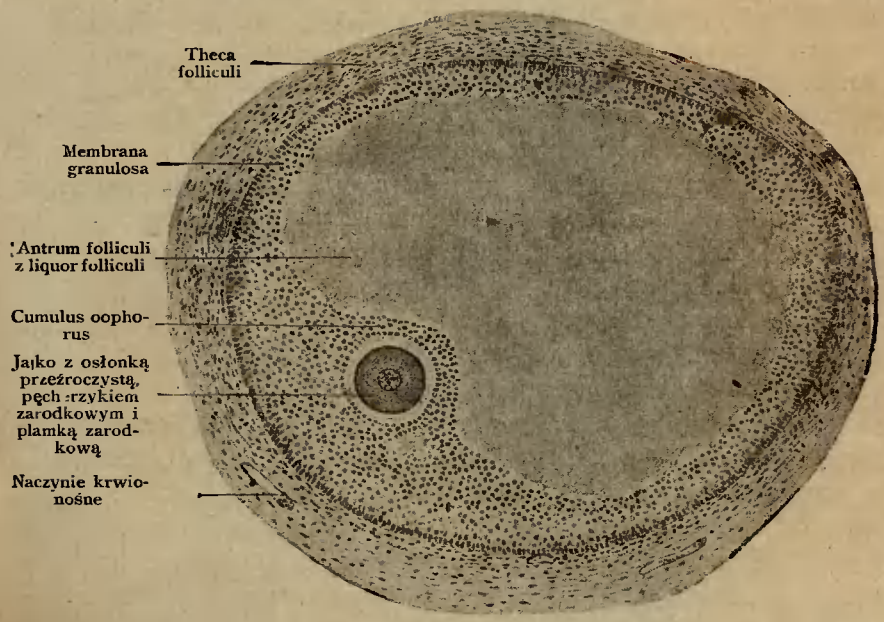
Pow. ok. 150 razy.

komórkowej, zwanej *wzgórkiem jajkonośnym (cumulus oophorus* [ryc. 259]).

Wraz z wzrostem i przeistaczaniem się nabłonka pęcherzykowego, cały pęcherzyk otacza się błoną łącznotkankową, zwaną *osłonką pęcherzykową (theca folliculi)*.

Jednocześnie i jajko przechodzi ważne zmiany, polegające przedewszystkiem na powiększeniu się jego wymiarów (okres wzrostu) i na tem, że zanim osiągnie ostateczną wielkość, otacza się wyraźną, grubą osłonką, zwaną *otoczką przeźroczystą* (zona pellucida), będącą wytworem najbardziej dośrodkowo położonej warstwy komórek pęcherzyka. W protoplazmie jajka występują twory deutoplazmatyczne w postaci małych, miałkich drobinek, gromadzą się koło jądra i wkońcu wypierają je w położenie mimośrodkowe. Wytwarzaniem substancyj odżywczych oraz doprowadzaniem ich do komórek jajo-

wych zajmują się otaczające jajko komórki pęcherzykowe. Komórka jajowa pochłania te substancje, odpowiednio je przerabia i gromadzi jako deutoplazmatyczne materjały zapasowe. Niektórzy badacze łączą mitochondrja, występujące w jaju w postaci drobnych ziarenek, w ścisły stosunek z procesem powstawania żółtka, jużto przypisując im rolę pośrednią, jużteż przyjmując bezpośrednie ich przeistaczanie się w ziarenka żółtka. Zachowanie się mitochondrjów w rozwijającem się t. j. rosnącem jaju ludzkiem opisał najdokładniej Van der Stricht. Badacz ten opisuje we wczesnych stadjach twór pół-



Ryc. 259.
Przekrój poprzeczny pęcherzyka Graafa małpy.
Pow. ok. 90 razy.

księżycowaty, przylegający do jądra a wytworzony z mikrosomów. W tworze tym (w warstwie okołojądrowej, żółtkotwórczej) znajdujemy ciałko okrągłe, barwiące się mocno safraniną *(jądro żółtkowe* Balbianiego). Część środkowa tego ciałka przedstawia jednorodne jasne pole, zawierające jedno lub więcej ziarenek. Najprawdopodobniej jądro żółtkowe w jajach ssaków powstaje przez połączenie się ciałka środkowego i jego sfery z wewnętrznym aparatem siateczkowym Golgiego. Warstwa żółtkotwórcza rozpada się wkrótce, a tworzące ją mikrosomy rozpraszają się po całej cytoplazmie jajowej, poczem układają się w sznurki i beleczki, tworzące siatkę. W stadjum następnem, kiedy sznurki te poczynają się rozpadać na

wysepki i pojedyńcze ziarna, występuje strefa środkowa, charakteryzująca się zupełnem rozpłynięciem się beleczek oraz pojawieniem się w niej pierwszych ziarenek deutoplazmy. Wkońcu rozpuszczają się beleczki ziarniste także na obwodzie jaja ludzkiego i w ten sposób powstaje jasna warstwa brzeżna, nie zawierająca mitochondrjów; u większości ssaków natomiast występują obficie mitochondrja w wierzchnich warstwach jaj.

Dorosły i gotowy do pęknięcia pęcherzyk (folliculus oophorus vesiculosus sive Graafi) posiada przeto następującą budowę charakterystyczną. Na zewnątrz okala go *osłonka pęcherzyka (theca folliculi)*, w której odróżniamy *warstwę zewnętrzną (tunica externa), warstwę wewnętrzną (tunica interna) i błonkę szklistą.* Warstwa zewnętrzna *(tunica externa)* jest to nieco zgęszczona warstwa podścieliska *(stroma)* jajnikowego, ułożona współśrodkowo dokoła pęcherzyka. Warstwa wewnętrzna *(tunica interna)* składa się z kulistych lub wielobocznych komórek *ziarnistych* (His), poprzegradzanych nielicznemi włókienkami łącznotkankowemi. Wewnętrzną granicę osłonki stanowi cieniutka błonka bezpostaciowa, zwana *błonką szklistą* (ryc.. 259).

Wnętrze pęcherzyka wyścielają przedewszystkiem komórki nabłonka pęcherzykowego, otaczające z wszystkich stron jamkę pęcherzyka. W częściach pęcherzyka, zwróconych ku powierzchni jajnika, komórki powlekają błonkę szklistą jako nabłonek wielowarstwowy i stanowią t. zw. *warstwę ziarnistą (stratum granulosum s. membrana granulosa);* w odcinkach zaś pęcherzyka, skierowanych ku istocie rdzennej jajnika, warstwa nabłonkowa grubieje stopniowo i przechodzi we wzgórek jajkonośny (*cumulus oophorus)*, mieszczący w swem wnętrzu jajko i wsterczający w gotowym do pęknięcia pęcherzyku człowieka w kształcie buławki do jamy pęcherzykowej. Komórki pęcherzykowe są walcowate i osiągają największą długość w pokładzie zewnętrznym warstwy ziarnistej *(stratum granulosum)*. Również komórki, bezpośrednio otaczające jajko, są wysokie. Komórki te wtedy, gdy jajko opuszcza pęcherzyk, przylegają ściśle do jego powierzchni, tworząc t. zw. *wieniec promienisty (corona radiata)* czyli *nabłonek jajowy.*

Otoczka przeźroczysta (zona pellucida s. radiata) jest położona nawewnątrz od nabłonka pęcherzykowego i oddziela go od jajka. Stanowi ona błonkę jednorodną, szklistą i pojedyńczo światło łamiącą, o grubości 7 -20 μ (v. Ebner). Błonka ta jednak u wielu zwierząt już w okresie bardzo wczesnym posiada wąziutkie, promienisto biegnące kanaliki, poprzez które delikatne wypustki najbardziej wewnętrznie położonych komórek pęcherzykowych drążą ku powierzchni jaja i przenikają do substancji jajowej (Pflüger, Pa-

ladino, Retzius, Kołossów, v. Ebner). Urządzenie to występuje u niższych kręgowców, a mianowicie we wczesnych stadjach, wyraźniej niż u ssaków i posiada prawdopodobnie doniosłe znaczenie w odżywianiu jajka.

Płyn wypełniający jamę pęcherzyka jest przeźroczystą, żółtawą cieczą, zawierającą tylko 10—40% ciał stałych. Tak zwana paraalbumina, która ma się w niej znajdować, składa się, zdaniem Hammarstena, z mieszaniny pseudomucyny i zmiennych ilości białka.

Wzgórek jajkonośny normalnie zawiera tylko jedno jaje. Pęcherzyki wielojajowe u człowieka spotykamy rzadko, u zwierząt natomiast często.

Jajko zawarte w pęcherzyku gotowym do pęknięcia przedstawia kulistą komórkę o średnicy około 200 μ, okoloną *otoczką przeźroczystą (zona pellucida)*. Otoczka ta jest oddzielona od istoty jaja wąziutką szczeliną okołożółtkową.

W ciele jaja odróżnić możemy dwie współśrodkowe strefy: węższą, obwodową, o jasnej protoplazmie, i środkową, deutoplazmatyczną, zawierającą drobne elementy żółtkowe. Granicę zewnętrzną protoplazmy jajowej stanowi „drobnoziarnista kora żółtkowa" (von Ebner). Jajko ludzkie jest, w przeciwieństwie do jaj większości zwierząt, nader ubogie w żółtko.

Pęcherzyk zarodkowy leży zawsze mimośrodkowo na pograniczu strefy deutoplazmatycznej i protoplazmatycznej. Średnica jego wynosi około 25 μ. Jest on od deutoplazmy oddzielony wyraźną błonką i na żywym materjale wydaje się prawie jednorodnym. Na preparatach utrwalanych występuje w nim wyraźna siatka chromatynowa.

Już w żywem jaju zauważyć możemy z łatwością w pęcherzyku zarodkowym żółtawą plamkę zarodkową, nie będącą niczem innem jak dużem jąderkiem (o średnicy 4 –8 μ). Według spostrzeżeń Nagla plamka ta ma wykonywać w jaju ludzkiem wyraźne ruchy pełzakowate.

Jajko, zawarte w pęcherzyku bliskim pęknięcia, nie jest jeszcze zdolne do zapłodnienia. W rozdziale „Zapłodnienie" wykażemy, że jajko, aby mogło być zapłodnione, musi wpierw dojrzeć. Proces ten polega na wydaleniu połowy chromosomów i, jak to niżej szczegółowo omówimy, kończy się z chwilą wyrzucenia ciałek kierunkowych. Jednakowoż proces ten nie został jeszcze nigdy u człowieka dokładnie poznany, a — według wszelkiego prawdopodobieństwa – ma się on odbywać dopiero po wejściu jajka do jajowodu. Z tego powodu jajko, tkwiące w pęcherzyku, zdolnym do pęknięcia, nie powinno się nazywać „dojrzałem," lecz tylko jajkiem „dojrzewającem" (Nagel).

U zwierząt ssących wyrzucanie ciałek kierunkowych następuje albo w chwili pęknięcia pęcherzyka, albo też bezpośrednio przed lub

po tym fakcie. Tak więc okres dojrzewania jajka kończy się w jajowodzie, w którym jajko już dojrzałe może zetknąć się z plemnikami.

Po dojściu do odpowiednich wymiarów, pęcherzyk zajmuje całą grubość istoty korowej aż do błony białawej. Wskutek ciągłego przybywania płynu, błona biaława cienieje coraz bardziej. Jednocześnie zanikają w tem miejscu naczynia krwionośne, równie jak osłonka pęcherzyka, która wkońcu, pod wpływem ciśnienia płynu pęcherzykowego, pęka. W ten sposób więc płyn pęcherzykowy się wylewa a z nim i jajko, otoczone wieńcem promienistym *(corona radiata)*, dostaje się do jamy brzusznej. Proces ten nosi nazwę *owulacji* (jajeczkowania) i wywołuje ogólne przekrwienie narządów płciowych kobiecych oraz wylew krwi z ich błony śluzowej. Zjawisko to nazywamy u zwierząt *rują*, u człowieka zaś *miesiączkowaniem* cz. miesiączką *(menstruatio)*; u zwierząt odbywa się ono jednocześnie z owulacją, podczas gdy u człowieka istnieje pewien stały stosunek czasowy pomiędzy owulacją a miesiączką (o czem niżej).

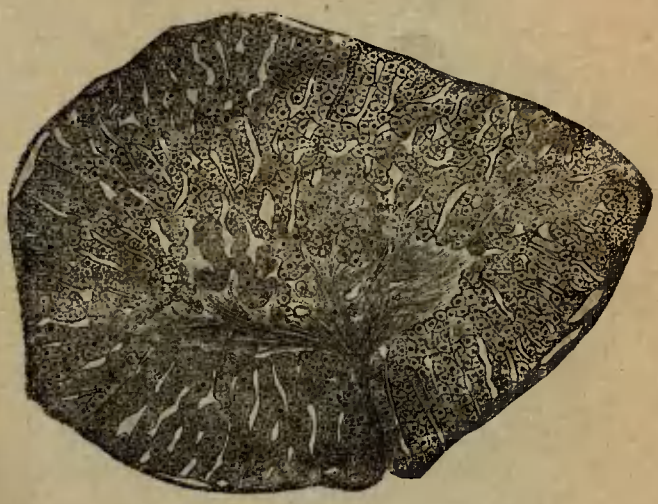
Wydalone z pęcherzyka jajko wpada do lejka jajowodu, skąd przedostaje się dalej do samego jajowodu. O ile się tam spotka z plemnikami, zostaje zapłodnione; wrazie zaś przeciwnym zostaje wraz z krwią miesiączkową wydalone z części płciowych. Jajo zapłodnione, dzięki ruchowi migawkowemu komórek błony śluzowej jajowodu, dostaje się do macicy, w której odbywa się jego wszczepienie w błonę śluzową oraz dalszy rozwój. Niekiedy jednakże jajko pozostaje w samym jajowodzie, co wywołuje tak zwaną ciążę jajowodową.

Pęknięciu pęcherzyka towarzyszy zwykle wylew krwi do jamy pęcherzykowej. W ślad za tem następuje we wnętrzu pęcherzyka znaczne bujanie komórek, wskutek czego dawny pęcherzyk Graafa przeistacza się w wielkie ciało, wypełniające się w całości specjalnemi komórkami i noszące nazwę *ciałka żółtego (corpus luteum)*. W pewnych warunkach może ono u szczytu swego rozwoju osiągnąć około 20 mm. długości i szerokości, oraz około 9 mm grubości (ryc. 260).

Komórki wypełniające pęcherzyk nazywają się *luteinowe*, od występującego w nich barwika w postaci drobniutkich ziarenek, zwanego *luteiną*. Barwik ten jest żółty i nadaje ciałku żółtemu jego charakterystyczne zabarwienie. *Luteina* należy do rzędu *lipochromów* t. j. barwików, rozpuszczalnych w wyskoku, eterze i chloroformie. Z istniejących dwu rozbieżnych poglądów na sprawę pochodzenia komórek luteinowych, posiada obecnie więcej zwolenników pogląd, podług którego komórki te powstają wskutek bujania nabłonka pęcherzykowego (Bischoff, Merkel, von Beneden, Cornil, Heape, Stratz, Sobotta, Honoré), aniżeli zapatrywanie drugie, przypisujące tym komórkom pochodzenie

z warstwy wewnętrznej otoczki pęcherzykowej (Kölliker, is, Nagel, Clark, Bühler). Podług Rabla i Cohn-a występują w ciałku żółtem człowieka dwie różne postaci komórek luteinowych: jedne z nich większe, charakterystyczne, występują w większej ilości, tworzą wewnętrzną warstwę ciałka i pochodzić mają z nabłonka warstwy ziarnistej; drugie, otaczające je od zewnątrz jako równomiernie wykształcona warstwa, są mniejsze i ciemniejsze, pochodzą od warstwy wewnętrznej osłonki i dają początek części łącznotkankowej ciałka żółtego.

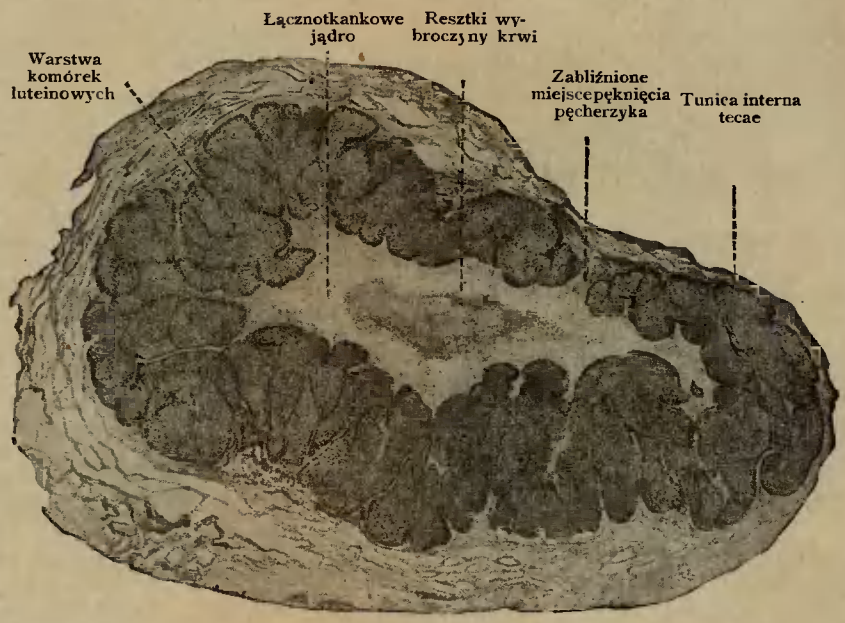
Równocześnie z rozmnażaniem się komórek luteinowych zaczynają komórki łącznotkankowe warstwy wewnętrznej osłonki bujać



Ryc. 260.
Corpus luteum królika (siedm dni post coitum) według Sobotty.
Pow. ok. 30 razy.

i wrastać pomiędzy komórki luteinowe (ryc. 262). Powstają pasma tkanki łącznej, sięgające promienisto aż do środka ciałka żółtego i tworzące tam luźne jądro. Wraz z temi pasmami tkanki łącznej wchodzą też naczynia krwionośne do wnętrza ciałka żółtego. Tkanka łączna otacza pozostałości dawnej wybroczyny krwawej, które stopniowo zostają wessane. Niekiedy znajdujemy tamże pomarańczowe kryształki hematoidyny, które są szczątkami wessanej wybroczyny. Kiedy ciałko żółte dojdzie do szczytu swego rozwoju, rozpoczynają się w niem przemiany wsteczne. Komórki luteinowe ulegają zwyrodnieniu, tkanka łączna występuje wybitniej, rozmnaża się, lecz wkrótce kurczy się ponownie, a z ciałka żółtego tworzy się łącznotkankowe *ciałko białawe (corpus albicans)*, zwane też *ciałkiem włóknistem (corpus fibrosum)*.

Jeżeli jajko, wydalone z pękniętego pęcherzyka, zostanie zapłodnione, a więc jeżeli po owulacji nastąpi ciąża, wtedy ciałko żółte jest większe aniżeli wtedy, gdy jajko wydalone nie zostanie zapłodnione. To pierwsze ciałko nazywamy *ciałkiem żółtem prawdziwem* (corpus luteum verum s. graviditatis), drugie zaś *ciałkiem żółtem rzekomem* (corpus luteum spurium s. menstruationis). Ciałka te różnią się przedewszystkiem rozmiarami, w budowie zaś nie dostrzegamy widocznych różnic prócz tej, że ciałko żółte regularności w porównaniu z ciałkiem żółtem ciąży zawiera w protoplazmie komórek luteinowych, osobliwie w pierwszej połowie ciąży, znacznie większe ilości ziarn

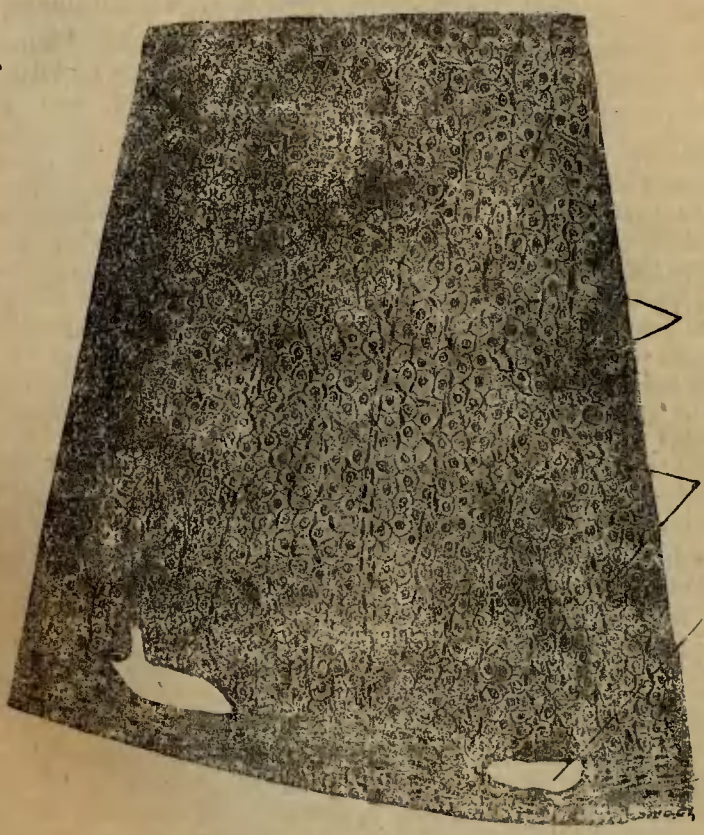


Ryc. 261.
Przekrój ciałka żółtego prawdziwego kobiety z ósmego tygodnia ciąży.
Słabe powiększenie.

i kulek ciał tłuszczowatych (Miller, Wiczyński). Ciałko żółte rzekome znika już po kilku tygodniach (6—8 tygodni), pozostawiając tylko maleńką bliznę białawą; natomiast ciałko żółte prawdziwe utrzymuje się w ustroju kobiecym znacznie dłużej, mianowicie przez cały przeciąg ciąży i zmienia się w kilka tygodni po niej w ciałko białawe, podobnie jak ciałko żółte rzekome tak, że po skończonej ciąży znaleźć można w jajniku kobiety obok jednego lub dwu ciałek żółtych regularności resztki ciałka żółtego ciąży. Ze względu na budowę (Prenant), jako też na podstawie szeregu nowszych badań doświadczalnych ciałko żółte uważać można za gruczoł o we-

wnętrznem wydzielaniu. (O jajniku, jako gruczole o wewnętrznem wydzielaniu — patrz niżej).

Opiszemy tu jeszcze pokrótce przemiany wsteczne, które, jak już wyżej zaznaczono, powodują zagładę przeważającej części pęcherzyków; przemianom tym nadano nazwę *atrezji pęcherzyków* (Sławiański, Schottländer). Za punkt wyjścia dla tych zmian



Ryc. 262.
Część ciałka żółtego suki.
Pow. ok. 300 razy.

uważać należy jądro jaja, które ulega procesowi zw. *chromatolyzą*, polegającemu na tem, że chromatyna rozpada się na drobniutkie cząsteczki, rozpuszczające się w soku jądrowym; wkrótce błona jądrowa znika, całe jajo, a w ślad za niem i osłonka przeźroczysta (zona pellucida) ulegają zwyrodnieniu tłuszczowemu i rozpuszczeniu. Następnie komórki nabłonka pęcherzykowego przechodzą zupełnie podobne przemiany. W rozpuszczeniu oraz wessaniu pozostałości ko-

mórkowych, przytem powstających, uczestniczą przeważnie komórki wędrujące.

Jednakże w związku z powyższym procesem występuje niekiedy reakcja ze strony otoczki pęcherzykowej (theca folliculi), mianowicie komórki warstwy wewnętrznej (tunica interna) poczynają bujać i wytwarzać tkankę łączną (Schottländer). W takich zanikających pęcherzykach mogą czasami przedtem powstawać ciałka kierunkowe (podziały dojrzewania [Flemming, Schottländer]).

W świetle badań najnowszych jako punkt wyjścia dla procesów, prowadzących do atrezji pęcherzyków, przyjąć należy raczej bujanie warstwy wewnętrznej osłonki (theca interna), niż zwyrodnienie samego jajka i pęcherzyka. (Rabl, Seitz, Cohn).

Wkońcu jeszcze kilka uwag o jajniku jako o gruczole o wewnętrznem wydzielaniu i kilka szczegółów o funkcji ciałka żółtego i gruczołu śródmiąższowego.

Od lat z górą 20 zalicza się ogólnie jajnik do rzędu tych gruczołów, które oprócz głównej swej czynności wydzielania zewnętrznego (w tym przypadku wytwarzania jajek) sprawują równocześnie funkcję gruczołu o wewnętrznem wydzielaniu i tem samem wywierają ogólny wpływ na cały organizm, oddając pewne w sobie wytworzone substancje (inkret) za pośrednictwem dróg limfatycznych lub krwionośnych do ogólnego krążenia.

Podstawę do powyższego przypuszczenia znajduje się zarówno w budowie jajnika, jak również w pracach doświadczalnych i w obserwacji przypadków patologicznych. Nie ulega bowiem wątpliwości, że jajnik wywiera wpływ możny na rozwój i czynność narządów płciowych kobiecych, jak również na kształtowanie się i utrzymanie wtórorzędnych cech płciowych kobiety, niepodobna tylko z pewnością orzec, do którego składnika w jajniku należy odnieść tę czynność wydzielniczą wewnętrzną.

Część przeważna badaczy przypisuje istotną, wewnątrz wydzielniczą funkcję ciałkom żółtym, część zaś komórkom, względnie gruczołowi śródmiąższowemu, wreszcie są i tacy, którzy główny w tem udział przydzielają pęcherzykom, względnie samemu jajku, komórkom śródmiąższowym natomiast rolę tylko podrzędną, czysto odżywczą.

Dziś widzi przeważna część badaczy *w ciałku żółtem* gruczoł o wewnętrznem wydzielaniu. Co się tyczy tego tworu, Born pierwszy postawił hipotezę, że wydzielina jego ma za zadanie przygotować błonę śluzową macicy do przyjęcia zapłodnionego jaja i wywołać warunki, sprzyjające dalszemu rozwojowi wszczepionego już jaja. Hipoteza ta znalazła uzasadnienie w doświadczeniach L. Fränkla i L. Löba. O ile zapłodnienie nie przychodzi do skutku, to — zdaniem tego samego autora — ciałka żółte rzekome mają wywoływać menstruację. Mianowicie rozwijające się okresowo ciałka żółte w dorosłym jajniku wydzielają substancję, która wywołuje cykliczne zmiany w błonie śluzowej macicy, zachodzące podczas regularności. Stwierdzono, że owulacja u człowieka pozostaje w związku ścisłym z miesiączką. Owulacja bowiem, a w ślad za nią rozwój ciałka żółtego, występuje stale około 14-ego dnia przed najbliższem miesiączkowaniem i wywołuje najpierw przedmiesiączkowe zmiany w błonie śluzowej macicy, a wreszcie samo krwawienie miesiączkowe.

Za takim stałym czasowym i przyczynowym związkiem między owulacją i menstruacją u człowieka przemawiają liczne doświadczenia z lat ostatnich L. Fränkla, R. Meyera, Rugego, Schrödera, J. W. Millera, F. Cohna, Seitza.

Badania te wykazały, że istnieje paralelizm czasowy pomiędzy stadjami rozwoju ciałka żółtego i zmianami cyklicznemi miesiączkowemi błony śluzowej. Z chwilą powstania ciałka żółtego zjawiają się zmiany przedmiesiączkowe w błonie śluzowej macicy. Całych 14 dni potrzeba na to, by ciałko żółte znalazło się u szczytu swego rozwoju. Teraz dopiero, kiedy zaczynają się przemiany wsteczne w ciałku żółtem, występują objawy krwawienia miesiączkowego.

Z drugiej strony nie wolno przemilczeć zapatrywania przeciwnego na funkcję ciałka żółtego, t. zn. działania hamującego menstruację (Prénant, Halban, Köhler). Według przypuszczenia Halbana rozwój ciałka żółtego wywołuje wprawdzie zmiany przedmiesiączkowe w błonie śluzowej macicy, dopiero jednak procesy wsteczne, rozpoczynające się w ciałku żółtem, powodują wystąpienia krwawienia.

W latach ostatnich nawet udało się Seitzowi i jego współpracownikom uzyskać z ciałka żółtego dwie substancje o wprost przeciwnem działaniu: jedną, wstrzymującą krwawienie, nazwaną *luteolipoidem*, drugą, wywołującą krwawienie, zwaną *lipaminą*. Według ich przypuszczenia *luteolipoid* miałby być zawarty w ciałku żółtem dopiero od chwili szczytu jego rozwoju, w czasie zmian wstecznych komórek pęcherzykowych; *lipamina* zaś miałaby przeważać w młodem, rozwijającem się ciałku żółtem, a więc w okresie, poprzedzającym pęknięcie pęcherzyka. Od stosunku obu powyższych substancyj, wytwarzających się w ciałku żółtem, miałby zależeć przebieg miesiączkowania.

Co się zaś tyczy *komórek*, względnie t. zw. *gruczołu śródmiąższowego*, to na podstawie licznych badań stoimy dziś na stanowisku, że materjał dla komórek śródmiąższowych stanowią pęcherzyki, ulegające atrezji. Materjału dla wytworzenia komórek śródmiąższowych mają mianowicie dostarczać silnie bujające komórki wewnętrznej warstwy otoczki pęcherzyków ulegających atrezji (Limon, Bouin); w ten sposób miałyby być komórki śródmiąższowe pochodzenia łącznotkankowego. Atrezja pęcherzyków pozostaje w stosunku ilościowym do stopnia produkcji pęcherzyków. Stąd u zwierząt, które wydają na świat naraz liczne potomstwo (owadożerne, gryzonie i nietoperze), produkcja pęcherzyków a w związku z tem także zanik ich są bardzo silne; skutkiem tego zaś gruczoł śródmiąższowy jest bardzo znacznie rozwinięty tak, że może czasami zajmować nawet $^{9}/_{10}$ części całego jajnika. Wprost przeciwnie natomiast jest u kopytnych, małp i u ludzi, którzy rodzą tylko jeden lub dwa płody; tutaj komórki śródmiąższowe są słabo rozwinięte i można powiedzieć, że gruczoł śródmiąższowy jest poprostu w stanie szczątkowym Wzamian niejako zato u tych wyższych grup zwierząt ssących znajdujemy silnie rozwinięte ciałka żółte, które obejmują poniekąd rolę zastępczą i stanowią równoważnik źle rozwiniętego gruczołu śródmiąższowego (Aschner).

U niektórych gatunków ssaków, podobnie jak u człowieka, komórki śródmiąższowe występują w młodym wieku, w miarę jednak zbliżania się do dojrzałości płciowej ulegają stopniowemu zanikowi.

U człowieka z chwilą wystąpienia pierwszego ciałka żółtego rzekomego komórki śródmiąższowe redukują się do minimum tak, że można na tej podstawie komórki śródmiąższowe i ciałko żółte uważać jako równowartościowe i zastępczo działające tkanki (Seitz, Fränkel, Biedl).

U człowieka później znów, podczas ciąży, rozwijają się obficiej komórki śródmiąższowe w następstwie żywszej atrezji pęcherzyków (Seitz, Wallart).

Komórki, wchodzące w skład obu powyższych tworów, choćby były pochodzeniem różne, przedstawiają nietylko pod względem układu i unaczynienia, ale nawet samej budowy i histochemicznych właściwości znaczne podobieństwo, jedne bowiem i drugie komórki zawierają tłuszczowate ziarenka (Seitz, Wallart).

W ostatnich czasach znów powracają badacze (R. Meyer, Bucura, Aschner, Schröder) do zapatrywania, że właściwy *składnik rozrodczy jajnika*, t. j. samo *jajo*, odgrywa rolę główną w wydzielaniu wewnętrznem jajnika Od losu jaja ma być zależny nietylko stan całego narządu płciowego, ale nawet całego organizmu kobiecego, a ciałko żółte według tego zapatrywania byłoby gruczołem o wewnętrznem wydzielaniu, które swoim inkretem wspiera komórkę jajową, względnie jaje zapłodnione. Jeśli jajo po opuszczeniu pęcherzyka obumrze, nie zostawszy zapłodnione, ulega ciałko żółte wstecznym przemianom, a błona śluzowa macicy odpowiednio zmieniona i poniekąd przygotowana na przyjęcie jaja, ulega rozpadowi; cały ten proces objawia się na zewnątrz krwawieniem i nazywa się menstruacją. Gdy jajo zostanie zapłodnione, nie przychodzi do menstruacji, ponieważ zapłodnione jajo osadza się na poprzednio przygotowanej błonie śluzowej macicy, i dalej się rozwija. Wykazano też, że błona śluzowa macicy w okresach przedmiesiączkowych nie różni się zgoła od t. zw. doczesnej ciąży (R. Meyer, Schröder) i że ciałka żółte rzekome i prawdziwe są w początkowych okresach swego rozwoju do siebie podobne pod względem swego powstania, swojej budowy i zawartości w lipoidy, a różnice występują dopiero w późniejszych okresach rozwoju tych tworów. W ciałku żółtem rzekomem mianowicie dają się lipoidy już bardzo wcześnie po obumarciu niezapłodnionego jaja mikrochemicznie wykazać, w ciałku zaś żółtem prawdziwem dopiero w drugiej połowie ciąży, w pierwszej zaś tylko przy poronieniu t. zn. gdy jajo zapłodnione obumrze i zostanie wydalone (Wiczyński).

Na podstawie wyników tych badań można uważać cały proces menstruacji za poronienie, przejawiające się rozpadem błony śluzowej macicy. Błona ta przygotowuje się okresowo (raz w miesiąc) do przyjęcia komórki jajowej, również raz w ciągu miesiąca dojrzewającej.

Tętnice jajnika, będące rozgałęzieniami tętnicy macicznej *(arteria uterina)* oraz tętnicy nasiennej wewnętrznej *(art. spermatica interna)*, wchodzą do narządu przez wnękę, przebiegają istotę rdzenną w silnych skrętach śrubowatych, przyczem dzielą się ciągle i tworzą, łącząc się z sobą, silnie rozwiniętą sieć w częściach obwodowych istoty rdzennej. Od sieci tej cieńsze gałązki wchodzą do istoty korowej i dzielą się na naczynia włosowate, oplatające poszczególne pęcherzyki i wchodzące do otoczki *(theca)*. Żyły biegną podobnie, jak tętnice; zpoczątku są stosunkowo wąskie, lecz w istocie rdzennej rozszerzają się znacznie i tworzą szeroki splot we wnęce.

Naczynia limfatyczne jajnika rozwijają się ze szczelin, otaczających pęcherzyki. Zamknięte naczynia limfatyczne występują dopiero w częściach wewnętrznych istoty korowej, zespalają się w kilka większych pni w istocie rdzennej i przez wnękę opuszczają jajnik.

Nerwy rdzenne lub bezrdzenne pochodzą ze splotu nasiennego *(plexus spermaticus)* oraz nerkowego *(pl. renalis)*. Wraz z naczyniami wnikają we wnękę i są przeważnie naczynioruchowe, więc kończą się w samych naczyniach. Pewna ich część jednakże dochodzi też do istoty korowej i otacza każdy pęcherzyk gęstą siecią splotów. Zdaniem Retziusa, Gawrońskiego i Mandla włókna ner-

wowe nie przenikają do pęcherzyka, jak twierdzili v. Herff i Riese. Natomiast w ostatnich latach Brill wykazał, że nerwy nietylko dochodzą w warstwie ziarnistej aż do podstawy wewnętrznego pokładu komórek, lecz zaopatrują też ciałka żółte i komórki śródmiąższowe.

W najbliższem sąsiedztwie jajnika znajdują się jeszcze 2 narządy szczątkowe: *nadjajnik (epoophoron)* i *przyjajnik (paroophoron)*.

Nadjajnik (epoophoron, narząd Rosenmüllera, *parovarium)* jest szczątkiem pranercza i leży pomiędzy jajnikiem a jajowodem, między dwiema blaszkami więzadła szerokiego *(lig. latum)*. W swej postaci najbardziej typowej składa się z kanału, biegnącego równolegle z jajowodem, oraz z kilku uchodzących doń kanalików bocznych. Kanał ten, czyli t. zw. przewód Gartnera, przedstawia szczątek przewodu Wolffa, kanaliki zaś pozostałość części górnej pranercza. Wszystkie te kanaliki wysłane są walcowatym nabłonkiem migawkowym.

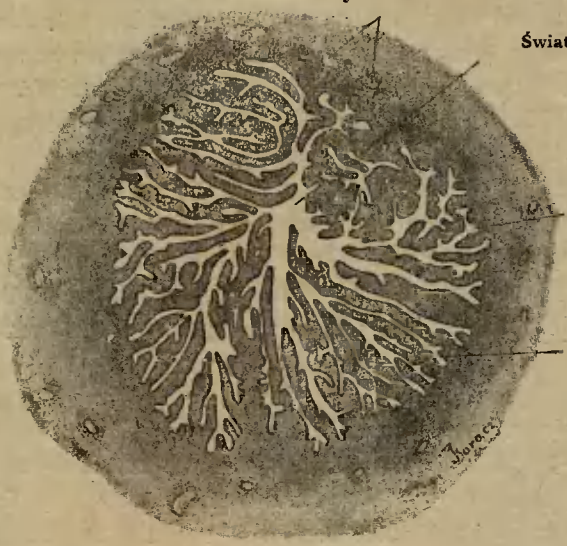
Przyjajnik (paroophoron) leży między dwiema ostatniemi gałązkami tętnicy nasiennej wewnętrznej *(art. spermatica interna)*, tuż przed wejściem jej do jajnika. Składa się z małej grupy kanalików krętych, wykazujących tę samą budowę, co i kanaliki nadjajnikowe. Przyjajnik jest szczątkiem odcinka doogonowego pranercza.

b) Jajowód.

Jajowód czyli trąbka *(tuba uterina* Fallopii) jest to rura długości 7—14 cm, która z jednej strony uchodzi do macicy wąskim odcinkiem dośrodkowym, zwanym cieśnią jajowodu *(isthmus tubae uterinae)*, z drugiej zaś, rozszerzając się stopniowo w bańkę jajowodu *(ampulla tubae uterinae)*, kończy się lejkiem *(infundibulum tubae uterinae)* o strzępiastym brzegu, t. z. strzępku trąbki *(fimbria tubae uterinae)*, uchodzącym do jamy brzusznej. W ściance jajowodu odróżniamy następujące warstwy, idąc od wewnątrz ku zewnątrz: błonę śluzową, podśluzową, mięsną oraz powłokę otrzewnową.

Błona śluzowa układa się w liczne fałdy podłużne, które w poszczególnych odcinkach jajowodu mają niejednakową wysokość; są one względnie niskie w cieśni jajowodu *(isthmus)*, natomiast w bańce *(ampulla)* dochodzą do wysokości niezwykłej i tworzą liczne, rozgałęzione fałdy wtórne, które, widziane gołem okiem, całkowicie wypełniają światło jajowodu (ryc. 263). Poprzez wąskie ujście brzuszne *(ostium abdominale)* rozpościerają się fałdy podłużne błony śluzowej i przechodzą w dalszym ciągu na strzępki *(fimbriae)*, z których najdłuższy, strzępek jajnikowy *(fimbria ovarica)*, zaginając się ku środkowi, dosięga nierzadko aż bocznego bieguna jajnika.

Nabłonek błony śluzowej jest jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym, migawkowym. Komórki jego mają 15—20 μ wysokości; migawki tych komórek poruszają się w kierunku ujścia macicznego *(ostium uterinum)* (ryc. 264). Lecz obok komórek migawkowych są także komórki bez migawek, które barwią się barwikami zasadowemi i są wypełnione ziarenkami wydzieliny. Stwierdzono, że komórki migawkowe, przeważnie w tym czasie, w którym jajko przechodzi przez jajowód, wytwarzają w swem wnętrzu ziarenka wydzieliny, tracą migawki i ciałka podstawowe i wydzielają do światła jajowodu ciecz śluzowatą. Po ukończeniu okresu wydzielniczego, komórki odzyskują znowu własności komórek migawkowych (Moreaux,



Ryc. 263.
Przekrój poprzeczny bańki jajowodu młodej kobiety.
Pow. ok. 25 razy.

Nicolas, Bouin, Limon, Frommel, Chrobak, Rosthorn, Mandel).

Warstwa właściwa błony śluzowej *(propria)* obfituje w liczne komórki; od błony podśluzowej oddziela ją cienka warstwa mięsna błony śluzowej *(muscularis mucosae)*, złożona z wiązek komórek mięsnych gładkich, biegnących podłużnie. Według większości badaczy, błona śluzowa jajowodu nie zawiera gruczołów.

Błona podśluzowa jest luźną, silnie rozwiniętą tkanką łączną.

Błona mięsna składa się z wewnętrznych okrężnych tudzież z zewnętrznych podłużnych pasm mięśni gładkich. W obrębie cieśni warstwa mięsna jest rozwinięta najsilniej, natomiast staje się cieńszą

w okolicy bańki, przy równoczesnem zgrubieniu błony śluzowej. W cieśni mięśnie okrężne są znacznie silniej rozwinięte, aniżeli podłużne, w bańce zaś obie te warstwy są niemal jednakowo wykształcone.

Błona surowicza stanowi najbardziej zewnętrzną warstwę ściany jajowodu i posiada wogóle budowę otrzewnej; z warstwą mięśni podłużnych połączona jest zapomocą luźnej tkanki łącznej podsurowiczej.

Błona śluzowa jajowodu obfituje w *tętnice*. *Żyły* jej tworzą splot, ciągnący się wzdłuż dolnej krawędzi narządu.

Naczynia limfatyczne powstają z szczelin limfatycznych błony śluzowej, łączą się w 2—3 drobne pnie i uchodzą do górnych pni limfatycznych macicy.

Ryc. 264.
Część przekroju fałdu błony śluzowej jajowodu kobiety.
Powiększ. ok 480 razy.

Nerwy wchodzą wraz z tętnicami do podłużnej warstwy mięsnej, tworzą tu gęsty splot, z którego cienkie włókienka odchodzą do komórek mięsnych i do nabłonka (Gawroński, v. Herff).

c) Macica.

Macica *(uterus)* w całości swej przedstawia narząd mięsny, w którym zapłodnione jajo przebywa dalsze przemiany rozwojowe aż do zupełnej dojrzałości płodu. Macica powstaje z dolnych części przewodów Müllera, zlanych z sobą w jedną całość, których odcinek doogonowy tworzy pochwę *(vagina)*.

W ścianie macicy odróżniamy, idąc od wnętrza na zewnątrz, *błonę śluzową (endometrium)*, *mięsną (myometrium)* i *surowiczą (perimetrium)*. Błony podśluzowej macica nie posiada (ryc. 267 - 269).

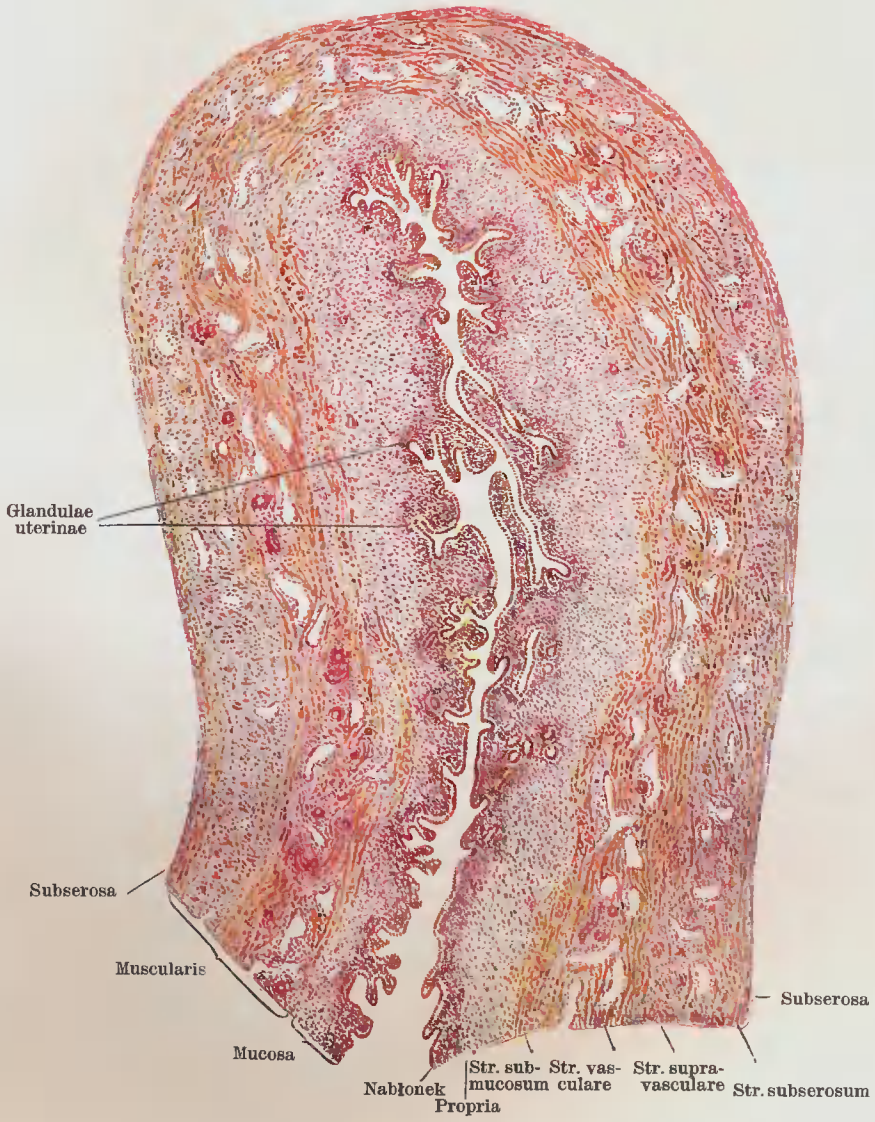
Błona śluzowa, której grubość w porze pokwitania dochodzi do 1 mm, wyściela całe wnętrze macicy i przechodzi u zewnętrznego ujścia macicznego w błonę śluzową części pochwowej macicy. Błona ta na dnie macicy *(fundus uteri)* jest bardzo miękka i leży bez fałdów na błonie mięsnej; w szyjce *(cervix)* natomiast jest bardziej zbita i tworzy system *zmarszczków pierzastych (plicae palmatae)*, układających się drzewiasto. Nabłonek błony śluzowej jest jednowarstwowy, walco-

waty, którego komórki na dnie macicy są niższe (25—30 μ), w szyjce zaś wyższe (35—60 μ) (ryc. 268). Komórki te u noworodków nie posiadają jeszcze migawek; pojawiają się one dopiero na początku pory pokwitania (W y d e r). Podobnie jak w jajowodzie, migawki poruszają się w kierunku zewnętrznego ujścia macicy. Obok nabłonka migawkowego napotykamy miejscami nabłonek, pozbawiony migawek, o komórkach, wykazujących czynność wydzielniczą. U człowieka migawki znikają na czas miesiączkowania, u zwierząt zaś macica jest wysłana nabłonkiem walcowatym wydzielniczym, którego komórki jedynie przejściowo posiadają migawki (M a n d l). Na-

Ryc 267.
Przekrój poprzeczny trzonu macicy dorosłej kobiety.
Słabe powiększenie.

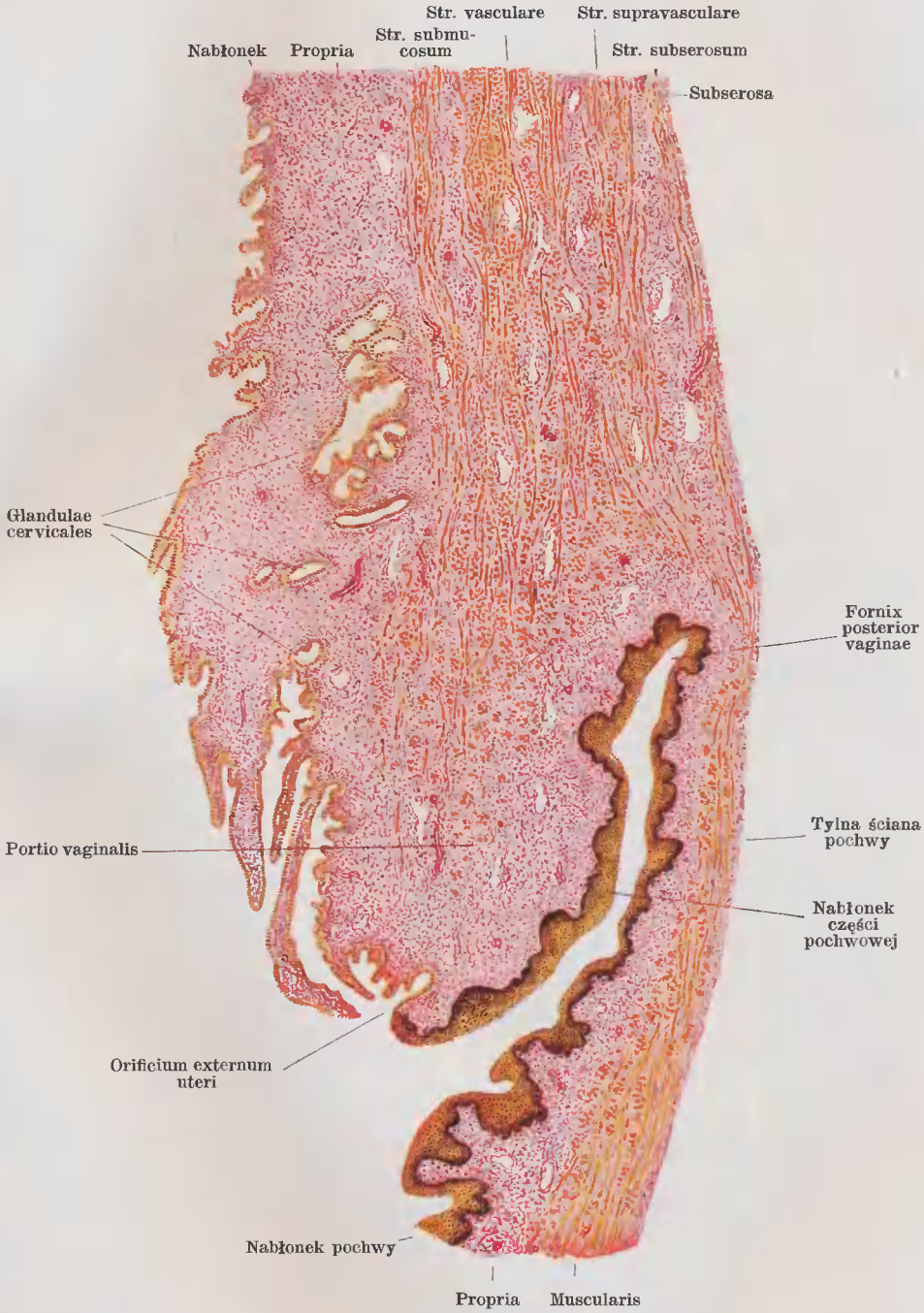
błonek trzonu macicy *(corpus uteri)* różni się od nabłonka szyjki *(cervix)*; komórki nabłonka szyjki wykazują bowiem zawsze na całej swej rozciągłości wybitne zabarwienie śluzowe, które wykazać można mucykarminem (H i t s c h m a n n, A d l e r, B ü t t n e r, G r a u l), gdy tymczasem komórki nabłonka trzonu, przynajmniej w częściach podstawowych, nie przybierają nigdy zabarwienia, śluz charakteryzującego (B ü t t n e r). U wewnętrznej krawędzi ujścia zewnętrznego macicy nabłonek walcowaty jamy macicznej *(cavum uteri)* przechodzi w wielowarstwowy nabłonek płaski części pochwowej, którą pokrywa, i w dalszym ciągu przechodzi w sklepieniu pochwy *(fornix vaginae)* w nabłonek pochwy (ryc. 266 i 269).

Warstwa właściwa, oddzielona od nabłonka *błonką podstawową*, nie wykazująca wyraźnej budowy — posiada niezwykłą obfitość ko-



Ryc. 265. Przekrój podłużny strzałkowy trzonu macicy nowonarodzonej dziewczynki. Hemat. żelaz.-fuchsyna pikrynowa.

Pow. 12 r.



Ryc. 266. Przekój podłużny strzałkowy szyjki macicznej i pochwy nowonarodzonej dziewczynki. Przedsławiona jesł tylko tylna połowa skrawka. Hemat. żel.-fuchsyna pikrynowa.

Pow. 12 r.

mórek. Niektórzy badacze (Leopold, Nagel) uważają ją za tkankę siateczkowatą, złożoną z łączących się z sobą komórek gwiaździstych, w której oczkach leżą limfocyty i która posiada silnie rozwiniętą jednolitą istotę międzykomórkową. Inni znowu uważają tę warstwę za tkankę łączną o bardzo delikatnych włókienkach i bogatą w komórki. Warstwa właściwa nie zawiera włókien sprężystych.

Błona śluzowa macicy posiada liczne *gruczoły*, które się różnią pod względem kształtu w obrębie dna i szyjki. *Gruczoły dna macicy (glandulae uterinae)* (ryc. 268) są pojedyńcze, przeważnie nie rozgałęzione, rzadziej zaś widełkowato rozdzielone gruczoły cewkowe; biegną w częściach głębszych często wężykowato i drążą czasami aż do błony mięsnej. Są one wysłane nabłonkiem takim samym, jaki wyściela powierzchnię macicy, o migawkach poruszających się ku ujściu gruczołu (Lott). *Gruczoły* natomiast *szyjki (glandulae cervicales)* są to rozgałęzione, cewkowo-pęcherzykowe gruczoły śluzowe (ryc. 266 i 269). Poszczególne gruczoły okazują już w warunkach normalnych czynność wydzielniczą, wzmagającą się znacznie podczas miesiączkowania. Wydzielina ogólna gruczołów macicznych jest szklistym i ciągnącym się śluzem; wskutek zastoju tej wydzieliny w gruczołach szyjki, tworzą się w jej błonie śluzowej małe torbiele, t. zw. *pęcherzyki cz. jajka* Nabotha (*ovula* Nabothi).

Błona mięsna macicy tworzy warstwę z wszystkich najtęższą. Składa się ona z komórek mięsnych gładkich, których długość w macicy dziewiczej wynosi 50—60 μ; w okresie ciąży długość ich wzrasta dziesięciokrotnie, a następnie znów wraca do rozmiarów pierwotnych. W ścianie macicy możemy wyróżnić 4 warstwy włókien mięsnych (Kreitzer). Pod błoną śluzową leży *warstwa podśluzowa (stratum submucosum)*, przebiegająca w zasadzie podłużnie; po niej następuje *warstwa naczyniowa (stratum vasculare)*, przeważnie okrężna, stanowiąca główną część warstwy mięsnej i zawierająca wielkie pnie naczyniowe. Nazewnątrz powlekają ją: *warstwa nadnaczyniowa (stratum supravasculare)*, składająca się z wiązek, które biegną podłużnie i okrężnie, oraz cienka *warstwa podsurowicza (stratum subserosum)*, której włókienka przebiegają podłużnie i sąsiadują z błoną surowiczą *(serosa* [ryc. 265]). Pomiędzy pęczkami mięsnemi znajdują się bardzo liczne włókna sprężyste. Włókienka te są po części odgałęzieniami sieci sprężystych wielkich pni naczyniowych, po części zaś wychodzą z granicznej błony sprężystej, odgradzającej błonę mięsną od surowiczej, i przebijają muskulaturę prostopadle do powierzchni (Pick). Tylko warstwy najbardziej wewnętrzne, umieszczone pod warstwą właściwą błony śluzowej, nie zawierają włókien sprężystych.

Błona surowicza leży bezpośrednio na błonie mięsnej, od której oddzielona jest tylko wyżej wymienioną, sprężystą błoną graniczną.

Brak tu zupełnie tkanki łącznej podsurowiczej, wskutek czego błonę surowiczą z wielką tylko trudnością można odłączyć od błony mięsnej.

Tętnice macicy, będące rozgałęzieniami tętnicy macicznej *(art. uterina)* oraz tętnicy jajnikowej *(art. ovarica)*, przenikają do błony mięsnej i rozgałęziają się przeważnie w jej warstwie środkowej; stąd też nazywa się ona warstwą naczyniową *(stratum vasculare)*. Gałązki tętnicze drążą dalej do błony śluzowej i tworzą tam obfitą sieć włosowatą, która sięga aż pod błonę podstawową i gęsto oplata gruczoły. Wychodzące z niej żyły tworzą pierwszy splot w warstwie właściwej błony śluzowej, drugi zaś w warstwach środkowych błony mięsnej.

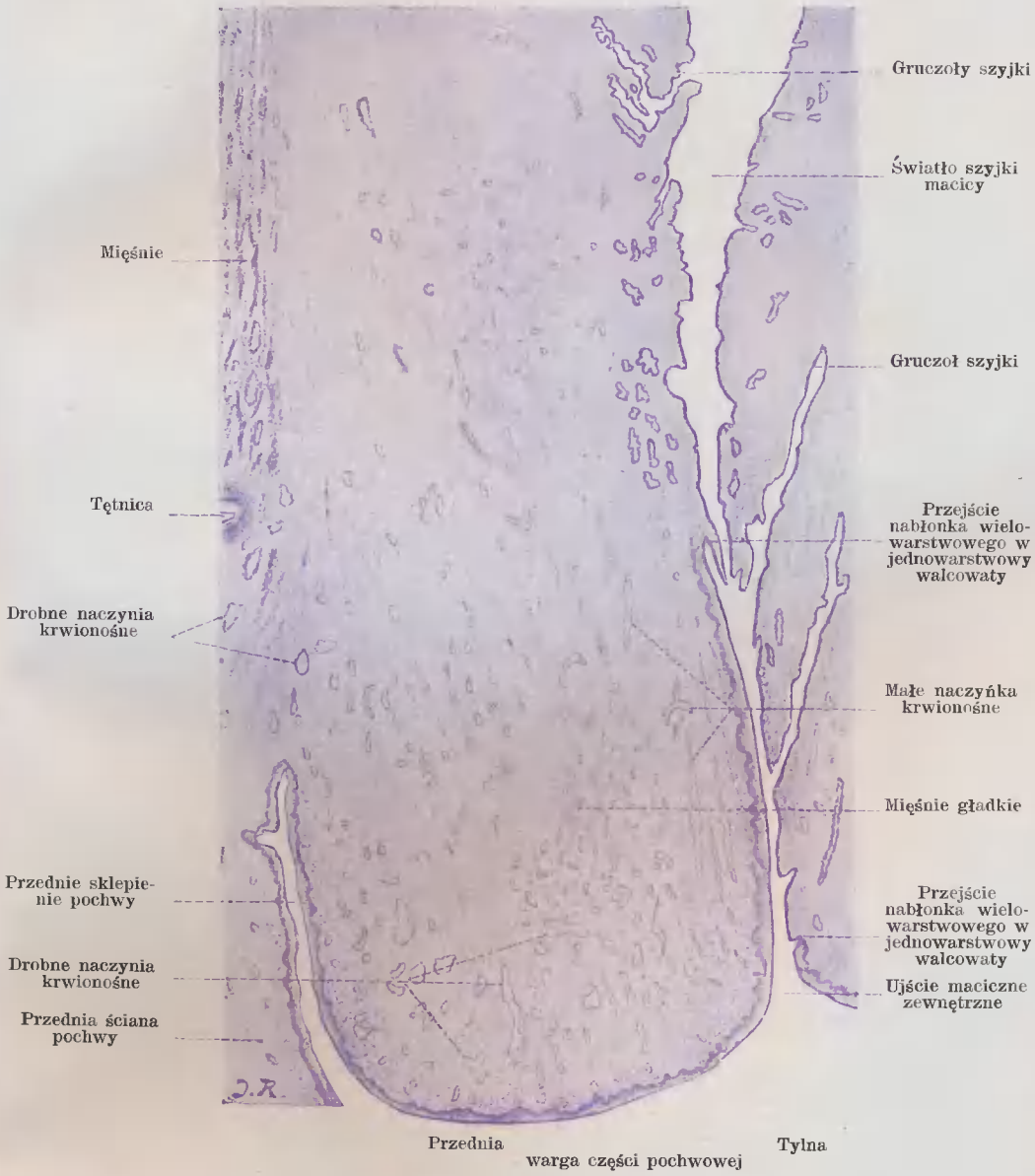
Ryc. 268.
Część przekroju błony śluzowej macicy małpy.
Pow. ok. 180 razy.

Naczynia limfatyczne tworzą 3 sieci, mianowicie sieć głęboką w warstwie właściwej, środkową w błonie mięsnej i sieć powierzchniową w błonie surowiczej (P o i r i e r). Po każdej stronie tworzą one 4—6 pni, biegnących wspólnie z tętnicą maciczną, względnie w więzadle szerokiem.

Pnie te uchodzą do węzłów limfatycznych lędźwiowych *(lymphoglandulae lumbales)*.

Nerwy macicy pochodzą ze splotu pochwowomacicznego *(plexus uterovaginalis)* oraz ze splotu pęcherzowego *(plexus vesicalis)*. Tworzą one w błonie mięsnej bardzo obfitą sieć nerwową, której gałązki zaopatrują mięśnie i naczynia, i wchodzą do nabłonka, pomiędzy którego komórkami wolno się kończą. Włókien nerwowych rdzennych zawiera macica bardzo niewiele, komórek zaś zwojowych nie posiada wcale (L a b h a r d t).

W pewnych okresach życia kobiety, w macicy, zwłaszcza w jej



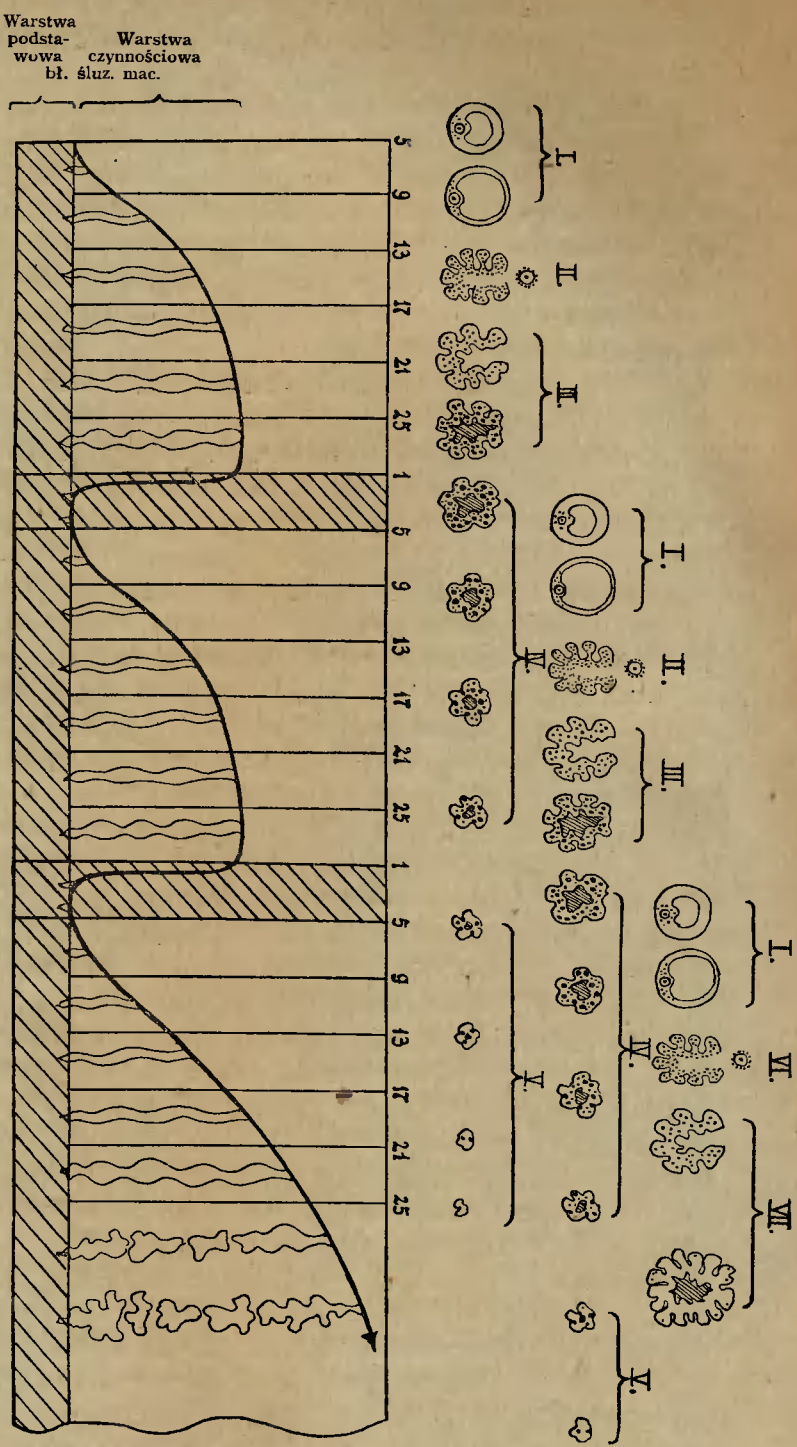
Ryc. 269.

Przekrój strzałkowy przez część pochwową macicy 28-letniej kobiety (nullipara).

błonie śluzowej, zachodzą ważne zmiany, które zamierzamy rozpatrzeć tu w krótkości. Zmiany te przypadają na okres *miesiączkowania i ciąży.*

Miesiączką (menstruacją, regularnością) nazywamy odpływ krwi z błony śluzowej macicy do wnętrza jamy macicznej, z niej zaś na zewnątrz, powtarzający się zwykle prawidłowo co 28 dni, podczas całego życia płciowego kobiety. Pierwsze pojawienie się miesiączki, która w naszej szerokości geograficznej rozpoczyna się zwyczajnie w 14-tym roku życia, oznacza początek pory pokwitania, ustanie zaś jej *(menopauza)*, które następuje w latach 45—50, świadczy o ustaniu zdolności rozrodczych kobiety.

Istoty miesiączkowania nie stanowi jednak samo krwawienie; jest ono tylko zjawiskiem częściowem procesu ogólnego, który się powtarza w równych, ściśle określonych odstępach czasu w organizmie dojrzałej płciowo kobiety. Menstruacja polega na zmianach błony śluzowej macicy, cyklicznie występujących i połączonych z dojrzewaniem jaja. Cykl tych przemian dzieli się na kilka okresów, połączonych z charakterystycznemi zmianami mikroskopowemi w budowie błony śluzowej macicy. Wykazanie całego szeregu zmian cyklicznych jest zasługą Hitschmanna i Adlera, w ostatnich zaś czasach R. Schrödera. Zmiany powyższe polegają przedewszystkiem na znacznem przekrwieniu, które pojawia się przed właściwą miesiączką (krwawieniem) już na dni około dziesięciu. Cała błona śluzowa macicy pęcznieje wskutek przesięku i wysięku w podłoże. Naczynia krwionośne są wtedy niezwykle rozszerzone i krwią wypełnione. Zdaniem niektórych badaczy powstawać mogą nawet nowe naczynia (Heape — u małp). Wskutek przekrwienia następuje bujanie powierzchniowych warstw błony śluzowej, przemieniającej się w *doczesną miesiączkową (decidua menstrualis)*. Grubość błony śluzowej dochodzi wtedy do 6 mm. Proces ten jest następstwem tego, że jednorodna substancja międzykomórkowa warstwy właściwej błony śluzowej znacznie się pomnaża, jako też tego, że rozrastają się elementy komórkowe tej warstwy i komórki nabłonkowe. Dowodzą tego liczne figury mitotyczne, których istnienie podczas miesiączkowania wykazał Mandl zarówno w warstwie właściwej, jak i w nabłonku. Nabłonek zatraca migawki podczas menstruacji, które zjawiają się wyspami znów w 4 dni po miesiączce. W przeważnej części gruczoły maciczne rosną i wykazują zmiany, połączone z równoczesnem wzmożeniem wydzielania; w niektórych gruczołach widzi się nawet nagromadzenie śluzu i rozszerzenie światła tak, że błona śluzowa tuż przed menstruacją jest bardzo podobna do błony doczesnej właściwej, która się tworzy podczas ciąży. Ten fakt uprawdopodabnia przypuszczenie, że celem procesów, odbywających się

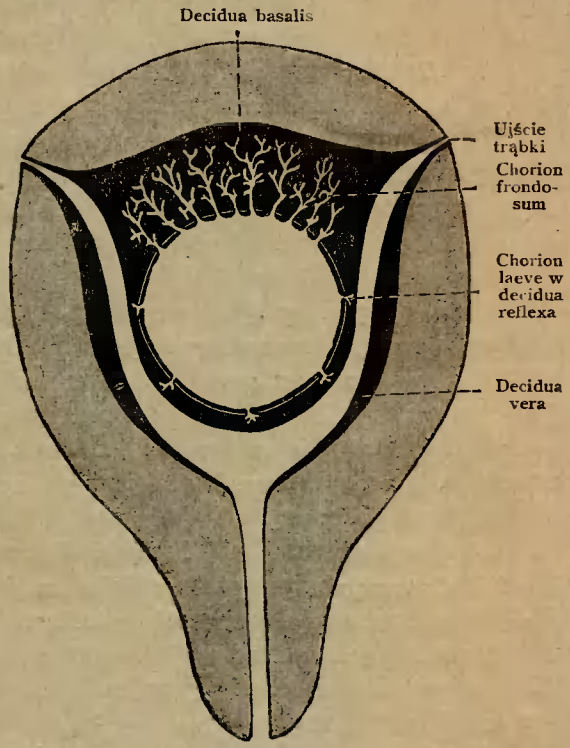


Ryc 270. Schematyczne przedstawienie stosunku owulacji do menstruacji i owulacji do ciąży (wedł. Schrödera a zmienione przez Wiczyńskiego). Linja falista oznacza zmianę grubości błony śluz. macicy w różnych dniach menstruacji i ciąży. Kreskowane słupy odpowiadają okresowi krwawienia. W górze są przedstawione przemiany pęcherzyka jajkowego aż do utworzenia się ciałka białawego.

I Rosnący pęcherzyk jajkowy, II Owulacja, III Corpus luteum menstruationis, IV Przemiany wsteczne w ciałku żółtem, V Corpus albicans, VI Owulacja i zapłodnienie, VII Corpus luteum graviditatis.

w błonie śluzowej macicy w czasie miesiączkowania, jest przygotowanie jej do przyjęcia jaja zapłodnionego (porównaj „jajnik").

Ponadto następuje wynaczynienie krwi do warstw podnabłonkowych błony śluzowej, częściowo wskutek pęknięcia ścian naczyń włosowatych, częściowo zaś wskutek przenikania *(diapedesis)* czerwonych ciałek krwi przez ściany naczyń. Takie wynaczynienia krwi powodują miejscami oddzielenie się nabłonka w drobnych strzępkach od warstwy właściwej, obumarcie jego w tych miejscach, rozpad i wydalenie na zewnątrz. Wskutek tego następuje krwawienie do jamy macicy, przyczem krew wraz ze strzępkami doczesnej miesiączkowej wypływa nazewnątrz jako krew miesiączkowa *(menses)*. Prawidłowo samo krwawienie trwa około 4 dni. Potem, w ciągu dalszych 4—5 dni odbywa się uzupełnienie ubytków nabłonka; komórki nabłonka powierzchniowego i gruczołowego rozmnażają się przez podział pośredni i pokrywają miejsca obnażone. Równocześnie następuje odbudowa warstwy właściwej; naczynia krwionośne zwężają się, a błona śluzowa w ciągu następnych dni po krwawieniu powraca do stanu prawidłowego, na to, aby znów niedługo rozpocząć nową fazę.



Ryc. 271.
Schemat stosunku jaja do błony śluzowej macicy podczas ciąży.

Szyjka nie uczestniczy w miesiączkowaniu, tylko wydziela więcej śluzu. W błonie śluzowej jajowodu w związku z miesiączkowaniem dokonywają się według niektórych badaczy zmiany podobne, jak w macicy; zdaniem ich dochodzi nawet do wynaczynienia krwi do światła jajowodu (Wendler, Hirschberg), czemu atoli przeczą badania A. Czyżewicza.

O wiele głębsze są zmiany w błonie śluzowej macicy, towarzy-

szące ciąży. Po ukończonej ciąży niemal cała błona śluzowa macicy oddziela się jako *błona doczesna;* odróżniamy w niej trzy części:

1. *Doczesna podstawowa czyli późna (decidua basalis sive serotina)* przedstawia część błony śluzowej macicy, do której przytwierdza się zapłodnione jajo i w której tworzy się następnie łożysko *(placenta);* z tego powodu błona ta nazywa się także *doczesną łożyskową (decidua placentalis).*

2. *Doczesna zagięta* czyli *torebkowa (decidua reflexa sive capsularis)* jest to część błony śluzowej macicy, obrastająca i osłaniająca jajo.

3. *Doczesna właściwa (decidua vera)* stanowi pozostałą część błony śluzowej, zmienionej przez jajo w nią wszczepione.

Zaczniemy od szczegółowego rozpatrzenia doczesnej właściwej. W okresie ciąży w błonie śluzowej macicy zachodzą zmiany, odpowiadające zmianom podczas miesiączkowania. Wskutek tego grubość błony śluzowej do końca 5-go miesiąca ciąży stale się zwiększa i dochodzi wreszcie do 1 cm.

Przedewszystkiem występuje w tym okresie rozszerzenie i wzrost na długość naczyń krwionośnych, poczem także gruczoły znacznie się wydłużają i tworzą na swem dnie rozszerzenia nakształt buławek. Prócz tego, wskutek bujania komórek łącznotkankowych w błonie właściwej, szczególnie zaś w jej częściach wierzchnich następuje zróżnicowanie się doczesnej właściwej na zewnętrzną *warstwę zbitą* i wewnętrzną *gąbczastą.*

Z rozmnażających się komórek łącznotkankowych powstają *komórki doczesnej;* są to twory wieloboczne lub okrągławe, wielkości 30—100 μ, bardzo podobne do komórek nabłonkowych. Zawierają one najczęściej jedno, rzadziej kilka jąder, wyjątkowo zaś mogą posiadać nawet do 40 jąder i w tym razie nazywamy je *komórkami olbrzymiemi* (ryc. 272 i 273).

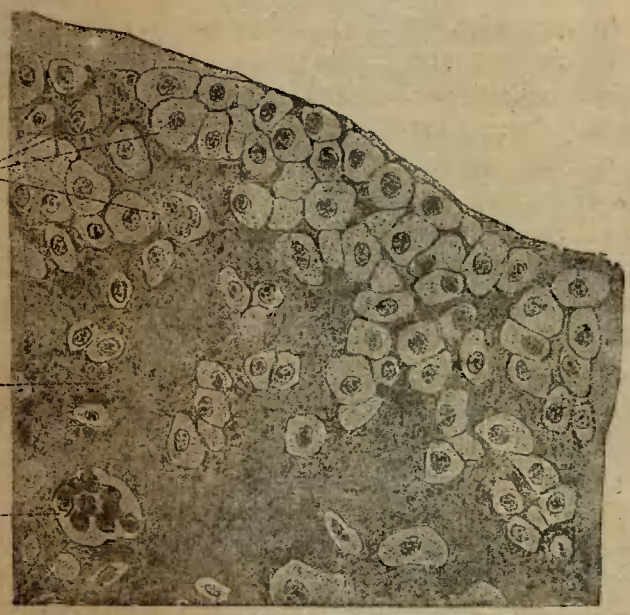
Komórki doczesnej leżą skupieniami szczególnie gęstemi w warstwie zbitej. Gruczoły, przebiegające w tej warstwie prostolinijnie, zostają wskutek silnego rozrostu tkanki śródmiąższowej rozsunięte. W warstwie gąbczastej występują komórki doczesnej jedynie w wąskich przegrodach tkanki śródmiąższowej, rozgraniczających wielkie jamy powstałe z buławkowato rozszerzonych i kręto biegnących dolnych części gruczołów.

Nabłonek powierzchniowy znika zupełnie, natomiast nabłonek gruczołowy rozrasta się, komórki jego nieco się spłaszczają i rozciągają wszerz, by wyścielić powiększone gruczoły.

W drugiej połowie ciąży, mniej więcej w połowie 6-go miesiąca, następują wewnątrz doczesnej właściwej pewne zmiany, wskutek ucisku płodu rosnącego, tak że doczesna właściwa staje się cieńszą, a średnica jej ku końcowi ciąży wynosi zaledwie około 2 mm.

Przemiany te są przeważnie wsteczne. Nabłonek gruczołowy ulega zwyrodnieniu, z wyjątkiem końcowych odcinków gruczołów, sąsiadujących z błoną mięsną. Z odcinków tych, po wydaleniu płodu, rozpoczyna się proces regeneracyjny nabłonka gruczołowego. Niemal w połowie ciąży nie można już rozpoznać ujść gruczołowych, które zarastają po rozpadzie nabłonka. Jamy gruczołowe w warstwie gąbczastej przeistaczają się w szczeliny, równoległe do ściany macicznej.

Doczesna zagięta (decidua reflexa) powstaje skutkiem sfałdowania się doczesnej właściwej. Z początku posiada ona budowę zu-



Ryc. 272.
Część przekroju łożyska ludzkiego z piątego miesiąca ciąży (łożysko maciczne).
Pow. ok. 400 razy

pełnie taką, jak doczesna właściwa, następnie jednak cienieje aż do 0,5 mm i równocześnie wykazuje w budowie istotne zmiany, które zdaniem M i n o t a polegają na zwyrodnieniu hyalinowem i doprowadzają przed końcem ciąży do zupełnego zaniku tej warstwy; według L e o p o l d a natomiast doczesna właściwa oraz doczesna zagięta zlepiają się z sobą wskutek ucisku, wywieranego przez płód rosnący.

Doczesna późna (decidua serotina) posiada zrazu budowę taką samą, jak doczesna właściwa, następnie jednak zespala się z wytworzonemi przez zarodek błonami płodowemi i tworzy *łożysko (placenta).*

Łożysko składa się z dwu części; jedną z nich — *łożysko płodowe (placenta fetalis)* — wytwarza płód, gdy tymczasem druga — *łożysko maciczne (placenta uterina s. materna)* — przedstawia zmienioną błonę śluzową macicy (ryc. 273).

Łożysko płodowe składa się z błony łącznotkankowej t. zw. *kosmówki (membrana chorii);* błona ta tworzy od zewnątrz, t. j. ku wewnętrznej powierzchni macicy, licznie rozgałęzione kosmki. Z tego powodu nadano jej nazwę kosmówki krzewiastej *(chorion frondosum)*. Kosmki te łączą się w większe grupy, w t. zw. *płaty* czyli *zrazy (cotyledones)*.

Począwszy od trzeciego miesiąca ciąży, kosmówka zlepia się powierzchnią swą; zwróconą ku płodowi, z drugą błoną płodową t. zw. *owodnią (amnion)*, złożoną z jednowarstwowego nabłonka płaskiego, tudzież z podłoża łącznotkankowego. Nabłonek płaski wyściela całą jamę owodni, podłoże zaś zrasta się z kosmówką.

Do kosmówki wchodzą z pępowiny dwie tętnice, tworzą obfite rozgałęzienia i doprowadzają krew od płodu do łożyska płodowego *(placenta fetalis)*. Do każdego płatu *(cotyledo)* przenika gałąź tętnicza i dzieli się na małe gałązki, z których każda tworzy sieć włosowatą w poszczególnych kosmkach.

Niektóre kosmki t. zw. *kosmki wolne*, (Köllikker) kończą się wolno; inne zaś, t. zw. *korzonki chwytne* drążą końcem swym do łożyska macicznego i zespalają się z niem coraz mocniej; zespolenie się ich z łożyskiem macicznem staje się tak ścisłe, że, począwszy od połowy ciąży, niepodobna odłączyć łożyska tego od łożyska płodowego.

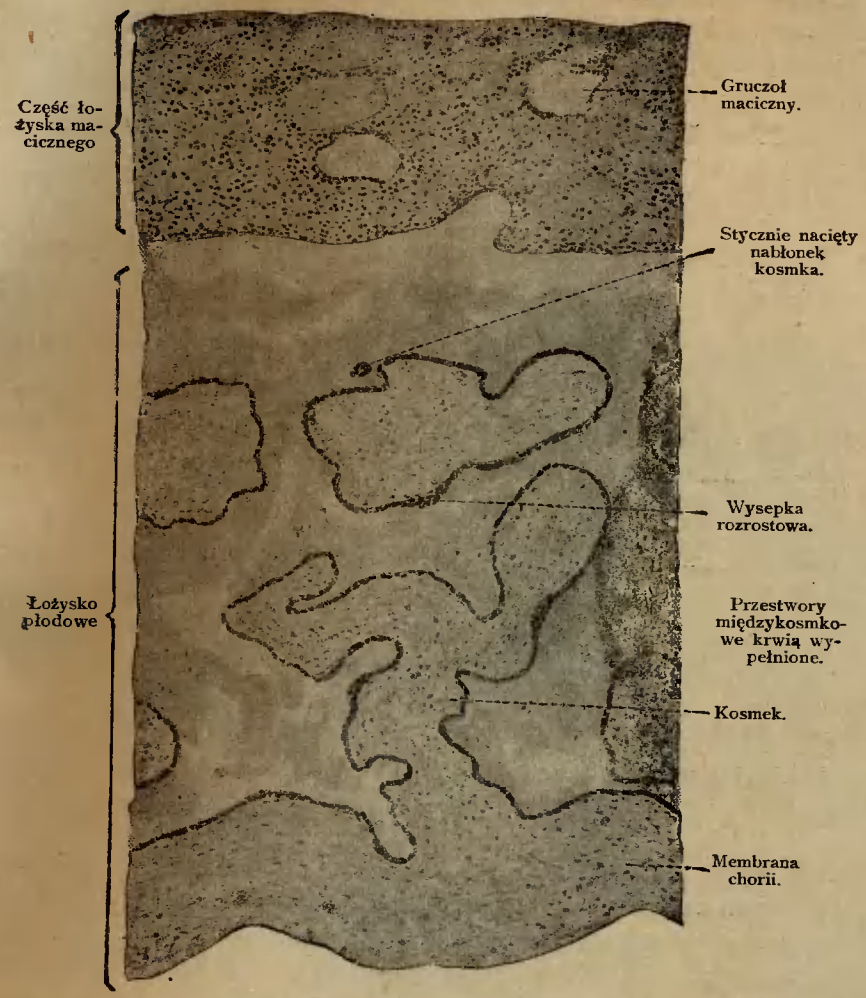
Kosmówka składa się z tkanki łącznej, która zrazu podobna jest do tkanki galaretowatej, później jednak przeistacza się w tkankę łączną włóknistą. Także trzon kosmków tworzy tego rodzaju tkanka galaretowata, która utrzymuje się jedynie w kosmkach mniejszych, w grubszych zaś pniach kosmkowych przemienia się również w tkankę łączną włóknistą (ryc. 273, 274).

Nabłonek, pokrywający nieprzerwanie całą kosmówkę wraz z jej kosmkami, składa się już w pierwszym miesiącu ciąży z dwu warstw, wyraźnie od siebie oddzielonych. Warstwa wewnętrzna, leżąca bezpośrednio na tkance łącznej, składa się z komórek o jasnej protoplazmie i wyraźnie zaznaczonych granicach komórkowych. Jest to *ektoderma kosmówki*, względnie kosmków, nazwana według swego odkrywcy *warstwą komórkową* Langhansa (ryc. 274).

W zewnętrznej natomiast warstwie nabłonkowej nie można już odróżnić poszczególnych komórek, lecz wśród wspólnej na zewnątrz leżącej warstwie protoplazmy, rozpoznajemy liczne, gęsto skupione jądra. Mamy więc tu przed sobą tak zw. *zespólnię (syncycjum)*

kosmówki, względnie *kosmków*. Obie warstwy odcinają się ostro od siebie, gdyż protoplazma zespólni kosmkowej barwi się silniej i zawiera jądra drobniejsze, aniżeli komórki ektodermy kosmkowej.

W połowie ciąży, mniej więcej od 5-go miesiąca, rozpoczynają



Ryc. 273.

Przekrój poprzeczny łożyska ludzkiego z drugiego miesiąca ciąży. (Według preparatu prof. Marsa).

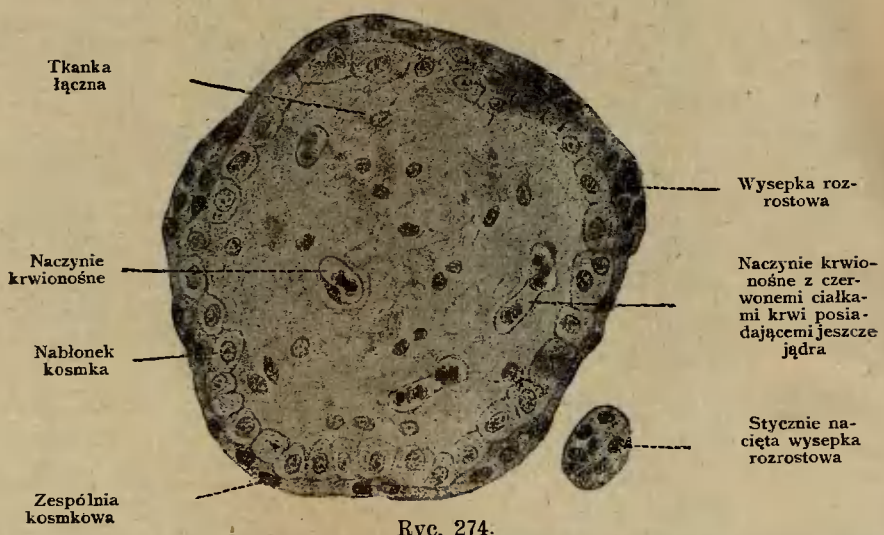
Pow. ok. 50 razy.

się przemiany wsteczne w ektodermie kosmkowej tak, że kosmki są wtedy pokryte niemal samą tylko zespólnią. Jedynie miejscami utrzymuje się jeszcze ektoderma i tworzy zgrubienia na kosmówce oraz na kosmkach; głównie zaś spotykamy ją na końcach kosmków,

w postaci guzków, utworzonych z komórek. Zespólnia grubieje również miejscami, tworząc t. zw. *wysepki rozrostowe* (ryc. 274).

Ku końcowi ciąży zespólnia znika również; miejsce jej zajmuje jednolita substancja, silnie załamująca światło, o licznych szczelinach i jamach, nazwana *włóknikiem skanalizowanym* czyli *hyaliną*. Ilość jej zwiększa się stale (ryc. 275). Pochodzenie hyaliny, zarówno jak i samej zespólni nie jest zupełnie jeszcze ustalone, pochodzenie natomiast ektodermy kosmkowej z zarodka nie ulega żadnej wątpliwości.

Kosmki wsterczają wolno do obszernych przestrzeni, zwanych *przestworami międzykosmkowemi;* przestrzenie te są wypełnione krwią



Ryc. 274.

Przekrój poprzeczny kosmka z kosmówki ludzkiej piątego miesiąca ciąży.

Pow. ok. 300 razy.

maciczną, w której kosmki niejako się kąpią. Poglądy co do pochodzenia oraz znaczenia wspomnianych przestrzeni są niezgodne; kwestja ta pozostaje w ścisłym związku ze sprawą pochodzenia zespólni kosmkowej.

Według najbardziej obecnie rozpowszechnionego zapatrywania (Virchow, Turner, Ercolani, Leopold, Waldeyer, Keibel, Selenka, Martens) przestrzenie międzykosmkowe odpowiadają niezwykle rozszerzonym włosowatym naczyniom krwionośnym błony śluzowej macicy. Należy sobie wyobrazić, że w bardzo wczesnym okresie rozwojowym kosmówka oraz doczesna podstawowa przylegają do siebie nader ściśle, przyczem nabłonki ich zlepiają się ze sobą. Następnie kosmki wrastają w doczesną, w której włosowate naczynia krwionośne rozszerzyły się w rozległy system jam, otacza-

jący ze wszystkich stron kosmki tak, że nurzają się w krwi macicznej. Na dowód, że przestwory międzykosmkowe odpowiadają rozszerzonym naczyniom krwionośnym macicy, przytaczają niektórzy badacze (Turner, Leopold, Waldeyer, Keibel) fakt, iż w przestworach tych stwierdzić niekiedy można istnienie komórek płaskich, odpowiadających wyściółce śródbłonkowej naczyń macicy; nastrzykiwania, wykonane przez Waldeyera, potwierdzają ten pogląd.

Według mniemania innej grupy badaczy (Kölliker, Langhans, Hofmeyer, Minot, Mars, Nowak) prze-

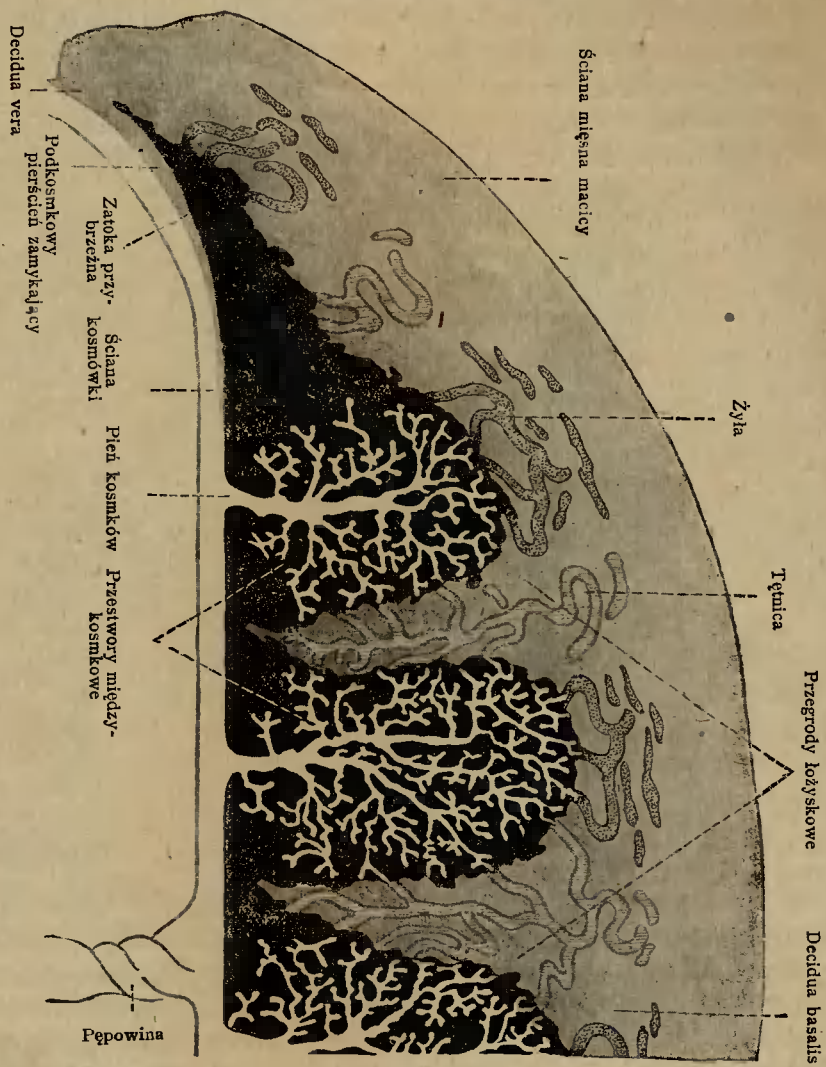
Ryc. 275.
Część przekroju poprzecznego łożyska ludzkiego z piątego miesiąca ciąży.
Pow. ok. 80 razy.

stwory międzykosmkowe pochodzą z przestrzeni, która przedzielała pierwotnie oba łożyska t. j. maciczne od płodowego, połączone ze sobą nader luźnie, jedynie tylko zapomocą końców kosmków. Chodziłoby więc tu o szczelinę międzyłożyskową, która pierwotnie krwi nie zawiera i dopiero później, po otwarciu się do niej naczyń macicznych, krwią się wypełnia. Niemal wszyscy zwolennicy tego poglądu przypisują obu warstwom, pokrywającym kosmówkę, pochodzenie płodowe, przyczem uważają zespólnię za wytwór różnicowania się ektodermy kosmkowej, pod nią leżącej.

Część maciczna łożyska (placenta uterina) rozwija się *z doczesnej późnej* czyli *podstawowej;* doczesna ta pod niektórymi względami różni się od obu innych błon doczesnych.

Począwszy od 5-go miesiąca, występują w niej wielojądrzaste komórki olbrzymie, których wielką obfitość znajdujemy w dojrzałem łożysku.

Z powierzchni doczesnej podstawowej, zwróconej ku łożysku



Ryc. 276.

Schemat łożyska ludzkiego. Przedstawiono $2^1/_2$ zraza (cotyledo) i brzeg łożyska.

płodowemu, wychodzą grubsze lub cieńsze *łącznotkankowe przegrody łożyskowe (septa placentae)*, które drążą pomiędzy kosmki, nie dochodząc jednakże do samej kosmówki. Jedynie na krawędziach łożyska następuje zrośnięcie się ich z kosmówką w postaci *podkosmówkowego pierścienia zamykającego* (Waldeyer). Przegrody te

tworzą wewnątrz łożyska wielką ilość przedziałek, a do każdej z nich wstercza pęczek kosmków, t. zw. *płat czyli zraz (cotyledo)*.

Co się zaś tyczy krążenia wewnątrz łożyska, to liczne *pnie tętnicze* wchodzą przez warstwę mięśniową tudzież gąbczastą macicy do zewnętrznej części łożyska macicznego. Podczas tego tętnice, biegnące w charakterystycznych skrętach śrubowych, tracą muskulaturę oraz tkankę sprężystą; w ten sposób ścianka ich, złożona z nabłonka i skąpej ilości tkanki łącznej, przylega bezpośrednio do komórek doczesnej. Po utworzeniu nielicznych rozgałęzień, tętnice wchodzą do przegród i otwierają się do przestrzeni międzykosmkowych (ryc. 276).

Podobnie *żyły* biorą początek bezpośrednio z tych przestrzenii które skutkiem tego należy uważać za naczynia włosowate, znaczne, rozszerzone. Żyły otwierają się do przestworów międzykosmkowych, najczęściej pomiędzy przegródkami, naprzeciw środkowej części pęczka kosmków cz. zraza *(cotyledo)*, gdy tymczasem ujścia tętnic mieszczą się w samych przegrodach tak, że krew płynie od krawędzi ku środkowi zraza, i stąd odpływa (Bumm i S. Klein).

Każdy zraz stanowi odrębny obszar krążenia, niezupełnie odgraniczony od obszaru sąsiedniego, gdyż, jak zaznaczono wyżej, przegrody nie dosięgają kosmówki.

Przestwory międzykosmkowe zawierają przeto krew maciczną, do kosmków natomiast dopływa krew płodowa. Krew maciczna oddzielona jest od płodowej nabłonkiem kosmkowym oraz ścianką naczyń włosowatych, poprzez którą odbywa się wymiana gazów krwi. Nigdzie jednak te dwa rodzaje krwi nie mieszają się ze sobą bezpośrednio.

d) Pochwa.

Pochwa (vagina) jest to kanał długości 8—10 cm., który górnym odcinkiem czyli *sklepieniem (fornix vaginae)* otacza część pochwową macicy *(portio vaginalis uteri)*, zaś *ujściem zewnętrznem (orificium externum)* przechodzi ku dołowi *w przedsionek pochwy (vestibulum vaginae)*, należący już do części płciowych zewnętrznych. W stanie dziewiczym przedsionek oddzielony jest od pochwy fałdem półksiężycowatym, t. zw. *błoną dziewiczą (hymen)*.

W ścianie pochwy, idąc od wnętrza, odróżniamy następujące błony: *błonę śluzową, podśluzową, mięsną i włóknistą*.

Błona śluzowa pochwy dziewiczej układa się w zmarszczki poprzeczne *(rugae)*, które pośrodku przedniej i tylnej ściany pochwy łączą się, tworząc *rząd zmarszczek przedni i tylny (columnae rugarum anterior i posterior)*. Błona śluzowa pokryta jest wielowarstwowym nabłonkiem płaskim, którego grubość dochodzi do 200 μ; wierzchnie

warstwy komórek jego zawierają niekiedy kropelki eleidyny, co wskazuje, że nabłonek ten znajduje się w początkach procesu zrogowacenia. Wyściela on całą jamę pochwową, w sklepieniu *(fornix)* przechodzi również i na część pochwową macicy *(portio vaginalis uteri)*, poczem u wewnętrznej krawędzi ujścia zewnętrznego macicy zmienia się w migawkowy nabłonek walcowaty błony śluzowej macicy (ryc. 266).

Warstwa właściwa błony śluzowej składa się z tkanki łącznej, nadzwyczaj bogatej we włókna sprężyste. Wstercza ona do nabłonka w kształcie cienkich, długich brodawek, posiada bardzo wiele naczyń i zawiera znaczne ilości tkanki limfoidalnej, tworzącej niekiedy małe skupienia, t. zw. *grudki limfatyczne pochwowe (noduli lymphatici vaginales)*. Ściana pochwy pozbawiona jest zupełnie gruczołów, a śluz, zawarty w niej stale, jest pochodzenia macicznego i ma tutaj odczyn kwaśny, prawdopodobnie wskutek działania bakteryj.

Błona podśluzowa jest to luźna tkanka łączna, zawierająca również obfite włókna sprężyste.

Błona mięsna pochwy składa się z wewnętrznej cienkiej, nie zawsze występującej warstwy mięśni okrężnych, oraz z potężnej warstwy mięśni podłużnych. Obie warstwy utworzone są z komórek mięsnych gładkich. U zewnętrznego ujścia *(orificium externum)* przyłącza się do nich mięsień okrężny, otaczający wejście do pochwy, t. zw. *zwieracz pochwy (sphincter vaginae)*, składający się z włókien poprzecznie prążkowanych.

Błonę włóknistą stanowi luźna tkanka łączna, łącząca pochwę z narządami sąsiedniemi. W niej biegną wielkie pnie naczyniowe.

Tętnice pochwy pochodzą z tętnic pochwowych *(arteriae vaginales)* oraz z tętnicy odbytniczej środkowej *(arteria haemorrhoidalis media)* i rozgałęziają się w błonie mięsnej, podśluzowej, oraz w warstwie właściwej, w której brodawkach tworzą pętle naczyń włosowatych. Żyły łączą się w potężne sploty głównie w błonie włóknistej; odprowadzają one krew do splotu maciczno-pochwowego, tudzież do pęcherzowego *(plexus uterovaginalis* i *vesicalis)*.

Pochwa zawiera obfite *sieci naczyń limfatycznych*, zwłaszcza w warstwie mięsnej oraz w warstwie właściwej; niektóre z nich uchodzą do węzłów limfatycznych pachwinowych powierzchniowych *(lymphoglandulae inguinales superficiales)*, inne zaś do węzłów limfatycznych odbytnicy *(lymphoglandulae rectales)*.

Nerwy pochwy pochodzą po części ze splotu maciczno-pochwowego *(plexus utero-vaginalis)*, po części zaś ze splotu pęcherzowego *(plexus vesicalis)*; w przebiegu swym wykazują liczne komórki zwojowe; kończą się w mięśniach albo też wolno w nabłonku błony śluzowej.

Błona dziewicza (hymen) jest to zdwojenie błony śluzowej pochwy; wewnętrzna jej powierzchnia powleczona jest nabłonkiem pochwowym, zewnętrzna zaś nabłonkiem przedsionka, różniącym się od pierwszego znaczniejszym stopniem zrogowacenia.

e) Łechtaczka.

Łechtaczka (clitoris) odpowiada rozwojowo części grzbietowej prącia męskiego i składa się również z dwóch ciał jamistych, do których na przodzie przyłącza się mała *żołądź łechtaczki (glans clitoridis)*. Budową łechtaczka przypomina prącie męskie, jednak w pomniejszeniu (patrz budowę prącia męskiego).

Żołądź łechtaczki powleczona jest błoną śluzową przedsionka i posiada nader bogate unerwienie. Warstwa właściwa żołędzi tworzy duże brodawki.

f) i g) Wargi sromowe większe i mniejsze.

Wargi sromowe (labia maiora i minora) są zdwojeniami, a mianowicie wargi większe zdwojeniem skóry zewnętrznej, mniejsze zaś zdwojeniem błony śluzowej przedsionka. Z tego powodu wargi większe posiadają silniejsze lub słabsze owłosienie, mniejsze zaś są zupełnie nieowłosione. Zarówno pierwsze jak drugie zawierają gruczoły łojowe. Wargi sromowe zbudowane są z luźnej tkanki łącznej, powleczonej nabłonkiem wielowarstwowym i zawierającej liczne włókna sprężyste oraz komórki tłuszczowe. Z naczyń krwionośnych wymienić należy silnie rozwinięte sploty żylne w wargach większych. Unerwienie warg jest nader bogate; nerwy kończą się wolno w nabłonku albo też tworzą specjalne ciałka końcowe.

h) Przedsionek pochwy.

Mianem *przedsionka pochwy (vestibulum vaginae)* oznaczamy przestrzeń, otoczoną wargami mniejszemi, do której uchodzi cewka oraz pochwa. Prócz tego otwierają się do przedsionka jeszcze dwa gruczoły, odpowiadające gruczołom Cowpera męskiego narządu płciowego, t. zw. *gruczoły przedsionkowe większe* czyli *gruczoły* Bartholinego *(glandulae vestibulares majores)*. Ponieważ budowa ich jest zupełnie zgodna z budową gruczołów Cowpera, przeto odsyłamy czytelnika do rozdziału odpowiedniego.

Nazwą *gruczołów przedsionkowych mniejszych (glandulae vestibulares minores)* oznaczamy małe, rozgałęzione, cewkowo-pęcherzykowe gruczoły śluzowe, które leżą tuż obok zewnętrznego ujścia pochwy *(orificium externum vaginae)*, zwłaszcza między tem ujściem, a zewnętrznem ujściem cewki moczowej *(orificium externum urethrae)*.

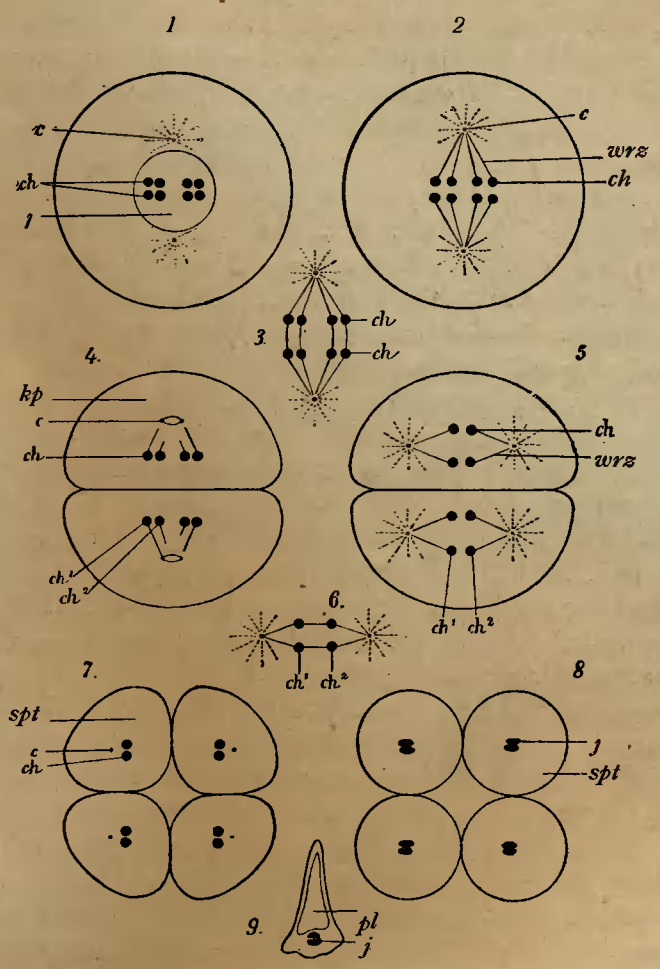
Dodatek: Zapłodnienie.

Cały ustrój zwierząt wyższych jest wytworem nieprzerwanego dzielenia się jednej tylko komórki, mianowicie komórki jajowej. Zanim jednak jajo uzyska zdolność podziału, musi uledz *zapłodnieniu*, czyli żeńska komórka jajowa musi połączyć się z męską komórką nasienną. Mały, ruchliwy plemnik *(spermium)* zbliża się do większego od siebie, nieruchomego jaja i wnika w nie, poczem następuje zlanie się obu jąder t. j. jądra jaja z jądrem plemnika. Właśnie na tem zlaniu się *(amphimixis)* polega istota zapłodnienia. Jakto już zaznaczono przy omawianiu mitozy, liczba chromosomów, występujących podczas podziału komórki, jest stała dla każdego gatunku. Po zapłodnieniu czyli po zlaniu się jądra jaja z jądrem plemnika, liczba chromosomów w jądrze zapłodnionego jaja musiałaby ulec zdwojeniu. By zapobiec temu, zachodzi przed zapłodnieniem zarówno w męskich jak i w żeńskich komórkach płciowych proces, nazwany redukcją chromatyny; polega on na tem, że liczba chromosomów zostaje zmniejszona do połowy. Proces ten, stanowiący niejako przygotowanie i warunek nieodzowny dla zapłodnienia, odbywa się podczas t. zw. dojrzewania i polega na dwukrotnych podziałach *(podziały dojrzewania)*, podczas których ilość chromosomów zmniejsza się o połowę. Wynikiem zlania się jąder jaja i plemnika, zawierających już tylko po połowie ilości chromosomów komórek somatycznych, jest jądro zapłodnionego jaja, zawierające charakterystyczną dla pewnego gatunku ilość chromosomów. Wszystkie jądra powstałego następnie ustroju są to potomne tego właśnie jądra przewężnego. Od tego właśnie jądra jaja brózdkującego pochodzą wszystkie jądra powstającego ustroju.

Komórka nasienna *(spermium)* wychodzi z męskich narządów płciowych w stanie zupełnej dojrzałości; redukcja chromatyny odbywa się w niej już podczas jej rozwoju, a więc podczas spermiogenezy, o czem bliższe szczegóły znajdują się na str. 295.

Ostateczne natomiast dojrzenie jaja następuje przeważnie później, niekiedy dopiero po zbliżeniu się plemników do jaja, a czasem nawet dopiero po wejściu plemnika do protoplazmy jaja. Podczas tego procesu nadmiar chromatyny zostaje wydalony z jaja w postaci dwóch *ciałek kierunkowych (biegunowych)*.

Proces dojrzewania i zapłodnienia zbadano szczegółowo u licznych zwierząt, przedewszystkiem u bezkręgowych, u których też O. Hertwig pierwszy poznał istotę procesu zapłodnienia. Aczkolwiek przebieg dojrzewania wykazuje częste odmiany u różnych zwierząt, jednak w zarysach ogólnych będzie on zupełnie zrozumiały na podstawie opisu jego u glisty końskiej *(ascaris megalocephala bivalens)*, u której, dzięki małej ilości chromosomów, proces dojrzewania odbywa



Ryc 277.

Schemat spermiogenezy u Ascaris megaloc. bival. Według O. Hertwiga. Rozwój plemnika z komórki macierzystej (spermiocytu).

1. Komórka macierzysta plemnika z dwiema grupami czworaczemi (*ch*) (tetradami) w jądrze (*j*), *c* centrosom z promieniowaniem.

2. To samo w okresie dzielenia się: wrzeciono (*wrz*) i dwie grupy czworacze (*ch*).

3. Wrzeciono następnego stadjum podziału, poczas którego każda tetrada podzieliła się na dwie pary chromosomów (dyady).

4. Dwie komórki potomne (*kp*) powstałe z podziału komórki macierzystej plemnika (spermiocyty II rzędu), posiadające po połowie wrzeciona z dwiema parami chromosomów (dyad (*ch*) Centrosom podzielił się znów na dwa centrosomy potomne, pomiędzy któremi powstaje nowe małe wrzecionko.

5. Nowe wrzecionko (*wrz*) w każdym z spermiocytów II rzędu powiększyło się i zawiera w swym środku obie pary chromosomów (ch^1 i ch^2).

6. W obrębie wrzeciona chromosomy (ch^1 i ch^2) każdej z obu par oddzieliły się od siebie i dążą do obu biegunów wrzeciona.

7. Obydwa spermiocyty II rzędu podzieliły się na cztery komórki drugiego pokolenia (spermidy). Te ostatnie wykazują jedynie po 2 chromosomy [jeden element grupy czworaczej ryc. 1 i centrosom (*c*)].

8. Dwa chromosomy spermidy (*spt*) rozpłaszczają się obok siebie i tworzą wkońcu małe, okrągłe, zbite jądro (*j*).

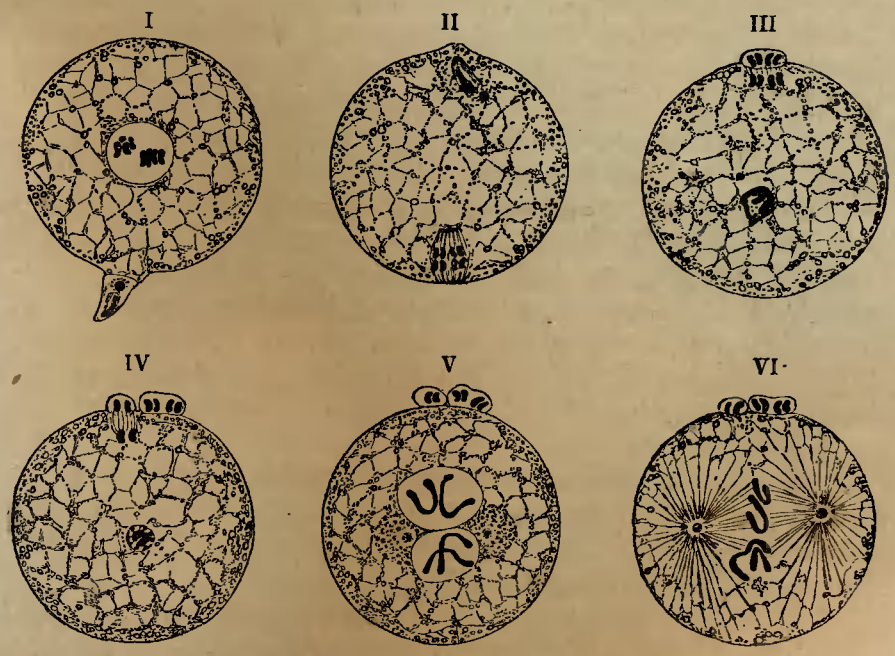
9. Każda spermida przekształca się na plemnik (*pl*) o formie stożka (*j* = jądro).

się w sposób bardzo jasny. Wszystkie komórki somatyczne (komórki ciała) tej glisty zawierają po cztery chromosomy. Rozpatrzmy przeto najpierw proces dojrzewania na wymienionym materjale klasycznym i porównajmy przebieg jego w obu elementach płciowych.

Punktem wyjścia dla przyszłych elementów płciowych w jądrze są — praplemniki czyli spermiogonia, w jajniku zaś — prajaja czyli oogonia. Jedne i drugie rozmnażają się zapomocą mitozy, przyczem stale występują cztery chromosomy. Następnie komórki te rosną a prajaja zwłaszcza dochodzą do znacznych rozmiarów; noszą one wówczas miano *komórek macierzystych plemników* czyli *spermiocytów*, względnie *komórek macierzystych jajowych* czyli *oocytów*. Następnie elementy te wstępują w okres dojrzewania. Podczas spermiogenezy, już wcześnie, bo podczas profazy, przy pierwszym podziale dojrzewania ulega każdy z czterech chromosomów spermiocytów rozszczepieniu podłużnemu tak, że liczba ich wzrasta do ośmiu. Po cztery z nich układają się obok siebie, tworząc grupy, t. zw. *czworacze (tetrady)* (ryc. 277: 1). Podczas metafazy grupy czworacze układają się pośrodku wrzeciona w ten sposób, że z każdej z nich po dwa chromosomy zwracają się ku przeciwległym biegunom wrzeciona, a w stadjum anafazy zbliżają się do znajdujących się tam centrosomów i otrzymują nazwę *dyad* (ryc. 277: 2, 3). Następnie spermiocyt wskutek przewężenia się ciała komórkowego dzieli się na *dwie jednakowe* komórki potomne czyli *spermiocyty II rzędu*, z których każdy zawiera po cztery chromosomy. Zanim przewężenie tych komórek dojdzie do końca, występują pewne zmiany, które prowadzą do drugiego podziału. Każdy centrosom dzieli się na dwa, które oddalają się w kierunkach sobie przeciwnych (ryc. 277: 4). Wraz z dokonanem przewężeniem komórki macierzystej chromosomy (dyady) obu komórek potomnych układają się niezwłocznie, a więc bez stadjum spoczynku, w nową figurę mitotyczną (ryc. 277: 5). Pośrodku nowopowstałego wrzecionka leżą chromosomy obu dyad, zwrócone ku biegunom przeciwległym (ryc. 277: 6); nie ulegając rozszczepieniu podłużnemu dzielą się na dwie grupy, które oddalają się od siebie w kierunkach biegunowych, poczem rozpoczyna się drugie przewężanie. *Spermiocyt II rzędu* dzieli się na dwie spermidy (ryc. 277: 7), z których każda ma tylko po dwa chromosomy. W ten sposób każda spermida, która przeistacza się następnie w dojrzały plemnik, zawiera połowę liczby chromosomów, typowej dla normalnej komórki somatycznej.

Poniekąd inaczej opisują niektórzy badacze proces ten u innych zwierząt, przyjmując redukcję podczas podziału spermiocytów I. rzędu na spermiocyty II. rzędu. W tem miejscu niepodobna jednak wdawać się w szczegóły.

Podczas *oogenezy* chromatyna oocytów, podobnie jak spermiocytów podczas spermiogenezy, dzieli się na chromosomy, które już we wczesnej profazie ulegają rozszczepieniu, a następnie układają się w dwie grupy czworacze (ryc. 278, I) i umieszczają w pośrodku wrzeciona. Na każdym z biegunów tworzy się przytem ciałko środkowe wraz z promieniowaniem. Cała figura mitotyczna, umieszczona pierwotnie pośrodku jaja, przesuwa się ku jego obwodowi (ryc. 278, II).



Ryc. 278.

Wytwarzanie ciałek biegunowych i zapłodnienie u Ascaris megalocephala bivalens (według O. Hertwiga).

I. Jajo z pęcherzykiem zarodkowym i tkwiącym na obwodzie plemnikiem. II. Jajo z wytworzonem z pęcherzyka zarodkowego pierwszem wrzecionkiem biegunowem; plemnik przenikł do obwodu żółtka. III. Jajo po wytworzeniu pierwszego ciałka biegunowego. IV. Jajo w trakcie tworzenia drugiego ciałka biegunowego; plemnik przedostał się aż do środka żółtka. V. Jajo o 2 ciałkach biegunowych, z jądrem jaja i jądrem plemnika, w których chromatyna układa się po 2 segmenty jądrowe. VI. Jajo z wytworzonem wrzecionem o 4 segmentach jądrowych (chromosomach), z których 2 pochodzą z jądra jaja, 2 z jądra plemnika.

Figura mitotyczna, która napiera coraz mocniej na obwód jaja, wypukla w pewnem miejscu protoplazmę oocytu nakształt maleńkiego pączka; do wypuklenia tego wchodzi połowa figury dzielącego się jądra, złożona z połowy ilości chromosomów, jednego ciałka środkowego, oraz części włókien wrzeciona. Pączek ten oddziela się od ciała oocytu, a jako wynik tego nierównomiernego podziału powstaje mała komórka, t. zw. *pierwsze ciałko biegunowe (pierwsze ciałko kie-*

runkowe), tudzież *oocyt II rzędu*, nieproporcjonalnie większy od niego (ryc. 278, III). Lecz pomimo tej olbrzymiej różnicy rozmiarów, każda z komórek potomnych zawiera połowę chromosomów, t. j. po dwie pary czyli dwie dyady. Po tym pierwszym podziale następuje bezpośrednio drugi, także nierównomierny *podział redukcyjny*, który jednakże ma całkiem odmienny od pierwszego przebieg. Pozostałe bowiem w oocycie II rzędu chromosomy potomne z pierwszego podziału kierunkowego nie przebywają okresu anafazy, lecz od okresu gwiazdy macierzystej przechodzą bezpośrednio w stadjum gwiazdy potomnej, bez rozszczepienia *(metakinezy)*, charakteryzującego zwykłą mitozę (ryc. 278, IV). Odbywa się to w ten sposób, że pozostałe w jaju po pierwszym podziale chromosomy układają się w dwa rzędy, z których każdy zawiera połowę pierwotnej ilości chromosomów. Utworzona w ten sposób gwiazda potomna przesuwa się pod powierzchnię jaja, wypuklając ją zlekka na zewnątrz. Do wypuklenia tego, w kształcie pączka, wchodzi połowa chromosomów, gdy tymczasem druga, odpowiadająca połowie chromosomów komórki somatycznej, pozostaje w jaju. Obie komórki, które wynikły z drugiego podziału, mianowicie: dojrzałe jajo i *II ciałko kierunkowe*, zawierają obecnie po dwa chromosomy, czyli zawsze jeden tylko element obu grup czworaczych.

U pewnych rodzajów zwierząt następuje jednocześnie ponowny podział pierwszego ciałka kierunkowego tak, że w wyniku ostatecznym obu podziałów dojrzewania powstaje jedno dojrzałe jajo, oraz 3 ciałka kierunkowe, które należy uważać za jaja poronne.

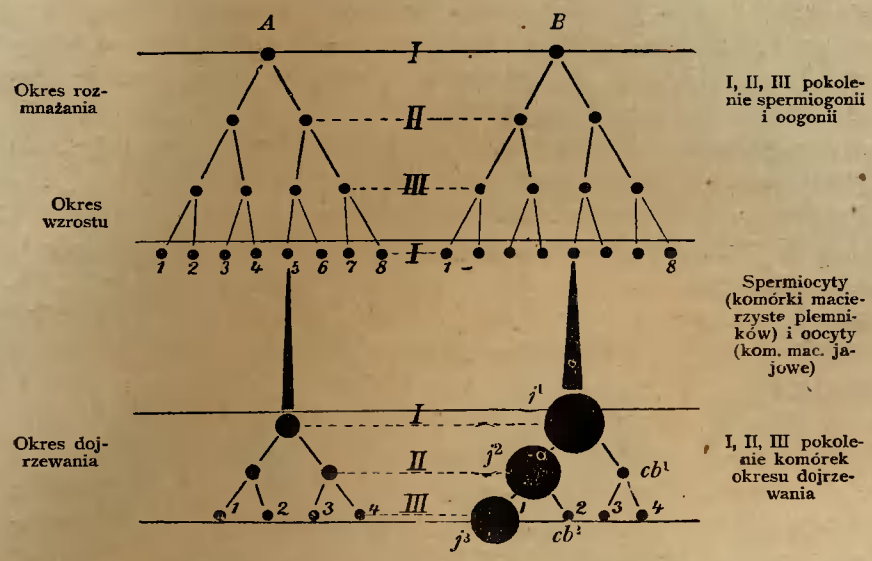
Porównywając oba podziały dojrzewania podczas rozwoju jaja i nasienia, widzimy, że wytworem ich ostatecznym są: dla nasienia cztery dojrzałe plemniki, dla jajka zaś tylko jedno dojrzałe, zdolne do zapłodnienia jajo, tudzież trzy ciałka kierunkowe.

Zamieszczony drugostronnie graficzny schemat Boveriego, zmodyfikowany przez O. Hertwiga, unaocznia poglądowo cały przebieg spermio- i oogenezy.

U niektórych zwierząt, zwłaszcza u wielu grup owadów, wykazano w ostatnim czasie w figurach mitotycznych spermiogoniów i spermiocytów, obok zwykłych, także inne chromosomy, t. zw. dodatkowe *(heterochromosomy, chromosomy x)*, odmienne pod względem kształtu, wielkości oraz zachowania się podczas okresu dojrzewania (Henking, Montgomery, Mc Clung, Wilson). Przy podziale mianowicie spermiocytu na dwa spermiocyty II-go rzędu, heterochromosom przechodzi w całości tylko do jednego z spermiocytów potomnych. Przy drugim podziale dojrzewania tworzą się w dalszym ciągu spermidy z heterochromosomami lub bez nich; spermidy te przeistaczają się następnie również w dwa

rodzaje plemników, z których jeden zawiera heterochromosom, wyróżniający się wielkością i powinowactwem do barwików. Ze względu na to, że badacze liczni przypisują tym chromosomom znaczenie wielkie przy powstawaniu płci męskiej i żeńskiej, nadano im nazwę *chromosomów płciowych*. Zależnie od tego, czy jajo zostało zapłodnione przez plemniki z heterochromosomami, czy też bez nich, mają powstawać osobniki płci męskiej lub żeńskiej.

W ostatnim czasie opisano podobną dwupostaciowość plemników u człowieka (Montgomery, v. Winiwarter).



Ryc. 279.

Drzewo rodowe pokoleń komórkowych, następujących po sobie podczas spermiogenezy (A) i oogenezy (B), zmienione według Boveriego.

j^1 — jajo niedojrzałe (komórka macierzysta jajowa, oocyt I rzędu) dzieli się na j^2, oocyt II rzędu i cb^1 pierwsze ciałko biegunowe. Pierwsze dzieli się znowu na dojrzałe jajo (j^3) i cb^2 drugie ciałko biegunowe, pierwsze ciałko biegunowe (cb^1) może również wydać jeszcze jedno pokolenie (*3* i *4*).

Przechodzimy obecnie do procesu zapłodnienia, podając przebieg jego na doskonałym materjale, mianowicie na ślimaku *Physa fontinalis*, u którego proces ten daje się obserwować w najdrobniejszych szczegółach (Kostanecki i Wierzejski). U Physy całkiem tak samo, jak u glisty końskiej, proces dojrzewania elementów płciowych żeńskich polega na dwukrotnych nierównomiernych podziałach mitotycznych komórki jajowej, których ostatecznym wynikiem są: dojrzałe jajo, o połowie chromosomów, oraz dwa ciałka biegunowe. U tego ślimaka, podobnie jak u glisty, plemnik dostaje się do jaja, zanim ono jeszcze dojrzało, i wnika w nie cały z główką, wstawką i ogonkiem (ryc. 280). Lecz nie u wszystkich zwierząt sprawa

ta tak samo się odbywa; nader często bowiem przenika do jajka tylko główka i wstawka, witka zaś spełnia funkcję tylko narządu ruchowego, a dla właściwego procesu zapłodnienia nie ma znaczenia. U Physy witka również bardzo szybko ulega wessaniu, utrzymuje się więc tylko główka ze wstawką; obie leżą w pobliżu bieguna jaja, przeciwległego ciałkom kierunkowym, w ten sposób, że główka zwrócona jest ku środkowi jaja, wstawka zaś ku jego obwodowi.

Otóż, podczas gdy jajo przebywa proces dojrzewania, główka plemnika wraz ze wstawką wykonywają obrót o 180° tak, że wstawka zwraca się ku środkowi jaja, główka zaś ku obwodowi. Obecnie ze wstawki, a raczej — ściślej się wyrażając — z archoplazmy męskiej, wprowadzonej przez nią do jajka, powstaje promieniowanie, pośrodku którego leży pojedyncze zrazu ciałko środkowe, dzielące się następnie na 2 potomne (ryc. 282). Wewnątrz więc jaja, w pobliżu główki plemnika występują z wstawki plemnika dwa męskie ciałka środkowe z promieniowaniem męskiej archoplazmy.

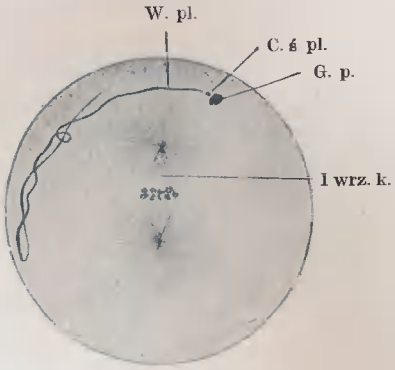
W tem stadjum zapłodnienia dojrzewanie jaja jest już ukończone, drugie ciałko kierunkowe wydalone, jądro zaś jaja przedstawia mały pęcherzyk nieregularnego kształtu, otoczony nikłemi, choć jeszcze wyraźnymi promieniami (ryc. 284). Jądro to leży u jednego bieguna jaja, główka zaś plemnika w pobliżu drugiego.

W następującym potem okresie zapłodnienia zachodzi charakterystyczne dla tego okresu znaczne powiększenie się jądra jaja i główki plemnika, tudzież coraz większe zbliżenie się ich ku sobie. Zarówno jądro jaja, jak i główka plemnika przeistaczają się w jajowate, wielkie jądra z wyraźnym zrębem chromatynowym. Podczas, gdy jądro jaja nie zmienia prawie swego położenia, jądro plemnika zbliża się coraz bardziej w jego stronę; przed jądrem plemnika zdążają oba męskie centriole wraz z promieniowaniami i oddalają się przytem coraz bardziej od siebie, tworząc wrzecionko środkowe.

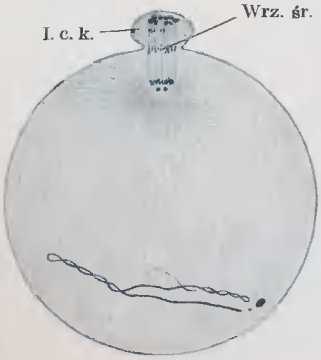
Skoro tylko oba ciałka środkowe dotrą do jądra jaja, promieniowanie jego znika wraz z ciałkiem środkowem, pozostałem jeszcze po drugim podziale redukcyjnym; wtedy męskie ciałka środkowe wraz z swemi promieniami opanowywują stopniowo całą komórkę jajową oraz cały dalszy przebieg procesu. Ciałka te umieszczają się z obu stron jąder, leżących obecnie tuż obok siebie tak, że linja, która je łączy, jest prostopadła do osi komórkowej (ryc. 285 i 286).

Procesy dalsze mają doprowadzić do zespolenia się w jedną całość obu jąder, leżących obok siebie. Odbywa się to w ten sposób, że każde z tych jąder, podobnie jak podczas profazy podziału mitotycznego, przechodzi w kłębek luźny, który następnie dzieli się na poszczególne chromosomy. Chromosomy obu jąder tworzą wspólnie jedną gwiazdę macierzystą (ryc. 287). Liczba ogólna tych chromo-

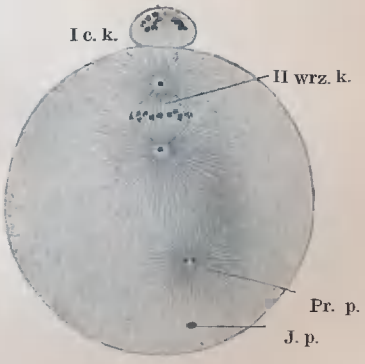
Ryc. 280



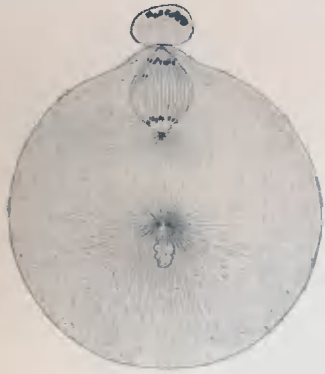
Ryc. 281.



Ryc. 282.



Ryc. 283.



Ryc. 280—283.

Osiem stadjów zapłodnienia u physa fontinalis według Kostaneckiego i Wierzejskiego.

Ryc. 280. Stadjum gwiazdy macierzystej przechodzi w metakinezę, celem wydzielenia pierwszego ciałka kierunkowego. Plemnik wnikał do jaja w całości.

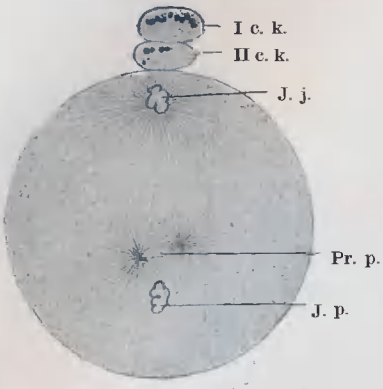
Ryc. 281. Tworzenie pierwszego ciałka kierunkowego. Ciałko środkowe podzielone na biegunie jaja.

Ryc. 282. Pierwsze ciałko kierunkowe już wytworzone. Stadjum gwiazdy macierzystej przed wytworzeniem drugiego ciałka kierunkowego. Promieniowanie plemnika oddala się od jądra plemnika. Ciałka środkowe połączone zapomocą maleńkiego wrzecionka środkowego.

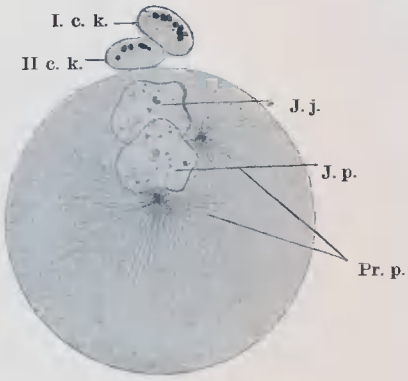
Ryc. 283. Tworzenie się drugiego ciałka kierunkowego, promieniowanie plemnika wraz z dwoma ciałkami środkowemi wyprzedza pęcherzykowate jądro plemnika.

/n

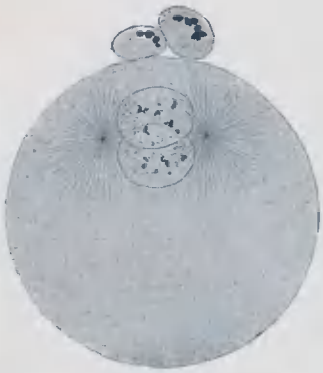
Ryc. 284.



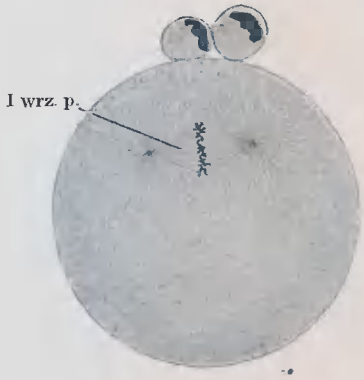
Ryc. 285.



Ryc. 286.



Ryc. 287.



Ryc. 284—287.

Ryc. 284. Na górze dwa ciałka kierunkowe, niżej pęcherzykowate jądro jaja wraz z pozostałością promieniowania jaja. Promieniowanie plemnika zwiększyło się.

Ryc. 285. Jądra jaja i plemnika zbliżają się do siebie. Ciałka środkowe plemnika wraz z promieniowaniem oddalają się od siebie.

Ryc. 286. Jądro jaja i jądro plemnika leżą tuż przy sobie. Ciałka środkowe ułożyły się po obu ich stronach.

Ryc. 287. Chromosomy jąder jaja i plemnika utworzyły stadjum gwiazdy macierzystej, dając początek dwom pierwszym blastomerom.

Objaśnienie.

Wrz. śr. = Wrzecionko środkowe.
J. j. = Jądro jaja.
I wrz. p. = Pierwsze wrzecionko podziału.
W. pl. = Witka plemnika.
I. c. k. = Pierwsze ciałko kierunkowe.
Pr. p. = Promieniowanie plemnika.
II c. k. = Drugie ciałko kierunkowe.
I wrz. k = Pierwsze wrzecionko kierunkowe.
II wrz. k. = Drugie wrzecionko kierunkowe.
C. ś. pl. = Ciałko środkowe plemnika.
J. p. = Jądro plemnika.
G. p. = Główka plemnika.

somów, wskutek uprzednich podziałów redukcyjnych, równa się ilości chromosomów komórek somatycznych. Gwiazda macierzysta dzieli się skutkiem rozszczepienia i rozsunięcia się chromosomów na dwie gwiazdy potomne tak, że każda z nich zawiera jednakowe ilości chromatyny męskiej i żeńskiej. Z obu gwiazd potomnych wytwarzają się po przewężeniu, a następnie rozdzieleniu się na dwie równe części protoplazmy jaja, jądra obu pierwszych komórek potomnych; jądra te zawierają w połowie ojcowską, w połowie zaś matczyną chromatynę. W ten sposób komórka jajowa dzieli się na 2 pierwsze blastomery.

Dojrzewanie i zapłodnienie jajka u ssaków ma przebieg zupełnie podobny; ryc. 288—299 dają jasny obraz procesów tych u myszy. Różnią się one od przebiegu spraw tych u Physy tem, że komórka jajowa myszy nie posiada ciałka środkowego; nie znajdujemy go więc w pierwszem wrzecionku kierunkowem na ryc. 289 i 290. Wrzecionko to stoi zrazu prostopadle do promienia jaja (ryc. 289), później ustawia się doń równolegle (ryc. 290). Co się tyczy ilości ciałek biegunowych, wytwarzanych podczas dojrzewania jaj u ssaków, wahają one między 1 a 3. Jaja myszy tworzą zwykle jedno takie ciałko. Na ryc. 291 występują nader wyraźnie małe ciałka w pierwszem wrzecionku kierunkowem, mianowicie tam, gdzie płaszczyzna dzieląca przechodzi pomiędzy ciałkiem kierunkowem, a jajami; są to t. zw. *ciałka wrzecionka środkowego.* Z niezmiernej ilości plemników, pozostałych w macicy myszy po spółkowaniu, dostają się tylko nader nieliczne do jaj, znajdujących się również w jajowodach. Do każdego jaja wnika tylko jeden plemnik, mniej więcej w 6 do 10 godzin po spółkowaniu. Główka plemnika pęcznieje, witka zaś ogonka rozpływa się w protoplazmie jaja (ryc. 291). Z trudnością wyróżnić można ciałko środkowe, które też w tym przypadku pochodzi z pewnością z wstawki plemnika; ciałko to dopiero wtedy staje się dostrzegalne i otacza się promieniowaniem, kiedy jądro jaja znajduje się tuż obok jądra plemnika, a chromatyna poczyna układać się w kłębek (ryc. 295). I w tym przypadku widzimy również znaczne powiększenie się obu jąder (ryc. 292, 293 i 294). I tutaj też ciałko środkowe męskie, które dostało się do jaja wraz z plemnikiem, wytwarza oba ciałka środkowe, umieszczone na obu końcach wrzecionka jaja dzielącego się czyli brózdkującego (wrzecionko przewężne). Wreszcie ryc. 299 przedstawia wynik ostateczny pierwszego brózdkowania t. j. powstanie dwóch pierwszych blastomerów.

W przeciwstawieniu do zapatrywania od lat się utrzymującego, że przy dziedziczeniu jądra komórkowe odgrywają istotną rolę, przypisują niektórzy nowsi badacze (M e v e s) mitochondrjom zawartym we wstawce plemnika główną rolę w przenoszeniu dziedzicznych właściwości. (Plastosomowa teorja dziedziczenia).

Objaśnienie ryc. 288—299.

Dojrzewanie i zapłodnienie jaja u myszy (według Sobotty). Wszystkie ryciny rysowano przy 500 krotnem powiększeniu. Zewnętrzny ciemny kontur przedstawia otoczkę przezroczystą (zona pellucida). Ciemne ziarenka, rozrzucone wśród ciała komórkowego, są ziarenkami tłuszczu. Bliższe wyjaśnienia poszczególnych stadjów w tekście.

j. j. = jądro jaja. gł. p. wzgl. j. p. = główka plemnika, względnie jądro plemnika.
I wrz. k. = pierwsze wrzecionko kierunkowe. wrz. p. = wrzecionko przewężne.
i. k. = ciałko kierunkowe. I bl, II bl = oba pierwsze blastomery.

VI. Narząd ruchu.

Narząd ruchu składa się ze szkieletu i z mięśni. Każdą z tych części składowych omówimy po kolei.

1. Szkielet.

Główną część składową szkieletu stanowią *kości;* oprócz nich należy jeszcze wziąć pod uwagę *chrząstki* i części *łącznotkankowe* stawów.

Budowę kości i tkanki kostnej omówiliśmy wyczerpująco w pierwszej części tego podręcznika. Tu wyjaśnimy tylko w uzupełnieniu niektóre punkty, dotyczące kości i chrząstek jako narządów, a oprócz tego omówimy rozwój kości.

A. Kości.

Kości jako narządy składają się z *okostnej, tkanki kostnej i szpiku kostnego.* Oprócz tego kości zawierają, tak jak prawie wszystkie inne narządy, naczynia krwionośne i nerwy.

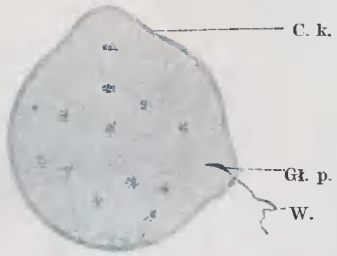
Każda kość, wszędzie tam, gdzie nie jest pokryta chrząstką, jest powleczona błoną łącznotkankową, zwaną *okostną (periosteum).* Składa się ona z tkanki łącznej zbitej i można w niej rozróżnić dwie warstwy: zewnętrzną włóknistą, zawierającą niewielką ilość komórek, natomiast w znacznej ilości naczynia krwionośne i nerwy, oraz cienką warstwę wewnętrzną, która jest uboga w naczynia krwionośne, natomiast zawiera niezwykle wielką ilość włókien sprężystych i fibroblastów.

Na granicy okostnej i kości spotykamy pojedyńczą warstwę komórek brukowych, t. zw. *komórek kościotwórczych* czyli *osteoblastów,* które grają ważną rolę przy rozwoju i regeneracji kości.

Połączenie okostnej z kością może być mniej lub bardziej ścisłe. Dochodzi ono do skutku za pośrednictwem naczyń i nerwów, które wnikają z okostnej w kość, za pośrednictwem wiązek włókien tkanki łącznej (włókna Sharpeya) oraz włókien sprężystych, które drążą z wewnętrznej warstwy okostnej do tkanki kostnej.

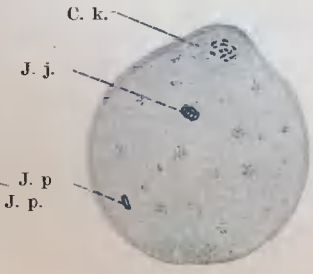
Ryc. 288.

Ryc. 289.

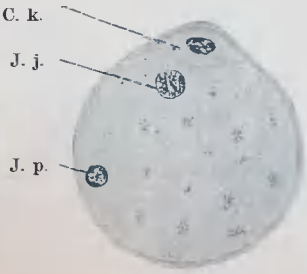


Ryc. 290.

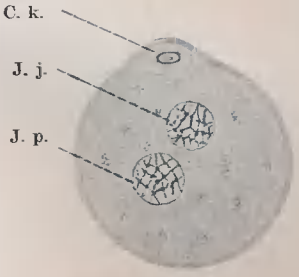
Ryc. 291.



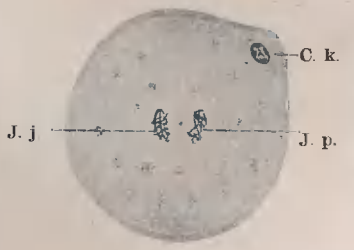
Ryc. 292.



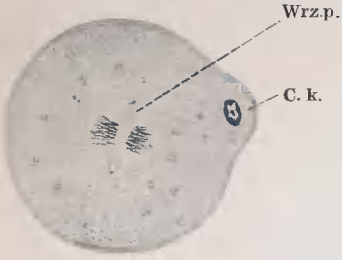
Ryc. 293.



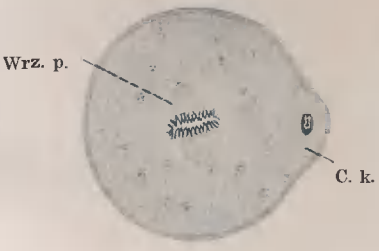
Ryc. 294.



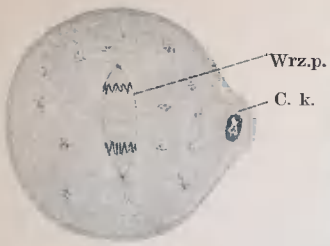
Ryc. 295.



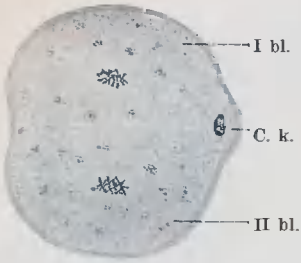
Ryc. 296.



Ryc. 297.



Ryc. 298.



Ryc. 299.

Ryc. 288—299.

Objaśnienie na poprzedniej stronicy.

Szpik kostny spotykamy we wszystkich kościach zwierząt wyższych i człowieka. W kościach długich wypełnia on jamy osiowe (szpikowe) oraz wnika do większych kanałów H a v e r s a, w kościach płaskich zaś wypełnia oczka istoty gąbczastej.

U zarodków i indywiduów młodocianych szpik kostny posiada barwę wybitnie czerwoną, wobec czego mówimy tu o *szpiku czerwonym.* Z biegiem czasu jednak przybiera on, zwłaszcza w trzonach *(diaphysis)* krótkich i długich kości kończyn, barwę żółtą, *szpik żółty,* tak iż u dorosłych znajdujemy szpik czerwony tylko w nasadach *(epiphysis)* tych kości, w kręgach i w kościach płaskich. Czerwony szpik kostny w życiu pozapłodowem jest najważniejszem miejscem, w którem wytwarzają się czerwone ciałka krwi. To też w wieku późniejszym po znacznych krwotokach żółty szpik kostny może się częściowo przekształcić w czerwony.

W szpiku kostnym czerwonym, którego podstawę tworzy tkanka łączna siateczkowata, możemy rozróżnić kilka rodzajów składników, a mianowicie komórki szpikowe, erythroblasty i erythrocyty, komórki eozynochłonne, komórki tuczne i olbrzymie. Wszystkie te składniki powstają, jak wszędzie w mezenchymie, z komórek tkanki łącznej, które zaokrąglają się i przekształcają w nieziarniste komórki wędrujące, w duże i małe limfocyty. Z tych przez podziały mitotyczne powstają komórki, zwane erythroblastami i myelocytami, które mogą wytwarzać w swem wnętrzu hemoglobinę albo swoiste ziarenka; z tych komórek, albo też bez ich pośrednictwa, wprost z limfocytów, wyróżnicowują się komórki, zawierające specjalne ziarnistości *(Spezialgranulozyten);* w ten sposób, zależnie od rodzaju ziarnistości, powstają komórki eozynochłonne lub tuczne. Komórki olbrzymie pochodzą również z limfocytów (M a k s i m o w).

1. *Komórki szpikowe, myelocyty,* (ryc. 304) posiadają niejakie podobieństwo do pewnych form leukocytów i nie znajdują się nigdy we krwi normalnej, natomiast w znacznej ilości we krwi leukemicznej. Jądra ich są stosunkowo duże, czasami miewają kształt płaciasty. Ciało protoplazmatyczne, otaczające jądro, bywa różnej szerokości i zawiera drobne ziarenka w większej lub mniejszej ilości, które są u człowieka neutrofilne (ziarnistości ε), u zwierząt amphofilne, t. zn. barwiące się zarówno kwaśnemi, jak i zasadowemi barwikami anilinowemi (ziarnistości β E h r l i c h a).

2. *Komórki macierzyste ciałek czerwonych (erythroblasty* albo *hematoblasty)* są komórkami, zawierającemi jądra, a ciało ich jest zabarwione na żółto z powodu znajdującej się w nich hemoglobiny (ryc. 304). Są to więc czerwone ciałka krwi, zawierające jądra i oddowiadają stadjom, poprzedzającym gotowe ciałka czerwone krwi *(erythrocyty).* Pochodzą one z limfocytów, które się układają w po-

bliżu naczyń, rozmnażają się mitotycznie i przekształcają najpierw w duże megaloblasty, zawierające hemoglobinę (patrz tworzenie się krwi), a następnie w mniejsze normoblasty. Wskutek utraty jąder stają się one młodemi erythrocytami, t. j. czerwonemi ciałkami krwi, które dostają się do naczyń krwionośnych przez małe otworki, znajdujące się pomiędzy komórkami śródbłonka.

3. *Erythrocyty*, gotowe czerwone ciałka krwi.

4. *Komórki eozynochłonne.*

5. *Komórki tuczne*, które, jak widzieliśmy poprzednio, występują także wyjątkowo we krwi.

6. *Komórki olbrzymie* (ryc. 304) posiadają duże ciało komórkowe i liczne jądra, które wykazują najróżnorodniejsze kształty: mogą być kuliste, płaciaste, pierścieniowate, lub mieć kształt wydrążonej kuli. Obecnie zarzucono zupełnie dawniejsze zapatrywanie, że komórki te powstają ze zlania się kilku mniejszych komórek. Rozwijają się one z jednojądrowych komórek (limfocytów) przez to, że jądra ich dzielą się zupełnie lub niezupełnie. Ciało komórkowe rośnie przytem coraz bardziej, lecz się nie dzieli. Od komórek tych mogą się jednak odsznurowywać części ciała komórkowego, zawierające jądro, i przez taki „*proces pączkowania*" mogą powstawać nowe komórki szpikowe (Arnold). Po znacznej utracie krwi proces ten zachodzi masowo w komórkach olbrzymich.

Do tej grupy komórek należą także *myeloplaxy* czyli *osteoblasty, komórki kościogubne*, które odgrywają ważną rolę w rozwoju kości; omówimy je w miejscu odpowiedniem.

Oprócz tego spotykamy w czerwonym szpiku kostnym nieliczne komórki tłuszczowe oraz naczynia krwionośne i nerwy.

Żółty szpik kostny czyli *tłuszczowy* zawdzięcza żółte zabarwienie znacznej zawartości tłuszczu i rozwija się ze szpiku czerwonego przez to, że w komórkach siateczki gromadzą się kropelki tłuszczu. Kropelki te powiększają się stopniowo i wskutek tego włókienka, leżące pomiędzy niemi, oraz swoiste składniki szpiku zostają odsunięte na bok (Jackson).

U osobników starych lub wychudzonych po wycieńczających chorobach tłuszcz zanika w znacznej części ze szpiku kostnego, który przybiera kolor żółtoczerwony, a konsystencja jego staje się śluzowatą. Mówimy wówczas o *szpiku galaretowatym.*

Cała jama szpikowa kości jest wysłana cienką błoną łącznotkankową, zwaną *wśródkostną (endosteum).*

Okostna, kość i szpik kostny są mniej lub bardziej obficie zaopatrzone w *naczynia krwionośne.* Naczynia te wnikają z otoczenia kości do okostnej, stąd przez kanały Volkmanna dostają się do kanałów Haversa i przenikając przez nie przechodzą w sieć naczy-

niową szpiku kostnego. Naczynia te łączą się pomiędzy sobą bardzo obficie i w ten sposób tworzą układ, przenikający całą kość.

Tętnice odżywcze (arteriae nutritiae), będące większemi tętnicami kości, wnikają do kości przez kanały odżywcze *(foramina nutritia)*, a ich grubsze gałązki dostają się do szpiku kostnego. Tutaj dzielą się na liczne gałązki, które przechodzą w gęstą sieć naczyń włosowatych, oplatających komórki szpikowe. Przytem naczynia włosowate, początkowo cienkie, rozszerzają się znacznie i zlewają się w drobne żyły o ścianach niezmiernie cienkich. Tętnice odżywcze, które wnikają w trzony *(diaphysis)* kości długich, osiągają najwyższy stopień rozwoju w młodości, później kaliber ich się zmniejsza, zależnie od rozwoju szpiku tłuszczowego (Dieulafé).

Żyły szpiku kostnego, podobnie jak wszystkie żyły, biegnące w kościach, nie posiadają zastawek. Ściany ich są niezwykle cienkie, tak iż dawniej sądzono, że krew żylna w obrębie szpiku kostnego płynie drogami, nie posiadającemi ścian, lub też, że ściany ich są wielokrotnie poprzerywane.

Naczynia limfatyczne tworzą w okostnej sieć wierzchnią, przenikającą substancję kostną przez kanały Haversa, i tworzą drugą sieć głębszą na powierzchni wewnętrznej kości.

Do kości dochodzą *nerwy* zarówno rdzenne, jako też bezrdzenne. Kończą się one częściowo w okostnej specjalnemi ciałkami końcowemi (Paciniego), częściowo zaś wnikają do kości i dochodzą do szpiku kostnego.

Połączenia wzajemne kości.

Kości mogą być ze sobą połączone *nieruchomo* lub *ruchomo*. W pierwszym przypadku mówimy *o stawie ścisłym* czyli *nieruchomym (synarthrosis)*, w drugim *o stawie wolnym (diarthrosis)*. Pomiędzy temi dwoma rodzajami połączeń istnieją przejścia.

a) *Połączenie nieruchome* może dojść do skutku: zapomocą kości — *spojenie kostne (synostosis)*, zapomocą chrząstki — *spojenie chrząstkowe, chrząstkozrost (synchondrosis)*, albo zapomocą łącznotkankowych więzadeł — *spojenie więziste, więzozrost (syndesmosis)*.

Spojenia kostne (synostosis) spotyka się w połączeniu pewnych kości czaszki (obie połowy kości czołowej, połączenie kości klinowej i potylicznej itd.)

Spojenia chrząstkowe (synchondrosis). Powłoka chrzęstna, zapomocą której kości łączą się z sobą, jest zwykle pozostałością zawiązku chrzęstnego, a więc pochodzi z chrząstki szklistej, później jednak w tych pozostałościach chrząstkowych występują włókna, tak iż mamy wówczas zwykle do czynienia z chrząstką włóknistą.

Takie chrząstkozrosty spotykamy często pomiędzy kośćmi czaszki, pomiędzy żebrami i mostkiem, w miednicy itp. Na specjalną uwagę zasługują *chrząstki międzykręgowe (fibrocartilagines intervertebrales)*. Składają się one z dwóch części, przechodzących stopniowo jedna w drugą: z twardego zewnętrznego pierścienia chrząstkowego i z jądra galaretowatego. Pierścień zewnętrzny włóknisty *(annulus fibrosus)* składa się z chrząstki włóknistej, w której widoczne jest wyraźne współśrodkowe uwarstwienie; składa się ona bowiem z naprzemian ułożonych warstw białych, jedwabisto-błyszczących, i czerwonawych, matowych. To różne zabarwienie jest zjawiskiem optycznem, spowodowanem tem, że wiązki włókien, wchodzących w skład tych blaszek, biegną w różnych kierunkach, krzyżując się z sobą. Powierzchniowe warstwy pierścienia włóknistego składają się z wiązek włókien łącznotkankowych, okrężnie przebiegających, zawierających nieliczne komórki chrząstkowe; ku wnętrzu włókna odchodzą zbieżnie pod kątem ostrym i wytwarzają blaszki, a komórki stają się liczniejsze. *Jądro chrząstki międzykręgowej (nucleus pulposus)*, otoczone pierścieniem włóknistym *(annulus fibrosus)*, zawiera pozostałości struny grzbietowej *(chorda dorsalis)* w postaci nagromadzonych komórek wielojądrzastych, zawierających pęcherzyki (wakuole). Komórki te leżą w substancji podstawowej niewyraźnie włóknistej lub ziarnistej, śluzowato miękiej, często jak gdyby się rozpadającej (F i c k).

Spojenia więziste, więzozrosty (syndesmosis), występują: pod postacią *spojenia więzistego napiętego*, które przychodzi do skutku zapomocą słabiej lub mocniej rozwiniętej tkanki łącznej włóknistej, — pod postacią *spojenia więzistego sprężystego*, które przychodzi do skutku za pomocą tkanki łącznej sprężystej (więzadła żółte, więzadło karkowe), — wreszcie pod postacią *szwów (suturae)*, przy których masy łącznotkankowe łączące są bardzo cienkie.

b) Przy *stawach wolnych, ruchomych*, musimy uwzględnić końce stawowe kości, obrąbki panewki *(labra glenoidalia)*, łękotki stawowe *(menisci articulares)* i torebki stawowe *(bursae articulares)*.

Końce stawowe kości są powleczone chrząstką szklistą, która jest oddzielona od kości właściwej warstwą chrząstki zwapniałej. Na brzegu powierzchni stawowej chrząstka jest powleczona warstwą tkanki łącznej. Głębsze warstwy komórek chrząstki są ułożone w słupy prostopadłe do powierzchni stawowej. Ku górze komórki maleją, stają się płaskie i są ułożone równolegle do powierzchni na podobieństwo nabłonka. W niektórych stawach zamiast chrząstki szklistej spotykamy chrząstkę włóknistą (staw obojczykowo-mostkowy, staw szczękowy).

Łękotki stawowe *(menisci articulares)* i obrąbki panewki *(labra glenoidalia)* składają się z istoty podstawowej włóknistej i leżących wśród niej komórek. Dotychczas jest jednak kwestją sporną, czy mamy tu do czynienia z komórkami chrząstkowemi, czy też łącznotkankowemi.

W torebkach stawowych możemy rozróżniać, jako część zewnętrzną, *warstwę włóknistą (stratum fibrosum capsulae articularis)*, oraz wewnętrzną *warstwę maziową (stratum synoviale capsulae articularis)*.

Warstwa włóknista jest utworzona z wiązek tkanki łącznej, przebiegających przeważnie równolegle i zawierających niewielką ilość włókien sprężystych. Warstwa maziowa składa się z tkanki łącznej wiotkiej z licznemi fibroblastami, silnie rozgałęzionemi. Leżą one, podobnie jak ciałka rogówki, wśród układu szczelin limfatycznych, który stoi w związku z jednej strony z jamą stawową, z drugiej zaś z naczyniami limfatycznemi (H. Braun). Okoliczność, że fibroblasty tworzą na wewnętrznej powierzchni warstwy maziowej powłokę wprawdzie wielokrotnie poprzerywaną, dała podstawę, że mówiono dawniej o nabłonkowem lub śródbłonkowem wysłaniu stawów. W głębszych pokładach warstwy maziowej spotykamy odosobnione komórki tłuszczowe, naczynia krwionośne i limfatyczne oraz nerwy czuciowe z kolbkami końcowemi.

Kosmki stawowe czyli *kosmki błony maziowej (villi synoviales)* składają się z tkanki łącznej włóknistej z nielicznemi fibroblastami. Małe kosmki nie są unaczynione, większe zaś zawierają pętle naczyń włosowatych.

Maź stawowa (synovia) jest płynem żółtawym, ciągnącym się w nitki, o odczynie zasadowym, i zawiera 3—5% stałych składników; pomiędzy niemi znajduje się białko oraz substancja, zbliżona do mucyny — *mucyna mazi stawowej (Synoviamuzin* [von Holst]). Podczas spoczynku ilość mazi stawowej jest większa, niż podczas ruchu długotrwałego. Z pośród składników komórkowych maź stawowa zawiera komórki wędrujące i produkty ich rozpadu, kropelki tłuszczu oraz szczątki stale ścieranej powłoki chrząstkowej końców stawowych kości.

Rozwój kości.

Tkanka kostna rozwija się najpóźniej ze wszystkich tkanek ciała ludzkiego; rozwój jej odbywa się zawsze w ten sposób, iż najpierw powstaje zawiązek chrząstkowy lub łącznotkankowy, który dopiero wtórnie kostnieje. To też w pewnych stadjach rozwojowych zamiast szkieletu kostnego występuje szkielet chrząstkowy lub łącznotkankowy.

a) Rozwój kości z zawiązków chrząstkowych.

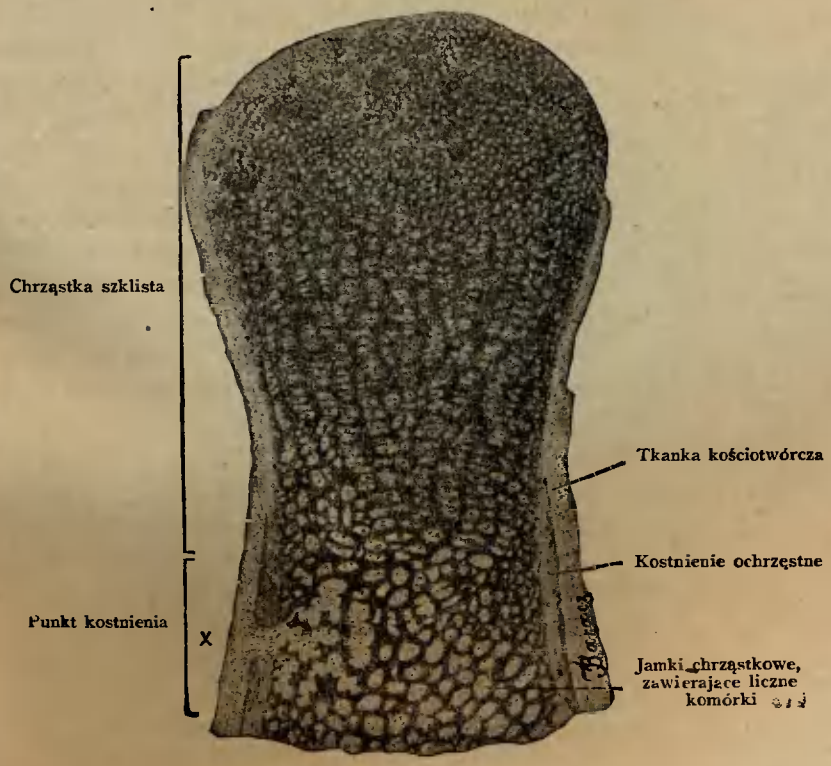
W kościach, które rozwijają się z zawiązków chrząstkowych, proces kostnienia rozpoczyna się *częściowo we wnętrzu* zawiązka chrząstkowego — *kostnienie śródchrzęstne (ossificatio endochondralis)*, a częściowo *od ochrzęstnej*, powlekającej powierzchnię chrząstki — *kostnienie ochrzęstne (ossificatio perichondralis)* — niesłusznie zwane też — *okostnem (periostalnem)*.

Proces kostnienia śródchrzęstnego (ryc. 300 i 301) rozpoczyna się tem, że komórki chrząstkowe się powiększają i rozmnażają, tak iż w każdej z powiększonych jamek chrząstkowych znajduje się po kilka komórek. Jednorodna istota podstawowa części chrząstki, otaczających te komórki, ulega zmętnieniu z powodu osadzania się w nich soli wapniowych. Komórki chrząstkowe, leżące w znacznie powiększonych jamkach, ulegają skurczeniu. Zmieniona tak miejscowo chrząstka wśród szkieletu nazywa się *punktem wapnienia* albo *punktem kostnienia*. W każdej kości występuje przeważnie po kilka takich punktów kostnienia i tak w kościach długich kostnienie rozpoczyna się najpierw w jednym punkcie trzonu, później zaś tworzą się dwa punkty kostnienia w nasadach. Wzrost punktów kostnienia jest ściśle ograniczony, ustaje wkrótce, natomiast chrząstka pozostała rośnie dalej. Jednocześnie z wytworzeniem się punktu kostnienia lub nawet wcześniej zachodzą w wewnętrznej warstwie ochrzęstnej zmiany, które powodują wystąpienie kostnienia ochrzęstnego. Warstwa ta, zawierająca liczne komórki i silnie unaczyniona, ma się zmienić w kość i nazywa się *tkanką kościotwórczą (osteogenes Gewebe)*.

Zmiana powyższa odbywa się w ten sposób, że istota podstawowa ulega zwapnieniu, a komórki, wśród niej leżące, przekształcają się w komórki kostne. Tak powstaje na granicy między chrząstką, a ochrzęstną warstwa kostna, przyczem ochrzęstna staje się okostną.

Od okostnej wnikają następnie do chrząstki pączki *(pączki okostnej)*. Powstają one wskutek bujania wewnętrznej warstwy okostnej i to przedewszystkiem w tych miejscach, w których w głębi chrząstki leży punkt kostnienia (ryc. 301). Pączek wnikający rozpuszcza zwapniałą istotę podstawową tak, że we wnętrzu chrząstki tworzy się zrazu mała jama, t. zw. *pierwotna jama szpikowa*. Zawiera ona przedewszystkiem te masy komórkowe, które wniknęły z okostnej, — następnie te komórki chrząstkowe, które zostały oswobodzone skutkiem rozpuszczenia się istoty podstawowej chrząstki i zniszczenia torebek, — wreszcie naczynia krwionośne, które wniknęły z zewnątrz wraz z okostną.

Komórki te, które wypełniają pierwotną jamę szpikową, zwane także komórkami szpiku chrząstkowego, tworzą częściowo składniki przyszłego szpiku kostnego, częściowo zaś przyjmują ważną rolę wytwarzania kości i stają się *komórkami kościotwórczemi, osteoblastami.* Przekształcają się one mianowicie w wielkie komórki, opatrzone często wypustkami, i układają się w pojedyńczą warstwę przy ścianach pierwotnej jamy szpikowej, która wygląda, jak gdyby była wysłana jednowarstwowym nabłonkiem. Zupełnie podobna warstwa



Ryc. 300.

Część przekroju podłużnego palca 3'/, miesięcznego zarodka ludzkiego.

Dwie trzecie drugiego członka. Przy X pączek okostnej.
Pow. ok. 85 krotne.

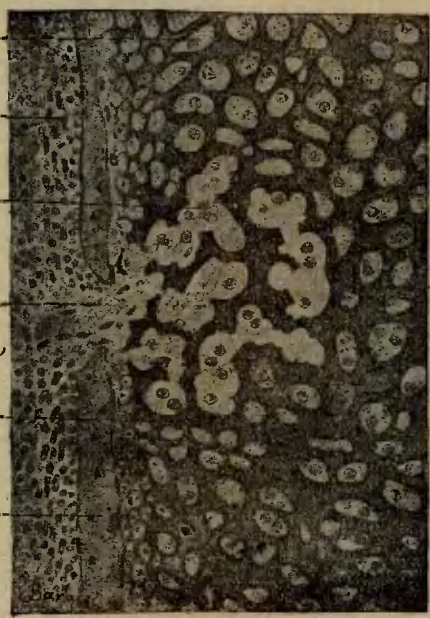
komórek kościotwórczych znajduje się także na zewnętrznej powierzchni kości pod okostną i obejmuje tu rolę wytwarzania kości.

Pierwotna jama szpikowa powiększa się stopniowo przez to, że naczynia i komórki szpikowe, które do niej wniknęły, rozpuszczają w dalszym ciągu chrząstkę.

Szczególnie pouczające w tym względzie są obrazy, otrzymane na przekrojach podłużnych kostniejących kości długich, jak okazują ryciny 302 i 303. Widać na nich także, jakie charakterystyczne

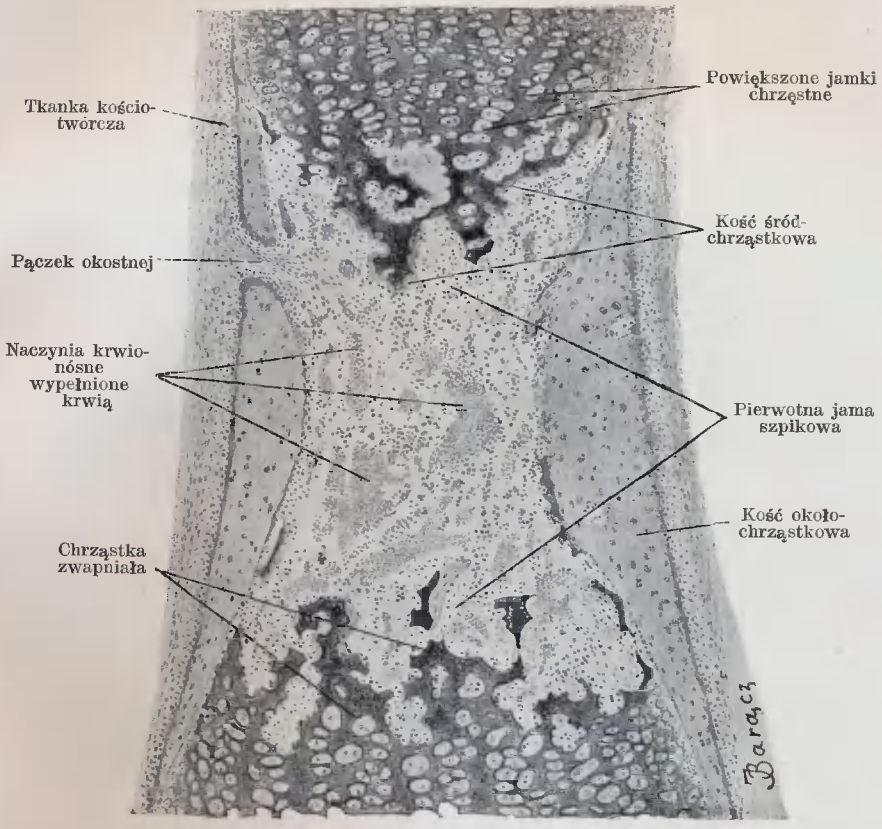
zmiany zachodzą w niezmienionej chrząstce szklistej, leżącej po obu końcach trzonu.

Możemy w niej odróżnić kilka warstw, wyróżniających się ułożeniem i wielkością komórek. Najdalej ku nasadzie spotykamy znane nam charakterystyczne komórki chrząstkowe, otoczone po dwie lub trzy wspólną torebką. Ku środkowi trzonu komórki chrząstkowe stają się większe i układają się szeregami, jedne za drugiemi w *słupy komórek* (Zellsäulen). Poszczególne słupy komórek przegradza substancja podstawowa. Jeszcze bliżej, w kierunku ku jamie szpikowej torebki chrząstkowe rozszerzają się pęcherzykowato; jest to *obręb chrząstki o wielkich pęcherzykach.* Ku rozszerzonym torebkom chrząstki drążą od jamy szpikowej naczynia krwionośne, rozsadzają torebki chrząstkowe i oswobadzają komórki, w nich się znajdujące. Przegródki istoty podstawowej natomiast, które oddzielają słupy komórek, pozostają, jakkolwiek znacznie zcieńczałe, i w ten sposób powstaje układ przegródek chrząstkowych, wychodzący z chrząstki i przenikający częściowo jamę szpikową; są to beleczki, wskazujące kierunek kostnienia.



Ryc. 301.
Oznaczone × miejsce poprzedniej ryciny pod większem powiększeniem.
Powiększ. ok. 185 razy.

Na tych beleczkach komórki kościotwórcze układają się na wzór nabłonka, podobnie jak na powierzchni wewnętrznej jamy szpikowej, i przekształcają je w beleczki kostne; w ten sposób powstaje istota gąbczasta kości. Każda tedy beleczka kostna zawiera w swem wnętrzu trzon chrząstkowy, który się utrzymuje długo, dopóki sam wreszcie nie skostnieje. Widzimy więc, że w rozwoju szkieletu chrząstka odgrywa rolę tylko pośrednią, pomocniczą; z chwilą, w której wypełni rolę tymczasowego organu podporowego, ulega zniszczeniu, a na jej miejscu występuje inna tkanka, której składnikami są komórki oko-

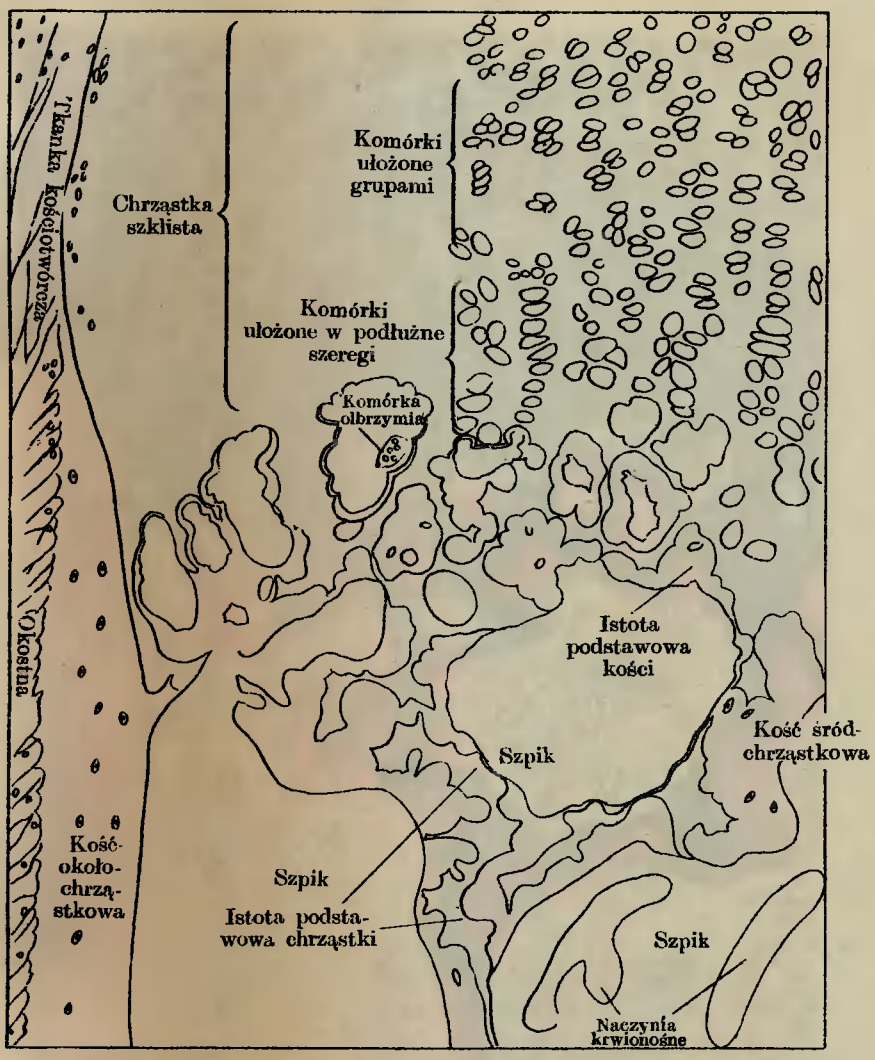


Ryc. 302.

Przekrój podłużny przez palec czteromiesięcznego płodu ludzkiego.

Narysowany tylko trzon drugiego członka. Pow. ok. 85 razy.

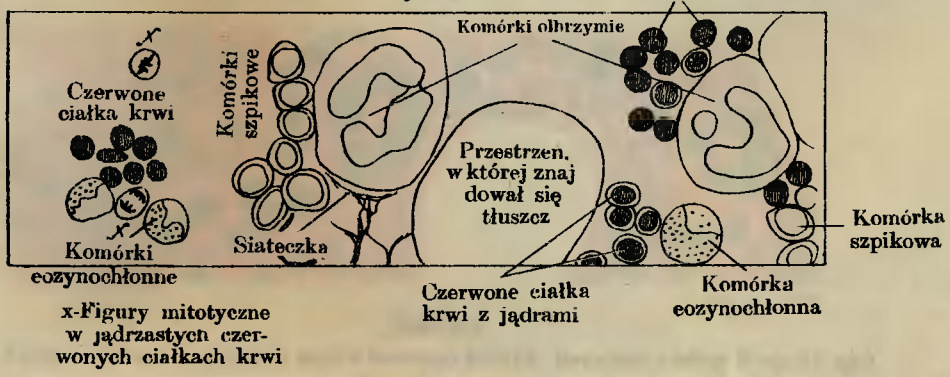
Ryc. 303.



Ryc. 303. Część przekroju podłużnego drugiego członka palca siedmiomiesięcznego płodu ludzkiego. Barwione hematoksyliną i pikrokarminem.

Pow. ok. 130 razy.

Ryc. 304.

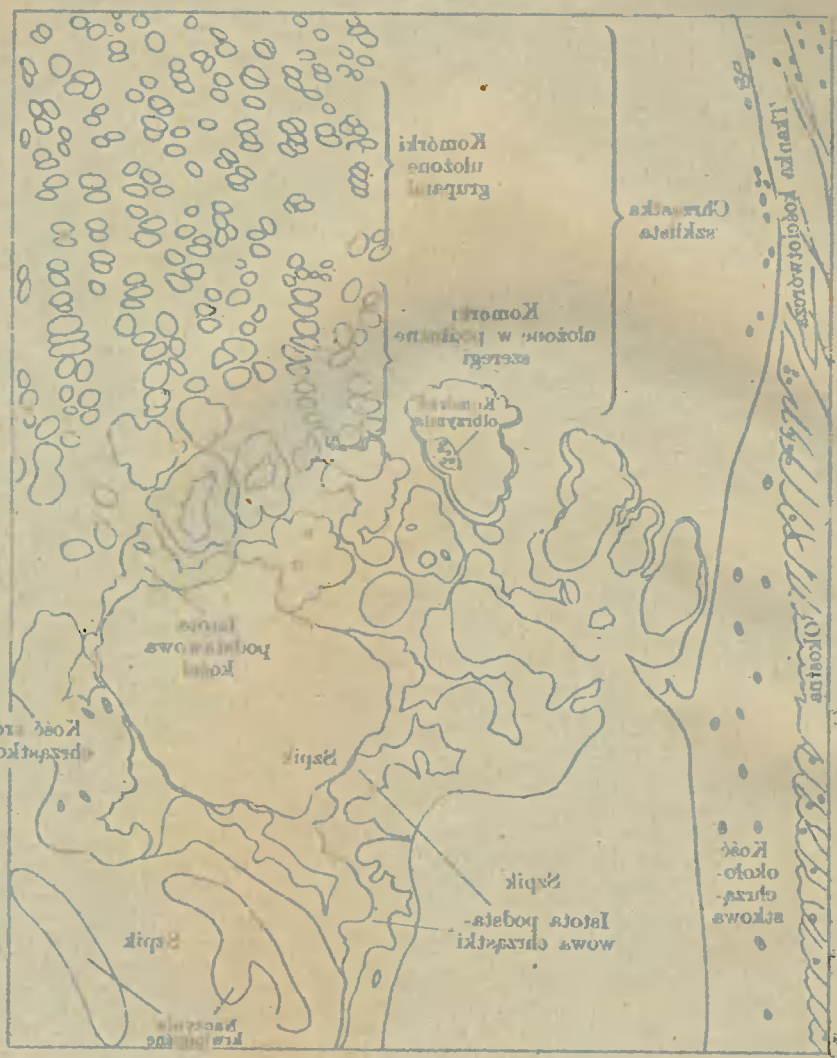


Ryc. 304.

Część przekroju czerwonego szpiku kostnego królika. Barwione według Biondi'ego

Pow. ok. 800 razy.

Rys. 303.



Rys. 303. Część przekroju podłużnego dużego członka pęcka siedmiomiesięcznego płodu ludzkiego. Barwione hematoksylina i pikrokarminem.

Pow. ok. 180 razy.

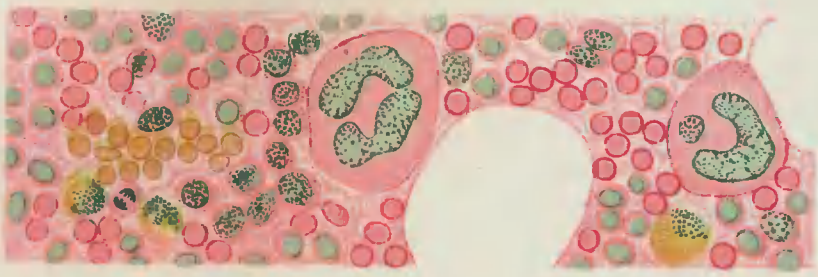
Rys. 304.

Rys. 304.

Część przekroju czerwonego szpiku kostnego królika. Barwione według Biondi'ego.

Pow. ok. 800 razy.

Ryc. 303. Część przekroju podłużnego drugiego członka palca siedmiomiesięcznego płodu ludzkiego. Barwione hematoksyliną i pikrokarminem.
Pow. ok. 130 razy.

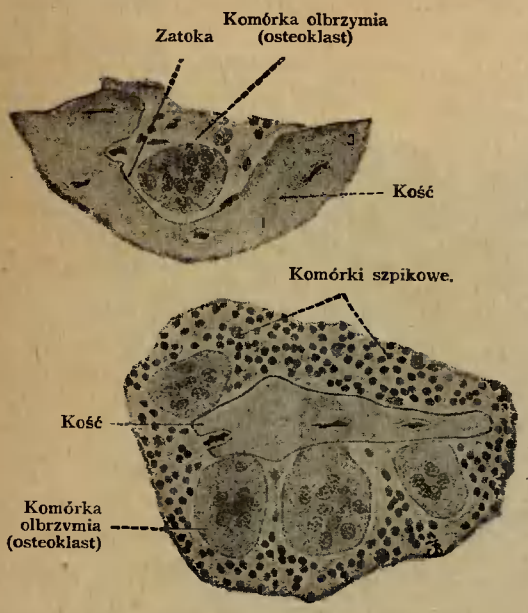


J.Baraqz ad nat.del.

Ryc. 304.
Część przekroju czerwonego szpiku kostnego królika. Barwione według Biondi'ego.
Pow. ok. 800 razy.

stnej, t. j. fibroblasty. Pojęcia kostnienia okostnego i śródchrzęstnego odnoszą się tylko do miejsca, w zasadzie zaś oba procesy są jednorodne.

W jaki sposób odbywa się wydzielanie substancji kostnej? Według podstawowych badań Köllikera każda komórka kościotwórcza wydziela dokoła siebie substancję podstawową kości tak, że wreszcie sama zostaje nią otoczona. Jak widzieliśmy, komórki kościotwórcze są komórkami rozgałęzionemi, które układają się na chrząstce w postaci nabłonka i łączą się wzajemnie zapomocą swoich wypustek; skutkiem tego młoda substancja kostna zawiera układ komunikujących ze sobą kanalików, które otaczają wypustki komórek kościotwórczych.



Ryc. 305.
Część przekroju podłużnego przez kość udową zarodka królika.
Pow. 335 razy.

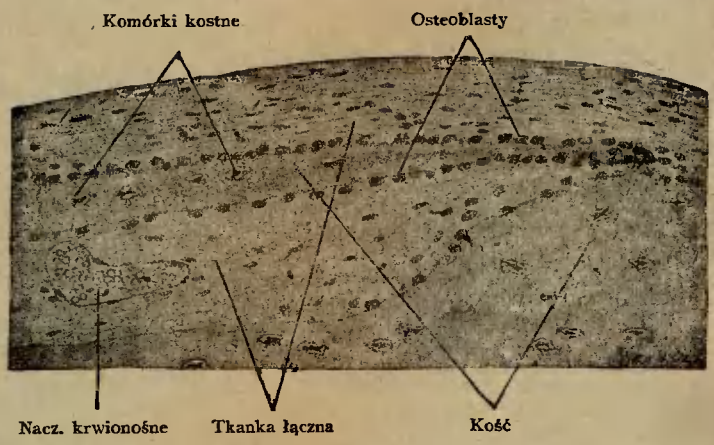
Komórka kościotwórcza wydziela nie samą tylko substancję podstawową kości, lecz jako prawdziwa komórka włóknotwórcza (fibroblast) wytwarza także włókna klejodajne. Według Gardnera można podzielić komórki kościotwórcze na dwa rodzaje, zależnie od funkcji, jaką spełniają. Jedne z nich wydzielają substancję podstawową kości i stają się komórkami kostnemi w sposób opisany powyżej, inne wytwarzają w swem ciele włókna klejodajne i po ukończeniu tej czynności zanikają tak, iż włókna dostają się do substancji podstawowej.

Przez ten czas kostniejący odcinek szkieletu na obwodzie otoczył się od okostnej grubą warstwą kości i osadza w dalszym ciągu jedną warstwę substancji kostnej po drugiej. Kość wzrasta na grubość przez *przywarstwianie (appositio)*. Przytem młoda kość otacza warstwami naczynia krwionośne, przebiegające na powierzchni; blaszki kostne układają się dokoła naczyń i tworzą kanały Haversa, otoczone systemami blaszek.

Kostnienie nasady, która w tym czasie składa się jeszcze cał-

kowicie z chrząstki, odbywa się później. Występuje w niej także najpierw punkt kostnienia, do którego wrasta ochrzęstna ze swemi naczyniami. Następnie wytwarza się jama szpikowa, która się powiększa i wskutek tego granice kostnienia trzonu i nasady zbliżają się coraz bardziej do siebie. Oddziela je od siebie listwa chrząstkowa, która utrzymuje się aż do czasu pokwitania, zwiększa się stale i w swej części trzonowej przekształca się w kość. W ten sposób tworzy ona materjał dla wzrostu kości na długość.

Zanim jednak kość otrzyma kształt skończony, część nowowytworzonej kości musi ulec zniszczeniu. Dość wspomnieć o defini-



Ryc. 306.

Część przekroju poprzecznego przez kość ciemieniową zarodka ludzkiego.

Powiększ. ok. 220 razy.

tywnej jamie szpikowej, która w kości osobnika dorosłego jest o tyle większa, niż w kości noworodka. Resorbcję takich zbytecznych części kości biorą na siebie osobne komórki, *komórki kościogubne* czyli *osteoklasty* albo *myeloplaxy* (ryc. 305). Są to komórki bardzo wielkie, zawierające zawsze po kilka jąder, leżących gromadnie. Spotyka się je w zagłębieniach substancji kostnej, w t. zw. zatokach H o w s h i p a, które powstają skutkiem resorbującej czynności tych komórek (ryc. 305).

Wszystkie kości szkieletu powstają z zawiązków chrzęstnych z wyjątkiem kości sklepienia czaszki, kości bocznych czaszki, większej części kości twarzy i nieznacznej części kości podstawy czaszki.

b) Rozwój kości z zawiązków łącznotkankowych.

Rozwój kości łącznotkankowych rozpoczyna się od tego, że w obrębie zawiązku łącznotkankowego poszczególne wiązki włókien tkanki łącznej ulegają zwapnieniu. Fibroblasty leżące dokoła ukła-

dają się na nich w pojedyńczej warstwie, przekształcają się w komórki kościotwórcze (osteoblasty) i zaczynają wydzielać kość w sposób poprzednio opisany (ryc. 306). Od tej blaszki kostnej poczynając, wznoszą się listewki i wyrostki młodej tkanki kostnej, które łączą się z sobą i tworzą *śródkoście (diploe)*. Gdy śródkoście dojdzie do pewnej grubości, wówczas po obu jego stronach osadza się jedna warstwa kości po drugiej; w ten sposób wytwarza się *istota kostna zbita (substantia compacta)* i kość rośnie na grubość.

Z zawiązków łącznotkankowych rozwijają się kości części bocznych i sklepienia czaszki, prawie wszystkie kości twarzy, część górna kości potylicznej i wewnętrzna blaszka wyrostka skrzydlastego kości klinowej.

B. Chrząstki.

Chrząstki, wyjąwszy powierzchnie stawowe i te miejsca, w których stykają się z kośćmi, są pokryte *ochrzęstną (perichondrium)*. W chrząstce zupełnie rozwiniętej nie spotykamy naczyń, które, podobnie jak nerwy, przebiegają wyłącznie w ochrzęstnej. Wyjątkowo zarówno rosnąca, jak i przejściowa i stała chrząstka może być unaczyniona, o ile wielkość jej nie pozwala na odżywienie od ochrzęstnej. — Unaczynienie jej można porównać z unaczynieniem kości. I tutaj naczynia włosowate nie leżą bezpośrednio wśród istoty podstawowej (S t o s s).

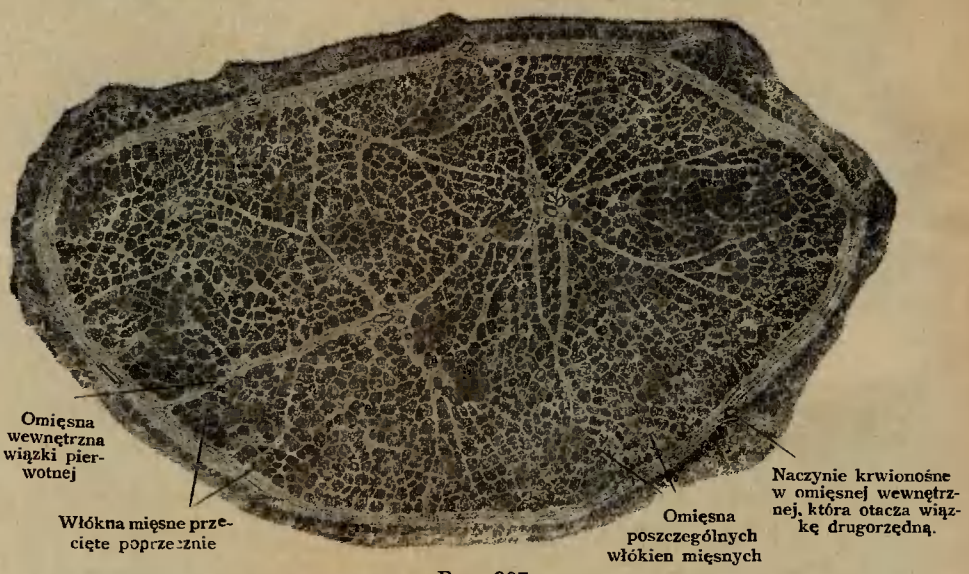
2. Mięśnie.

Większe kompleksy włókien mięsnych łączą się z sobą i odgraniczają mniej lub bardziej wyraźnie od sąsiednich kompleksów włókien, tworząc *mięsień*, przedstawiający całość, która jako narząd spełnia właściwą sobie funkcję, mianowicie porusza pewne określone części. Przeważnie są to poszczególne części szkieletu, mogą to być jednak czasami chrząstki lub też części miękkie. Tak więc mięśnie tworzą czynny składnik narządu ruchu, kości zaś bierny.

Każdy mięsień jest otoczony od zewnątrz grubą osłoną łącznotkankową, *pochewką mięśniową* czyli *omięsną zewnętrzną (perimysium externum)*. Omięsna zewnętrzna wysyła do substancji mięsnej blaszki łącznotkankowe, które łączą się między sobą i rozdzielają mięsień na większą ilość wiązek, najpierw grubszych, następnie cieńszych. Tę tkankę łączną, która pozostaje w związku bezpośrednim z pochewką zewnętrzną, nazywamy *pochewką mięśniową wewnętrzną (perimysium internum)*. Przytem najpierw grubsze przegrody odgraniczają od siebie grubsze wiązki; w obrębie grubszych wiązek przegrody cieńsze oddzielają wiązki drobniejsze, a wreszcie

wśród nich najcieńsze blaszki łącznotkankowe oddzielają drobne wiązki, które nazywamy *piewotnemi wiązkami mięsnemi* (ryc. 307).

Każda pierwotna wiązka mięsna składa się z pewnej liczby włókien mięsnych, które są oddzielone od siebie delikatnemi pasmami tkanki łącznej. Na obwodzie wiązki pasma te łączą się w jedną grubszą przegrodę łącznotkankową, która powleka wiązkę, a równocześnie odgranicza ją od wiązek sąsiednich. W taki sam sposób, w jaki włókna mięsne łączą się z sobą w wiązki pierwotne, wiązki pierwotne łączą się w wiązki drugorzędne, te w trzeciorzędne, a z ostatecznego połączenia się ich powstaje mięsień.



Ryc. 307.

Część przekroju poprzecznego musc. sterno-cleido-mastoideus człowieka.

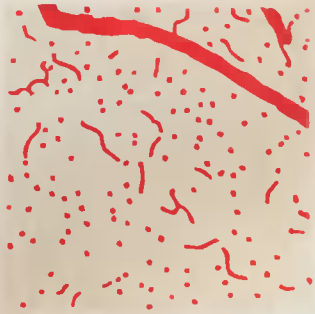
Wiązka drugorzędna, otoczona omięsną wewnętrzną.

Pow. ok. 45 razy.

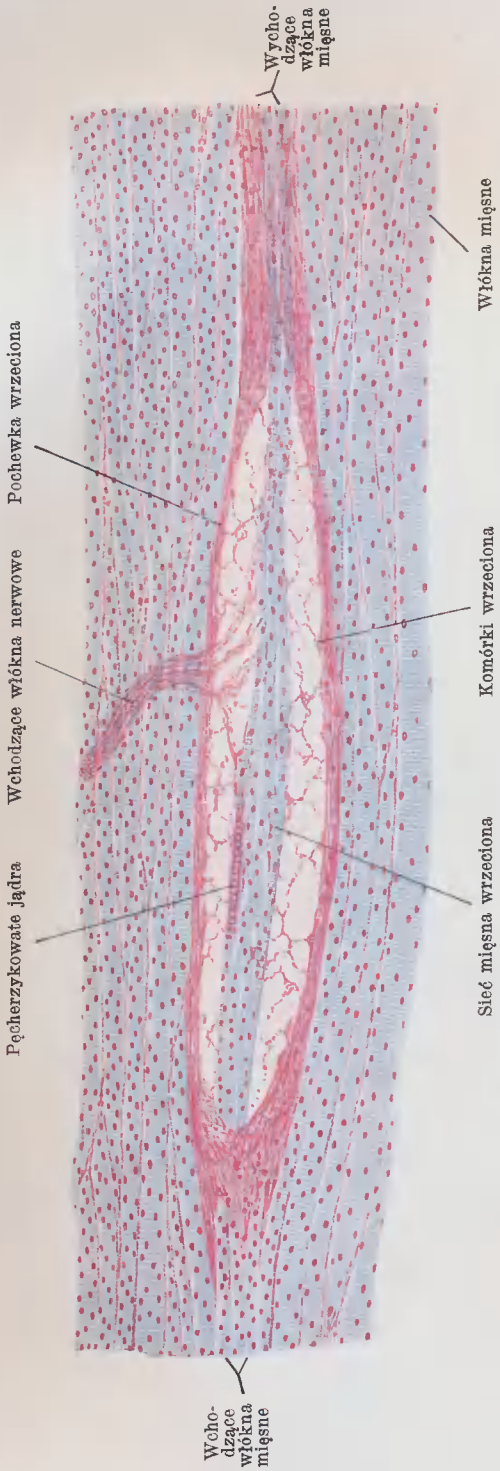
Pochewka mięśniowa wewnętrzna składa się z tkanki łącznej wiotkiej, wśród której przebiegają naczynia i nerwy. Zawiera ona także włókna klejodajne i sprężyste, których ilość w wiązkach cieńszych staje się coraz mniejszą. Podobnie rzecz się ma z zawartością tłuszczu; w przegrodach grubszych znajduje się więcej komórek tłuszczowych, niż w cieńszych.

Naczynia krwionośne zaopatrują mięśnie bardzo obficie; przebiegają one wśród pochewki mięśniowej wewnętrznej, rozgałęziając się wielokrotnie. Naczynia główne przebiegają często, zwłaszcza w mięśniach długich, poprzecznie do kierunku włókien. Wszystkie jednak powstające z nich gałązki grubsze zaginają się i biegną w kie-

Ryc. 308.
Część przekroju podłużnego poprzecznie prążkowanego mięśnia królika.
Naczynia krwionośne czerwono nastrzyknięte. Pow. ok. 80 razy.



Ryc. 309.
Część przekroju poprzecznego mięśnia poprzecznie prążkowanego królika.
Naczynia krwionośne czerwono nastrzyknięte. Pow. ok. 100 razy.



Ryc. 310. Wrzeciono mięsne z mięśnia (M. rectus oculi lateralis) owcy. Skrawek mrożony, zabarwiony fioletem krezylu.

runku podłużnym (Wollenberg). Pomiędzy wiązkami pierwotnemi oddzielają się tętnice od żył i wnikają do wiązek prostopadle do kierunku włókien. Wśród wiązek pierwotnych dzielą się na t. zw. gałązki przedwłosowate *(arteriae praecapillares)*, które znowu zaginają się pod kątem prostym i biegną równolegle z włóknami; potem dzielą się na naczynia włosowate, które tworzą sieć o oczkach wydłużonych, pomiędzy włóknami i dokoła nich leżącą (ryc. 308). Na przekrojach poprzecznych widać, że do każdego włókna przylega kilka naczyń włosowatych, które leżą tuż przy sarkolemmie i łączą się wielokrotnie z naczyniami sąsiedniemi (ryc. 309). Żyły, powstające z tych naczyń włosowatych, posiadają zastawki nawet w swych gałązkach najcieńszych.

Naczynia limfatyczne można wykazać w mięśniach w bardzo niewielkiej ilości; towarzyszą one w swym przebiegu naczyniom krwionośnym.

Nerwy przebiegają również w ten sam sposób. Mięsień zawiera włókna ruchowe, czuciowe i naczynioruchowe. Co do ich zakończeń porównaj rozdział „Zakończenia nerwowe obwodowe."

Pochewka mięśniowa wewnętrzna zawiera obok naczyń krwionośnych, limfatycznych i nerwów jeszcze t. zw. *wrzeciona* czyli *pączki mięsne*. Znajdują się one w rozmaitej ilości prawie we wszystkich mięśniach ciała ludzkiego, z wyjątkiem mięśni krtani i mięśni ocznych. Według Regaud mają wrzeciona występować liczniej w mięśniach kończyn, aniżeli w mięśniach tułowia, szyji i głowy. Długość ich waha się między 2 a 11 mm.

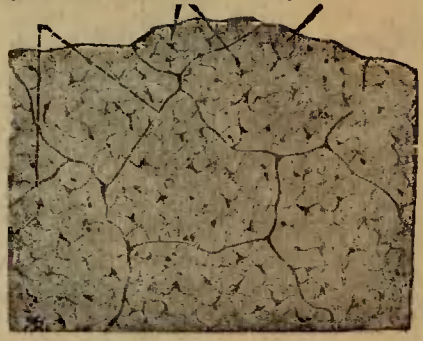
Każde wrzeciono jest otoczone pochewką utworzoną przez *perimysium internum* i okazuje w swej całej długości jedno lub kilka wrzecionowatych zgrubień. Od wewnątrz pochewka jest wyścielona warstwą komórek rozgałęzionych, łączących się wypustkami pomiędzy sobą i przenikających wnętrze wrzeciona (ryc. 310). Głównym składnikiem wrzeciona są włókna mięsne poprzecznie prążkowane, biegnące wzdłuż wrzeciona. Wchodzą one w rozmaitej ilości na jednym końcu wrzeciona, a wychodzą na drugim. Po drodze ulegają podziałowi; gałązki z podziału wynikłe łączą się ze sobą i tworzą w ten sposób wewnątrz wrzeciona wydłużoną sieć beleczków mięsnych. Jądra tych beleczków układają się miejscami bardzo gęsto obok siebie i wypełniają prawie zupełnie beleczki mięsne, przyczem tracą chromatynę i zmieniają się na drobne pęcherzyki, które skutkiem gęstego ułożenia przyjmują kształt wieloboczny (Kühne).

Pozostała wolna część jamy wrzeciona jest wypełniona płynem surowiczym.

Do każdego wrzeciona mięsnego wchodzą dwa lub więcej włókien rdzennych, z których conajmniej jedno jest natury czuciowej.

Znaleziono w nich również włókna bezrdzenne. Włókna czuciowe otaczają włókna i beleczki mięsne w turach spiralnych i oddają przytem liczne gałązki boczne, które przylegają jako zakończenia nerwowe w formie listków i płytek ściśle do włókien mięsnych. Włókna motoryczne kończą się na włóknach mięsnych typowemi motorycznemi płytkami końcowemi.

Co do funkcji wrzecion mięsnych zdania autorów są rozbieżne; większość jednak skłania się dzisiaj do zapatrywania, że wrzeciona mięsne są przyjmującymi narządami zmysłu mięśniowego (Kerschner, Ranvier, Forster, Sherrington, Cilimbaris). Ucisk wywarty na pochewkę wrzeciona, wywołany skurczem otaczających mięśni przenosi się na treść wrzeciona i zadraźnia czuciowe zakończenia nerwowe wewnątrz wrzeciona (Sherrington); według Cipollone i Bauma natomiast torebka jest tylko aparatem chroniącym skomplikowany końcowy aparat nerwowy wrzeciona przed uciskiem otaczających mięśni. Zadraźnienie tego aparatu końcowego następuje przez mięśnie samego wrzeciona.



Ryc. 311.

Część przekroju ścięgna (m. popliteus) ludzkiego.

Powiększ. ok. 210 razy.

Połączenie mięśni z ich miejscem przyczepu przychodzi do skutku za pośrednictwem *ścięgien*. Składają się one, jak to już wyżej przedstawiono, z włókienek klejodajnych, które są połączone w *wiązki pierwotne* zapomocą *istoty międzywłókienkowej*. Te ostatnie łączą się w wiązki drugorzędne zapomocą *istoty międzywiązkowej* (ryc. 311). Pomiędzy wiązkami pierwotnemi leżą komórki łącznotkankowe, ukształtowane i ułożone w sposób charakterystyczny. Każdą wiązkę drugorzędną otacza wiotka tkanka łączna, która łączy je z wiązkami podobnemi w wiązki trzeciorzędne. Z licznych takich wiązek trzeciorzędnych, oddzielonych od siebie łącznotkankowemi przegrodami, składa się całe ścięgno. Powleka je gruba osłona zbitej tkanki łącznej, tworząca t. zw. *ościęgnę (peritenonium)*, od której odchodzą przegrody łącznotkankowe, oddzielające wiązki trzeciorzędne.

Połączenie mięśnia ze ścięgnem jest niezwykle mocne. Można je oddzielić od siebie tylko środkami chemicznemi, lecz nie mechanicznemi. To tak mocne połączenie dochodzi do skutku przez to,

że łącznotkankowe składniki ścięgna czyli włókna ścięgna, przechodzą bezpośrednio w cienkie włókna omięsnej wewnętrznej, oplatające sarkolemmę (Kölliker, Biesiadecki i Herzig, Weismann, Ranvier, Peterfi [ryc. 312]). Przejście bezpośrednie włókien mięsnych we włókna ścięgna, jak to przyjmują pewni autorowie (Fick, Wagener, Golgi, O. Schultze), jest mało prawdopodobne. O. Schultze twierdzi, że włókienka kurczliwe *(myofibrille)* przechodzą bez przerwy we włókna tkanki łącznej, zatracając swój skład z cząsteczek różnie światło łamiących, przemieniają się we włókienka ścięgna i na końcu włókna mięsnego przebijają sarkolemmę.

W tych przypadkach, w których mięsień przyczepia się wprost do okostnej lub do powięzi, połączenie tworzy omięsna, przechodząc bezpośrednio w tkankę łączną tych części.

Naczynia krwionośne ścięgien tworzą obfitą sieć w ościęgnej *(peritenonium)*, od której głównie odbywa się odżywianie ścięgna. We wnętrzu ścięgna znajdują się bardzo nieliczne naczynia krwionośne, wyłącznie tylko w obrębie przegród łącznotkankowych. Zupełnie tak samo ma się rzecz z *naczyniami limfatycznemi*.

Ryc 312.
Część przekroju podłużnego przez musc. gastrocnemius żaby.
Przejście mięśnia w ścięgno,
Pow. 200 razy.

Nerwy czuciowe zaopatrują ścięgna bardzo obficie. Kończą się tu osobnemi ciałkami, otoczonemi osłonką łącznotkankową, t. zw. *wrzecionami ścięgna* Golgiego lub ciałkami Vater-Paciniego.

Pochewki ścięgien (vaginae tendinum) należy sobie wyobrazić jako twory złożone z dwóch cew współśrodkowych: wewnętrznej, t. j. blaszki trzewnej, zrośniętej ze ścięgnem, i zewnętrznej, t. j.

blaszki ściennej, którą od tamtej oddziela szpara, jama pochewki, wypełniona płynem, podobnym do mazi stawowej. Obie blaszki na końcach pochewki przechodzą w siebie bezpośrednio. Stosunkowo gruba blaszka ścienna ma budowę, podobną do torebki stawowej. Można w niej odróżnić dwie warstwy: zewnętrzną włóknistą i wewnętrzną, utworzoną z komórek płaskich, pochodzenia łącznotkankowego, ułożonych nakształt śródbłonka, które przechodząc na powierzchnię ścięgna, tworzą bardzo cienką blaszkę trzewną pochewki.

Przez miano *powięzi (fascia)* rozumiemy błony lub blaszki z napiętej tkanki łącznej, które odgraniczają poszczególne mięśnie lub całe ich grupy. Włókna klejodajne leżą w nich, bardzo gęsto pomieszane z włóknami sprężystemi, w kilku wastwach, jedne ponad drugiemi, przyczem kierunki włókien w poszczególnych warstwach krzyżują się z sobą.

VII. Układ nerwowy.

Układ nerwowy rozwija się z zewnętrznego listka zarodkowego czyli z ektodermy zarodka, mianowicie z pasma komórek, leżącego w linji pośrodkowej jego listka. Tutaj ektoderma grubieje wskutek tego, iż komórki jej rosną na długość, i tworzy wał podłużny, leżący w linji pośrodkowej, zwany *płytką nerwową*. Skutkiem tego, że boczne brzegi tej płytki się podnoszą i tworzą fałdy, powstaje najpierw rynienka, która następnie zamyka się i wytwarza cewkę nabłonkową, zwaną *pierwotną cewką nerwową*. W odcinku głowowym tej cewki zachodzą bardzo zawiłe procesy, polegające na przewężaniu się pewnych jej części, a na rozroście i układaniu się w fałdy innych, przez co część ta przekształca się w wielki narząd, *mózg;* części zaś: środkowa i doogonowa cewki nerwowej, z powodu grubienia ściany, przekształcają się w gruby, walcowaty sznur o bardzo wązkiem świetle, w *rdzeń kręgowy*, który stanowi bezpośrednie przedłużenie mózgu i przebiega w linji pośrodkowej tułowia po jego stronie grzbietowej. Mózg i rdzeń tworzą razem *układ nerwowy ośrodkowy*. *Układ nerwowy obwodowy* powstaje po części w ten sposób, że z narządu ośrodkowego wywędrowują elementy komórkowe, które jednak pozostają z nim w stałej łączności, po części zaś w ten sposób, że z narządu ośrodkowego wychodzą neuryty pewnych komórek nerwowych, które zdążają do swoich miejsc przeznaczenia na obwodzie.

Część składową istotną całego układu nerwowego stanowi *tkanka nerwowa*, której budowę omówiliśmy szczegółowo w części ogólnej niniejszego podręcznika. Oprócz niej w narządzie ośrodkowym znajduje się odrębna tkanka podstawowa, zwana *glejem (neuroglia)*, oraz *osłonki łącznotkankowe i naczynia krwionośne odżywiające*.

Widzieliśmy już poprzednio, że tkanka nerwowa składa się z komórek, opatrzonych wypustkami rozmaitego kształtu, z t. zw. *komórek nerwowych*. Wśród wypustek rozróżniliśmy *dendryty* (wypustki protoplazmatyczne) i *neuryty* (wypustki nerwowe czyli osiowe). Każdą komórkę z należącymi do niej dendrytami i wychodzącym z niej neurytem określiliśmy jako *neuron*. Każdy neuron rozwija się z jednej tylko komórki i odpowiada jej pod względem wartości. Stanowi on nietylko *jednostkę genetyczną*, lecz zachowuje samodzielność przez całe życie i z tego powodu możemy także uważać go za *jednostkę morfologiczną*. Cały układ nerwowy zarówno ośrodkowy jak obwodowy składa się z niezliczonej ilości neuronów, ułożonych jeden za drugim i obok siebie, które są samodzielnemi jednostkami, t. zn. że *włókienka nerwowe (neurofibrylle)*, które, jak widzieliśmy, tworzą zasadniczy, choć może nie jedyny element przewodzący w neuronie, nie przekraczają nigdy granicy jednego neuronu. Włókienka sąsiadujących z sobą neuronów stykają się z sobą nieraz nawet bardzo ściśle, ale zawsze tylko przez kontakt, nigdy zaś nie zachodzi tu połączenie ich zupełne tak, żeby można było mówić o ciągłości włókienek nerwowych różnych neuronów. Neuron jest wreszcie *jednostką czynnościową* i *odżywczą*, czego dowodem są fakta, zaczerpnięte z fizjologji i patologji. Więcej niż przed pół wiekiem Waller wykazał eksperymentalnie, że komórka nerwowa jest ośrodkiem odżywczym dla włókien nerwowych, które są tylko wypustkami, od niej nieodłączalnemi. Jeźli się bowiem przetnie włókno nerwowe, wówczas jego odcinek obwodowy, oddzielony od komórki nerwowej, do której należał, degeneruje bardzo szybko, gdy tymczasem jego odcinek przyśrodkowy pozostaje nietknięty.

Nie można jednak przemilczeć tego, że *teorja neuronów*, na której gruncie stoimy w tym podręczniku, ma licznych przeciwników, którzy ją zwalczają wielu i ważnemi argumentami. Twórcami teorji neuronów są Bidder i Kupffer, His i Golgi, w dalszym zaś ciągu rozwijali ją Kölliker, Waldeyer, Ramón y Cajal, Retzius, Lenhossék, van Gehuchten i wielu innych. Natomiast Balfour, Dohrn, bracia Hertwigowie, van Wijhe, O. Schultze i inni przeczą zasadniczemu twierdzeniu tej teorji, jakoby każde włókno nerwowe powstawało przez wyrastanie neurytu z jednej tylko komórki, i przyjmują, że nerwy obwodowe pochodzą z większej ilości komórek. Z drugiej strony Apáthy i Bethe zwalczają twierdzenie o morfologicznej jedności neuronów, opierając się na faktach, zaczerpniętych z układu nerwowego zwierząt bezkręgowych, u których w wielu miejscach mieli wykazać włókienka, przechodzące z jednego neuronu do drugiego. Według przeciwników teorji neuronów droga przewodnictwa nerwo-

wego jest ciągła, elementy jej łączą się w jedną nieprzerwaną całość zapomocą znajdujących się w pewnych odstępach sieci między-, około- i śródkomórkowych. Włókienka nerwowe, które są właściwemi przewodnikami, przebiegają nieprzerwanie przez komórki, będące tylko częściami drugorzędnemi i nieistotnemi. Kwestja ta jest jeszcze do dziś dnia sporną i jedną z najbardziej żywotnych w dziedzinie biologji; wywołuje ona od czasu do czasu namiętne spory i nie da się przewidzieć, na którą stronę szala się przechyli. Gdyby jednak istotnie okazało się, że teorja neuronów nie da się utrzymać, w co osobiście wątpimy, w każdym razie musiałoby się przyznać, że przyczyniła się ona w bardzo znacznym stopniu do poznania układu nerwowego.

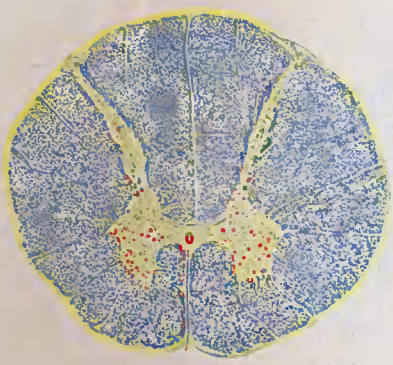
Po tych uwagach wstępnych przejdziemy do omówiania budowy układu nerwowego ośrodkowego. Musimy jednak zaznaczyć, że w ramach tego podręcznika nie można myśleć o wyczerpującem przedstawieniu tej kwestji, i dlatego musimy odesłać czytelników do dzieł specjalnych. Zajmiemy się tu tylko nieco obszerniej budową rdzenia kręgowego, a następnie w ogólnych zarysach wyjaśnimy budowę kory móżdżkowej i mózgowej.

1. Układ nerwowy ośrodkowy.

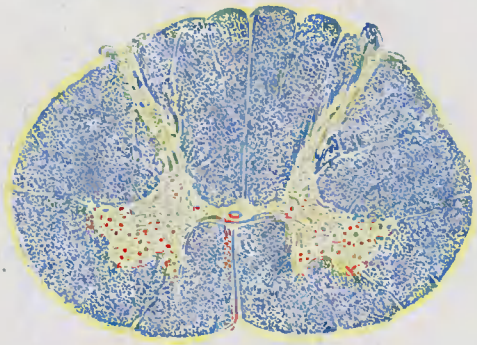
A. Rdzeń kręgowy.

O grubszej budowie rdzenia kręgowego pouczają najlepiej jego przekroje poprzeczne, barwione według metody Weigerta. Przy zastosowaniu tej metody osłonki rdzenne włókien nerwowych barwią się na ciemno-niebiesko, gdy tymczasem wszystkie inne elementy przybierają jasny odcień żółto-brunatny (ryc. 313—319). Na takim przekroju rdzenia rozróżniamy nawet gołem okiem dwie różne substancje: jedną zabarwioną na ciemno-niebiesko, zajmującą część obwodową obu połów rdzenia kręgowego, oraz drugą żółto-brunatną, leżącą w okolicy środkowej obu połów rdzenia. Na preparacie świeżym ta ostatnia substancja ma barwę matowo-szarą i dlatego nazwano ją *istotą szarą*, pierwsza natomiast z powodu jasnego, biało-połyskującego wyglądu została nazwana *istotą białą*. Szara substancja obu połów jest z sobą połączona zapomocą wąskiego mostka, zwanego *spoidłem szarem (commissura grisea s. posterior)* tak, że cała masa istoty szarej ma na przekroju poprzecznym kształt litery H. Beleczkę poprzeczną litery H tworzy spoidło szare (patrz ryc. 320—323). Obie beleczki pionowe litery H nabrzmiewają na swych końcach brzusznych w gruby twór o kształcie kolby, zwany *rogiem przednim (cornu anterius)*. Róg przedni nie dochodzi nigdy do obwodu rdzenia, lecz łączy się z nim zapomocą cienkich wiązek

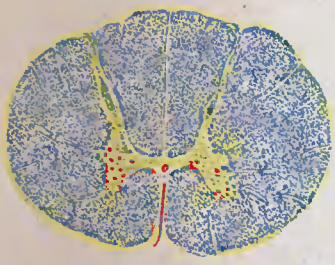
Ryc. 313.



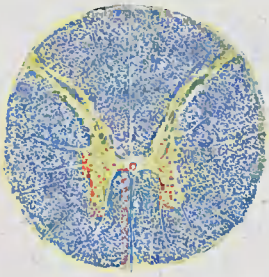
Ryc. 314.



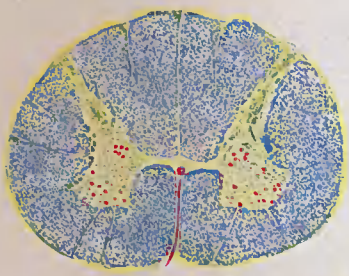
Ryc. 315.



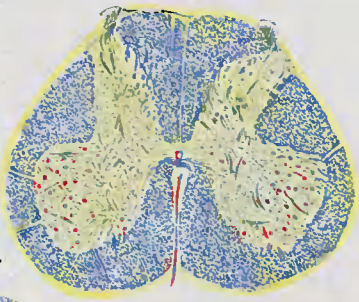
Ryc. 316.



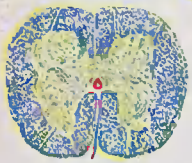
Ryc. 317.



Ryc. 318.



Ryc. 319.



Ryc. 313—319.

Przekroje rdzenia kręgowego człowieka. Barwione metodą Weigerta.

Ryc. 313. Wysokość I nerwu szyjnego. — Ryc. 314. Wysokość IV nerwu szyjnego. — Ryc. 315. Wysokość II nerwu piersiowego. — Ryc. 316. Wysokość VI nerwu piersiowego. — Ryc. 317. Wysokość II nerwu lędźwiowego. — Ryc. 318. Wysokość IV nerwu lędźwiowego. — Ryc. 319. Wysokość II nerwu krzyżowego. Pow. ok. 5 razy.

włókien nerwowych, przeciętych podłużnie na przekrojach poprzecznych rdzenia, a więc przebiegających w całym rdzeniu poprzecznie do jego długości, zwanych *korzonkami przednimi (radices anteriores)*.

Tylna grzbietowa część obu pionowych beleczek litery H wygina się na zewnątrz pod kątem rozwartym i zmierza ku rowkowi bocznemu *(sulcus lateralis)*, w którego okolicy ostro się kończy. Ta tylna część beleczki tworzy *róg tylny (cornu posterius)*.

Wreszcie pomiędzy rogiem tylnym a przednim istota szara wstercza nieznacznie do istoty białej w postaci trójkąta i tworzy najwyraźniej w rdzeniu piersiowym i dolnym szyjnym t. zw. *róg boczny (cornu laterale)*.

Substancja szara, oglądana na przekrojach poprzecznych rdzenia, przedstawia na wszystkich jego wysokościach opisany właśnie rysunek rogów przednich, tylnych względnie bocznych, w pewnych zaś okolicach rdzenia kształt istoty szarej jest nieco zbliżony do kształtu motyla z rozpostartemi skrzydłami. Ponieważ obraz taki powtarza się na wszystkich wysokościach rdzenia, wynika z tego jasno, że istota szara, rozmieszczona wewnątrz rdzenia wśród istoty białej, tworzy słupy, przebiegające wzdłuż całego rdzenia, i to: dwa *słupy przednie (columnae anteriores)*, odpowiadające na przekroju poprzecznym rdzenia rogom przednim, — dwa *słupy tylne (columnae posteriores)*, odpowiadające rogom tylnym, — i wreszcie dwa, rozmaicie silnie rozwinięte, *słupy boczne (columnae laterales)*, odpowiadające rogom bocznym.

Obie połowy rdzenia pomiędzy obu rogami przednimi rozdziela szeroka *szczelina pośrodkowa przednia (fissura mediana anterior)*. Nie dochodzi ona do spoidła szarego, tak iż w tem miejscu obie białe połowy rdzenia są z sobą połączone zapomocą wąskiego mostka istoty białej, zwanego *spoidłem przedniem (commissura anterior)*. Po stronie grzbietowej natomiast obie białe połowy rdzenia w środku pomiędzy obu rogami tylnymi są zupełnie oddzielone od siebie zapomocą *przegrody tylnej (septum posterius)*, przebiegającej od spoidła tylnego do *brózdy pośrodkowej tylnej (sulcus medianus posterior)*.

W obrębie spoidła tylnego, dokładnie w linji środkowej, widoczny jest przekrój poprzeczny *kanału środkowego (canalis centralis)*.

Na tylnej czyli grzbietowej powierzchni wchodzą do rdzenia korzonki tylne w szeregu prawie nieprzerwanym, zaznaczając miejsce wejścia płytką *brózdą boczną tylną (sulcus lateralis posterior)*. Wchodzące korzonki tylne oddzielają w każdej połowie rdzenia pewną część istoty białej, leżącą pomiędzy niemi, a przegrodą tylną. Część tę oznaczamy jako *sznur* cz. *powrózek tylny (funiculus posterior)*. Podobnie, choć nie tak wyraźnie, korzonki przednie, wychodzące z rdzenia w postaci wiązek, nieregularnie i po kilka obok siebie uło-

żonych, oddzielają część istoty białej, leżącej pomiędzy nimi, a szczeliną pośrodkową przednią, t. zw. *sznur* cz. *powrózek przedni (funiculus anterior)*. W miejscu wyjścia korzonków przednich zaznacza się bardzo słabo *brózda boczna przednia (sulcus lateralis anterior)*. Cała pozostała masa istoty białej, która leży pomiędzy wychodzącymi korzonkami przedniemi, a wnikającemi korzonkami tylnemi, tworzy *sznur* cz. *powrózek boczny (funiculus lateralis)*. W części szyjnej i górnej piersiowej rdzenia widać pomiędzy brózdą pośrodkową tylną, a brózdą boczną tylną nieznaczną *brózdę pośrednią tylną (sulcus intermedius posterior)*.

Jak to widzimy na przekrojach poprzecznych rdzenia, *słup tylny* (względnie róg tylny) rozpoczyna się po stronie grzbietowej słupów bocznych szeroką *podstawą (basis columnae posterioris)*, która wkrótce zwęża się nieco *w szyjkę słupa tylnego (cervix columnae posterioris)*. Przytem słup tylny odchyla się mniej lub więcej ku zewnątrz i tworzy ze słupem przednim kąt rozwarty. Poza szyjką słup tylny grubieje nieco w t. zw. *głowę słupa tylnego (caput columnae posterioris)*. Od obwodu obejmuje tę część istota szara o wejrzeniu charakterystycznie szklistem, mająca kształt półksiężyca, t. zw. *substancja galaretowata* Rolanda *(substantia gelatinosa* Rolandi). Dalej nazewnątrz leży *warstwa gąbczasta (zona spongiosa)*, a wreszcie, idąc ku obwodowi rdzenia, *warstwa przybrzeżna* cz. *rąbek* Lissauera *(zona terminalis)*, jako małe, jasne pole, utworzone z delikatnej istoty białej, oddzielające na wszystkich wysokościach rdzenia istotę szarą rogów tylnych od powierzchni rdzenia (ryc. 327).

Istota galaretowata Rolanda, warstwa gąbczasta i rąbek Lissauera są od strony wewnętrznej odgraniczone przez wnikające włókna korzonków tylnych.

Zanim przejdziemy do dokładniejszego omawiania mikroskopowej budowy obu tych istot, należy pokrótce opisać zmiany kształtu i wielkości przekroju rdzenia, jakie w nim zachodzą na różnych wysokościach. Przedewszystkiem należy zauważyć, że kształt przekroju rdzenia ulega charakterystycznym zmianom, zależnie od wieku osobnika. We wczesnem dziecięctwie przekrój jego jest naogół owalny, począwszy od 3-go roku życia zaczyna się coraz bardziej zaokrąglać w miarę tego, jak po stronie grzbietowej wyrastają sznury tylne. W wieku późniejszym słupy tylne rozsuwają się jednak znowu bardziej na boki, przez co długość sznurów tylnych zmniejsza się, a przekrój rdzenia staje się znowu bardziej owalny (Stern).

Największy przekrój okazuje rdzeń na wysokości IV nerwu szyjnego, gdzie wynosi 0,843 cm^2, przekrój rdzenia piersiowego waha się pomiędzy 0,547 a 0,408 cm^2, na wysokości pierwszego nerwu lędźwiowego rdzeń grubieje znowu do 0,542 cm^2, a następnie zwęża

Nerw
Septum med. post.
Fascic. gracil.
Fascic. cuneat.
Korzonek tylny
Formatio reticularis
Róg tylny
Sznur boczny
Grupy komórek nerwowych
tylno-boczne
przednio boczne
Róg przedni
Pośrodkowo przednie
Fiss. med. ant.
Sznur przedni
Comm. alba
Commiss. grisea (na lewo kanał środkowy)

Ryc. 320.
Przekrój poprzeczny rdzenia szyjnego człowieka na wysokości 6. korzonka rdzeniowego.
Pow. ok. 11 razy.

Ryc. 321.
Przekrój poprzeczny rdzenia piersiowego na wysokości 11. korzonka rdzeniowego.
Pow. 11 razy.

Ryc. 322.
Przekrój poprzeczny rdzenia lędźwiowego w okolicy zgrubienia lędźwiowego.
Pow. 11 razy.

Ryc. 323.
Przekrój poprzeczny rdzenia krzyżowego człowieka.
Pow. 11 razy.

się jednostajnie ku stożkowi końcowemu *(conus terminalis)*. Podobnie zachowuje się istota biała. Istota szara jest najlepiej rozwinięta na wysokości V nerwu lędźwiowego, gdzie wynosi 0,190 cm^2. Stosunek istoty szarej do białej układa się najkorzystniej dla istoty szarej w rdzeniu krzyżowym, w którym obie istoty posiadają na przekroju mniej więcej jednakową rozległość powierzchniową, najmniej korzystnie natomiast w środkowej części rdzenia piersiowego, w której istota biała 12—13 razy przewyższa istotę szarą (R. Krause i Aguerre).

Zmiany, jakim ulega przekrój rdzenia na różnej wysokości, polegają: po pierwsze na zmianie kształtu całego przekroju, po wtóre na zmianie kształtu istoty szarej i jej poszczególnych części, a wreszcie, jak wynika z tego, cośmy wyżej powiedzieli, na zmianie stosunku pomiędzy istotą szarą a białą. Co do wszystkich tych punktów, lepiej i szybciej orjentują obrazy przekrojów, przedstawionych na rycinach 313—319, niż opis przydługi.

Istota szara.

Charakterystyczne piętno nadaje istocie szarej zawartość bardzo licznych komórek nerwowych, które częściowo są wśród niej rozsiane bezładnie, częściowo zaś ułożone w grupy charakterystyczne. Oprócz nich zawiera ona liczne włókna rdzenne i bezrdzenne, glej oraz naczynia krwionośne. W opisie naszym omówimy najpierw komórki nerwowe z osobna w słupie przednim, bocznym i tylnym, a następnie opiszemy przebieg włókien istoty szarej. Glejem rdzenia zajmiemy się w osobnym rozdziale. Do opisu włókien nerwowych istoty szarej przyłączymy opis spoideł i kanału środkowego.

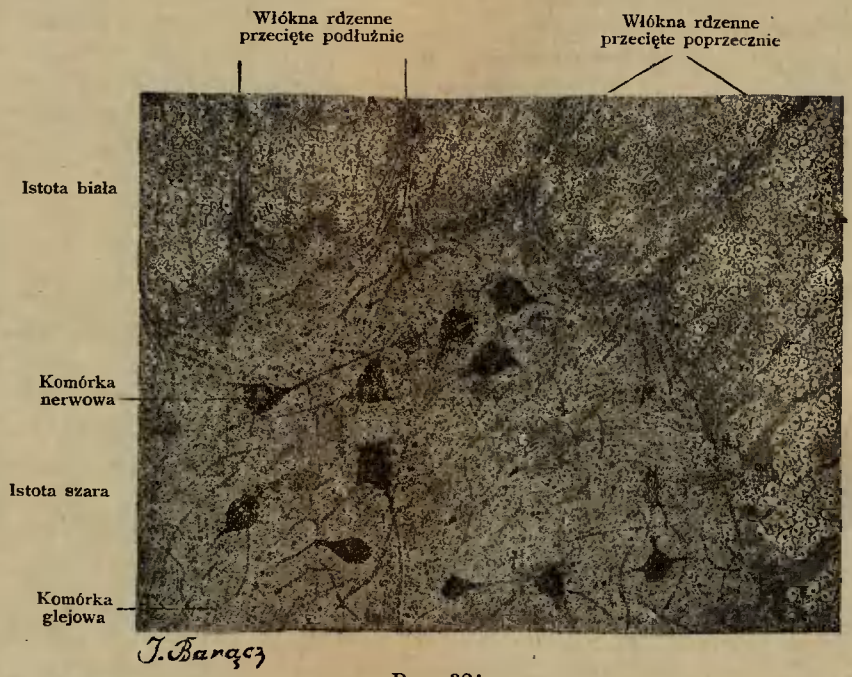
Słup przedni. Odcinki brzuszne istoty szarej wyróżniają się od wszystkich innych części tem, że zawierają bardzo wielką ilość dużych, wielobiegunowych komórek nerwowych (ryc. 324). Łączą się one w kilka grup, nie zawsze wyraźnie od siebie odgraniczonych, wśród których możemy rozróżnić dwie brzuszne i dwie grzbietowe (ryc. 320 i 327). Grupa komórek *przyśrodkowo-brzuszna* czyli przyśrodkowo-przednia zajmuje kąt wewnętrzny rogu przedniego, *boczno-brzuszna* — kąt brzuszny zewnętrzny; grupa *boczno-grzbietowa* czyli tylno-boczna zajmuje kąt tylno-boczny rogu przedniego, a grupa *przyśrodkowo-grzbietowa* czyli przyśrodkowo-tylna leży pomiędzy grupą przyśrodkowo-brzuszną a spoidłem przedniem. Z pośród tych grup obie grupy boczne są prawie wszędzie silniej rozwinięte niż przyśrodkowe, z których znów najmniejszą jest grupa grzbietowo-przyśrodkowa.

Jeśli się bada istotę szarą na przekrojach podłużnych rdzenia, można zauważyć wśród tych grup komórek wyraźną segmentację

tak, że komórki te w całym rdzeniu układają się w liczne grupy, leżące jedna nad drugą.

Oprócz tych komórek, rozmieszczonych grupami, znajdują się wszędzie w słupach przednich porozrzucane komórki, nie należące do żadnej z grup wymienionych.

Komórki nerwowe, znajdujące się w słupie przednim, można podzielić ze względu na zachowanie się ich neurytów na trzy grupy. W przeważnej ilości komórek neuryt opuszcza istotę szarą i, przebijając poprzecznie istotę białą, staje się włóknem korzonka prze-



Ryc. 324.

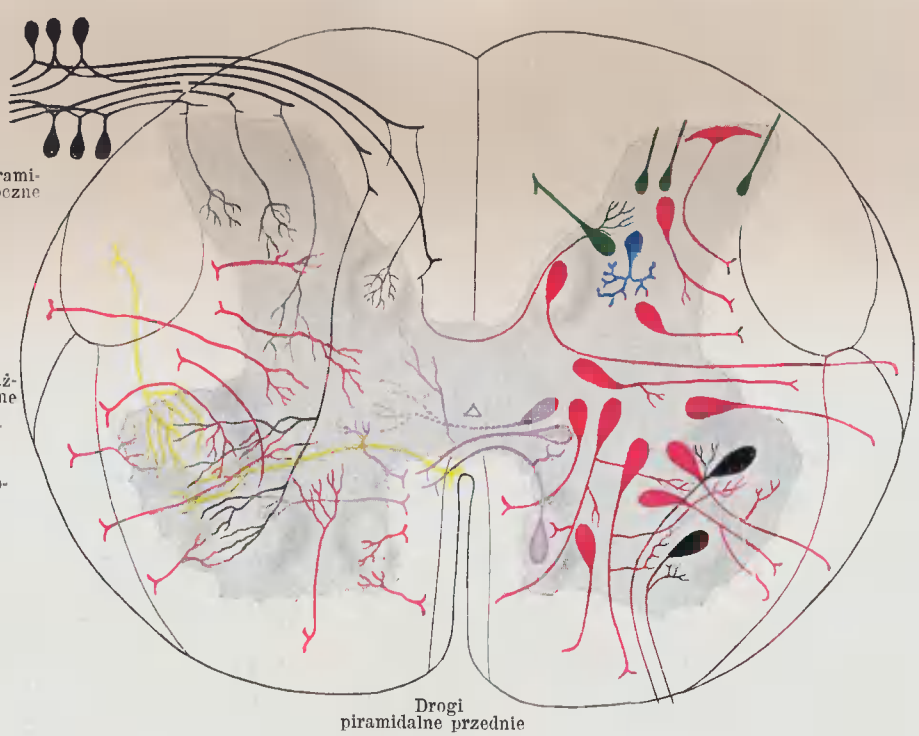
Przednia połowa rogu przedniego rdzenia cielęcia. Z przekroju nabrzmienia szyjnego.

Pow. 80 razy.

dniego. Te komórki nazywamy *komórkami korzonków przednich* czyli *komórkami ruchowemi*. Komórki drugiego rodzaju wysyłają swe neuryty do spoidła przedniego i dlatego zostały nazwane *komórkami spoidłowemi*. Wreszcie w komórkach trzeciego rodzaju, w t. zw. komórkach *sznurowych* czyli *powrózkowych*, neuryt skierowywa się z substancji szarej do sznura bocznego i przebiega dalej wśród niego (ryc. 325).

Komórki korzonków przednich stanowią typowy przykład komórek wielobiegunowych, jak to zaznaczyliśmy już w części ogólnej

Strona lewa: czarne = komórki zwoju międzykręgowego, korzonki tylne, ich rozdwojenia oraz kończące się w różnych częściach substancji szarej bocznice, a mianowicie od strony lewej ku prawej: zakończenia w rogu tylnym, w partji środkowej substancji szarej, w rogu drzednim, w słupach Clarke'a i w skrzyżowaniu rogu tylnego (spoidło tylne); czerwone = bocznice sznurów przednio bocznych; liliowe = bocznice neurytów komórek spoidłowych; żółte = zakończenia bocznic dróg piramidalnych.



Strona prawa: czarne = komórki ruchowe: czerwone = komórki sznura przednio-bocznego, a wśród nich po jednej komórce słupa Clarke'a i warstwy brzeżnej substancji Rolanda; należy zwrócić uwagę na znaczne gałązki poboczne komórek sznura przedniego; liliowe = komórki spoidłowe, jedna z komórek tego rodzaju kreskowana (spoidłowa komórka Golgiego); niebieska = komórka Golgi'ego; zielone = komórki pęczka tylnego, małe komórki zaś przedstawiają komórki substancyi Rolanda.

Ryc. 325.

Schemat budowy rdzenia kręgowego na przekroju poprzecznym według Lenhosséka. Po stronie lewej bocznice, po prawej komórki nerwowe.

tego podręcznika. Średnica ich dochodzi do 150 μ, należą więc one do największych komórek ciała ludzkiego, które dają się rozpoznać nawet gołem okiem. Ilość ich jest zmienna w różnych odcinkach rdzenia; większe nagromadzenia ich spotykamy w tych miejscach rdzenia, z których wychodzą korzonki przednie, w miejscach, leżących pomiędzy dwoma korzonkami, znajduje się ich znacznie mniej. *Kształt* tych komórek jest naogół gwiaździsty, lecz spotyka się wśród nich także komórki mniej lub bardziej wydłużone. *Dendryty* ich, których liczba może dochodzić do 10, rozgałęziają się nietylko w istocie szarej słupa przedniego i bocznego, lecz wnikają także aż do istoty białej. U zarodków zjawisko to jest ogólniej spotykane niż u dorosłych; u kręgowców niższych dendryty dochodzą aż do obwodu rdzenia. *Neuryt* komórki korzonka przedniego wychodzi albo od samego ciała komórki albo od jednego z dendrytów. Przy wyjściu z komórki jest on niezmiernie cienki, tworzy zwykle charakterystyczną pętlę, a następnie zatacza szerszy lub węższy łuk i dostaje się do miejsca, z którego wychodzą przednie korzonki (ryc. 92 i 325). Wielką zasługę ma Golgi, który wykazał, że neuryt, już przed wejściem do istoty białej, wysyła drobne gałązki boczne, t. zw. *boczniсe, kollaterale ruchowe*, które się rozgałęziają wielokrotnie w obrębie istoty szarej. U człowieka nie są one tak liczne, jak n. p. u królika, lecz występują stale. Według Köllikera mają one przewodzić w kierunku od komórek i łączyć z sobą poszczególne komórki ruchowe; według Lenhosséka natomiast przewodzą one w kierunku ku komórce i są tworami równowartościowemi z dendrytami.

Co do delikatniejszej budowy komórek korzonków przednich, powołujemy się na to, co powiedziano w części ogólnej.

Wśród komórek rogu przedniego wykazali Cajal, Lenhosséк, Retzius i inni komórki, które wysyłają swe neuryty nie do korzonka przedniego, lecz przez róg tylny do *korzonka tylnego*. Czy mamy tu do czynienia z komórkami ruchowemi układu nerwowego współczulnego, jak przyjmują Kölliker, Steinach i inni, nie jest dotychczas rozstrzygnięte.

Komórki spoidłowe (ryc. 325) znajdują się przeważnie w częściach przyśrodkowych rogu przedniego i wnikają do spoidła przedniego aż do okolicy kanału środkowego. Cechuje je to, że neuryt ich przechodzi przez spoidło przednie i dochodzi do sznura przedniego istoty białej, leżącej po stronie przeciwnej, gdzie dzieli się w kształcie litery T. Jedna gałązka, pochodząca z tego podziału, biegnie w kierunku wstępującym, druga zstępującym. Naogół komórki spoidłowe nieznacznie tylko różnią się zarówno pod względem wielkości, jak kształtu od komórek korzonków przednich, jednak spotyka się wśród nich dosyć często komórki wydłużone, wrzecionowate, których den-

dryty wychodzą z obu biegunów komórki. Neuryt bierze zwykle początek z grubszego dendrytu i biegnie łukowato ku spoidłu przedniemu. W drodze otacza się osłonką rdzenną i staje się włóknem nerwowem rdzennem. Przez skrzyżowanie włókien obustronnych w spoidle przedniem na dnie szczeliny pośrodkowej przedniej powstaje obraz, dla tego spoidła charakterystyczny. Od neurytów tych odchodzą też gałązki boczne, lecz o wiele rzadziej niż od neurytów korzonków przednich.

Przeważna część komórek spoidłowych posiada budowę i przebieg taki, jak opisaliśmy powyżej, lecz w pewnych komórkach występują zmiany, polegające na tem, że neuryt ich, jak to opisał Cajal, rozdwaja się przed wejściem do spoidła i jedna z jego gałązek biegnie do sznura przedniego tej samej strony, druga natomiast do sznura przedniego strony przeciwnej. Komórki te nazwano *komórkami spoidłowemi dwustronnemi (bilaterale Kommissurenzellen)*.

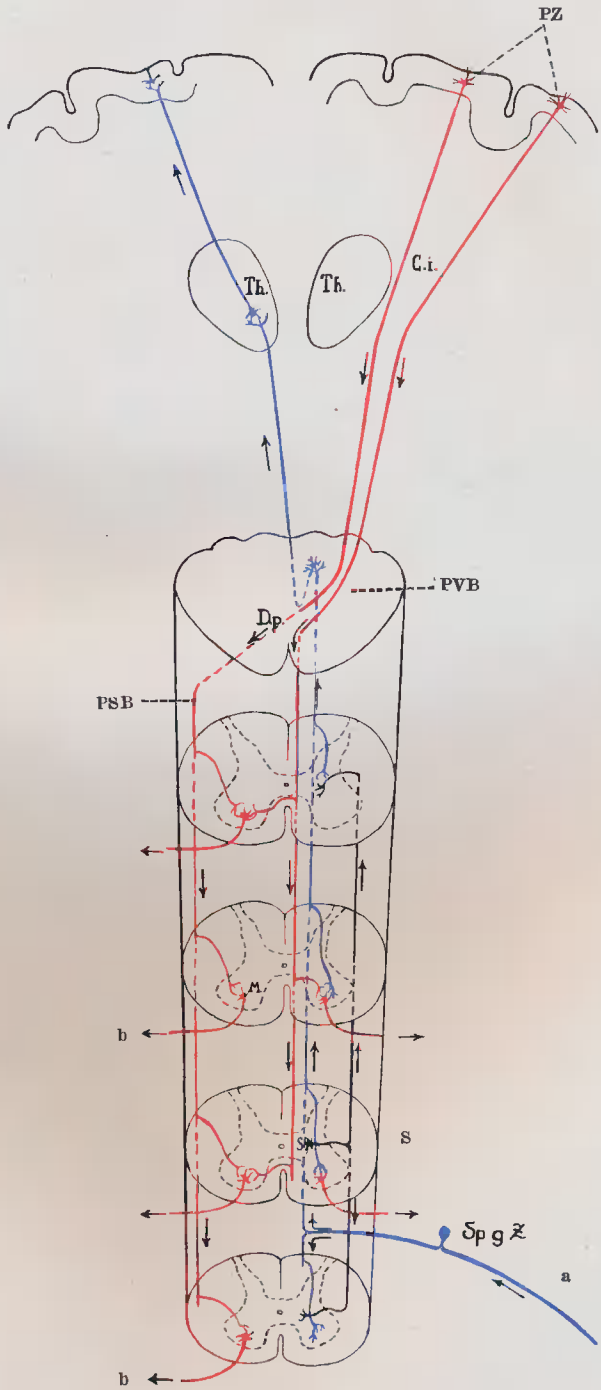
Pomiędzy komórkami spoidłowemi znajdują się także komórki II typu Golgiego (por. część ogólną str. 128). Neuryt ich przechodzi przez spoidło przednie do drugiej połowy istoty szarej, leżącej po przeciwnej stronie i dzieli się tutaj na liczne gałązki końcowe (ryc. 325).

Komórki sznurowe (ryc. 325 i 326 S) leżą głównie w częściach środkowych rogów przednich; do nich należą przedtem wspomniane komórki rozrzucone, do żadnej z grup nie należące komórki sznurowe, nie występują jednak wyłącznie w rogach przednich, lecz znajdują się także w rogach bocznych i tylnych. Nie posiadają więc one określonego miejsca, ani charakterystycznego kształtu, gdyż bywają albo gwiaździste albo wydłużone. Są one zwykle średniej wielkości i posiadają nieliczne, ale bardzo grube i długie dendryty, które rozprzestrzeniają się po obszarach zwykle znacznie oddalonych od komórki.

Neuryt komórki sznurowej wnika zawsze do istoty białej, leżącej z tej samej strony, i staje się tam włóknem nerwowem wstępującem lub zstępującem. Różni się on od neurytów wszystkich innych komórek tem, że często jeszcze w obrębie istoty szarej dzieli się na dwie lub większą ilość gałązek, które nazwano wypustkami osiowemi rozszczepionemi (schizaxonami). Te gałązki wnikają następnie do różnych odcinków istoty białej.

Neuryt otacza się już w obrębie istoty szarej osłonką rdzenną, a po wniknięciu do istoty białej zwraca się pod kątem prostym ku mózgowi, albo też dzieli się w kształcie litery T i wysyła jedną gałązkę ku mózgowi, drugą w kierunku ogonowym.

Największa część komórek sznurowych wysyła swe neuryty do sznura bocznego, a tylko nieliczne z nich wysyłają je do sznura przedniego, gdzie przebiegają w części najbardziej przyśrodkowej, tuż



Ryc. 326. Schemat rozmieszczenia i rozgałęzienia komórek nerwowych rdzenia i zwojów międzykręgowych, jakoteż wzajemnego zachowania się neuronów czuciowych i ruchowych w układzie nerwowym ośrodkowym.

a = Dendryt neuronu czuciowego, b = Neuryt neuronu ruchowego, M = Komórka ruchowa rogu przedniego, C. i. = Capsula interna, Dp = Decussatio pyramidum, PSB = Droga piramidalna boczna, PVB = Droga piramidalna przednia, PZ = Komórki piramidalne w korze mózgowej, S = Komórka sznurowa, Sp g Z = Komórka zwoju międzykręgowego, Th = Thalamus opticus. Niebieskie = drogi dośrodkowe (czuciowe), czerwone = drogi odśrodkowe (ruchowe), czarne = drogi krótkie. Kierunek przewodzenia jest oznaczony strzałkami.

przy szczelinie pośrodkowej przedniej. Dlatego nazwano te komórki także *komórkami szczelinowemi.*

W nielicznych razach spotyka się komórki sznurowe przemieszczone wprost do istoty białej sznura bocznego.

Słup boczny. Pomiędzy słupem przednim a tylnym istota szara tworzy swym konturem kąt, wsunięty pomiędzy te słupy, zwany *kątem sznura bocznego.* W jego obrębie istota biała jest pomieszana z szarą pod postacią sieci, zwanej *utworem siatkowatym (formatio reticularis).* Wstercza on ku sznurowi bocznemu, tworząc kąt ostry. W rdzeniu piersiowym przez zagęszczenie utworu siatkowatego powstaje *słup boczny.*

Wszystkie komórki słupa bocznego należą do typu komórek sznurowych i wysyłają swe neuryty do sznura bocznego. Są to komórki małe lub średniej wielkości, posiadające wyraźny kształt wrzeciona z dendrytami, ułożonemi na biegunach. Władyczko stwierdził, że w rogach bocznych u człowieka leżą między innemi komórki, od których odchodzą włókna naczynioruchowe.

Słup tylny. Komórki słupa tylnego nie układają się w wyraźne grupy, lecz są porozrzucane nierównomiernie i nieregularnie po całej jego masie. W jednem tylko miejscu wyróżniają się komórki, tworząc wyraźną grupę, która leży w przyśrodkowej części podstawy przy przejściu jej w szyjkę; grupy tej więc należy szukać ku tyłowi i ku zewnątrz od kanału środkowego. Komórki te tworzą grupę wyraźnie odgraniczoną o przekroju okrągłym lub owalnym; występują one począwszy od dolnej części rdzenia szyjnego wzdłuż całego rdzenia piersiowego i lędźwiowego. Nazywamy je *jądrem grzbietowem (nucleus dorsalis)*, lub *słupem* Clarka (ryc. 325 i 327). Komórki te są wielobiegunowe i mają krótkie dendryty. Neuryty ich skierowywują się najpierw w kierunku brzusznym, następnie zginają się pod kątem prostym, przechodzą przez istotę szarą i wnikają do sznura bocznego. Skutkiem tego, że neuryty w większej ilości układają się obok siebie, powstają grubsze lub cieńsze wiązki włókien nerwowych rdzennych, które przebijają poprzecznie istotę szarą; wiązki te nazywamy pęczkami Flechsiga. Słup Clarka najsilniej jest rozwinięty, tak pod względem wielkości, jako też ilości komórek, w środkowej części rdzenia lędźwiowego.

Pozostałe komórki nerwowe w głowie i szyji słupa tylnego są małemi, co najwyżej średniej wielkości, komórkami wielobiegunowemi, należącemi przeważnie do typu komórek sznurowych. Wysyłają one swój neuryt już to do sznura bocznego, już też do tylnego. Czasami spotyka się wśród nich komórki II typu Golgiego. Są to tak zw. *komórki wnętrzne* *) (Binnenzellen), których wypustka

*) Ponieważ te komórki nie wychodzą poza obręb substancji szarej cz. szarówki, możnaby je nazwać śródszarówkowemi.

nerwowa, obficie rozgałęziona, nie wychodzi z istoty szarej, lecz kończy się w niej wolno, tworząc zakończenia drzewkowate (ryc. 325).

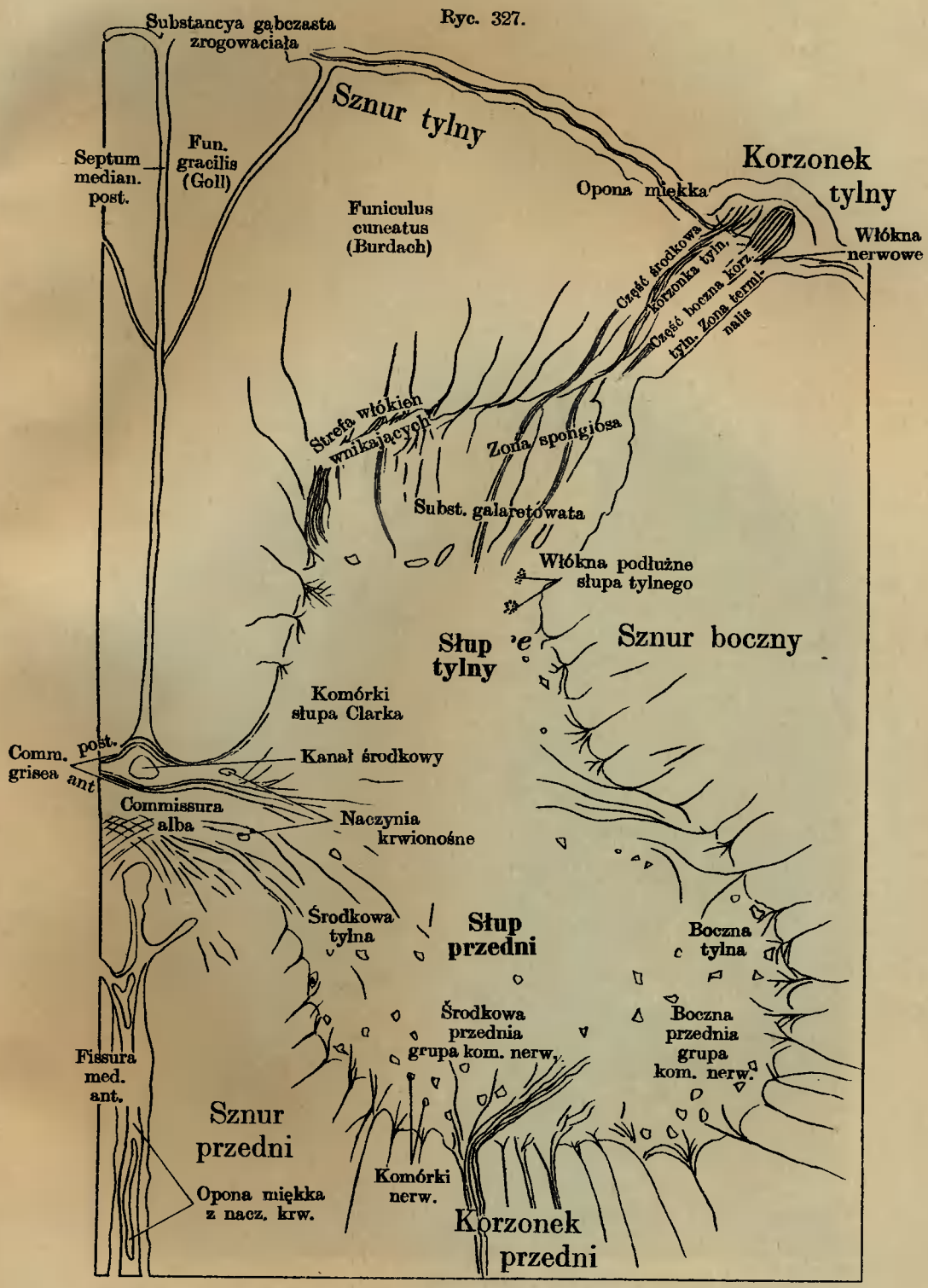
Substancja galaretowata Rollanda najsilniej jest rozwinięta w rdzeniu lędźwiowym, słabiej w szyjnym, a najsłabiej w piersiowym. Tworzy ona wszędzie sierp, zwrócony ku stronie brzusznej, wklęsłością obejmujący głowę słupa tylnego. Dawniej sądzono, że składa się ona wyłącznie z gleju, dziś, dzięki badaniom Weigerta, wiemy, że jest to część rdzenia, zawierająca najmniej gleju, a już poprzednio Stilling, Gierke, Schwalbe, H. Virchow i Ramón y Cajal wykazali w niej komórki nerwowe.

Według Ramón y Cajala substancja Rollanda zawiera trzy rodzaje komórek nerwowych. Najbliżej szyjki leży warstwa komórek gwiaździstych, po niej następuje warstwa komórek piramidalnych, a wreszcie na obwodzie tej substancji, na granicy z warstwą gąbczastą znajdują się komórki swoiste, zwane komórkami granicznemi. *Komórki gwiaździste* są małe i wielobiegunowe. Neuryt ich wchodzi albo do warstwy gąbczastej albo do sznura tylnego lub też rozszczepia się podobnie, jak w komórkach II typu Golgiego. *Komórki piramidalne* są wydłużone. Dendryty, wychodzące z przedniego końca tych komórek, wnikają aż do głowy słupa tylnego, a neuryt ich skierowywa się do sznura tylnego. W zarodkach komórki te są nadzwyczaj liczne, lecz w ciągu rozwoju ilość ich ulega znacznej redukcji. *Komórki graniczne* są to wielkie, wydłużone komórki kształtu wrzecionowatego, które często ułożone w ścisłym szeregu odgraniczają substancję Rollanda od warstwy gąbczastej. Neuryt ich przechodzi przez substancję Rollanda w kierunku brzusznym, później skierowywa się na bok i wnika do sznura bocznego.

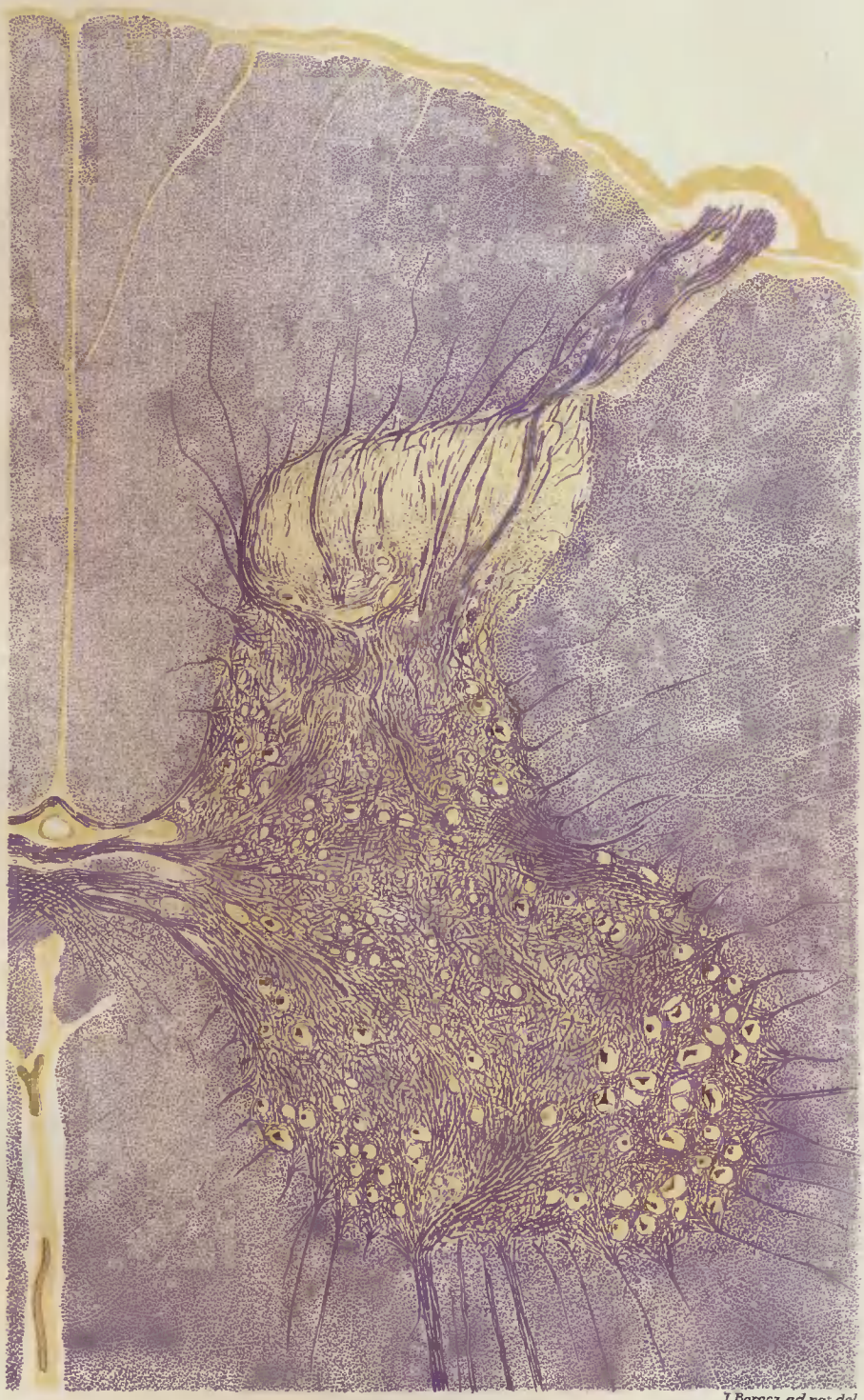
Wśród substancji Rollanda komórki nerwowe tkwią w istocie podstawowej mniej lub bardziej jednorodnej, która zachowuje się niezwykle odpornie wobec barwików. Według Lenhosséka ma ona być wytworem przemiany wstecznej komórek, które w rdzeniu zarodka znajdowały się tu w wielkiej ilości.

Włókna nerwowe istoty szarej. Jeżeli będziemy przeglądali preparat barwiony w celu okazania osłonek rdzennych, według metody Weigerta, znajdziemy w istocie szarej liczne włókna nerwowe rdzenne, które często tworzą splot bardzo gęsty (ryc. 327). Obecnie zanalizujemy pokrótce włókna nerwowe w istocie szarej.

Wielką część tych włókien poznaliśmy już przy omawianiu komórek. Przeważna część tych komórek wysyła neuryt, który jeszcze w obrębie istoty szarej otacza się osłonką rdzenną i zmienia się we włókno rdzenne, które przechodzi przez istotę szarą i wnika do białej. Istota szara zawiera jednak oprócz tych włókien wychodzących, także włókna w nią wnikające.



Ryc. 327.
Przekrój poprzeczny rdzenia kręgowego szyjnego cielęcia, barwiony według Weigerta. Przedstawiona jest tylko połowa substancyi szarej z graniczącemi częściami białej.
Pow. 25 razy.



J. Boraqz ad nat. del.

Ryc. 327.
Przekrój poprzeczny rdzenia kręgowego szyjnego cielęcia, barwiony według Weigerta. Przedstawiona jest tylko połowa substancyi szarej z graniczącemi częściami białej.
Pow. 25 razy.

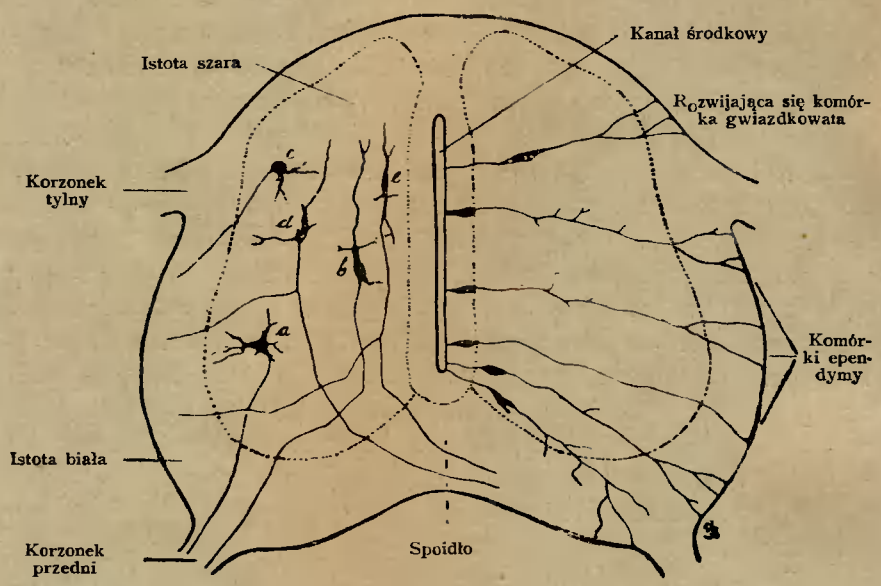
Nieprzemijającą zasługą Camilla Golgiego jest odkrycie, że włókna rdzenne, przebiegające w istocie białej, wysyłają pod kątem prostym do istoty szarej gałązki boczne rdzenne, t. zw. *bocznice*, które odchodzą w małych od siebie odstępach. Ramón y Cajal i Kölliker rozszerzyli i pogłębili jeszcze bardziej to odkrycie. Zależnie od miejsca odgałęzienia rozróżniamy bocznice sznura przedniego, bocznego i tylnego (ryc. 325 i 326).

Bocznice sznura przedniego wnikają do słupa przedniego, tracą w nim wkrótce osłonkę rdzenną i kończą się drzewkowato na komórkach korzonków przednich i na komórkach spoidłowych. U człowieka naogół rozwijają się one w niewielkiej ilości. O wiele liczniejsze są te bocznice, które odchodzą od włókien sznurów bocznych do istoty szarej i które stanowią przeważną część gęstego splotu włókien rdzennych, znajdującego się w istocie szarej. Bocznice sznurów bocznych zaopatrują prawie wszystkie okolice istoty szarej i kończą się na komórkach słupa przedniego, bocznego i tylnego. Jeszcze większe znaczenie mają bocznice sznura tylnego; przy przejściu przez róg tylny łączą się one w poszczególne pęczki rdzenne, które na preparatach, barwionych metodą Weigerta, nadają charakterystyczny prążkowany wygląd substancji Rollanda (ryc. 327) oraz głowie i szyji słupów tylnych. Jedna ich część kończy się w głowie słupa tylnego na małych komórkach, tu się znajdujących, druga zaś wnika w postaci zwartej wiązki do słupa Clarka, a każde z tych włókien po utracie osłonki rdzennej tworzy gęsty koszyczek końcowy dokoła każdej z komórek Clarka. Wreszcie najbardziej uwydatniające się i najważniejsze bocznice sznura tylnego zostały nazwane wspólnem mianem pęczka odruchowego Köllikera. Przechodzą one gęsto przez część przyśrodkową głowy słupa tylnego i substancji Rollanda, w szyjce stopniowo się rozluźniają i wnikają wachlarzowato do słupa przedniego i bocznego, gdzie otaczają delikatnemi zakończeniami drzewkowatemi wielkie komórki korzonków przednich. Każde z tych włókien po utracie osłonki rdzennej dzieli się na liczne gałązki, które delikatnemi zgrubieniami przylegają do ciała komórki lub jej dendrytów.

Kanał środkowy. Kanał środkowy leży w linji pośrodkowej rdzenia na granicy pomiędzy spoidłem tylnem, a przedniem. Średnica jego waha się pomiędzy 0,045 a 0,1 mm, najwęższa jest w rdzeniu piersiowym, a na końcu stożka rdzeniowego *(conus terminalis)* rozszerza się najpierw w szparę mającą kształt litery T, następnie w pofałdowany woreczek, zwany komorą końcową *(ventriculus terminalis)*, który przechodzi w ślepo zakończony kanał środkowy nitki końcowej *(filum terminale)*. Według Argutinskiego komora końcowa wytwarza się wtórnie w drugiej połowie życia płodowego przez

bujanie ściany kanału środkowego. Światło kanału środkowego w rdzeniu szyjnym jest początkowo szparą, ustawioną strzałkowo, a następnie czołowo, w rdzeniu piersiowym jest ono zwykle okrągłe, a w rdzeniu lędźwiowym staje się znowu szparą strzałkową (ryc. 313—319). U dorosłego kanał środkowy jest tylko wyjątkowo na całej długości drożny, zwykle, chociaż miejscami, zarasta.

Kanał środkowy jest wysłany nabłonkiem walcowatym migawkowym. Każda komórka posiada wielkie jądro i wyraźne ciałka pod-



Ryc. 328.

Przekrój przez rdzeń ośmiodniowego zarodka kury Na lewo komórki nerwowe, na prawo komórki gleju, *a* i *b* = komórki ruchowe, *c* = komórki sznurów bocznych, *d* i *e* = komórki wielosznurowe.

Powiększ. ok. 80 razy.

stawowe, a na obwodzie przedłuża się w wypustkę, wnikającą mniej lub bardziej głęboko w substancję rdzenia. Komórki te nazywamy komórkami wyściółki *(ependyma)*, a ich wypustki włóknami wyściółki czyli ependymy (ryc. 328).

Kanał środkowy jest otoczony substancją, nadzwyczaj obfitującą w elementy gleju, *istotą* cz. *substancją galaretowatą środkową (substantia gelatinosa centralis)*. Budowę jej, jak również dokładny opis komórek ependymy uwzględnimy przy omawianiu komórek gleju.

Spoidło tylne. Spoidło tylne czyli szare rozciąga się od tylnego grzbietowego brzegu substancji galaretowatej środkowej do przegrody tylnej i łączy obie szare połowy rdzenia. Pionowo przecinają je liczne

włókna ependymy, które wnikają do przegrody tylnej; wzdłuż niego przebiegają włókna nerwowe rdzenne, które dążą z jednej połowy istoty szarej rdzenia do drugiej (ryc. 327).

Spoidło tylne zawiera przeważnie bocznice sznura bocznego i tylnego, które skierowywują się do komórek słupa przedniego i tylnego strony przeciwnej, a oprócz nich także włókna, które odchodzą jako neuryty od komórek rogów tylnych i zwracają się do słupa tylnego strony przeciwnej. Włókna te przebiegają przeważnie wiązkami równoległemi, częściowo jednak krzyżują się między sobą.

Spoidło przednie. Spoidło przednie należy w przeważnej części do istoty białej; do istoty szarej należy zaliczyć tylko mały, wąski jego odcinek grzbietowy, przytykający tylną stroną do substancji galaretowatej środkowej.

Charakterystyczne dla spoidła przedniego są stosunkowo grube włókna rdzenne, które się krzyżują pomiędzy sobą pod kątem mniej lub bardziej rozwartym (ryc. 327). Są to właściwie neuryty komórek spoidłowych, które, jak widzieliśmy, w pewnych razach same mogą być przemieszczone do spoidła. Dendryty tych komórek przechodzą również często przez spoidło do drugiej połowy rdzenia. Podobnie jak przez spoidło tylne, przechodzą również i przez przednie liczne włókna ependymy, o czem poniżej obszerniej mówić będziemy.

Istota biała.

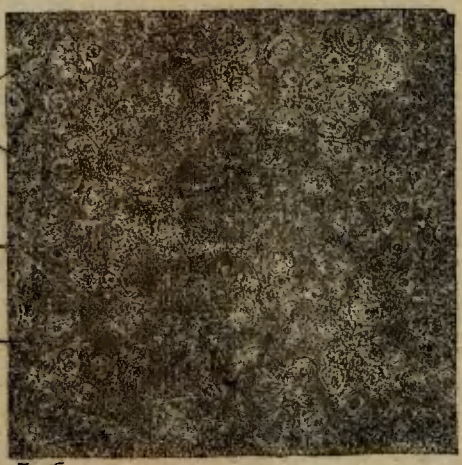
Istota biała składa się z włókien nerwowych przebiegających rodłużnie, które mają trojakie pochodzenie. Włókna te są albo neupytami komórek nerwowych, które leżą w istocie szarej rdzenia, albo neurytami komórek zwojów międzykręgowych i wnikają jako korzonki tylne do sznurów tylnych, albo wreszcie mogą to być neuryty, które wychodzą z komórek mózgowych i zstępują do rdzenia. Oprócz tych włókien, przebiegających podłużnie, istota biała zawiera także włókna, przebiegające poprzecznie; są to znane już nam bocznice oraz odcinki końcowe włókien, zginające się pod kątem prostym i wnikające do istoty szarej.

Wszystkie włókna posiadają osłonkę rdzenną i są bardzo rozmaitej grubości; najgrubsze znajdują się w części grzbietowej sznurów bocznych, nieco cieńsze spotykamy w sznurach przednich, a najcieńsze w sznurach tylnych (ryc. 329).

Włókna poszczególne są mniej lub bardziej oddzielone od siebie zapomocą gleju, a przegrody glejowe łączą je w wiązki o różnej grubości. Od zewnątrz odgranicza istotę białą tak zwana *osłonka glejowa*, która składa się ze ściśle do siebie przylegających włókien i komórek gleju.

Już poprzednio rozróżniliśmy w istocie białej każdej połowy rdzenia sznur przedni, boczny i tylny. Odgraniczenie pomiędzy sznurem przednim a bocznym stanowią korzonki przednie; nie jest ono jednak bardzo ostre, ponieważ korzonki przednie przechodzą przez istotę białą w poszczególnych wiązkach. O wiele ostrzejsze jest natomiast odgraniczenie tylne sznura bocznego przez słup tylny i korzonki tylne. Korzonki tylne bowiem wnikają do istoty białej zawsze w szeregu nieprzerwanym.

Oprócz tego rozróżniamy w każdym poszczególnym sznurze pewną ilość sznurów drobniejszych, które odgrywają ważną rolę



Ryc. 329.

Przekrój poprzeczny przez istotę białą rdzenia wołu.

Pow. ok. 260 razy.

w procesie przewodzenia w rdzeniu i dlatego omówimy je tu w krótkości. W rdzeniu człowieka dorosłego te poszczególne sznury drobniejsze nie dają się rozpoznać i wyodrębnić pod mikroskopem; możliwem to jest tylko w rdzeniu zarodka, dzięki tej okoliczności, że włókna poszczególnych odcinków niejednocześnie otaczają się osłonką rdzenną.

W sznurze tylnym rozróżniamy dwa sznury drobniejsze t. zw. *pęczek smukły* Golla *(fasciculus gracilis) i pęczek klinowaty* Burdacha *(fasciculus cuneatus)* (rys. 330). Pierwszy graniczy ku środkowi z przegrodą tylną i przedstawia na przekroju poprzecznym rdzenia kształt klina. Podstawę tego klina tworzy grzbietowy obwód rdzenia od rowka pośrodkowo-tylnego *(sulcus med. post)* do rowka pośredniego tylnego *(sulcus intermedius posterior)*, wierzchołek zaś klina leży przy przegrodzie tylnej i jest mniej lub bardziej odległy od

spoidła tylnego. Pęczek Burdacha zajmuje całą pozostałą przestrzeń sznura tylnego i jest niezupełnie oddzielony od pęczka Golla zapomocą przegrody glejowej, która od rowka pośredniego tylnego wnika do wnętrza istoty białej mniej lub bardziej głęboko. Przegroda ta jest wyraźnie rozwinięta w rdzeniu szyjnym, a w rdzeniu piersiowym zanika stopniowo. Pęczek Golla zawiera przeciętnie włókna cieńsze niż pęczek Burdacha.

Włókna sznurów tylnych pochodzą głównie z korzonków tylnych. Za pośrednictwem ich bowiem wnikają do rdzenia wypustki nerwowe komórek zwojów międzykręgowych (ryc. 326 SpgZ). Każda z tych wypustek, natychmiast po wniknięciu do sznurów tylnych, dzieli się na dwie gałązki: zstępującą i wstępującą. Wszystkie włókna oddają liczne bocznice, które wnikają do istoty szarej i kończą się w pewnych jej miejscach niezmiernie delikatnemi rozgałęzieniami. Rozgałęzienia końcowe włókien sznurów tylnych spotykamy (ryc. 325) w substancji galaretowatej, w słupach Clarka i w rogach przednich w okolicy grup dużych komórek ruchowych (bocznice odruchowe korzonków czuciowych). Nieliczne tylko z pośród tych bocznic przechodzą przez spoidło tylne na drugą stronę i kończą się tam w rogach tylnych. Włókna zstępujące nie sięgają nigdy daleko w dół, wstępujące natomiast dadzą się wyśledzić nieraz aż do rdzenia przedłużonego. Zarówno włókna wstępujące jak i zstępujące kończą się w istocie szarej w ten sam sposób, jak bocznice.

Wstępujące gałązki włókien, pochodzących ze zwojów międzykręgowych, przebiegają w obrębie sznurów tylnych ku górze, skierowywując się jednocześnie ku środkowi; włókna, które wchodzą w górnych częściach rdzenia do sznurów tylnych, układają się po bokach włókien, które już przedtem były wniknęły w dolnych częściach rdzenia. Skutkiem tego na przekroju poprzecznym rdzenia szyjnego włókna, pochodzące z kończyn dolnych, leżą całkiem przyśrodkowo tuż przy przegrodzie tylnej w pęczku Golla, gdy natomiast włókna, należące do kończyn górnych, leżą zupełnie na obwodzie w pęczku Burdacha. Zstępujące gałązki zbierają się w wąskiem polu pęczka Burdacha przylegającem bezpośrednio do szyji rogu tylnego (Schultze) (ryc. 330).

Nieznaczny przyrost włókien w sznurach tylnych powodują neuryty małych komórek sznurowych, leżących w słupach tylnych. Włókna te przebiegają w najbardziej wentralnych częściach sznurów tylnych *(wentralne pole sznura tylnego)*, a następnie zwracają się do istoty szarej (drogi krótkie) (ryc. 330).

W *sznurze bocznym* rozróżniamy przedewszystkiem partję brzeżną, która się rozciąga od miejsca wniknięcia korzonków tylnych aż do włókien korzonków przednich i dzieli się na odcinek grzbietowy

Ryc. 330.
Pęczki istoty białej rdzenia ludzkiego. (Półschematycznie).

i brzuszny. Część grzbietowa partji brzeżnej została nazwana *pęczkiem rdzeniowo-móżdżkowym dorsalnym (tractus spino-cerebellaris dorsalis)*. Pęczek ten zawiera włókna bardzo grube, które są neurytami komórek Clarka, i daje się wykazać dopiero w górnej części zgrubienia lędźwiowego. W rdzeniu piersiowym pęczek ten staje się coraz grubszy tak, iż przekrój jego w górnej części rdzenia szyjnego wynosi około 8% całego przekroju istoty białej. Włókna jego kończą się w móżdżku. Część przednia czyli brzuszna partji brzeżnej została nazwana *pęczkiem* Gowersa czyli *rdzeniowo-móżdżkowym wentralnym (tractus spino-cerebellaris ventralis)*. Występuje on jako pęczek zwarty dopiero w rdzeniu szyjnym i zawiera w sobie włókna, które są neurytami komórek sznurowych rogu tylnego; skierowywują się one również ku móżdżkowi. Do pęczka Gowersa przylega wentralnie, sięgając aż do wychodzących z rdzenia korzonków przednich *pęczek rdzeniowo-oliwkowy (tractus spino-olivaris* [Bechterew]) czyli *pęczek* Helwega. Jego włókna pochodzą z szarej substancji rdzenia i kończą się w oliwach mózgowych. Ku środkowi od pęczka móżdżkowo-rdzeniowego prawie całą przestrzeń aż do słupa tylnego zajmuje *pęczek mózgowo-rdzeniowy boczny, droga piramidalna boczna (tractus cerebro-spinalis lateralis)*. Pęczek ten zawiera włókna, które zstępują od piramid mózgu do rdzenia i w najwyższej jego części ulegają skrzyżowaniu (skrzyżowanie piramid) tak, iż włókna, pochodzące ze strony prawej, wnikają do połowy lewej rdzenia, z lewej zaś do połowy prawej (ryc. 326 PSB). Droga piramidalna boczna zmniejsza objętość w kierunku od góry ku dołowi, ponieważ włókna jej zwracają się stopniowo ku istocie szarej. Podczas gdy na wysokości zgrubienia szyjnego droga piramidalna boczna stanowi ponad 15% całego przekroju istoty białej, w rdzeniu lędźwiowym schodzi poniżej 5%. Włókna jej kończą się w słupie przednim tej samej strony i tworzą drogę ruchową II rzędu. Reszta sznura bocznego została nazwaną *pęczkiem bocznym właściwym (fasciculus lateralis proprius* Flechsigi). W rdzeniu szyjnym dochodzi on do obwodu rdzenia tylko w okolicy korzonków przednich, po stronie grzbietowej dzielą go od obwodu pęczek rdzeniowo-oliwkowy, pęczek Gowersa i pęczek móżdżkowo-rdzeniowy. Po stronie grzbietowej wsuwa się on ponad drogę piramidalną boczną i odsuwa ją od słupa tylnego. W ten sposób zajmuje on największą przestrzeń sznurów bocznych. W rdzeniu lędźwiowym, w miarę stopniowego zmniejszania się pęczka Gowersa i pęczka móżdżkowo-rdzeniowego, występuje pęczek boczny właściwy coraz bardziej na jaw na bocznej części obwodu rdzenia. Włókna pęczków bocznych właściwych są po części neurytami komórek sznurowych słupa przedniego i bocznego; dzielą się one na włókna wstępujące i zstępujące i mają przebieg

krótki. Zadaniem ich jest łączenie pomiędzy sobą sąsiadujących z sobą odcinków rdzenia. Ponadto pęczek boczny właściwy zawiera jeszcze ważne drogi, które schodzą z mózgu do rdzenia, a mianowicie: *pęczek nakrywkowo-rdzeniowy (tractus rubrospinalis* [Monakow]), pęczek wychodzący z okolicy ciałek czworaczych *(tractus tectospinalis lateralis)* i *pęczek przedsionkowo-rdzeniowy boczny (tractus vestibulo-spinalis lateralis)* jakoteż pęczek wstępujący do mózgu t. zw. *rdzeniowo-wzgórkowy (tractus spinothalamicus).*

W *sznurze przednim* możemy wyróżnić najpierw wąskie pasmo włókien, które przylega do szczeliny pośrodkowej przedniej i które zostało nazwane *drogą piramidalną przednią, pęczkiem mózgo-rdzeniowym przednim (tractus cerebrospinalis anterior).* Włókna tej drogi pochodzą, jak wskazuje sama nazwa, z piramid mózgu i stanowią tę ich część, która nie ulega skrzyżowaniu w najwyższym odcinku rdzenia (ryc. 326 PVB). Droga piramidalna przednia najlepiej jest rozwinięta w rdzeniu szyjnym, a ginie w górnej lub środkowej części rdzenia piersiowego. Włókna krzyżują się w spoidle przedniem i kończą się w słupie przednim strony przeciwnej, oplatając swojemi rozgałęzieniami końcowemi leżące tam komórki nerwowe. Stanowią one drogę ruchową II rzędu. Lateralnie przylega, jako równie wąski rąbek, pęczek zwany *tractus tectospinalis anterior,* którego włókna pochodzą z ciałek czworaczych. Ku przodowi włókna *pęczka rdzeniowo-wzgórkowego przedniego (tractus vestibulo spinalis anterior)* pochodzące z jądra Deitersa w rdzeniu przedłużonym, tworzą wąski rąbek zewnętrzny. Cała pozostała część sznura przedniego otrzymała wspólną nazwę *pęczka przedniego właściwego (tractus anterior proprius).* W okolicy wychodzących korzonków przednich przechodzi on bez wyraźnego odgraniczenia w pęczek właściwy boczny i na równi z nim zawiera neuryty komórek sznurowych, a mianowicie komórek słupa przedniego.

Z opisu tego wynika, że w istocie białej możemy rozróżnić włókna *wstępujące i zstępujące* (ryc. 326). Tak n. p. pęczek móżdżkowo-rdzeniowy zawiera włókna wstępujące. Przynależnemi do niego komórkami są komórki Clarka, a włókna wstępują wzdłuż rdzenia w górę aż do móżdżku. Drogi piramidalne natomiast zawierają włókna zstępujące, komórki ich leżą w mózgu, włókna zstępują przez piramidy do rdzenia i kończą się kolejno w jego istocie szarej. W obu tych przykładach mamy do czynienia z *drogami długiemi.* Istnieją jednak w istocie białej także *drogi krótkie,* t. zn. takie, które rozpoczynają i kończą się w obrębie rdzenia. Takie drogi krótkie mamy przedewszystkiem w pęczkach właściwych; komórki, należące do nich, są komórkami sznurowemi, a włókna ich, jak widzieliśmy, rozwidlają się na wstępujące i zstępujące, które po krótszym lub

dłuższym przebiegu kończą się znowu w istocie szarej rdzenia. Takie drogi krótkie mamy także w pęczku Burdacha, pęczek Golla natomiast zawiera drogi długie, które kończą się dopiero w rdzeniu przedłużonym.

Glej rdzenia.

W okresie wczesnym życia zarodkowego wszystkie elementy, wyścielające cewkę nerwową, są równowartościowemi komórkami ektodermalnemi. Wkrótce jednak zaczyna się ich różnicowanie: jedne z nich przekształcają się w swoiste komórki nerwowe, inne zaś tworzą podporę dla poprzednich. Pierwsze z nich nazywamy według Hisa *neuroblastami*, drugie *spongjoblastami*. Spongjoblasty wyglądają zrazu jednakowo. Są to długie komórki wrzecionowate, które otaczają pojedyńczą warstwą światło kanału środkowego. Ku obwodowi przechodzą one w długą rozgałęzioną wypustkę, która przenika istotę białą w całej jej grubości (ryc. 328). Komórki te rozmnażają się nieustannie i w miarę tego, jak ilość ich się zwiększa, zaczynają wywędrowywać i część ich stopniowo odsuwa się od światła. Wówczas rozróżniamy warstwę komórek, wyścielających kanał środkowy, t. j. *komórki ependymy* (wyściółki), oraz rozgałęzione komórki, spotykane w całej istocie białej i szarej, zwane *astrocytami* czyli *komórkami gwiazdkowatemi*. Na podstawie tego, co dotąd wiemy, musimy przyjąć, że wszystkie elementy gleju pochodzą z komórek ependymy i z komórek gwiazdkowatych, są tedy pochodzenia ektodermalnego.

Wewnątrz obu tych kategorji, a więc zarówno w komórkach ependymy, jak i w komórkach gwiazdkowatych, rozwijają się *włókna gleju* w sposób zupełnie podobny do tego, w jaki w fibroblastach wytwarzają się włókna klejodajne. Te włókna gleju z biegiem czasu osiągają pewną niezależność skutkiem tego, że ciało komórki, z której pochodzą, odsuwa się na mniejszą lub większą odległość od włókien. Weigert wykazał zapomocą swej doskonałej metody barwienia, że włókna gleju zupełnie się różnią od protoplazmy swojej komórki macierzystej zarówno pod względem zachowania się wobec barwików, jakoteż najprawdopodobniej i pod względem składu chemicznego tak, że jesteśmy do pewnego stopnia uprawnieni do twierdzenia, iż glej w stanie zupełnego rozwoju składa się z włókien i komórek. To samo w zupełności dotyczy ependymy. Weigert ostatecznie wykazał tem nietrafność zapatrywań Golgiego i jego zwolenników, że włókna gleju są tylko wypustkami komórek i przyczynił się do zwycięstwa zapatrywania właśnie co wyłożonego, którego Ranvier od dawna bronił.

Objaśnienia do tablicy LVII.

Ryc. 331 i 332.

Dwie komórki glejowe z rdzenia orang-utanga.

Pow. 750 razy.

Ryc. 333 i 334.

Komórki glejowe z rdzenia ludzkiego.

Pow. 750 razy.

Ryc. 335.

Przekrój przez rdzeń szyjny małpy. Widać nabłonek kanału środkowego, oraz włókna ependymy o falistym przebiegu, wnikające do przegrody tylnej.

Pow. 400 razy.

Ryc. 336.

Przekrój podłużny przez część obwodową rdzenia orang-utanga. Od lewej strony ku prawej widoczna jest bladoniebieska opona miękka z wielkiem naczyniem krwionośnem, dalej następuje osłonka glejowa, składająca się ze zbitych włókien gleju, od której wnikają promienisto włókna do istoty białej, zabarwionej na żółto.

Pow. 400 razy.

Ryc. 337.

Szczelina przyśrodkowa przednia rdzenia orang-utanga z leżącym w niej (jasnoniebieskim) wyrostkiem opony miękkiej; na prawo i na lewo od niego osłonka glejowa z wychodzącemi z niej wiązkami włókien glejowych.

Pow. 400 razy.

Ryc. 338.

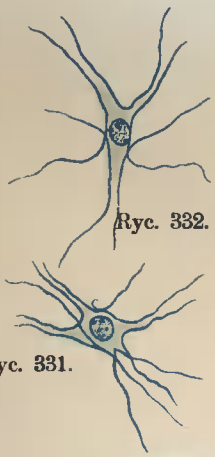
Dwie komórki ruchowe korzonków przednich rdzenia orang-utanga z otaczającemi je włóknami i komórkami glejowemi.

Pow. 400 razy.

Ryc. 338.

Ryc. 337.

Ryc. 333.

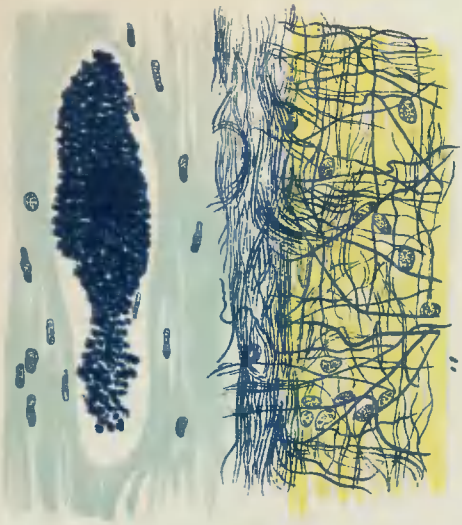


Ryc. 332.

Ryc. 331.

Ryc. 334.

Ryc. 335.



Ryc. 336.

Komórki ependymy, które poznaliśmy już jako nabłonek kanału środkowego, ulegają z czasem znacznej redukcji w swej obwodowej, wydłużonej części. Gdy w rdzeniu zarodka mogliśmy je śledzić aż do obwodu, w rdzeniu człowieka dorosłego wypustka obwodowa wkrótce zanika. Tylko w dwóch miejscach można wykazać u osobnika dorosłego włókna ependymy, a mianowicie w spoidle tylnem i przedniem. Odpowiadają one tutaj przedniemu i tylnemu klinowi ependymy, które znajdują się u zarodka, lecz odsunęły się już przeważnie od kanału środkowego i wchodzą promienisto z jednej strony w okolicę dna szczeliny pośrodkowej przedniej, z drugiej zaś strony do przegrody tylnej (ryc. 335).

Komórki gwiazdkowate (astrocyty) czyli *komórki glejowe*, jak je odtąd nazywać będziemy, rdzenia dorosłego są komórkami kształtu gwiazdek z wielu krótkiemi, ostro zakończonemi wypustkami. Bardzo często posiadają one po kilka jąder, a jądra ich wogóle odznaczają się w wysokim stopniu polymorfizmem (Aguerre). Spotykamy wśród nich jądra wrzecionowate, trójkątne, gruszkowate, płaciaste, klepsydrowate, a także dosyć często widzi się jądra dziurawe czyli pierścieniowate (ryc. 331—334). W ostatnich latach wykazano też w komórkach glejowych mitochondrja w postaci licznych ziarn (Collin, Nageotte).

Przez ciało komórek glejowych przenikają *włókna glejowe*. Grubość i długość ich bywa bardzo rozmaita. Obok włókien tak cienkich, iż nie dają się zmierzyć, spotyka się włókna dosyć grube. Włókna te nie posiadają nigdy zgrubień różańcowatych, lecz są jednakowo grube w całym swym przebiegu. Włókna glejowe dość często łączą się w cieńsze lub grubsze wiązki i przenikają, jak już powiedzieliśmy, przez ciało komórki glejowej, przyczem wypustki komórki układają się ściśle na włóknach glejowych i towarzyszą im na pewnej przestrzeni (ryc. 331 i 332).

Trudno jest odpowiedzieć na pytanie, czy do każdego włókna glejowego w stanie zupełnego rozwoju należy także jedna komórka glejowa. W każdym razie na preparacie można obserwować wiele włókien na większej przestrzeni, a nie da się zauważyć, żeby wchodziły one w jakikolwiek związek z jaką komórką.

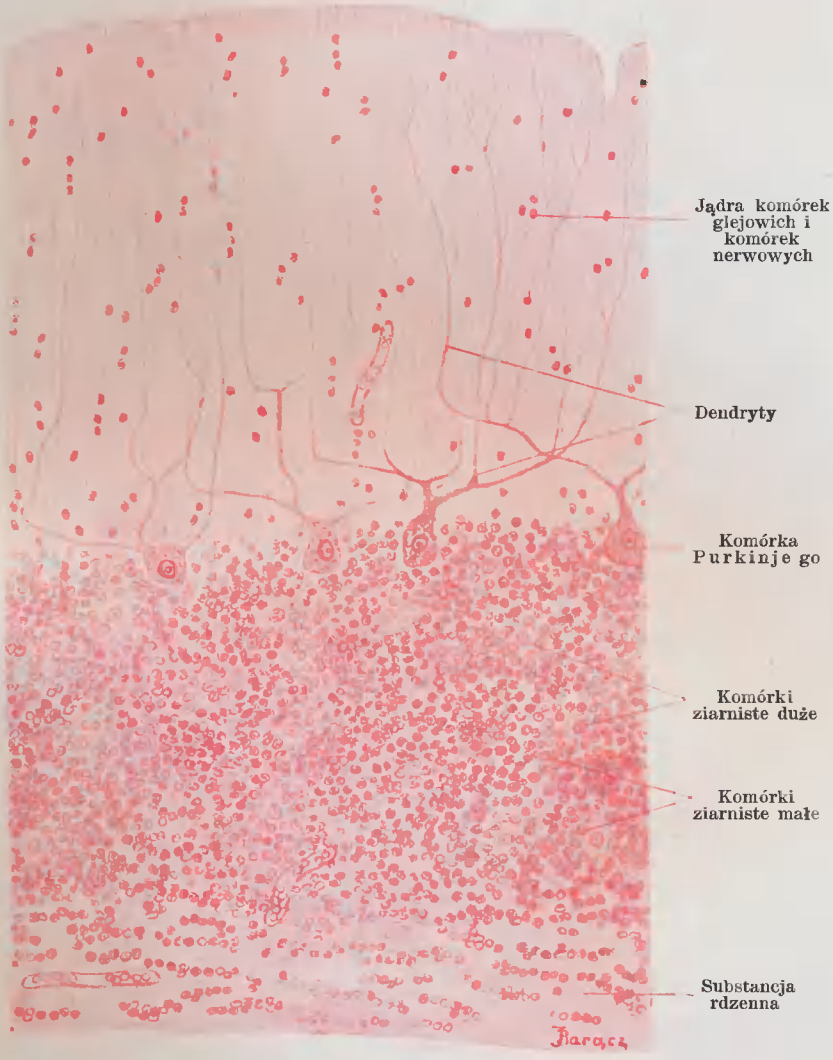
Co się tyczy rozmieszczenia gleju w rdzeniu, to można powiedzieć, że wszystkie części rdzenia zawierają glej, choć niezupełnie równomiernie. Najgęściej jest on nagromadzony dokoła kanału środkowego jako *substancja galaretowata środkowa (substantia gelatinosa centralis* [ryc. 335]). Jest ona najlepiej rozwinięta w górnej części rdzenia szyjnego, a stąd ubywa jej stopniowo ku dołowi, gdyż wysyła ona stale włókna do przegrody tylnej, która składa się wyłącznie z włókien glejowych i grubieje stopniowo w kierunku od

rdzenia szyjnego do rdzenia krzyżowego. Substancja galaretowata środkowa obfituje niezmiernie we włókna glejowe, a w przeciwieństwie do tego zawiera niezwykle mało komórek gleju (Krause i Aguerre).

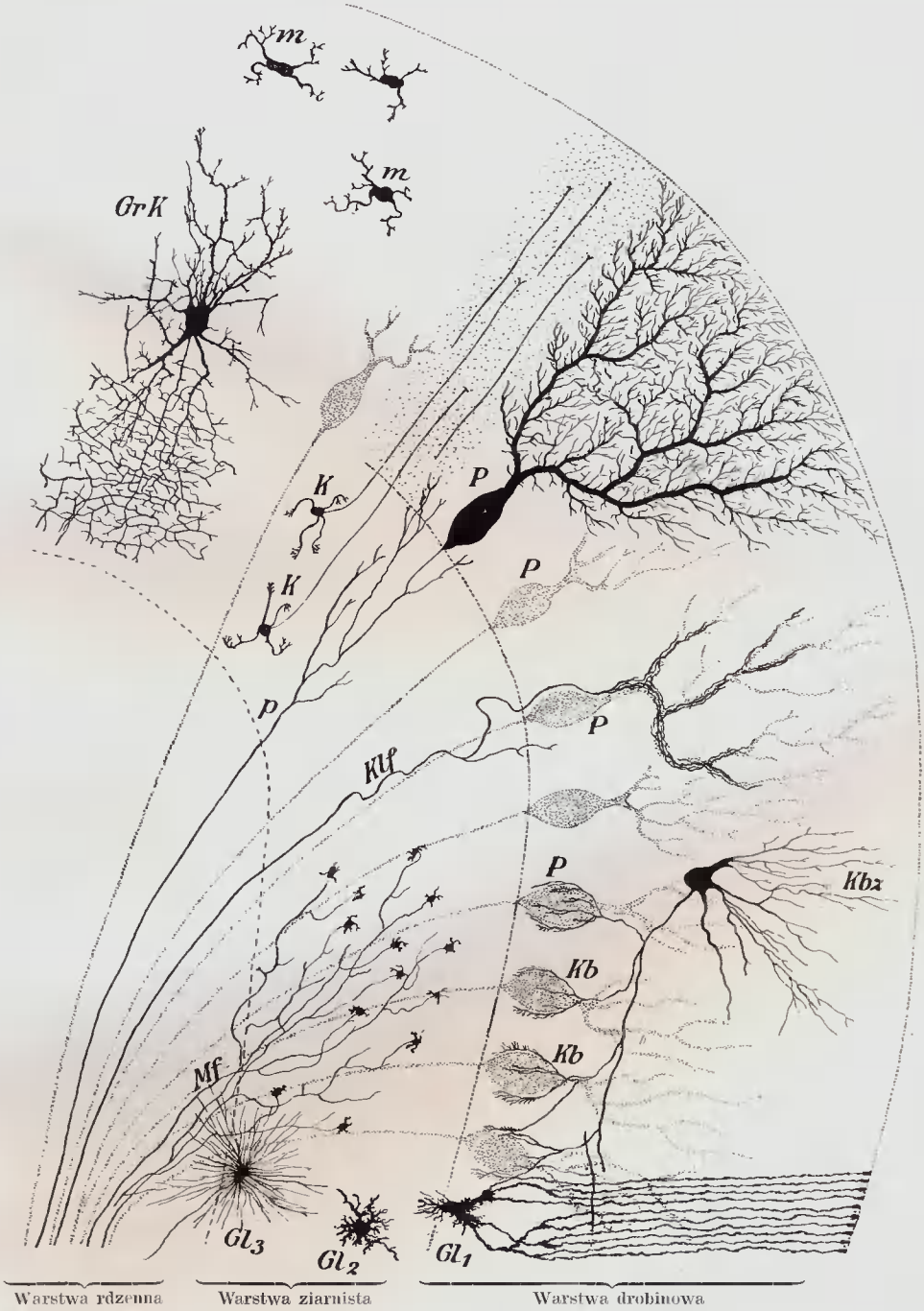
Róg przedni zawiera zwykle więcej włókien glejowych, aniżeli róg tylny. Każda komórka nerwowa jest zawsze otoczona mniej lub bardziej gęstym koszyczkiem włókien glejowych (ryc. 338). Grube wiązki włókien towarzyszą także wychodzącym wiązkom korzonków przednich, a jeszcze o wiele grubsze są te masy gleju, które wnikają do rdzenia z korzonkami tylnemi. Słup Clarka jest otoczony grubą osłonką glejową. Substancja galaretowata Rollanda zawiera natomiast bardzo mało gleju.

Istota biała obfituje we włókna glejowe. Prawie każde włókno nerwowe jest niemi otoczone, lecz nie może tu być mowy o jakiejkolwiek izolacji włókien nerwowych przez glej je otaczający. Włókna glejowe są tu bardzo długie i można je śledzić na znacznej przestrzeni, jak wiją się wężykowato pomiędzy włóknami nerwowemi. Istota biała jest od zewnątrz otoczona płaszczem z gleju, zwanym *osłonką glejową* (ryc. 336 i 337), która w różnych wysokościach rdzenia posiada grubość różną. Naogół można powiedzieć, że grubość jej stoi w stosunku prostym do masy istoty szarej, najcieńszą jest ona (2 μ) w rdzeniu piersiowym, najgrubszą (18—20 μ) w zgrubieniu szyjnem i lędźwiowem. Osłonka glejowa wnika także do szczeliny pośrodkowej przedniej i wyściela ją obustronnie. Od całego obwodu osłonki glejowej promieniują do istoty białej przegrody glejowe, dają początek jeszcze cieńszym przegrodom i w nich się kończą (ryc. 336).

Zapatrywania badaczy poszczególnych na rolę, jaką odgrywa glej, są bardzo rozmaite. Golgi przypisuje mu czynność odżywczą, komórki gleju mają z jednej strony wchodzić w połączenie z naczyniami, z drugiej zaś z dendrytami komórek nerwowych, do których doprowadzają materjały odżywcze. Według Rámon y Cajala glej jest w zasadzie materjałem izolacyjnym, według Weigerta zaś służy do wypełniania wszystkich przestrzeni wolnych, które pozostają pomiędzy składnikami nerwowemi. R. Krause sądzi, że glej zastępuje naczynia limfatyczne, których brak w układzie nerwowym ośrodkowym. Siateczka gleju tworzy szczeliny, wśród których limfa może wolno krążyć. Nageotte i Collin wreszcie, odkrywcy mitochondrjów w komórkach glejowych, przypisują tym komórkom czynność wydzielniczą. Przyjmują one z naczyń włosowatych krwionośnych materjał wydzielniczy, mitochondrja gromadzą go w sobie, przerabiają i zmieniają się same w ziarna wydzieliny, które zostają wydalone w przestwory przetkane włóknami glejowemi.



Ryc. 339.
Część przekroju kory móżdżkowej dorosłego człowieka.
Pow. ok. 158 razy.



Ryc. 340.

Schemat budowy kory móżdżkowej, ułożony na podstawie preparatów Golgiego, w większej części wzięty z Köllikera.

P = Komórki Purkinjego; p = Wypustki nerwowe komórek Purkinjego z wstecznie biegnącemi bocznicami; Klf = Pnące się włókno; Kbz = Komórki koszyczkowate; Kb = Koszyczki, otaczające ciała komórek Purkinjego; K = Małe komórki ziarniste, których wypustki nerwowe przenikają do warstwy drobinowej kory móżdżkowej i tam na przekroju widoczne są jako drobne kropkowanie; GrK = Wielka komórka ziarnista; m = Małe komórki warstwy drobinowej; Mf = Włókna kiciaste; Gl_1 = Komórki glejowe, warstwy drobinowej; Gl_2 = Komórka gwiaździsta z wypustkami krótkiemi; Gl_3 = Komórka gwiaździsta z wypustkami długiemi.

B. Móżdżek.

W każdym zakręcie móżdżku można wyróżnić na przekroju poprzecznym trzy wyraźnie odgraniczone warstwy. Podstawę każdego zakrętu tworzy blaszka, składająca się z włókien nerwowych rdzennych, zwana *blaszką rdzenną*. Na zewnątrz od niej leży *warstwa ziarnista (stratum granulosum)*, a ponad nią pojedyńcza warstwa dużych komórek zwojowych, t. zw. komórek Purkinjego, które znamy już z części ogólnej tego podręcznika. Warstwa tych komórek nosi nazwę *warstwy zwojowej (stratum gangliosum)*. Najbardziej na zewnątrz leży szeroka warstwa *drobinowa* czyli *popielata (stratum cinereum* [ryc. 339]).

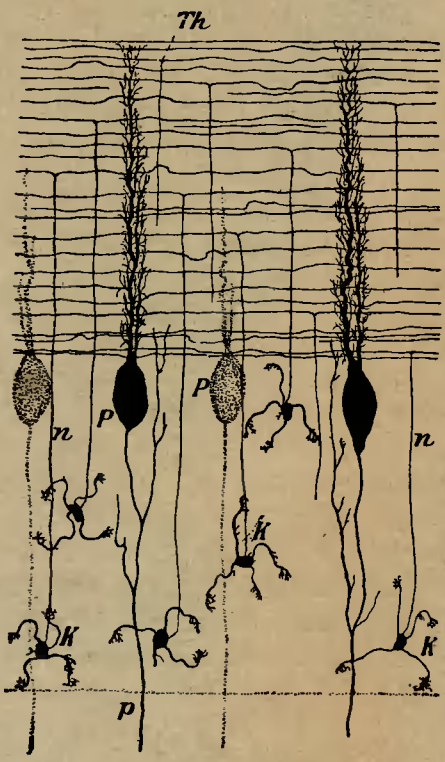
Blaszka rdzenna (lamina medullaris) składa się z włókien rdzennych, które albo jako neuryty pochodzą z komórek kory móżdżkowej i opuszczają móżdżek przez blaszkę rdzenną, albo też z włókien, które przez blaszkę rdzenną wnikają do kory móżdżkowej i kończą się w niej na komórkach kory. Z pośród włókien pierwszych, t. j. odśrodkowych wchodzą w grę głównie neuryty komórek Purkinjego. Dośrodkowo przewodzącemi są natomiast *włókna kiciaste i włókna pnące się*, o których będzie mowa później.

W *warstwie ziarnistej (stratum granulosum)* dają się wykazać zapomocą zwykłych metod barwienia tylko jądra, leżące w nadzwyczaj zbitych skupieniach. Przy użyciu specjalnych metod barwienia, jak metody Golgiego, lub barwienia błękitem metylenowym, widać, że jądra te należą przeważnie do małych komórek nerwowych, które nazywamy *małemi komórkami ziarnistemi*. Pomiędzy niemi znajdują się o wiele mniej liczne komórki większe, t. zw. *duże komórki ziarniste*.

Małe komórki ziarniste (ryc. 340 i 341) są niezwykle małemi komórkami wielobiegunowemi, których wielkość odpowiada mniejwięcej wielkości czerwonego ciałka krwi. Od małego ciała komórkowego odchodzi 3—5 krótkich, silnych dendrytów, zwykle nieco łukowato zgiętych; przebieg ich jest krótki, gdyż w niewielkiej odległości od komórki rozszczepiają się na kilka krótkich gałązek o kształcie szponów, które obejmują ciało innej komórki ziarnistej. Neuryt, odchodzący od takiej komórki, jest natomiast bardzo cienki, przebija prostopadle do powierzchni warstwę ziarnistą, zwojową i część drobinowej, a w obrębie tej ostatniej dzieli się w kształcie litery T (ryc. 341). Obie te gałązki przebiegają następnie wzdłuż zakrętu równolegle do jego powierzchni, tak iż na zwykłych przekrojach poprzecznych są one widoczne jako drobne punkty. Kończą się one wolno w obrębie warstwy drobinowej.

Duże komórki ziarniste (ryc. 340) są klasycznemi przedstawicielkami komórek II typu Golgiego. Są one znacznie większe,

niż poprzednie. Od ciała komórkowego, posiadającego kształ różny, odchodzą liczne, silne dendryty, rozgałęziające się wielokrotnie, częściowo w obrębie warstwy ziarnistej, częściowo zaś wnikające do warstwy drobinowej. Neuryt zwraca się w kierunku blaszki rdzennej i wkrótce po wyjściu z komórki oddaje liczne gałązki, a wreszcie rozszczepia się w gęsty splot drobniutkich gałązeczek, nie wychodzących poza obręb warstwy ziarnistej.



Ryc. 341.
Schematyczny przekrój podłużny przez skręt kory móżdżkowej.
Według v. Köllikera.
P = Komórki Purkinjego; p = neuryt komórki Purkinjego; K = komórka ziarnista; N = neuryt komórki ziarnistej; Th = miejsce podziału takiego neurytu.

Oprócz tego przez warstwę ziarnistą przechodzą liczne włókna rdzenne, które częściowo dążą do warstw zewnętrznych, częściowo zaś od nich pochodzą i wnikają do blaszki rdzennej.

Warstwa zwojowa składa się z komórek Purkinjego. Leżą one tuż obok siebie w warstwie pojedyńczej w ten sposób, że podstawa komórki jest zwrócona ku warstwie ziarnistej, wierzchołek zaś ku powierzchni móżdżku. Są to duże, przeważnie gruszkowate komórki (około 70 μ w średnicy [ryc. 97, 339 i 340]). Ciało takiej komórki zwęża się w kierunku ku zewnątrz i przechodzi w jeden lub dwa duże dendryty, które przez całą grubość warstwy drobinowej oddają bardzo liczne rozgałęzienia, rozchodzące się w płaszczyźnie poprzecznej do podłużnego kierunku zakrętu (ryc. 341). Na poprzecznych przekrojach otrzymujemy obrazy, przypominające drzewka obficie rozgałęzione (ryc. 97 i 340). Wrażenie to potęguje się jeszcze bardziej na preparatach barwionych metodą Golgiego przez to, że dendryty są na nich pokryte jakby szronem niezliczonemi chropowatościami, które jednak według wszelkiego prawdopodobieństwa należy uważać za wytwory sztuczne. Neuryt wychodzi z podstawowej części komórki, przenika warstwę ziarnistą i staje się włóknem nerwowem rdzennem, które wchodzi do blaszki rdzen-

nej. W obrębie warstwy ziarnistej odgałęziają się od niego liczne bocznice, które częściowo kończą się w niej, częściowo zstępują z powrotem do warstwy drobinowej. W obrębie warstwy ziarnistej neuryty komórek Purkinjego, opatrzone już osłonką rdzenną, tworzą gęsty splot, w którego oczkach leżą duże i małe komórki ziarniste.

Warstwa drobinowa (stratum cinereum) zawiera tylko małe komórki nerwowe, wśród których rozróżniamy dwa rodzaje. Jedne z nich znajdują się przeważnie w warstwach głębszych tuż ponad warstwą zwojową. Są to komórki wielobiegunowe, których wielkość wynosi 10—20 μ; wysyłają one liczne dendryty głównie do warstw zewnętrznych kory. Neuryt, początkowo cienki, potem znacznie grubszy, przebiega w kierunku poprzecznym do zakrętów prawie równolegle do ich powierzchni tuż ponad komórkami Purkinjego i w pewnych odstępach wysyła w kierunku blaszki rdzennej gałązki, które wkrótce dzielą się na koszyczki, gęsto oplatające owe komórki. Z tego powodu nazwano te komórki także *komórkami koszyczkowemi*. Ich wypustka nerwowa łączy więc z sobą kilka komórek Purkinjego (ryc. 340).

Drugi rodzaj komórek warstwy drobinowej nazwano *małemi komórkami korowemi*. Są to drobne komórki, opatrzone licznemi cienkiemi dendrytami, które leżą przeważnie w warstwach powierzchniowych. Zachowanie się ich neurytów nie jest dokładniej znane (ryc. 340).

Włóknami dośrodkowemi, wnikającemi do warstwy drobinowej, są *włókna pnące się*, o których wspomnieliśmy już powyżej (ryc. 340). Nazwa ich pochodzi stąd, że pną się one ku górze po dendrytach komórek Purkinjego i kończą na nich. *Włókna kiciaste*, opisane przez Rámon y Cajala jako osobny rodzaj włókien dośrodkowych, kończą się w warstwie ziarnistej krzewiastemi, mech przypominającemi, zakończeniami. W postaci charakterystycznej jednak występują one tylko w wieku młodzieńczym, a Kölliker uważa je za formy młodociane pnących się włókien.

Glej w zakrętach móżdżku nie jest zbyt obficie rozwinięty. Obok zwykłych komórek gwiazdkowatych spotykamy tu komórki drzewiaste, których rozgałęzienia są zwrócone ku powierzchni, a ciało komórkowe leży na pograniczu warstwy ziarnistej a drobinowej. Przy zastosowaniu metody Weigerta możemy się przekonać, że włókna gleju nie tworzą w warstwach najbardziej powierzchniowych splotu bardziej gęstego, ani bardziej obfitego, czem warstwy te w móżdżku różnią się od odpowiednich części rdzenia i kory mózgowej. W warstwie drobinowej natomiast widać włókna promieniste, wnikające od powierzchni do części głębszych. Oprócz nich

znajdują się tu jeszcze nieliczne włókna poprzeczne, które tworzą czasami nieco większe skupienia w okolicy komórek Purkinjego. W warstwie ziarnistej jest tak mało komórek gleju, że często wydaje się, iż brak ich tam zupełnie; natomiast w blaszce rdzennej występują obfite sploty glejowe.

C. Kora mózgowa.

Wyjaśnimy tu tylko ogólny schemat budowy kory mózgowej i nie będziemy się zajmowali różnicami, jakie występują w poszczególnych częściach mózgu.

Kora mózgowa składa się z istoty szarej, w której, idąc od zewnątrz, możemy rozróżnić cztery następujące warstwy, niezbyt wyraźnie od siebie odgraniczone: 1. *warstwa drobinowa*, 2. *warstwa małych komórek piramidalnych*, 3. *warstwa dużych komórek piramidalnych* i 4. *warstwa komórek nerwowych różnokształtnych* (polymorficznych [ryc. 342]).

1. *Warstwa drobinowa (stratum zonale* Köllikera) jest warstwą zawierającą niewielką ilość komórek, a natomiast dużo włókien nerwowych. Wśród nich rozróżniamy *włókna styczne*, t. j. włókna rdzenne, przebiegające równolegle do powierzchni zakrętów; o tych włóknach pomówimy jeszcze poniżej. Oprócz nich rozprzestrzeniają się tutaj głównie zarówno dendryty, jak neuryty, pochodzące z komórek warstw głębszych. Ponieważ na skrawkach, prostopadłych do kierunku zakrętu, włókna te zostają wielokrotnie przecięte poprzecznie, przeto warstwa drobinowa na przekrojach takich posiada wygląd drobnoziarnisty.

Z elementów komórkowych spotykamy w warstwie drobinowej t. zw. *komórki* Rámon y Cajala (ryc. 343). Są to komórki wrzecionowate, trójkątne lub gwiaździste. Wśród wypustek tych komórek nie można rozróżnić dendrytów od neurytów, wszystkie bowiem zachowują się jednakowo. Wypustki te przebiegają prawie równolegle do powierzchni zakrętów, rozgałęziają się obficie i wysyłają delikatne gałązeczki pod kątem prostym do powierzchni zakrętu. U zwierząt komórki te występują obficie. Czy elementy, wykryte u zarodków ludzkich przez Retziusa, są z niemi równowartościowe i czy wogóle są one istotnemi elementami nerwowemi, czy też raczej należą one do gleju, tego nie dało się dotychczas stwierdzić z całą pewnością.

2. *Warstwa małych komórek piramidalnych* zawiera komórki nerwowe stosunkowo małe, o kształcie piramid; szerokość ich u podstawy, zwróconej ku istocie rdzennej, wynosi około 20 μ, w kierunku ku powierzchni zakrętów ciało komórkowe zwęża się stopniowo i osiąga długość do 30 μ. Z wierzchołka komórki piramidalnej rozwija

Ryc. 342.
Część przekroju pionowego kory mózgowej człowieka.
Pow. ok. 70 razy.

się dendryt główny, który przebiega prostopadle do powierzchni zakrętu, przenikając większą część warstwy drobinowej i dzieli się w jej częściach obwodowych na liczne gałązki, wolno się kończące. Od ciała komórkowego, głównie od jego podstawy, podobnie jak od dendrytu głównego, odgałęziają się poprzecznie lub skośnie liczne dendryty wtórne. Neuryt odchodzi przeważnie od środka podstawy komórki i przebiega początkowo w przedłużeniu jej osi, a następnie tworzy łuk mniej lub bardziej ostry i wnika do istoty rdzennej. Po drodze odchodzą od niego pod kątem prostym liczne bocznice, które biegną równolegle do powierzchni zakrętu (ryc. 342 i 343).

3. *Warstwa dużych komórek piramidalnych* leży ku wewnątrz od poprzedniej i zawiera komórki większe, aniżeli tamta. Spotykamy wśród nich t. zw. *piramidy olbrzymie*, których długość dochodzi do 80 μ, a największa szerokość do 50 μ. Dendryty i neuryty tych komórek zachowują się tak samo jak w małych komórkach piramidalnych (ryc. 342 i 343).

4. *Warstwa komórek nerwowych różnokształtnych.* W warstwie tej spotykamy, obok licznych typowych komórek piramidalnych, większość komórek odmiennego kształtu. Ciało komórki jest przeważnie wrzecionowate lub posiada kształt krótkiego trójkąta, dendryty nie rozgałęziają się w sposób tak typowy jak w warstwie poprzedniej, lecz rozchodzą się bardziej promienisto na wszystkie strony. Neuryt również wnika do istoty rdzennej (ryc. 342 i 343).

Obok tych komórek, charakterystycznych dla poszczególnych warstw, które nazywamy komórkami I typu Golgiego lub typu Deitersa, spotykamy porozrzucane po całej korze, a przeważnie w warstwie komórek różnokształtnych, komórki II typu Golgiego, t. zn. takie, których neuryt dzieli się już w pobliżu komórki na liczne gałązki, a więc nie wychodzi poza obręb kory. Należy tu jeszcze wspomnieć o osobliwych komórkach, odkrytych przez Golgiego i Martinottiego i noszących nazwisko drugiego odkrywcy; posiadają one kształt zaokrąglony lub wrzecionowaty i wysyłają liczne grube dendryty i neuryt, wnikający do warstwy drobinowej. Po drodze biorą początek z neurytu bardzo liczne bocznice. Wobec powyższego zachowania się wypustek komórki te musi się zaliczać także do II typu komórek Golgiego (ryc. 343).

Włókna nerwowe rdzenne tworzą wśród szarej kory mózgowej splot niezwykle gęsty. Włókna te, ułożone w gęste wiązki, wnikają promienisto z istoty rdzennej do korowej przedewszystkiem na najwyższej powierzchni zakrętów i nazywają się *sznurami rdzennemi* lub *pęczkami promienistemi*. Wiązki te składają się z włókien odśrodkowych, a więc odchodzących jako neuryty od komórek kory, jakoteż z włókien dośrodkowych, wnikających do kory mózgowej. Przechodzą

one przez warstwę komórek różnokształtnych i gubią się stopniowo w warstwie wielkich i małych komórek piramidalnych. *Włókna styczne*, o których wspomnieliśmy już poprzednio, możemy podzielić na powierzchniowe i głębokie. Jedne i drugie przebiegają równolegle do powierzchni zakrętów. Najbardziej ku zewnątrz leżące znajdują się w warstwie drobinowej, średnie w warstwie małych komórek piramidalnych. Tworzą one, podobnie jak t. zw. *splot nadpromienisty* (smugi Bechterewa i Käsa), drogi dośrodkowe, t. j. włókna, które wnikają z substancji rdzennej do kory mózgowej i tam się rozgałęziają. Wreszcie pęczki włókien, leżące głębiej, krzyżują się z pęczkami promienistemi i noszą nazwę *pęczków międzypromienistych*. Część tych włókien przebiega w warstwie wielkich komórek piramidalnych w postaci smugi rdzennej, zwanej *smugą* Gennariego lub Baillargera. Pęczki międzypromieniste składają się z bocznic, odchodzących od neurytów komórek piramidalnych.

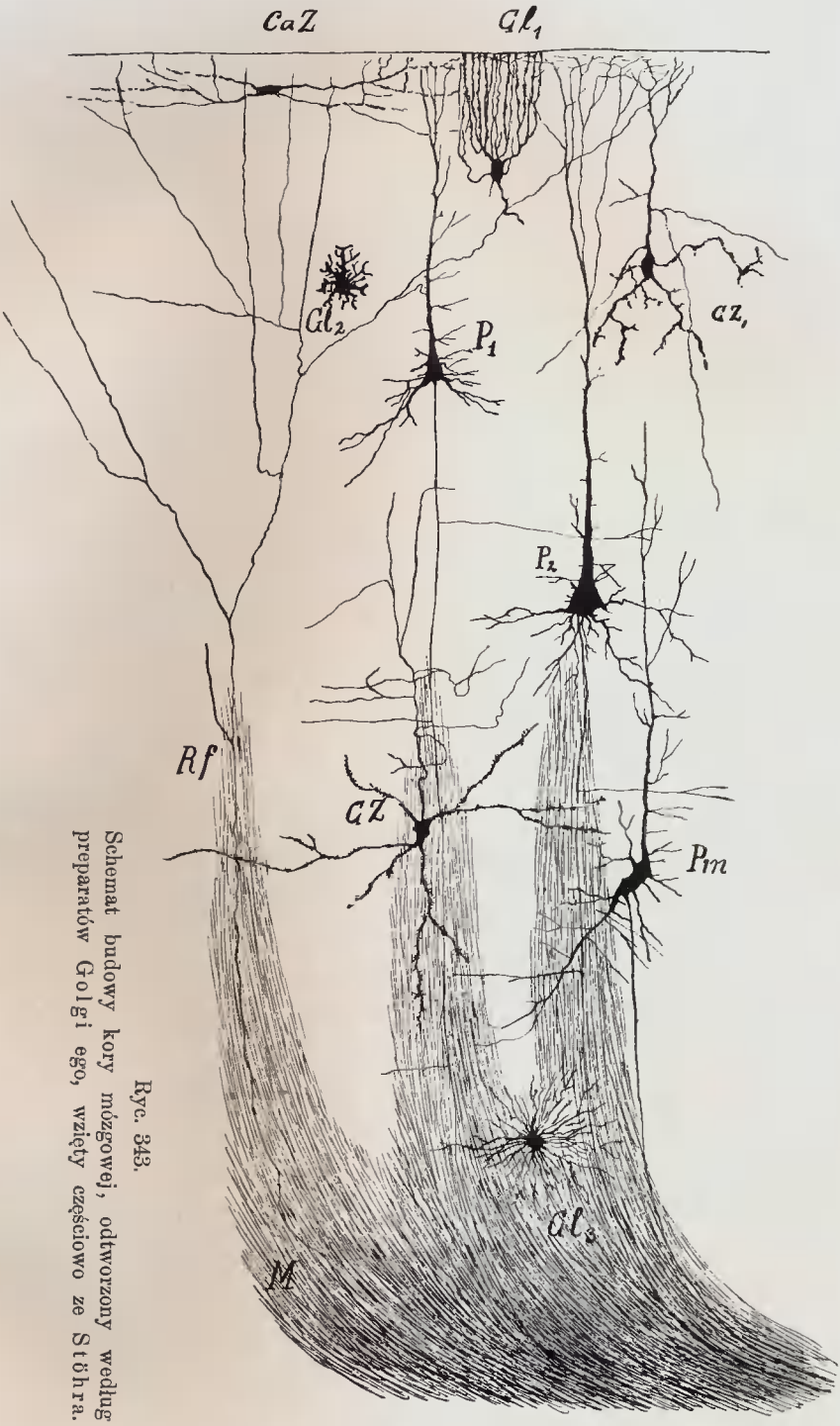
Glej kory mózgowej w częściach powierzchniowych i w warstwie drobinowej składa się z licznych włókien przebiegających skośnostycznie, które ku zewnątrz zagęszczają się w warstwę korową. Im głębiej, tem rzadziej w korze mózgowej występują włókna gleju. Natomiast ilość ich jest znowu bardzo wielka w warstwie rdzennej, w której włókna gleju oplatają gęstemi sieciami włókna nerwowe rdzenne. Zapomocą metody Golgiego można wykazać na powierzchni mózgu komórki glejowe o kształcie drzewek (ryc. 343).

Opony układu nerwowego ośrodkowego.

Rdzeń i mózg są otoczone wspólnie trzema oponami łącznotkankowemi: na zewnątrz leży *opona twarda (dura mater)*, poźniej następuje *opona pajęcza (arachnoidea)*, a najbardziej na wewnątrz *opona miękka, (opona naczyniowa, naczyniówka, pia mater)*.

W oponie twardej możemy rozróżnić dwie blaszki, które są ze sobą połączone zapomocą wiotkiej tkanki łącznej. Obie te blaszki składają się z wiązek włókien łącznotkankowych wielokrotnie poprzeplatanych, pomiędzy któremi znajdują się liczne drobne włókna sprężyste. Blaszka zewnętrzna tworzy okostnę kanału kręgowego, wzgl. jamy czaszki. Zewnętrzna powierzchnia opony twardej, zarówno jak wewnętrzna, jest pokryta pojedyńczą warstwą komórek, ułożonych obok siebie w postaci nabłonka. Przestrzeń pomiędzy dwiema blaszkami opony twardej jest wypełniona wiotką tkanką łączną, obfitującą w tłuszcz i zawiera układ drobnych szczelin, wypełnionych limfą, które w całości nazwano *jamą limfatyczną epiduralną* (jama zewnątrz opony twardej [*cavum epidurale*]).

Opona twarda zawiera w swej warstwie okostnej stosunkowo wiele *naczyń krwionośnych*, blaszka wewnętrzna natomiast jest słabo



Ryc. 343.
Schemat budowy kory mózgowej, odtworzony według preparatów Golgi ego, wzięty częściowo ze Stöhra.

CaZ = Komórka Cajala; GZ = Komórka typu Golgi ego; GZ_1 = Komórka typu Golgi ego; P_1 = Mała komórka piramidalna; P_2 = Duża komórka piramidalna; Pm = Komórka wielokształtna; Rf = Włókna Ramona; Gl_1 = Komórka warstwy powierzchownej gleju (komórka Retziusa); Gl_2 = Komórka gwiaździsta o krótkich wypustkach; Gl_3 = Komórka gwiaździsta o długich wypustkach; M = Istota rdzenna.

unaczyniona. Opona twarda, zwłaszcza mózgowa, zawiera bardzo dużo *nerwów*. Kończą się one częściowo na naczyniach, częściowo w samej substancji opony twardej, jak wykazał Acquisto i Pusateri, tworzą drobne guziczki końcowe, które leżą pomiędzy komórkami nabłonkowemi, pokrywającemi powierzchnię wewnętrzną opony twardej.

Opona pajęcza jest nieporównanie cieńsza od opony twardej i składa się z wiązek tkanki łącznej, splecionych ze sobą na kształt sieci, które pokrywa pojedyńcza warstwa komórek, ułożonych w postaci nabłonka. Pomiędzy wiązkami tkanki łącznej leżą sieci cienkich włókien sprężystych. Od opony twardej oddziela oponę pajęczą *jama subduralna* (jama wewnątrz opony twardej [*cavum subdurale*]), od opony miękkiej zaś *jama podpajęcza (cavum subarachnoideale)*. Obie te przestrzenie są wielokrotnie bezpośrednio połączone z sobą i z jamą epiduralną; są one wysłane ze wszystkich stron, jak to wynika z powyższego opisu, owemi komórkami, ułożonemi w postaci nabłonka. Jamy te są poprzecinane poprzecznie licznemi cienkiemi beleczkami i przegrodami z tkanki łącznej, które łączą oponę twardą, pajęczą i miękką między sobą. Opona pajęcza nie posiada własnych naczyń ani nerwów.

Na powierzchni zewnętrznej błony pajęczej znajdują się często w pewnych określonych miejscach, np. po obu stronach zatoki strzałkowej górnej *(sinus sagittalis superior)*, nieunaczynione wyrostki w kształcie kosmków, które się składają z beleczek tkanki łącznej, w sieć ze sobą połączonych. Oponę twardą w tych miejscach znacznie zcieńczałą wypuklają one do zatoki i nazywają się *ziarnami pajęczynówkowemi* albo Pacchioniego *(granulationes arachnoideales* Pacchionii).

Opona miękka, najgłębiej ze wszystkich opon leżąca, jest błoną łącznotkankową bardzo cienką, która przylega ściśle do powierzchni zewnętrznej rdzenia wzgl. mózgu i wypełnia wszystkie ich wgłębienia, a między innemi także szczelinę pośrodkową rdzenia.

W oponie miękkiej rdzenia możemy rozróżnić warstwę zewnętrzną i wewnętrzną. Warstwa zewnętrzna składa się z wiązek włókien łącznotkankowych, przeważnie podłużnie biegnących i jest z błoną pajęczą połączona zapomocą niezliczonych beleczek i przegród łącznotkankowych. Warstwa wewnętrzna *(intima pia* Keya i Retziusa) jest oddzielona od warstwy poprzedniej szczeliną włosowatą, składa się z cienkiej warstwy wiązek łącznotkankowych, ułożonych okrężnie dokoła rdzenia i jest pokryta pojedyńczą warstwą płaskich komórek w postaci nabłonka. Opona miękka mózgu nie posiada wcale warstwy zewnętrznej.

Opona miękka posiada bardzo liczne naczynia, częściowo własne, jak w splotach naczyniówkowych *(plexus chorioidei)*, częściowo zaś takie, które są przeznaczone dla substancji rdzenia i mózgu. W oponie miękkiej rdzenia naczynia przebiegają pomiędzy obiema jej błaszkami. Naczynia, wnikające z opony miękkiej do rdzenia i mózgu, są na pewnej przestrzeni otoczone, jakby pochewką, tkanką łączną warstwy wewnętrznej opony miękkiej *(intima pia)*. Ponieważ pochewki te przy wyjściu z opony miękkiej tworzą rozszerzenia lejkowate, nazwano je *lejkami opony miękkiej*.

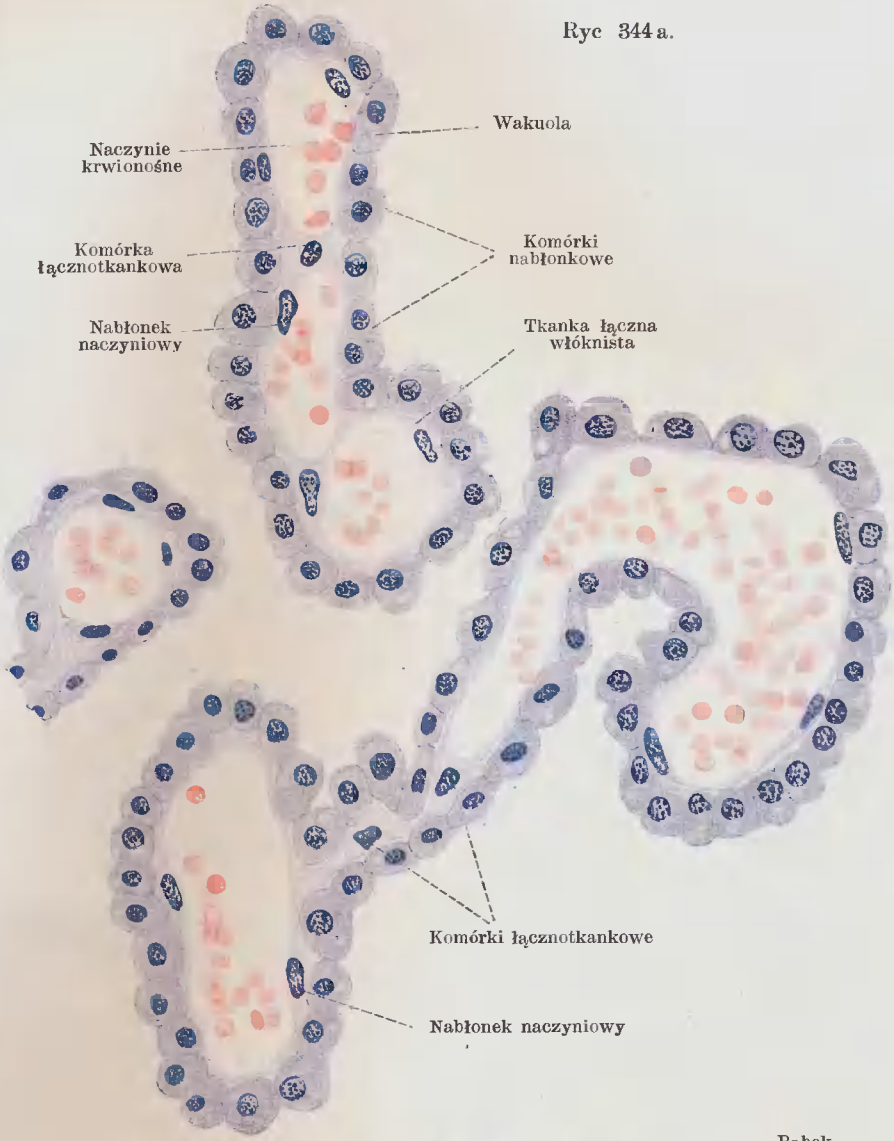
Opona miękka zawiera obfite *nerwy*, i to częściowo nerwy rdzenne, czuciowe, częściowo — bezrdzenne, współczulne; te ostatnie dochodzą do naczyń i w nich się kończą. Dotychczas nie rozstrzygnięto ostatecznie, czy włókna współczulne wnikają wraz z naczyniami do mózgu lub rdzenia; nowsze badania fizjologiczne (Hürtle, Weber) przemawiają jednakże bezsprzecznie za tem, że takiemi naczyniami przebiegającemi wśród mózgu i rdzenia rządzą również nerwy zwężające i rozszerzające.

Odnogi śródmózgowe naczyniówki (telae chorioideae) i sploty naczyniówkowe (plexus chorioidei) składają się z opony miękkiej i ściany mózgu, która jest w tych miejscach bardzo zcieńczała i składa się tylko z pojedyńczej warstwy nabłonka brukowego *(lamina epithelialis chorioidea* [ryc. 344a]). W życiu płodowem nabłonek ten posiada migawki. Opona miękka zawiera w odnogach śródmózgowych bardzo liczne naczynia. Włókna nerwowe tworzą w splocie naczyniówkowym grubsze lub cieńsze sploty, które są częściowo przeznaczone dla naczyń, częściowo zaś wysyłają cienkie nitki, które się kończą na powierzchni komórek nabłonkowych (Hworostuchin). Odnogi śródmózgowe i sploty naczyniówkowe należy według wszelkiego prawdopodobieństwa uważać za miejsca, w których wydziela się płyn mózgowo-rdzeniowy. Na podstawie badań lat ostatnich zaczęto przypisywać temu nabłonkowi własności wydzielnicze i udział w wytwarzaniu płynu mózgowo-rdzeniowego (Galeotti, Studnićka). Hworostuchin opisuje w komórkach tych mitochondrja, ziarenka i wakuole, a więc twory, które przemawiają za czynnością wydzielniczą, Kalwaryjski zaś znalazł na powierzchni komórek rąbek szczoteczkowy, podobny do rąbka kanalików krętych nerki i upatruje w nim podłoże dla dijalizacyjnych wzgl. resorbcyjnych własności nabłonka (ryc. 344 b).

Naczynia krwionośne układu nerwowego ośrodkowego.

Bardzo szczegółowe badania nad naczyniami krwionośnemi rdzenia zawdzięczamy przedewszystkiem H. Kadyiemu. Podamy z nich (ryc. 345—348) tylko następujące szczegóły.

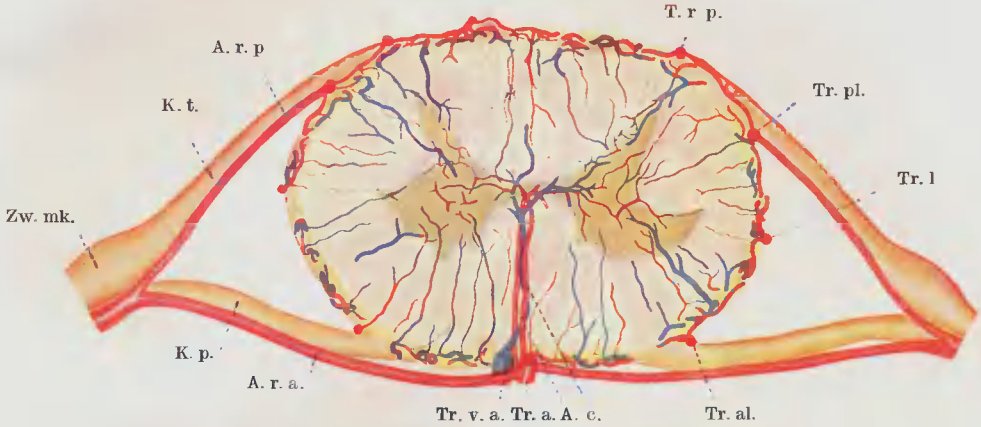
Ryc 344 a.



Ryc. 344 b.

Ryc. 344 a. Kosmki niaczyniówki mózgowej 22-letniego skazańca. $1^1/_2$ godz. po śmierci. Rąbek szczoteczkowy niewidoczny. Sublimat-kw. octowy. Hematoxylina-Eozyna. Średnie powiększenie.

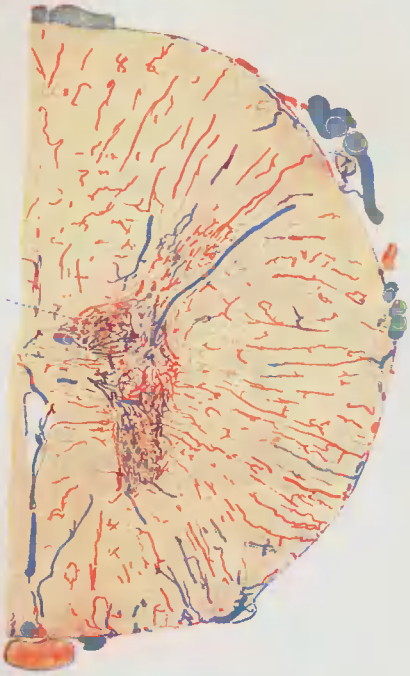
Ryc. 344 b. Komórki nabłonkowe naczyniówki mózgowej psa. Materjał wzięty za życia. Płyn Carnoy, hematoxylina żelazista. B. silne powiększenie.



Ryc. 345.

Nawpół schematyczny przekrój poprzeczny rdzenia kręgowego z korzonkami nerwowemi i przebiegającemi z nimi tętnicami (arteriae radicales), odtworzony na podstawie rysunków rozprawy Kadyiego. Na obwodzie rdzenia kręgowego widać przekroje poprzeczne łańcuchów tętniczych (tractus arteriosi) w sieci opony.

K. t. = Korzonek tylny; K. p. = Korzonek przedni; Zw. mk. = Zwój międzykręgowy; A. r. a. = Arteria radicalis anterior; A. r. p. = Arteria radicalis posterior; Tr. a. = Tractus arteriosus anterior; A. c. = arteriae centrales; Tr. al. = Tractus arteriosus antero-lateralis; Tr. l. = Tractus arteriosus lateralis; Tr. pl. = Tractus arteriosus posterolateralis; Tr. p. = Tractus arteriosus posterior; Tr. v. a. = Tractus venosus anterior.



Ryc. 346.

Lewa połowa przekroju poprzecznego rdzenia kręgowego na wysokości XI. pary nerwów piersiowych. Tętnice i naczynia włosowate—czerwone, żyły—niebieskie. Najgęstsze sieci występują w rogu przednim i słupie Clarke'a rogu tylnego.

(Według Kadyiego.)

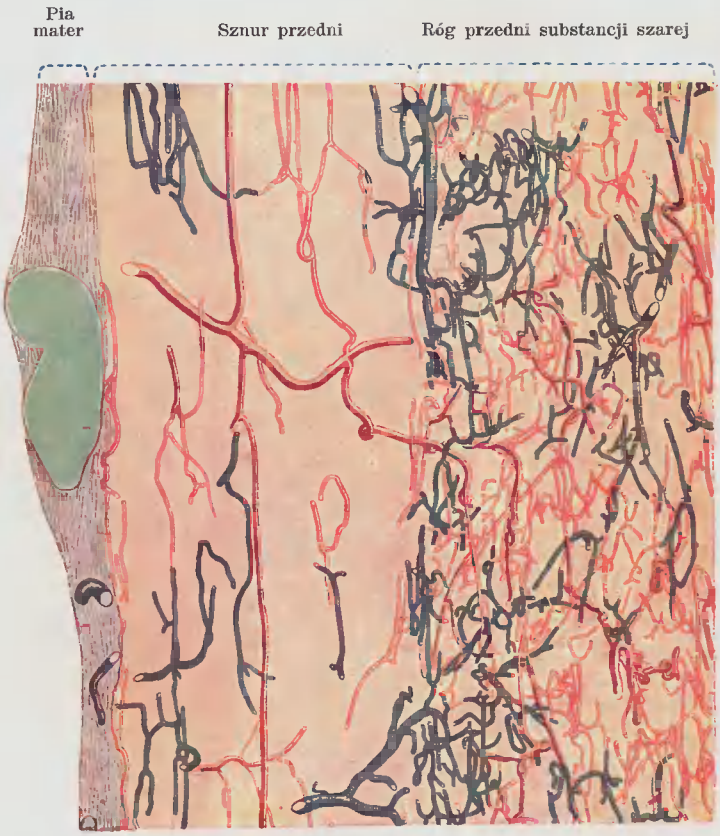
Pow. ok. 10 razy.

Ryc. 347.

Naczynia rdzenia kręgowego w przekroju podłużnym (sznur przedni tuż obok przedniej szczeliny pośrodkowej). Gruba tętnica po stronie prawej rysunku i obok niej przebiegające dwie żyły z gałązką poprzeczną leżą w oponie miękkiej rdzenia (pia mater). Wszystkie inne drobniejsze naczynia należą do powierzchniowej warstwy substancji białej rdzenia i tworzą sieci naczyń włosowatych, stanowiące połączenia pomiędzy tętnicami (czerwone) i żyłami (niebieskie).

(Według Kadyiego.)

Pow. ok. 34 razy.

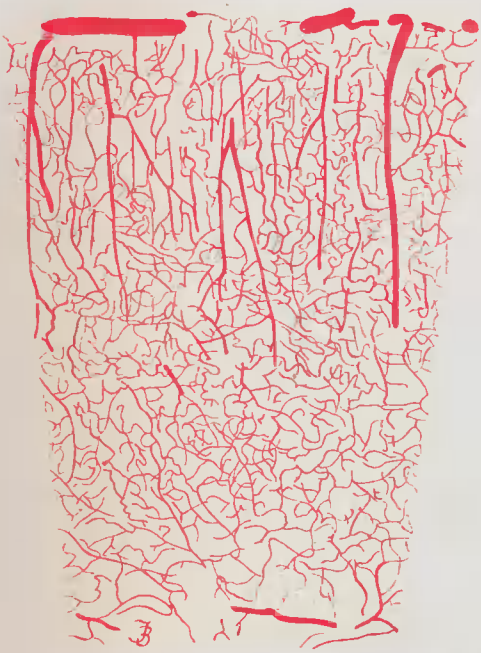


Ryc. 348.

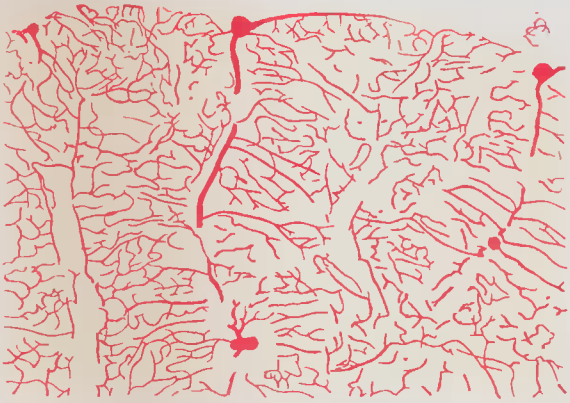
Przekrój podłużny sznura przedniego (na lewo — sieć luźna) i przyległej części rogu przedniego substancji szarej (na prawo — sieć zbita). Na lewym brzegu rysunku widać naczynia opony miękkiej rdzenia.

(Według Kadyiego.)

Pow. ok. 40 razy.



Ryc. 349.
Przekrój kory mózgowej królika.
Naczynia krwionośne nastrzyknięte czerwono. Pow. ok. 40 razy.



Ryc. 350.
Przekrój kory móżdżkowej świnki morskiej.
Naczynia krwionośne nastrzyknięte czerwono. Pow. ok. 44 razy.

Pnie tętnicze dochodzą jako *tętnice korzonkowe przednie i tylne (arteriae radicales anteriores i posteriores)* wzdłuż korzonków nerwowych do opony miękkiej i rozpadają się w niej na gęstą sieć tętniczą. W sieci tej różnicują się trzy pierwotne oraz 6 wtórnych podłużnie przebiegających łańcuchów anastomoz *(tractus arteriosi spinales)*. Pierwotne stanowią bezpośrednie przedłużenie tętnic korzonkowych *(arteriae radicales* [ryc. 345]). Od przedniego nieparzystego łańcucha *(tractus arteriosus anterior medullae spinalis)*, który jest najsilniej rozwinięty i stanowi przedłużenie tętnicy rdzeniowej przedniej *(art. spinalis anterior)*, odchodzi cały szereg, w ilości około 200 gałązek tętniczych, otoczonych przednią wypustką naczyniówki, które wnikają w głąb szczeliny pośrodkowej przedniej, odginają się w niej na prawo i na lewo i dochodzą jako *tętnice środkowe (arteriae centrales)* do przyśrodkowego odcinka przedniego słupa szarego. Zaopatrują one przeważną część słupa przedniego oraz część szyjki i część głowy słupa tylnego. Oprócz tego od wszystkich pozostałych części sieci tętniczej opony miękkiej wnikają liczne drobniejsze i bardzo drobne gałązki tętnicze do istoty białej rdzenia *(tętnice obwodowe)*. Rozgałęzienia ich w wielu miejscach dochodzą do istoty szarej, jak również odwrotnie pewne odgałęzienia tętnic środkowych wnikają z istoty szarej do białej. Wszystkie wymienione, a wnikające do rdzenia tętnice dzielą się wreszcie na sieć naczyń włosowatych, której oczka wydłużają się zgodnie z kierunkiem rdzenia i są mniej gęste w istocie białej, niż w szarej; w szarej występują najobficiej w obrębie słupów komórkowych (ryc. 346). Tętnice rdzenia są tętnicami końcowemi w znaczeniu Cohnheima, t. j. w obrębie substancji rdzenia nie tworzą wcale anastomoz w przeciwieństwie do rozgałęzień tętniczych opony miękkiej, które, jak wspomnieliśmy, tworzą gęstą sieć, nie dzieląc się jednak w samej oponie miękkiej na naczynia włosowate.

Przebieg *żył* w rdzeniu nie odpowiada przebiegowi tętnic. *Żyły środkowe* są stosunkowo słabiej rozwinięte, niż tętnice środkowe i łączą się zapomocą anastomoz różnie rozwiniętych z żyłami obwodowemi, które tworzą na tylnej powierzchni rdzenia sieci o wiele silniejsze niż na przedniej. Z sieci żylnych opony miękkiej krew odpływa przez przednie i tylne żyły korzeni.

W mózgu i móżdżku spotykamy naogół liczniejsze i bardziej gęste oczka naczyń włosowatych w tych miejscach, gdzie znajdują się większe nagromadzenia komórek zwojowych (istota szara). W korze tętnice dzielą się więc na sieć naczyń włosowatych o oczkach bardzo wązkich, która przy przejściu do substancji rdzennej staje się mniej gęstą i jest zwykle wydłużona w kierunku przebiegu włókien nerwowych (ryc. 349 i 350).

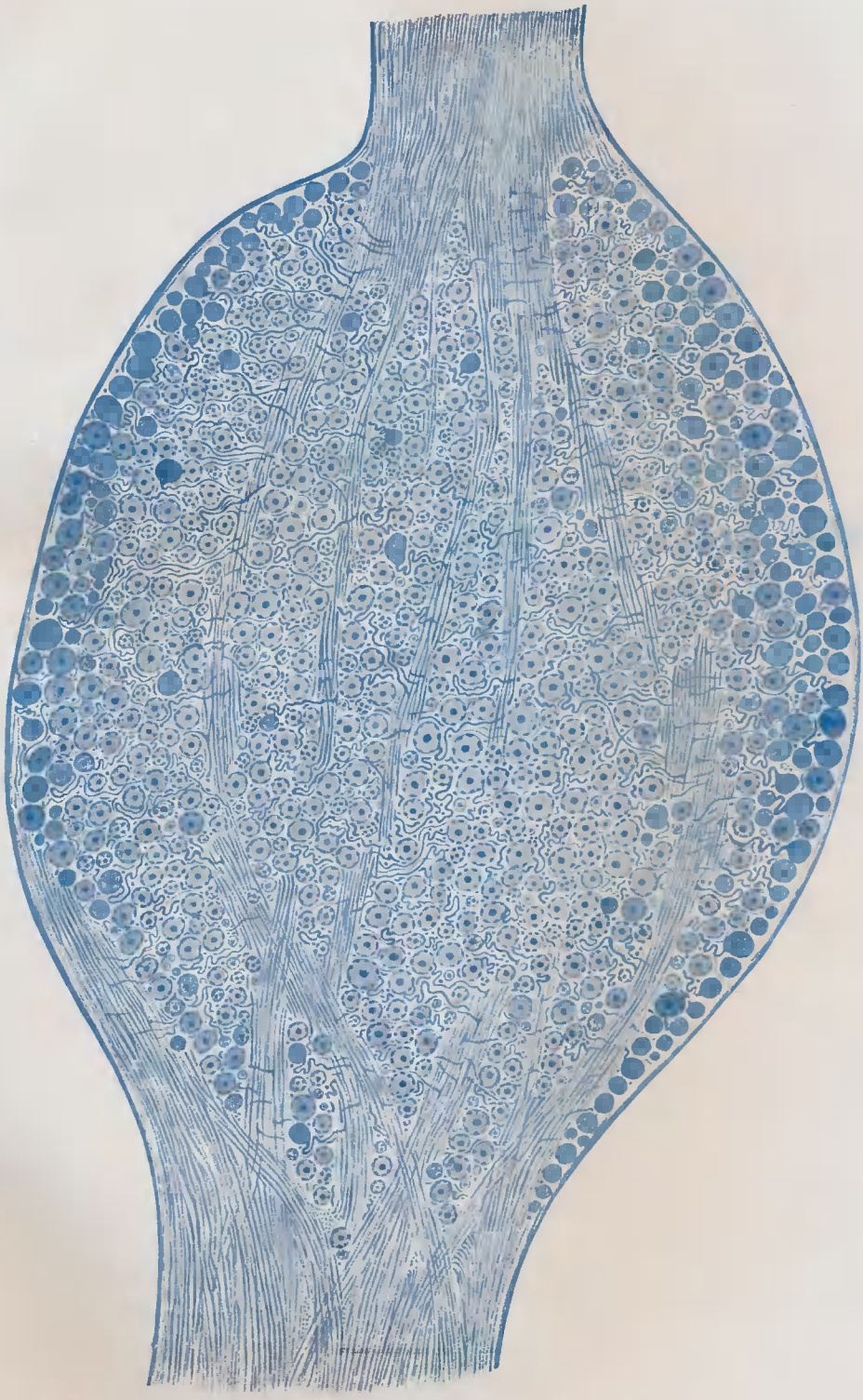
Układ nerwowy ośrodkowy nie posiada wcale zamkniętych *naczyń limfatycznych*. Jednakże naczynia krwionośne, wnikające do niego, są otoczone przestrzeniami włosowatemi, które można uważać za *przestrzenie limfatyczne okołonaczyniowe*. Otwierają się one do przestworu pod oponą pajęczą i przestworu pod oponą twardą, które z drugiej strony są bezpośrednio połączone z naczyniami limfatycznemi błony śluzowej nosa i drogami limfatycznemi nerwów obwodowych. Przestwór pod oponą pajęczą jest także połączony z układem komór mózgu i kanałem środkowym rdzenia zapomocą otworów przyśrodkowych i bocznych komory czwartej.

2. Układ nerwowy obwodowy.

Układ nerwowy obwodowy składa się ze *zwojów obwodowych* i z *nerwów obwodowych*. Zwoje obwodowe są to większe lub mniejsze

Ryc. 351.
Zwój mózgowo-rdzeniowy kota.
Pow. około 25 razy.

skupienia komórek nerwowych, odgraniczone od otoczenia mniej lub bardziej wyraźnie zapomocą osłonek łącznotkankowych. Komórki te wywędrowały z narządów ośrodkowych we wczesnych okresach życia płodowego. Zależnie od właściwości komórek, które wchodzą w skład zwojów, rozróżniamy *zwoje mózgowordzeniowe* i *zwoje współczulne*. Do kategorji pierwszych należą wszystkie zwoje międzykręgowe, a z pośród zwojów głowowych zwój półksiężycowaty nerwu trójdzielnego *(ganglion semilunare n. trigemini)*, zwój kolankowy n. twarzowego *(ganglion geniculi n. facialis)*, zwój przedsionkowy i wężownicowaty nerwu słuchowego *(ganglion vestibulare i ganglion spirale n. acustici)*, zwój górny i zwój skalisty nerwu językogardzie-



Ryc. 352. Zwój międzykręgowy kota. Barwienie błękitem metylenowym za życia. Pow. ok. 70 razy.

lowego *(ganglion superius i ganglion petrosum n. glosso-pharyngei)*, zwój szyjny i zwój węzłowy nerwu błędnego *(ganglion jugulare i ganglion nodosum n. vagi)*. Do zwojów współczulnych zalicza się zwoje nerwu współczulnego w okolicy miednicowej, brzusznej, piersiowej i szyjnej, oraz zwój rzęskowy *(ganglion ciliare)*, zwój klinowo-podniebienny *(ganglion sphenopalatinum)*, zwój podszczękowy *(ganglion submaxillare)* i zwój uszny *(ganglion oticum)*.

Nerwy obwodowe składają się częściowo z włókien ruchowych, t. zn. z neurytów komórek ruchowych już to rdzenia, już to mózgu, otoczonych osłonką rdzenną i osłonką Schwanna, częściowo zaś z włókien czuciowych, które są obowodowemi wypustkami komórek zwojów mózgowo-rdzeniowych, otoczonemi również osłonką rdzenną i Schwanna. Włókna czuciowe odpowiadają dendrytowi i równie jak on przewodzą dośrodkowo. Oprócz włókien ruchowych i czuciowych prawie wszystkie nerwy obwodowe zawierają jeszcze włókna współczulne bezrdzenne. Prawie wyłącznie tylko włókna bezrdzenne znajdują się w splocie, tworzącym układ nerwowy współczulny, w pniu nerwu współczulnego i w nerwach wychodzących ze zwojów współczulnych.

Obecnie omówimy nieco szczegółowiej budowę najpierw zwojów, a następnie nerwów obwodowych.

Zwoje obwodowe.

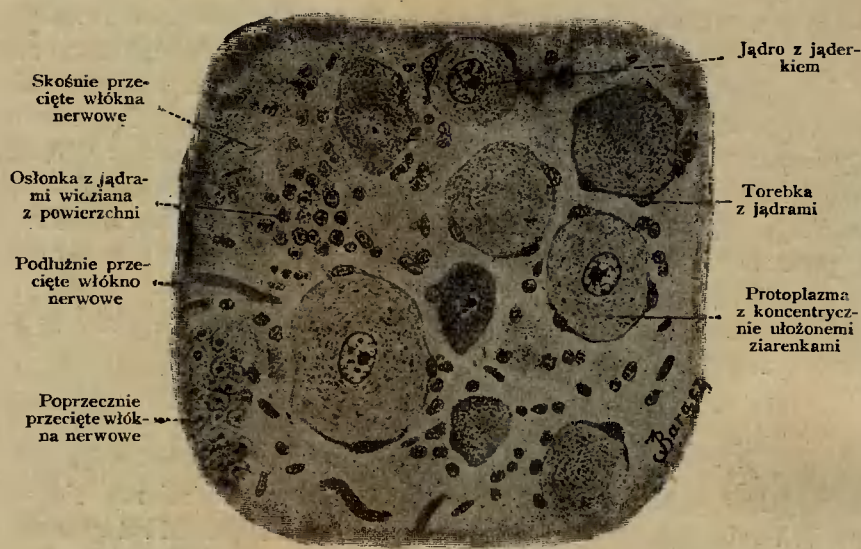
a) Zwoje mózgowo-rdzeniowe.

Jako typem zwoju mózgowo-rdzeniowego zajmiemy się tu zwojem międzykręgowym i opiszemy jego budowę. Każdy zwój mózgowo-rdzeniowy jest otoczony cieńszą lub grubszą torebką z tkanki łącznej włóknistej, która przechodzi zarówno na nerwy wchodzące do zwoju jak i wychodzące z niego. W obrębie zwoju nerwy dzielą się na liczne wiązki, pomiędzy któremi są zawarte większe skupienia czyli grupy komórek nerwowych (ryc. 352).

Każda komórka nerwowa zwojów obwodowych wyróżnia się od komórek narządów ośrodkowych tem, że jest otoczona *torebką* łącznotkankową (ryc. 353), która zawiera wśród włókien łącznotkankowych liczne komórki tkanki łącznej. Komórki te układają się na powierzchni wewnętrznej torebki tuż obok siebie w jednej warstwie, tak iż torebka jest od wewnątrz wyścielona rodzajem nabłonka. Oprócz tego pomiędzy powierzchnią wewnętrzną torebki, a powierzchnią zewnętrzną komórki nerwowej znajdują się w zmiennej ilości osobliwego rodzaju, mniejsze lub większe komórki, mające często kształt gwiaździsty, nazwane przez Cajala *ciałkami satelitowemi*, przez Lenhosséka *komórkami płaszczowemi* albo *amphicytami* (ryc. 354 Az). Nie mają one nic wspólnego z tkanką łączną,

lecz pochodzą według Lenhosséka z układu nerwowego ośrodkowego i odpowiadają komórkom Schwanna nerwów obwodowych. Komórek tych nie spotyka się wszędzie, lecz w bardzo wielkiej ilości znajdują się w zwojach międzykręgowych człowieka. Leżą one tutaj dokoła ciała komórki nerwowej w warstwie pojedyńczej i wpuklają się w jego protoplazmę.

Komórki nerwowe zwojów mózgowo-rdzeniowych należą do różnych typów. Najczęściej spotyka się komórki duże lub średniej wielkości, o kształcie kulistym lub gruszkowatym. Są one, jak za-



Ryc. 353.

Część przekroju poprzecznego zwoju mózgowo-rdzeniowego królika.

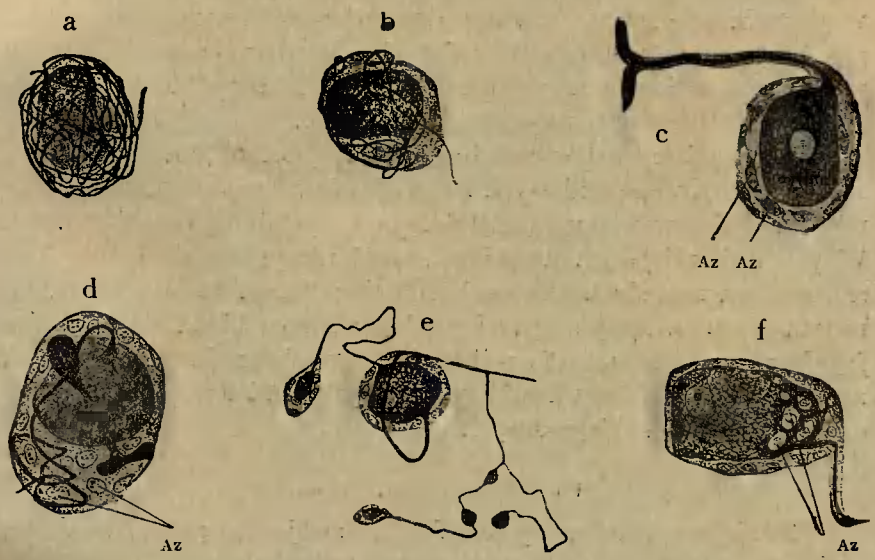
Pow. ok 400 razy.

znaczyliśmy w części ogólnej, jednobiegunowe. Gruba wypustka wychodzi prawie bezpośrednio z „pola biegunowego" komórki i otacza jej ciało licznemi skrętami wewnątrz torebki (ryc. 354 a). Pętle mogą się zwijać w kłębek *(glomerulus)*, który układa się w zagłębieniu ciała komórkowego (ryc. 354 b). Czasami pętle te wytwarzają się dopiero poza obrębem torebki. Po przebiciu torebki wypustka otacza się osłonką rdzenną i w mniejszej lub większej odległości od ciała komórki dzieli się w kształcie litery T (ryc. 352 i 354 c). Jedna część, pochodząca z tego podziału, wnika do rdzenia jako włókno korzonka tylnego, druga stanowi włókno obwodowe czuciowe.

Oprócz tych komórek, które odznaczają się tem, że wypustka ich tworzy wewnątrz torebki lub poza jej obrębem skręty, czyli t. zw. kłębki, występują jeszcze, zwłaszcza w obwodowych czuciowych

zwojach głowowych, komórki, których wypustka nie tworzy tych skrętów, lecz biegnąc prosto, przebija torebkę (ryc. 354 c).

Już od dłuższego czasu wiadomo, że pomiędzy komórkami zwojów mózgowo-rdzeniowych znajdują się zawsze elementy, które oprócz powszechnie znanej wypustki posiadają jeszcze innego rodzaju wypustki komórkowe tak, że nie są komórkami jedno- lecz wielobiegunowemi. W ostatnich czasach Dogiel, Ramón y Cajal i inni studjowali dokładnie te komórki i okazało się, że takie komórki wielobiegunowe przedstawiają znaczną różnorodność. Wypustki ich mogą odchodzić pojedyńczo lub po kilka jako cienkie łodyżki od ciała komórkowego lub od wypustki nerwowej i albo kończą



Ryc. 354.

Rozmaite formy komórek zwojów mózgowo-rdzeniowych według Cajala.

się w obrębie torebki, przylegając ściśle do ciała komórki, albo też przebijają torebkę i kończą się w dowolnem miejscu w obrębie zwoju (ryc. 354 d i e). Wypustki te charakteryzują się tem, że posiadają większe lub mniejsze kolbkowate zgrubienia, które, o ile leżą poza obrębem torebki, otaczają się na końcach osobną małą torebką, (ryc. 354 e). Wypustki te jednak mogą być też grubsze, występować w większej ilości, łączyć się z sobą wielokrotnie w obrębie torebki zapomocą anastomoz i tworzyć sieć gęstą. Przedewszystkiem u ludzi starszych, u psa i konia opisał najpierw Daae, następnie Ramón y Cajal, Levi i inni tak zwane *komórki okienkowate* (ryc. 354 f). Ciało tych komórek przechodzi w jednem miejscu w sieć rzadszą lub gęstszą, w której oczkach leżą amficyty. Oczka te są utwo-

rzone z protoplazmy komórki nerwowej, zawierającej włókienka nerwowe, z sieci zaś powstaje wypustka nerwowa.

Jak widzimy, wszystkie, opisane dotychczas włókna w obrębie zwoju mózgowo-rdzeniowego, są wypustkami jego komórek. Można jednak też zauważyć włókna, które wnikają do zwoju z zewnątrz i kończą się na jego komórkach, a więc są włóknami doprowadzającemi (afferentes). Włókna te po raz pierwszy opisał Ehrlich u żaby, później zbadał je dokładniej Dogiel i Retzius; wnikają one przez torebkę i tworzą dokoła ciała komórki bardzo gęsty splot, złożony z cienkich nitek. Jeźli się śledzi te włókna w kierunku obwodowym, można się przekonać, że są to zawsze włókna bezrdzenne i że mamy tu prawdopodobnie do czynienia z elementami współczulnemi, które dochodzą do zwoju międzykręgowego przez gałąź łączącą *(ramus communicans)*. Według badań Ramón y Cajala takie włókna współczulne nie dochodzą jednak do wszystkich komórek zwojów mózgowo-rdzeniowych.

Wyłożyliśmy już w części ogólnej, że jednobiegunowe komórki zwojów mózgowo-rdzeniowych rozwijają się z komórek dwubiegunowych, że więc w wieku młodzieńczym wszystkie są dwubiegunowe. W pewnych miejscach dwubiegunowość utrzymuje się stale. Tak np. zwoje nerwu słuchowego składają się wyłącznie z komórek dwubiegunowych, a zwój szyjny i węzłowy nerwu błędnego *(ganglion jugulare* i *g. nodosum nervi vagi)* zawierają według najnowszych badań zarówno typowe formy dwubiegunowe, jakoteż i formy przejściowe do komórek jedno-biegunowych.

b) Zwoje współczulne.

Zwoje współczulne, podobnie jak zwoje mózgowo-rdzeniowe, posiadają osłonkę łącznotkankową, a komórki nerwowe w nich zawarte są otoczone torebkami łącznotkankowemi, lecz zdaje się, że zgoła nie zawierają amficytów, opisanych powyżej.

Komórki nerwowe, z których składają się zwoje współczulne, są przeważnie średnio wielkiemi lub małemi komórkami *wielobiegunowemi* (13—40 μ średnicy). Ich neuryt opuszcza zwój i jako włókno nerwowe współczulne dochodzi do miejsca swego przeznaczenia. W pewnych wypadkach może się ono otaczać osłonką rdzenną. Neuryty kończą się na mięśniach gładkich różnych narządów, jak narządów trawienia, oddechowych, krążenia krwi, skóry, oka itp., a oprócz tego wnikają do różnych gruczołów i wywierają znaczny wpływ na ich czynności wydzielnicze. Ze względu na zachowanie się neurytów możemy wśród komórek współczulnych rozróżniać za Dogielem komórki czuciowe i ruchowe. Dendryty komórek współczulnych kończą się albo w tym samym zwoju i tworzą w nim sieć gęstą albo

Ryc. 355. Zwój piersiowy kota. Barwienie za życia błękitem metylenowym.
Trce = Truncus cervicalis, Trtho = Truncus thoracicus, Raco = Rami communicantes, Raca = Ramus cardiacus. Pow. ok. 60 razy.

też wychodzą z niego jako cienkie włókna bezrdzenne i kończą się w zwoju innym (Dogiel).

Włókna nerwowe, dochodzące do zwoju współczulnego, pochodzą częściowo z mózgu lub rdzenia, częściowo zaś z innych zwojów współczulnych. Kończą się one albo wolno pomiędzy komórkami nerwowemi, albo też tworzą koszyczki końcowe, które przylegają ściśle do ciała komórki nerwowej. W ten sposób na komórki współczulne wywierają wpływ nietylko komórki tego samego rodzaju co one, lecz również komórki układu nerwowego ośrodkowego. Tak np. komórka korzonka przedniego górnej części rdzenia szyjnego może wysyłać neuryt przez gałąź łączącą *(ramus communicans)* do zwoju karkowego górnego *(ganglion cervicale superius)*. Tutaj jego koszyczek końcowy otacza komórkę współczulną, której neuryt skierowywa się następnie w splocie gardzielowym *(plexus pharyngeus)* do gładkiej komórki mięsnej przełyku.

Komórki *jednobiegunowe* spotyka się mniej często w zwojach współczulnych człowieka, natomiast tworzą one charakterystyczną część składową zwojów współczulnych płazów. Wypustka nerwowa wychodzi z tych komórek w kierunku prostym. Dokoła niej okręca się spiralnie *włókno spiralne*, które jest włóknem doprowadzającem *(afferens)* i otacza komórkę koszyczkiem końcowym. Beale i Arnold sądzili, że również to włókno spiralne wychodzi z komórki, którą z tego powodu uważali za osobny typ komórek dwubiegunowych.

W związku ze zwojami współczulnemi należy omówić *paragangljа*.

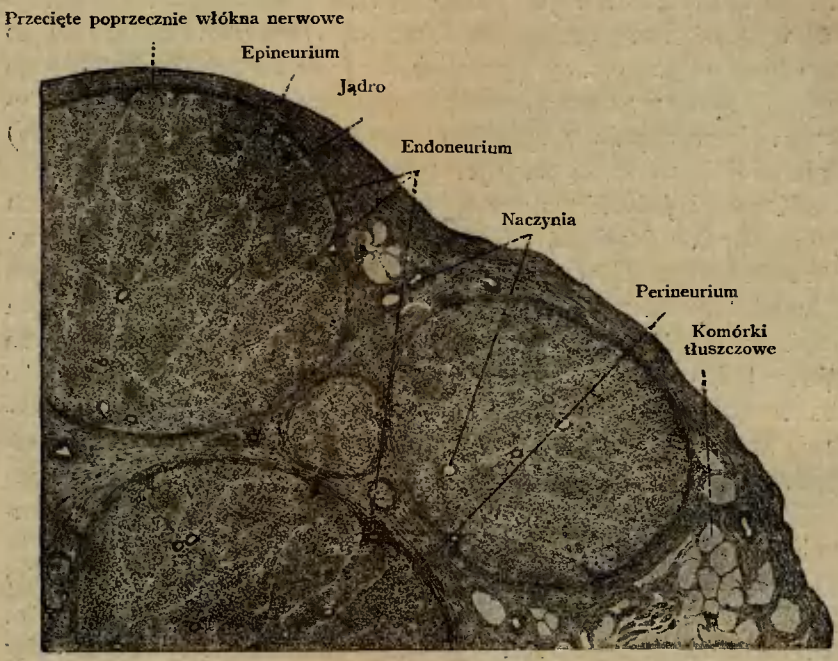
Narządy te biorą początek w zawiązkach zarodkowych zwojów współczulnych, które mogą różnicować się w dwu kierunkach, mianowicie mogą się z nich wytworzyć komórki nerwowe zwojów współczulnych, albo też swoiste komórki gruczołowe paragangljów. Te ostatnie wyróżniają się tem, że pod wpływem działania soli chromowych przybierają elektywne zabarwienie żółto-brunatne. Największym z pośród całego szeregu licznych paragangljów jest istota rdzenna nadnercza kręgowców, która, jak obecnie prawie powszechnie przyjmują, pochodzi z zawiązka współczulnego; po niej zaś idą: kłębek szyjny, kłębek ogonowy, paragangljon bębenkowy, otaczający nerw Jacobsona, paragangljon brzuszny Zuckerkandla, leżący w miejscu rozdwojenia aorty brzusznej.

Nerwy obwodowe.

Nerwy obwodowe składają się z włókien nerwowych obwodowych, które, jak widzieliśmy w części ogólnej, składają się albo z włókna osiowego i osłonki Schwanna albo też z włókna osio-

wego, osłonki rdzennej i osłonki Schwanna. Nerwy współczulne składają się przeważnie z włókien nerwowych bezrdzennych, nerwy mózgowo-rdzeniowe natomiast z włókien rdzennych.

Każdy nerw obwodowy jest otoczony tkanką łączną, wśród której leżą większe naczynia krwionośne nerwów i która jest przetkana licznemi komórkami tłuszczowemi. Tkanka łączna tworzy we wnętrzu liczne przegrody cieńsze i grubsze, oddzielające od siebie poszczególne wiązki, z których składa się nerw. Całą tę tkankę łączną nazywamy *pochewką nerwową, epineurium.* Każda wiązka



Ryc. 356.
Część przekroju poprzecznego nerwu (n. tibialis anterior) 30-letniej kobiety
Pow. ok. 76 razy.

nerwu, t. zw. wiązka wtórna, jest ściśle otoczona osobną pochewką łącznotkankową, którą łatwo daje się odróżnić od epineurium, zapomocą specjalnych metod barwienia, a nazywa się *perineurium* czyli *pochewką wiązek włókien nerwowych.* Posiada ona budowę wybitnie blaszkową. Każda blaszka składa się z warstwy wiązek włókien łącznotkankowych, przebiegających podłużnie, które są oplecione siateczką włókienek sprężystych i obłożone ciągłą warstwą płaskich komórek. Od tej pochewki perineuralnej wnikają do każdej wiązki nerwowej cienkie blaszki łącznotkankowe, które dzielą większe lub mniejsze grupy włókien nerwowych na wiązki pierwotne, a następnie

wysyłają swe włókienka klejodajne pomiędzy poszczególne włókna nerwowe. Tę tkankę łączną nazywamy *endoneurium* czyli *pochewką pierwotnych wiązek włókien nerwowych* (ryc. 356). Dokoła każdego poszczególnego włókna nerwowego endoneurium tworzy osobną pochewkę, która znowu składa się z bardzo delikatnych wiązek łącznotkankowych, przebiegających podłużnie, i z przylegających do nich komórek, ułożonych w postaci nabłonka. Pochewkę taką, otaczającą każde poszczególne włókno niesłusznie nazwał Ranvier pochewką Henlego; nazwiemy ją *pochewką endoneuralną*, tak jak ją nazwali odkrywcy Key i Retzius. Od wewnątrz przylega do niej bezpośrednio pochewka Schwanna.

Im bliżej końca nerwu, tem więcej cienieją gałązki jego, a w miarę tego cienieje też perineurium i epineurium. Gdy wreszcie poszczególne włókna stają się wolne, są one jeszcze otoczone nazewnątrz od osłonki Schwanna pochewką endoneuralną, która przechodzi w dalszym ciągu w pochewkę otaczającą narządy czuciowe końcowe, wnika także wraz z nerwami do zwojów obwodowych i przechodzi tu w torebkę, otaczającą komórki nerwowe. Pochewka Schwanna natomiast albo wnika do torebki, w obrębie której dalszy jej ciąg tworzą amficyty (Lenhossek), albo też zanika przed wniknięciem włókna do torebki.

Naczynia krwionośne nerwów rozgałęziają się wielokrotnie w obrębie epineurium, następnie przebijają pochewkę perineuralną, wnikają pomiędzy wiązki oraz do samych wiązek pierwotnych i w obrębie endoneurium rozdzielają się na wydłużone pętle naczyń włosowatych.

Nerwy obwodowe, podobnie jak mózg i rdzeń, nie posiadają zamkniętych *naczyń limfatycznych*. Zamiast nich, jako przestrzenie limfatyczne, funkcjonują przestrzenie pomiędzy blaszkami pochewki perineuralnej i szczeliny wśród endoneurium. Łączą się one także bezpośrednio z jamą podpajęczą i z jamą wewnątrz opony twardej narządów ośrodkowych.

Wśród tkanki łącznej nerwów spotyka się także *nerwy (nervi nervorum)*, które kończą się częściowo w naczyniach (W. Krause), częściowo zaś wolno w tkance łącznej (Prus).

3. Zakończenia nerwowe.

Zakończenia nerwowe są ostatecznemi końcami (*telodendria*) poszczególnych neuronów. Stanowią one urządzenia, które mają na celu łączenie układu nerwowego z innemi tkankami i narządami i zapewnienie wpływu pierwszego nad ostatniemi, albo też służą do utrzymania w łączności poszczególnych ogniw łańcucha czyli neuronów pomiędzy sobą w obrębie samego układu nerwowego.

To też zależnie od tego, w jakiej tkance spotykamy zakończenia nerwowe, możemy je podzielić na takie, które się kończą: I w nabłonku, II w tkance łącznej, III w tkance mięsnej i IV w tkance nerwowej.

Co się tyczy budowy zakończeń nerwowych możemy ogólnie powiedzieć, że jedne z nich kończą się bezpośrednio w tkankach różnych narządów obficie rozchodzącemi się rozgałęzieniami końcowemi, bez pośrednictwa i dostosowania się jakichkolwiek elementów danej tkanki; inne natomiast dopiero w związku z pewnemi zróżnicowanemi elementami odnośnych tkanek tworzą całość zdolną do przyjmowania podniet.

Zakończenia pierwszego rodzaju nazywamy *zakończeniami nerwowemi wolnemi*, zakończenia rodzaju drugiego zakończeniami zapomocą *ciałek końcowych*. W przypadku ostatnim zakończenia nerwowe mogą wejść w bezpośrednie zetknięcie z wyróżnicowanemi swoistemi komórkami dotykowemi lub też otoczyć się jedną lub kilku osłonkami z tkanki łącznej (aparaty nerwowe otorbione).

Te osobliwe i często o zawiłej budowie aparaty końcowe powstają w ten sposób, że włókno nerwowe wrasta do jakiejś innej tkanki (nabłonka lub tkanki łącznej), która oddziaływa w swoisty sposób na wniknięcie włókna nerwowego, ulegając pewnemu specjalnemu zróżnicowaniu. Ostateczne zakończenie włókien nerwowych może się rozmaicie zachowywać w zakończeniach nerwowych różnego rodzaju: czasem nie rozgałęzia się, tylko rozszerza na końcu, lub też przeciwnie rozgałęzia się bardzo obficie, tworząc sploty lub nawet zamknięte w sobie sieci.

W przeciwieństwie do tej różnorodności form, jaką tworzą zakończenia nerwowe, włókienka nerwowe *(neurofibrille)* zachowują się dość jednakowo w obrębie rozgałęzienia końcowego włókna nerwowego, tworząc zawsze zamknięte sieci wśród substancji okołowłókienkowej (*axoplasma*) (Dogiel, Ramón y Cajal, Botezat). Z badań tych zdaje się wynikać, że nie istnieją wolne zakończenia włókienek nerwowych w aparatach końcowych, gdyż mamy tam zawsze do czynienia z zamkniętą siecią końcową, z zamkniętemi pętlami (ryc 360 i 363).

Czasami widać, jak z zakończenia nerwowego wychodzi włókno nerwowe, które tworzy następnie drugo- i trzeciorzędne zakończenie nerwowe tego samego albo też innego rodzaju. Są to tak zwane *włókna ultraterminalne* (Ruffini). Zdarza się także, że dwa zakończenia nerwowe tego samego rodzaju, utworzone przez dwa osobne włókna, bywają z sobą połączone zapomocą włókna nerwowego *kojarzącego*.

Do końcowych ciałek nerwowych oprócz włókna, wzgl. włókien nerwowych rdzennych, które w niem się kończą (t. zw. zakończenie środkowe), często wnika przez ten sam biegun ciałka końcowego jeszcze jedno włókno bardzo cienkie, t. zw. *włókienko dodatkowe*, które już poprzedno utraciło osłonkę rdzenną i w obrębie zakończenia nerwowego dzieli się na delikatne włókienka, które tworzą sieć dokoła zakończenia środkowego, nie łącząc się z niem jednak bezpośrednio. Występuje to prawdopodobnie powszechnie we wszystkich rodzajach ciałek końcowych nerwowych; Timofiejew opisał takie stosunki w kolbach końcowych, Dogiel i Willainen w ciałkach Grandryego, Botezat w ciałkach Merkla, Dogiel w ciałkach Meissnera, Perroncito i Boeke w zakończeniach motorycznych itd.

Rozpatrywanie zakończeń nerwowych z punktu widzenia fizjologicznego napotyka na nieprzezwyciężone trudności. Narazie nie da się przeprowadzić podziału zakończeń nerwowych według ich przeznaczenia, dopóki nie poznamy różnicy anatomicznej pomiędzy włóknami dośrodkowemi, a odśrodkowemi. W gruczołach np. nie możemy stwierdzić z całą pewnością, które zakończenia są wydzielnicze, a które czuciowe. Nie udało się również dotychczas podzielić zakończeń nerwowych czuciowych na podstawie ich zdolności odbierania poszczególnych rodzajów czucia (temperatury, ciśnienia, bólu).

W naszym opisie zakończeń nerwowych będziemy się trzymali tkanek, wśród których je spotykamy i zaczniemy od zakończeń nerwowych w nabłonku.

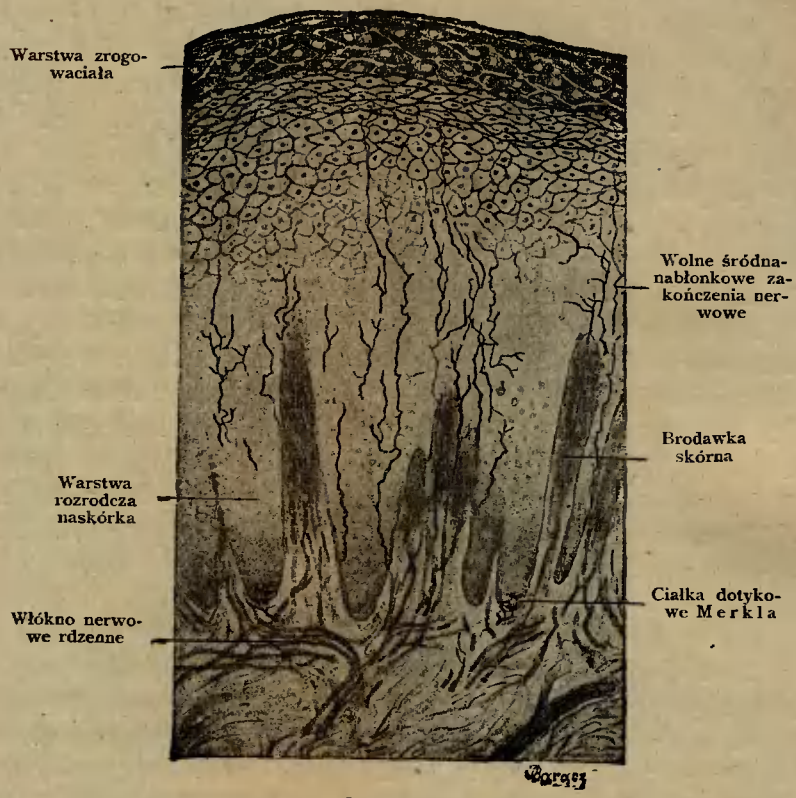
I. Zakończenia nerwowe śródnabłonkowe.

Rozróżniamy tu przedewszystkiem *wolne zakończenia* (ryc. 357), które znajdują się obficie w nabłonku wielowarstwowym błon śluzowych, rogówki i naskórka. Włókna nerwowe przebiegają w wiązkach wewnątrz tkanki łącznej głębiej leżącej aż do jej granicy z nabłonkiem, tracą swe osłonki, jako nagie włókna osiowe przekraczają granicę nabłonka i dzielą się na drobne gałązki, od których stycznie odchodzą dalsze rozgałęzienia. Takie włókna dosięgają nieraz zewnętrznych warstw nabłonka (w naskórku — warstwy ziarnistej) czasami zwracają się z powrotem do warstw głębszych, w których kończą się wolno (pęcherz moczowy, Retzius). Na końcach włókien nerwowych znajdują się często zgrubienia w kształcie guzków. Natomiast zgrubienia różańcowate *(varicositates)* w przebiegu włókien należy uważać za twory sztuczne, wywołane metodami utrwalania lub też za następstwa zmian pośmiertnych.

Do wolnych zakończeń nerwowych można także zaliczyć *zakończenia nerwowe w gruczołach*. Z nowszych badań wynika, że nerwy

kończą się na powierzchni komórek gruczołowych, nigdy jednak nie wnikając do nich, jak dawniej przypuszczano. Ostateczne końce tych nerwów, przylegające do powierzchni zewnętrznej komórki, bywają nieraz zgrubiałe i spłaszczone. Co do szczegółów, patrz odpowiednie rozdziały o gruczołach.

Następnie spotykamy w nabłonku zakończenia nerwowe w postaci *ciałek końcowych*, a mianowicie t. zw. ciałek Merkla (ryc. 357,



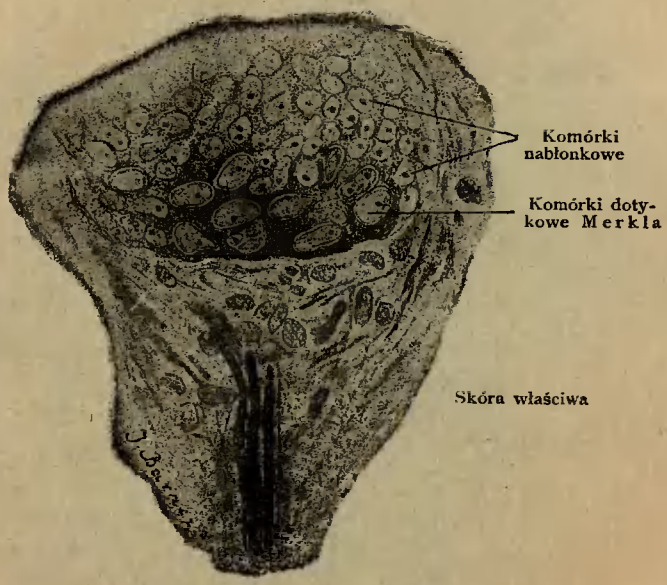
Ryc. 357.

Przekrój pionowy skóry ryja świńskiego. Widoczne wolne śródnabłonkowe zakończenia nerwowe i ciałka dotykowe Merkla.

Barwione chlorkiem złota. Powlęk. ok. 300 razy.

358 i 366). Występują one najobficiej w pysku świni, w zewnętrznej pochewce włosów dotykowych i w błonie śluzowej podniebienia zwierząt ssących. U człowieka spotyka się je w niewielkiej ilości w naskórku. A mianowicie w najgłębszych warstwach naskórka znajduje się komórki, które odróżniają się od innych komórek nabłonkowych tem, że są większe i jaśniejsze oraz posiadają duże pęcherzykowate jądro.

Zapomocą metod specjalnych, które służą do uwidocznienia nerwów, jak n. p. metody złocenia (ryc. 366) oraz barwienia błękitem metylenowym, można się przekonać, że do tak zw. komórek dotykowych Merkla dochodzą włókna nerwowe, które straciły swe osłonki na granicy łącznotkankowej i nabłonkowej części skóry, a na końcu swym posiadają zgrubienia w postaci tworów miseczkowatych, t. zw. *menisków dotykowych*. Każda taka miseczka przylega ściśle stroną wklęsłą do komórki dotykowej. Meniski leżą zwykle przy dolnej powierzchni komórek, tak iż dochodzące włókno nerwowe wraz



Ryc. 358.

Część przekroju pionowego skóry ryja świńskiego.

W skórze właściwej widać trzy rdzenne włókna nerwowe, biegnące ku górze; w naskórku liczne ciałka dotykowe Merkla. Pow ok. 450 razy.

z miseczką i komórką dotykową przypomina obraz żołędzi z łodygą, miseczką i orzechem. Na ciałkach Merkla kończy się oprócz tego jeszcze drugie cienkie włókno nerwowe, tzw. dodatkowe, tworzące sieć dokoła komórki (Botezat, Dogiel). Ze względu na pochodzenie należy uważać komórki dotykowe za zmodyfikowane komórki nabłonkowe. Zaczynają się one różnicować z komórek nabłonkowych dopiero pod wpływem włókien nerwowych do nich dochodzących. (Szymonowicz).

Pośrednie miejsce między formą pierwszą a drugą, t. zn. pomiędzy wolnemi zakończeniami nerwowemi śródnabłonkowemi, a zakończeniami nerwowemi zapomocą komórek dotykowych Merkla, zajmują śródnabłonkowe zakończenia nerwowe w podniebieniu żaby.

Według opisu Bethego włókna nerwowe stykają się rozszerzonemi *płytkami końcowemi* ze specjalnie zmienionemi komórkami nabłonkowemi. Tu należą także zakończenia nerwowe w ryju kreta (*organ* Eimera). W organie tym włókna nerwowe zapomocą guziczków odstających na boki wchodzą w styczność z całym szeregiem specjalnie zmodyfikowanych komórek nabłonkowych. W dalszym ciągu należą tu zakończenia nerwowe w narządach smaku i słuchu, ponieważ rozgałęzione i zgrubiałe końce nerwów pozostają w nich

Ryc 359.
Ciałko Herbsta z woskówki dzióba kaczki.
Pow. ok. 450 razy,

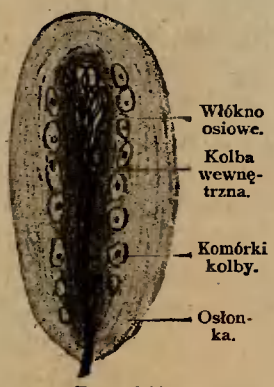
w styczności z t. zw. *komórkami zmysłowemi* (komórkami neuroepiteljalnemi). Inaczej ma się rzecz w narządzie powonienia (o czem niżej).

II. Zakończenia nerwowe w tkance łącznej.

W tkance łącznej znaleziono także *wolne zakończenia nerwowe* w wielu miejscach ciała. Włókno nerwowe traci osłonki i nagie włókno osiowe dzieli się na mniejszą lub większą liczbę delikatnych gałązek drzewkowatych, które kończą się wolno wśród tkanki łącznej. Takie zakończenia obserwowano w ścięgnach, w t. zw. *wrzecionach ścięgniowych* (Golgi, Cattaneo, Ciaccio, Ruffini), w których obficie rozgałęzione włókna osiowe wnikają pomiędzy wiązki wrzecio-

nowatego zgrubienia ścięgna i tam wolno się kończą; następnie znajdujemy podobne zakończenia w tkance podskórnej i w najgłębszych częściach skóry w t. zw. *rozgałęzieniach nerwowych* Ruffiniego, w skórze tuż pod błoną podstawową, na granicy pomiędzy naskórkiem, a skórą właściwą (Ranvier, Szymonowicz, Dogiel), w łożysku paznokcia (Dogiel), w błonie szklistej torebki włosowej (Szymonowicz), we wsierdziu (Smirnow), w opłucnej (Dogiel) itd. Wolne zakończenia takich nerwów występują czasem pod postacią zębiastych płytek końcowych np. w rogówce (Dogiel).

Zakończenia nerwowe w kształcie *ciałek końcowych* są bardzo różnorodne. Jeden rodzaj ciałek końcowych stanowią t. zw. zakończenia buławkowate czyli *kolby końcowe*. We wszystkich ciałkach tego rodzaju rozróżniamy 3 części składowe, a mianowicie: 1. *włókno osiowe*, leżące w samym środku i tamże się kończące, 2. t. zw. *buławkę* czyli *kolbkę wewnętrzną*, która jest pewnego rodzaju osłonką plazmatyczną i 3. *osłonki*, otaczające obie wspomniane części (ryc. 360).



Ryc. 360.
Wewnętrzna część ciałka Herbsta otrzymana zapomocą metody Ramón y Cajala (Według Dogiela).

W najprostszej budowie zawiera buławka wewnętrzna, na końcu maczugowato rozszerzona, włókno osiowe, które kończy się nabrzmieniem w kształcie guziczka. Buławkę wewnętrzną otaczają nieliczne tylko warstwy tkanki łącznej, zawierającej niewielką ilość komórek. Ciałka takie są zwykle wydłużone, czasami spiralnie skręcone. Włókno osiowe dzieli się często na liczne włókna końcowe zgrubiałe na końcu, otoczone wspólną torebką z tkanki łącznej. Ciałka tego rodzaju spotykamy w spojówce (Krause), w skórze ryja świni (Szymonowicz) itp.

W tej prostej budowie buławek końcowych mogą zachodzić komplikacje dwojakiego rodzaju: albo włókno osiowe wielokrotnie się dzieli, wije się i tworzy sploty lub sieci, albo też osłonka łącznotkankowa rozwija się bardzo silnie.

Formę buławek końcowych, w pierwszym kierunku nieco bardziej skomplikowaną, przedstawiają t. zw. *ciałka* Golgi-Mazzoniego. Są to twory okrągłe lub owalne, do których dochodzi jedno lub dwa włókna nerwowe. Ich włókno osiowe dzieli się tu na mniej lub więcej liczne gałązki, które się wiją i wzajemnie przeplatają, często rozgałęziając się równocześnie. Te ostatnie gałązki kończą się małemi nabrzmieniami. Czasami przeplatające się pętle są tak liczne, że całe ciałko sprawia wrażenie kłębka nerwowego. Od ze-

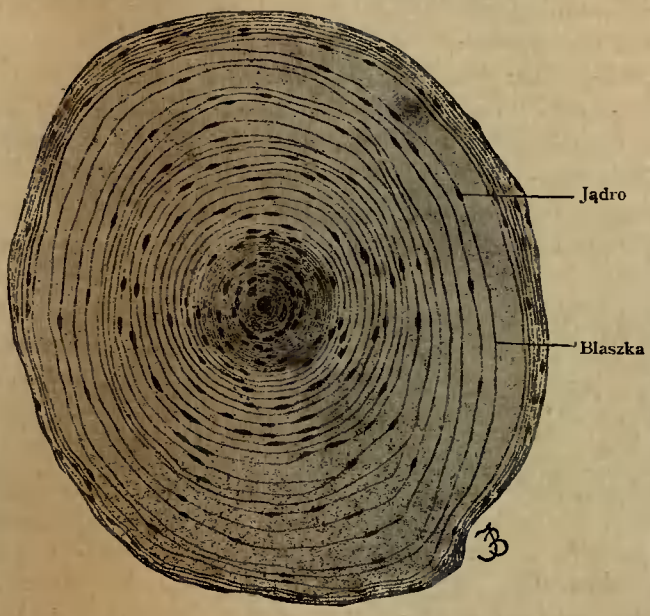
wnątrz ciałka te są otoczone osłonką łącznotkankową, która składa się z nielicznych blaszek, ułożonych współśrodkowo. Ciałka takie znaleziono w spojówce (Dogiel), w skórze narządów płciowych, jako tak zwane *ciałka nerwowe płciowe* (Dogiel), w skórze i tkance podskórnej człowieka, w łożysku paznokcia (Dogiel) itd.

Silnie rozwiniętą osłonkę łącznotkankową, która występuje pod postacią licznych blaszek, ułożonych współśrodkowo, spotykamy w *ciałkach* Herbsta i Vater-Paciniego.

Ciałka Herbsta (ryc 359 i 360) spotyka się zwykle obok ciałek Grandryego, o których poniżej mówić będziemy, w skórze ptaków wodnych. Są to twory jajowate, których długość wynosi mniej więcej 140 μ, a szerokość 80 μ. Wewnętrzną część ciałka zajmuje włókno osiowe nabrzmiałe na końcu w kształcie guziczka, oraz osłonka plazmatyczna (buławka wewnętrzna), która otacza włókno osiowe, a po obu stronach graniczy z szeregiem 6—10 komórek (buławkowych), które prawdopodobnie odgrywają tu taką rolę, jak komórki dotykowe w ciałkach Merkla. Włókno osiowe składa się z wyraźnej sieci włókienek nerwowych i z istoty okołowłókienkowej (ryc 360); wysyła ono liczne odgałęzienia, które według Botezata wnikają pomiędzy komórki buławkowe i kończą się małemi tarczkami dotykowemi. Blaszkowata część zewnętrzna ciałka składa się z licznych blaszek łącznotkankowych, ułożonych współśrodkowo, z których zewnętrzne zawierają komórki spłaszczone w małej ilości. Włókno nerwowe wchodzi do ciałka na jednym jego końcu i wraz z osłonką Schwanna i osłonką rdzenną przenika przez jego blaszkowatą część zewnętrzną. Obie osłonki kończą się na granicy części wewnętrznej ciałka.

Ciałka Vater-Paciniego (ryc. 361) różnią się nieco od ciałek Herbsta. Zamiast dużych komórek, leżących w dwóch szeregach obok buławki wewnętrznej, spotykamy w nich komórki płaskie; włókno osiowe, przebiegające w buławce wewnętrznej, rozgałęzia się często kilkakrotnie, a część blaszkowata jest silniej rozwinięta. W ciałkach większych można naliczyć do 60 blaszek, pomiędzy któremi znajduje się jasny płyn surowiczy. Każda blaszka jest od wewnątrz wysłana płaskiemi komórkami, ułożonemi obok siebie na podobieństwo nabłonka; granice ich można wykazać zapomocą azotanu srebra (Hoyer sen.). Czasami do części blaszkowatej ciałka wnikają naczynia krwionośne włosowate. Zarówno do ciałek Vater-Paciniego, jak i do ciałek Herbsta dochodzi oprócz grubego włókna nerwowego, kończącego się w środku ciałka, drugie cienkie włókno nerwowe, dodatkowe, które tworzy delikatną sieć, oplatającą buławkę wewnętrzną (Timofiejew, Dogiel). Wielkość tych ciałek dosięga wielkości ponad 2 mm. i dlatego są one zwykle widzialne

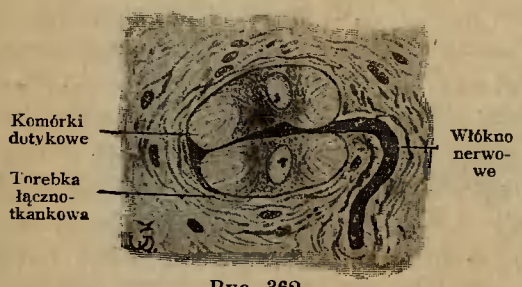
gołem okiem. Spotykamy je w tkance łącznej podskórnej dłoni i podeszwy, najliczniej zaś występują one na palcach ręki i nogi, po stronie zgięcia stawów, w okostnej, w krezce i w trzustce kota itd.



Ryc. 361.
Przekrój poprzeczny ciałka Vater-Paciniego kota.
W środku leży poprzecznie przecięte włókno osiowe. Pow. ok. 200 razy.

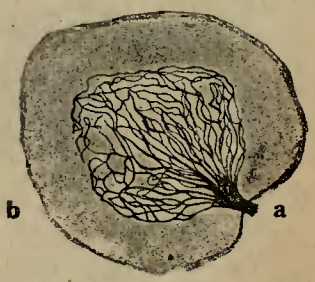
Wreszcie w tkance łącznej spotykamy jeszcze jedną grupę ciałek końcowych, w których nerw wchodzi w styczność z t. zw. *komórkami dotykowemi*.

Należą tu w pierwszym rzędzie *ciałka* Grandryego (ryc. 362). Są one stosunkowo wielkie, gdyż średnica ich wynosi około 50 μ. Posiadają osłonkę łącznotkankową, która otacza *komórki dotykowe*, oraz *tarczę dotykową*, stanowiącą zakończenie włókna nerwowego. Włókno nerwowe traci swe osłonki w tem miejscu, w którem przenika osłonkę łącznotkankową ciałka i już jako nagie włókno osio-



Ryc. 362.
Ciałko dotykowe Grandryego, złożone z dwu komórek dotykowych i tarczki dotykowej; część przekroju pionowego przez woskówkę dzioba kaczki.
Pow. ok. 400 razy.

we rozszerza się w tarczę dotykową, nie ulegając podziałowi, lub też dzieli się na dwie albo cztery gałązki, z których każda spłaszcza się i tworzy tarczę. Każda tarcza graniczy z obu stron ze spłaszczonemi komórkami dotykowemi, które pod względem kształtu przypominają okrągłe bochenki chleba. Stąd wynika, że w ciałkach o jednej tarczy znajdują się dwie komórki dotykowe, w ciałkach o dwu tarczach trzy komórki dotykowe, w ciałkach zaś o trzech tarczach — cztery komórki dotykowe itd. Największe ciałka w dzióbie kaczki zawierają cztery tarcze i pięć komórek dotykowych. Tarcze dotykowe są cieńsze na brzegach niż w części środkowej. Przy zastosowaniu metod specjalnych można się przekonać, że włókienka nerwowe włókna osiowego przy przejściu do tarczy dzielą się na wielką ilość najdrobniejszych włókienek, które rozchodzą się wachlarzowato, rozgałęziają w dalszym przebiegu i łączą się między sobą. Na przeciwległym brzegu tarczy włókienka te łączą się z sobą tworząc zamknięte pętle (ryc. 363). Tarcze i komórki dotykowe leżą równolegle do zewnętrznej powierzchni skóry. W protoplazmie części środkowych komórek dotykowych znajdują się włókienka łukowato zagięte, które wypukłą stroną są zwrócone ku jądru leżącemu w środku. Ciałka Grandryego znajdują się przedewszystkiem u ptaków wodnych (kaczka, gęś itd.) w skórze woskówki dzióba i w języku. W podniebieniu niektórych gatunków ptaków, np. kury, gołębia, w przeciwieństwie do tych ciałek złożonych, spotykamy małe, proste ciałka Grandryego, które składają się z jednej komórki i z jednej tarczy dotykowej i z tego powodu przypominają bardzo ciałka Merkla. Komórki dotykowe ciałek Grandryego pochodzą, jak wykazały badania nad rozwojem tych ciałek, z tkanki łącznej (Szymonowicz). Pochodzenie tych komórek jest więc zupełnie odmienne od pochodzenia komórek dotykowych ciałek Merkla.

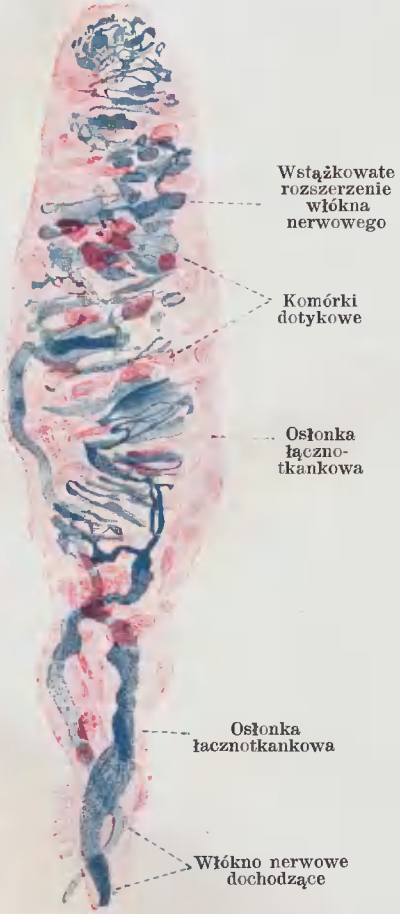


Ryc. 363.

Przekrój równoległy do powierzchni przez ciałko Grandryego, barwione metodą Ramón y Cajala (Wedł. Dogiela).

a = włókno osiowe przechodzi w tarczkę dotykową. b = komórka dotykowa.

Wyższy stopień rozwoju tego rodzaju zakończeń nerwowych stanowią t. zw. *ciałka dwurzędowe* czyli *dwusłupkowe*, spotykane w brodawkach językowych pewnych ptaków przelotnych; zawierają one dosyć liczne komórki dotykowe, które są ułożone w dwa słupki mniej lub więcej regularne. Wnikające do nich grube włókno nerwowe traci osłonkę rdzenną i przebiega zygzakowato pomiędzy słupkami komórek, oddając przytem na prawo i na lewo gałązki boczne, które



Ryc. 364.

Ryc. 365.

Ryc. 364.

Przekrój podłużny ciałka dotykowego Meissnera ze skóry palca człowieka. Widać niebiesko barwione włókna nerwowe dochodzące i rozgałęziające się pomiędzy komórkami dotykowemi. Włókna nerwowe barwione in vivo błękitem metylenowym, komórki dotykowe karminem.

Ryc. 365.

To samo. Tutaj tylko nerw zabarwiony jest na niebiesko, komórki dotykowe zaś są niewidoczne.

Pow. ok. 580 razy

rozszerzają się na końcu w tarcze dotykowe. W ciałkach tych, zarówno jak w ciałkach Grandryego, udaje się czasami wykazać drugie cienkie włókno nerwowe do nich dochodzące, które tworzy cienką sieć dokoła ciałka.

Do tejże grupy zakończeń nerwowych można także zaliczyć t. zw. *ciałka* Meissnera, jako formę najbardziej zawiłą (ryc. 364 i 365). Spotykamy je głównie w brodawkach skórnych, najobficiej w opuszkach palców rąk i nóg. Są to twory kształtu przeważnie jajowatego, długość ich wynosi ponad 100 μ, a szerokość około 50 μ. Od zewnątrz są one otoczone osłonką łącznotkankową, od której często wychodzą do wnętrza cienkie przegrody, nadające tym ciałkom budowę zrazikową. Do dolnego bieguna takiego ciałka dochodzą włókna nerwowe w liczbie jednego, dwu, a nawet pięciu, które, przebijając osłonkę łącznotkankową ciałka, tracą swą osłonkę rdzenną. Nagie włókno osiowe dzieli się we wnętrzu ciałka wielokrotnie, wije się spiralnie lub wężykowato i miejscami rozszerza w postaci wstęgi. Te rozszerzenia przylegają ściśle do licznych komórek dotykowych, wydłużonych i ułożonych poprzecznie do osi podłużnej ciałka. Oprócz tych rozgałęzień końcowych grubych włókien rdzennych dochodzą do ciałek Meissnera cienkie włókna nerwowe, dodatkowe, które, wnikając do wnętrza ciałka, dzielą się na drobniutkie różańcowate niteczki i tworzą sieć dosyć gęstą; oplata ona gałązki końcowe grubych włókien rdzennych, przyczem jednak oba sploty zachowują samodzielność i nie łączą się z sobą.

III. Zakończenia nerwowe w tkance mięsnej.

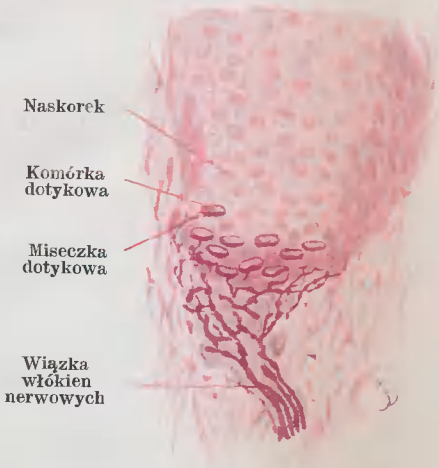
Przedewszystkiem zajmiemy się zakończeniami nerwowemi ruchowemi w tkance mięsnej. O zakończeniach nerwowych czuciowych w mięśniach gładkich i w mięśniu sercowym nie mamy dotychczas dokładnych wiadomości.

a) Zachowanie się zakończeń nerwowych *w mięśniach gładkich*, jak wynika z najnowszych badań przy zastosowaniu metod specjalnych, jest następujące: włókno nerwowe wnika między wiązki mięsne i, dzieląc się raz po raz, wchodzi pomiędzy poszczególne komórki mięsne. Włókno w całym swoim przebiegu posiada zgrubienia różańcowate i kończy się wolno na powierzchni komórek mięsnych, tworząc zgrubienia końcowe. To zgrubienie końcowe wchodzi w bezpośrednie zetknięcie z ciałem komórkowem, na którego powierzchni się kończy. Ostateczne końce włókien nerwowych nie wnikają jednak nigdy do wnętrza komórki i wskutek tego nie stoją też w związku z jądrami komórek mięsnych, jak dawniej przypuszczali niektórzy autorowie. Według Hofmanna nerwy kończą się w mięśniach gładkich, tworząc siatkę końcową, która rozciąga się wzdłuż komórek mięsnych.

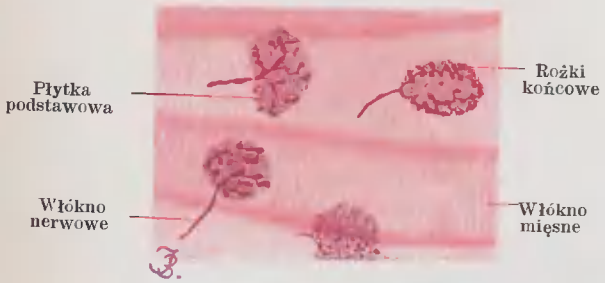
b) *W mięśniu sercowym* nerwy ruchowe kończą się również na powierzchni włókien za pośrednictwem małych zgrubień i guziczków. Wobec tego, że dochodzi tu bardzo wielka liczba włókien nerwowych, jest możliwe, że każdy odcinek mięsny (komórka mięsna dawnych autorów) otrzymuje osobne włókno nerwowe. Włókna nerwowe przed oddaniem gałązek końcowych tworzą anastomozy, zapomocą których łączą się pomiędzy sobą i tworzą sieć końcową, od której odchodzą drobne włókienka końcowe.

c) *W mięśniach szkieletowych poprzecznie prążkowanych* nerwy ruchowe kończą się w sposób następujący: wiązki włókien nerwowych rdzennych tworzą sploty w omięsnej włókna, dzielą się, dochodzą do poszczególnych włókien mięsnych i kończą się na ich powierzchni (ryc. 367). Według mniemania pewnych autorów osłonka Schwanna oraz osłonka włókna nerwowego zewnętrzna nie dochodzi do włókien mięsnych, według innych autorów zaś łączy się z sarkolemmą, a osłonka rdzenna kończy się w tem miejscu, w którem włókno nerwowe dochodzi do włókna mięsnego. Część końcowa włókna osiowego tworzy rozgałęzienie w kształcie rogów jelenich. Co do położenia tych rozgałęzień końcowych i ich stosunku do protoplazmy włókien mięsnych, rozmaite panują zapatrywania zależnie od poglądu na zachowanie się osłonki Schwanna. Jedni autorowie utrzymują, że końcowa część nerwu leży na sarkolemmie, ci natomiast, którzy są zdania, że osłonka Schwanna przechodzi w sarkolemmę, sądzą, że leży ona pod sarkolemmą, w bezpośredniem zetknięciu się z protoplazmą (sarkoplazmą) włókna mięsnego. Patrząc z boku na włókno mięsne, często można zauważyć wzgórek w tem miejscu, w którem włókno nerwowe przystępuje do włókna mięsnego. Nazywamy go wzgórkiem Doyèra, ponieważ Doyère pierwszy opisał go w mięśniach owadów.

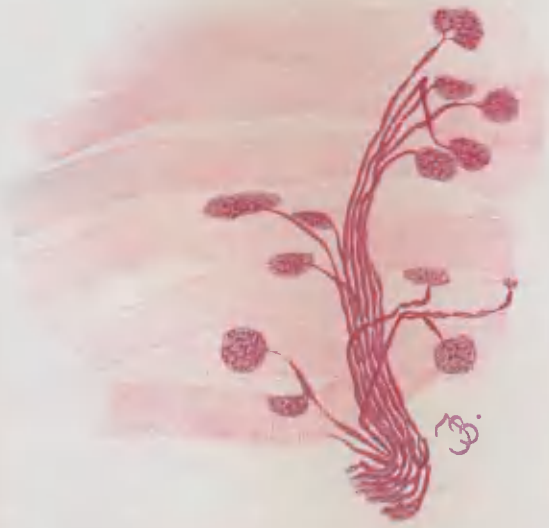
Rozgałęzienia końcowe włókna osiowego posiadają u różnych zwierząt różnorodne kształty. U jednych (zwłaszcza u płazów) przebiegają one bardziej prostolinijnie (ryc. 369), u innych natomiast (jak gadów, ptaków i ssaków) esowato (ryc. 368). W tem miejscu, w którem rozgałęzienie końcowe przylega do włókna mięsnego, spotykamy na włóknie mięsnem większą lub mniejszą ilość istoty drobnoziarnistej, zwanej *płytką podstawową* czyli *granulozą* (ryc. 368). Zapatrywania różnych autorów na „granulozę" są również rozmaite. Ci, którzy sądzą, że rozgałęzienia końcowe leżą *pod* sarkolemmą, uważają granulozę za nagromadzenie sarkoplazmy, inni natomiast, którzy są zdania, że włókno osiowe kończy się *na* sarkolemmie, przeczą temu, żeby granuloza była identyczna z sarkoplazmą i uważają ją za nagromadzenie neuroplazmy.



Ryc. 366.
Część przekroju pionowego skóry ryja świni.
Według preparatu złoconego. Pow. ok. 300 razy.



Ryc. 368.
Zakończenia nerwowe ruchowe we włóknach mięśni brzusznych szczura.
We włóknie górnem widać dwie płytki końcowe. Pow. ok. 300 razy.



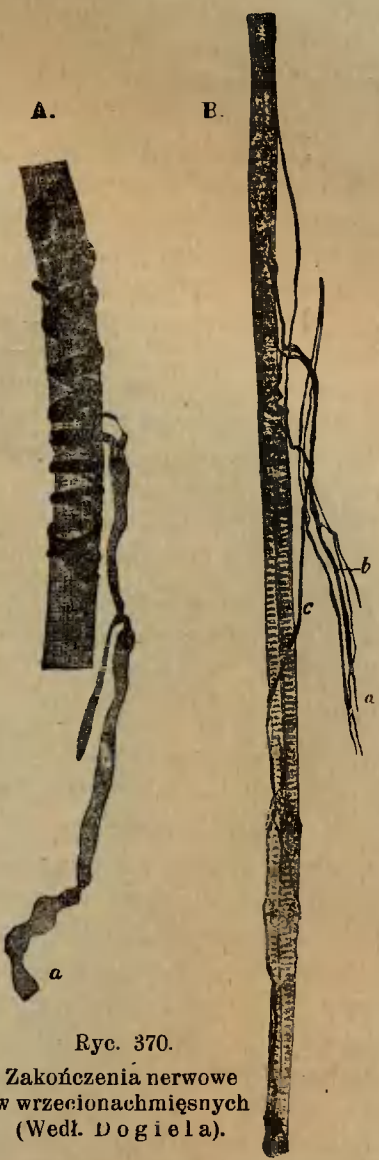
Ryc. 367.
Ruchowe zakończenia nerwowe we włóknach mięśni poprzecznie prążkowanych (mięśnie brzuszne szczura).
Pow. ok. 170 razy.

Ryc. 369.
Zakończenia nerwowe ruchowe we włóknie mięsnem żaby.
Jedno włókno nerwowe zaopatruje dwa włókna mięsne. Złocone. Pow. ok. 300 razy

W płytce podstawowej można wykazać jądra, które według zapatrywań jednych autorów należą do istoty mięsnej, według zapatrywań innych zaś do osłonki Schwanna. Każde włókno mięsne posiada zwykle tylko jedno zakończenie nerwowe ruchowe. Czasem jednak do jednego włókna mięsnego dochodzą dwa, lub nawet kilka włókien nerwowych i wówczas posiada ono dwa lub więcej zakończeń nerwowych (ryc. 368). Czasami zaś przeciwnie jedno włókno nerwowe unerwia dwa włókna mięsne (ryc. 369).

W zakończeniach ruchowych rozgałęzienie końcowe włókna osiowego przedstawia również zamkniętą sieć włókienek nerwowych, leżących wśród istoty okołowłókienkowej (Ramón y Cajal, Dogiel). Boeke opisuje włókna bezrdzenne dochodzące do mięśnia prążkowanego, które kończą się w płytce podstawowej lub w jej najbliższem otoczeniu, są niezależne od ruchowych i czuciowych systemów i prawdopodobnie są natury współczulnej *(dodatkowe włókna nerwowe)*. Ten sam autor twierdzi, że cieniutkie włókienka, które według Perroncita dochodzą do płytek końcowych motorycznych, nie są niczem innem, jak odgałęzieniami kollateralnemi czyli bocznicami włókien ruchowych i tworzą włókno ultraterminalne.

Nerwy *czuciowe* w różny sposób kończą się na mięśniach szkieletowych poprzecznie prążkowanych. Albo rozgałęziają się drzewkowato po utracie osłonek i kończą *wolno* jako nagie włókna osiowe zarówno w tkance łącznej, pokrywającej mięśnie, jak i w tkance śródmiąż-



Ryc. 370.
Zakończenia nerwowe w wrzecionachmięsnych (Wedł. Dogiela).

A. a = rdzenne włókno nerwowe, kończące się dwoma spiralnemi aparatami końcowemi na pojedyńczem wrzecionie mięsnia poprzecznego brzucha królika

B. a = pień nerwowy; b = grube rdzenne włókno nerwowe, kończące się na pojedynczem wrzecionie spiralnemi aparatami końcowemi; c = cienkie rdzenne włókno nerwowe, które tworzy zakończenie ruchowe.

szowej (intersticjalnej), dochodząc przytem aż do sarkolemmy, albo też kończą się w tkance łącznej mięśnia i ścięgien zapomocą osobnych ciałek końcowych, jak kolby końcowe, ciałka Vater-Paciniego, Ruffiniego i Golgi-Cattaneo'a. Wreszcie mogą się kończyć zapomocą specjalnych aparatów w t. zw. *wrzecionach mięsnych* czyli *pączkach mięsnych* opisanych poprzednio na str. 364.

Do wrzeciona dochodzi zwykle 1—2 grubych włókien rdzennych; przenikają one przez osłonkę i dzielą się na liczne gałązki bezrdzenne, owijając w postaci spłaszczonej wstęgi licznemi skrętami spiralnemi włókno mięsne i kończąc się na jego powierzchni rozszerzeniami (ryc. 370).

Do wrzecion mięsnych razem z temi grubemi włóknami nerwowemi dochodzi jeszcze 1—3 cienkich włókien rdzennych, które tworzą rozgałęzienia końcowe na biegunach wrzeciona (ryc. 370). Większość autorów uważa je za zakończenia ruchowe. Oprócz tego do wrzecion mięsnych dochodzą cienkie włókna bezrdzenne (współczulne), które tworzą tam cienkie siateczki.

IV. Zakończenia nerwowe w obrębie tkanki nerwowej.

Ponieważ chodzi tu o zachowanie się ostatecznych końców neuronów w obrębie układu nerwowego ośrodkowego, przeto w celu uniknięcia powtarzania się odsyłamy czytelnika do odpowiedniego rozdziału.

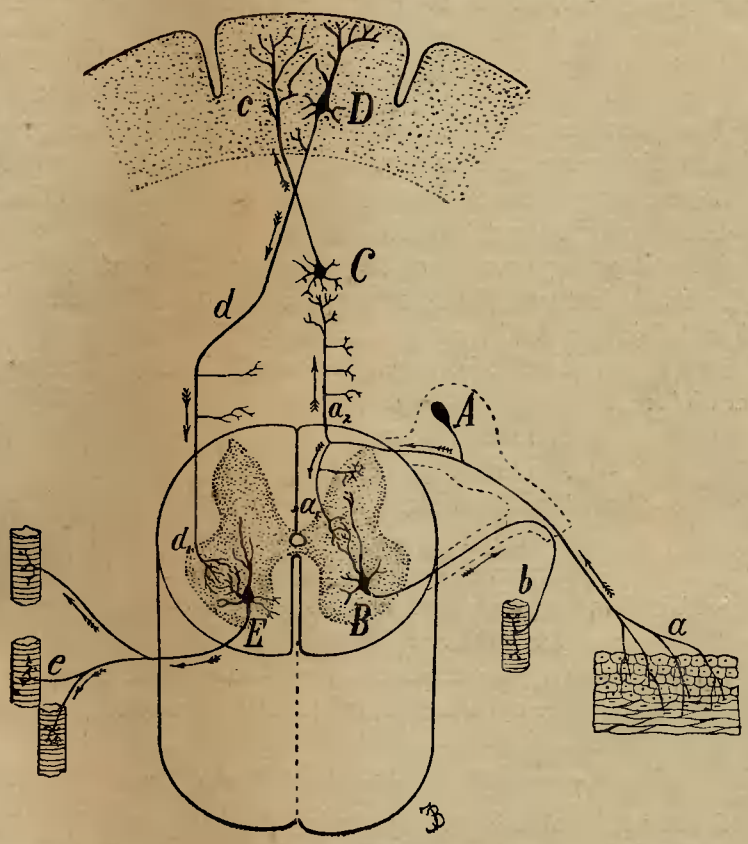
Rozważania ogólne nad wzajemnym stosunkiem neuronów w układzie nerwowym ośrodkowym.

Wspomnieliśmy już (str. 113), że obecnie prawie powszechnie wyobrażają sobie układ nerwowy jako łańcuch, składający się z poszczególnych ogniw (t. j. neuronów).

Oddziaływanie wzajemne poszczególnych neuronów na siebie dochodzi do skutku tylko za pośrednictwem telodendrjów, stykających się z sobą *(per contiguitatem)*. Na ryc. 371 widzimy przedstawiony wzajemny stosunek neuronów względem siebie w obrębie układu nerwowego. Jest na niej przedstawiony stosunek neuronu dośrodkowego (czuciowego) do odśrodkowego (ruchowego). Stosunek ten może być dwojakiego rodzaju: albo w grę wchodzą tylko dwa *neurony* (t. zw. pierwotne), albo też dołączają się do nich jeszcze neurony wtórne.

W pierwszym wypadku mamy do czynienia z t. zw. *łukiem odruchowym czuciowo-ruchowym* (ryc. 371). Telodendrjon (a), rozgałęziający się w obrębie naskórka, przyjmuje wrażenia czuciowe, które przenoszą się dośrodkowo ku komórce zwoju międzykręgo-

wego i stąd przez korzonki tylne dochodzą do istoty szarej rdzenia, w obrębie której podnieta przechodzi od neuronu czuciowego A na telodendrjon wypustki protoplazmatycznej neuronu ruchowego B, którego komórka leży w rogu przednim rdzenia. Podnieta przechodzi do komórki B, a przez nią na jej wypustkę nerwową i dochodzi do jej telodendrjonu (b), który kończy się w mięśniu (zakończenie nerwowe ruchowe).



Ryc. 370.

Schemat przedstawiający wzajemny stosunek czuciowych i ruchowych nerwów w układzie nerwowym ośrodkowym.

Kierunek przewodnictwa oznaczony strzałką. (Wedł. Ramón y Cajala).

W ten sposób dochodzą do skutku odruchy.

Odbywa się to jednak inaczej, jeśli wrażenie czuciowe ma dojść do mózgu i wywołać *ruch dowolny*. W takim razie w drodze tej biorą udział przynajmniej cztery neurony. (Porównaj też ryc. 326). Podnieta czuciowa przenosi się od komórki A ku górze po wypustce głównej a_2, biegnącej poprzez istotę białą rdzenia, i przechodzi na

neuron czuciowy drugiego rzędu C. Stąd przechodzi podnieta na drogę ruchową, mianowicie na telodendrjon neuronu ruchowego (D), który leży w korze mózgowej i należy do t. zw. komórki piramidalnej (komórka psychiczna). Neuryt komórki piramidalnej (d) zwraca się ku dołowi i przechodzi na stronę przeciwną. Przenosi on podnietę ruchową jako neuron ruchowy pierwszego rzędu na neuron ruchowy drugiego rzędu (E), którego komórka leży w rogu przednim rdzenia; stąd podnieta dochodzi do mięśnia (e) i wywołuje ruch zamierzony.

VIII. Narządy zmysłów.

Narządami zmysłów nazywamy narządy, służące do przyjmowania podniet zewnętrznych i przekazywania ich układowi nerwowemu ośrodkowemu do dalszej przeróbki. Są to narządy o budowie przeważnie nader skomplikowanej, posiadają bowiem oprócz składników swoistych, przeznaczonych do odbierania wrażeń, rozmaite urządzenia dodatkowe, bądź ułatwiające owo odbieranie wrażeń, bądź spełniające zadanie urządzeń ochronnych.

Powszechnie rozróżniamy, jak wiadomo, pięć narządów zmysłów, mianowicie:

1. narząd dotyku,
2. narząd wzroku,
3. narząd słuchu,
4. narząd smaku i
5. narząd powonienia.

Siedliskiem zmysłu dotyku jest skóra, którą też w całości za narząd dotyku uważać możemy, niezapominając jednak, że jest to co najmniej w równej mierze narząd ochronny ciała, że nadto znaczenie skóry, jako narządu oddechowego, bynajmniej nie jest małe.

1. Skóra — narząd dotykowy.

Skóra pokrywa całą powierzchnię ciała i w pewnych jego okolicach daje początek utworom dodatkowym — włosom i paznokciom; zawiera nadto gruczoły potne i łojowe w znacznej ilości. W skórze rozróżniamy zawsze dwie warstwy: jedna biorąca początek z listka zarodkowego zewnętrznego, to nabłonek wielowarstwowy, (zwany *naskórkiem, epidermis* [ryc. 373]), druga, leżąca pod naskórkiem, łącznotkankowa, pochodzenia mezodermalnego, którą oznaczamy mianem *derma* albo *cutis*. W warstwie tej bezpośrednio pod naskórkiem mamy pokład bardziej zbity, tęgi, zwany *skórą właściwą (corium)* oraz luźniej zbudowany pokład głębszy, t. zw. *tkanką łączną podskórną (tela subcutanea)*. Tkanka podskórna łączy skórę właściwą z narządami głębszemi, np. mięśniami lub kośćmi.

Ryc. 372.

Naskórek
Łodyga włosa
Naczynia
Gruczoł łojowy
Mięsień przywłośny
Korzeń włosa
Gruczoł potny
Zewn. pochewka włosa
Torebka włosa
Wewn. pochewka włosa
Cebulka włosa
Brodawka włosa
Komórki tłuszczowe
Skóra właściwa
Tkanka podskórna

Ryc. 373.

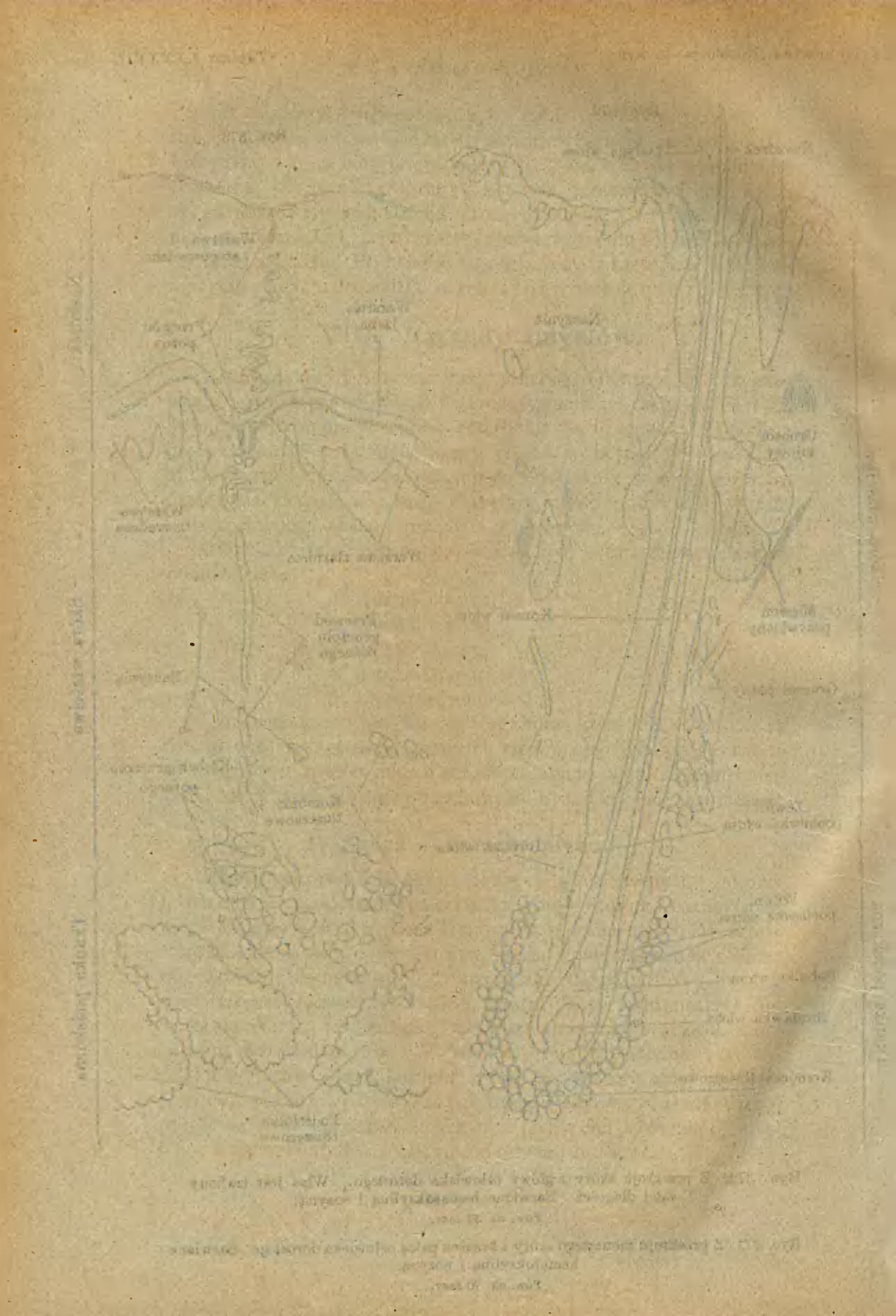
Warstwa zrogowaciała
Warstwa jasna
Przewód potny
Warstwa rozredcza
Warstwa ziarnista
Przewód gruczołu potnego
Naczynia
Kłębek gruczołu potnego
Komórki tłuszczowe
Podściółka tłuszczowa
Naskórek
Skóra właściwa
Tkanka podskórna

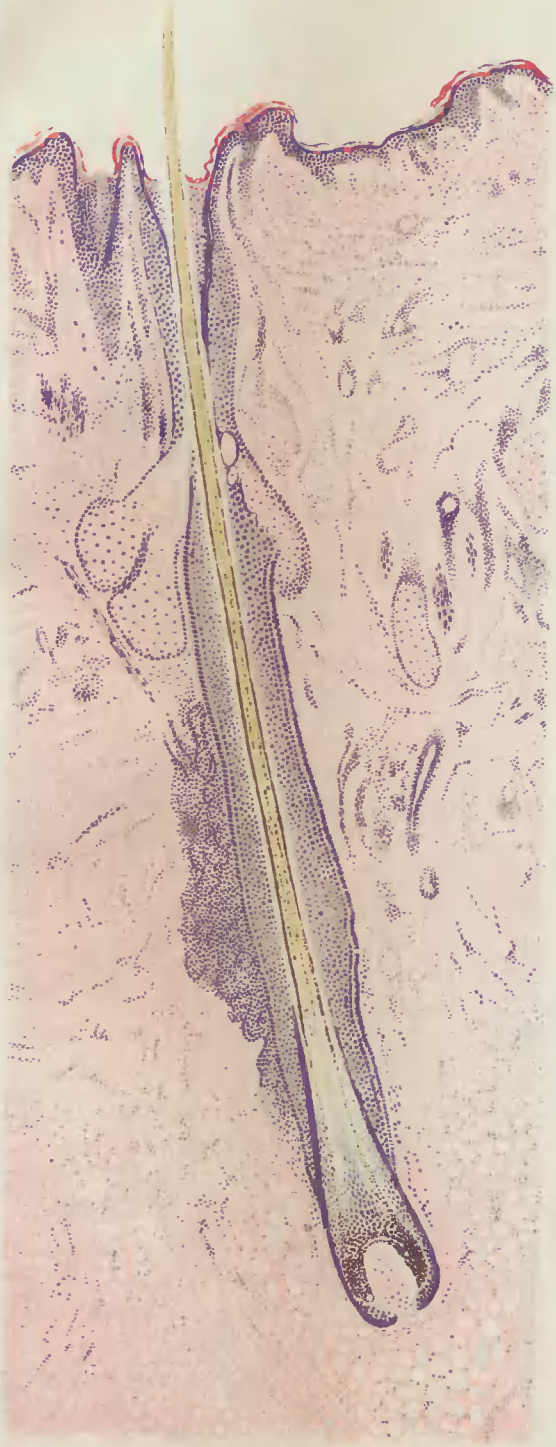
Ryc. 372. Z przekroju skóry z głowy człowieka dorosłego. Włos jest trafiony całej długości. Barwione hematoksyliną i eozyną.

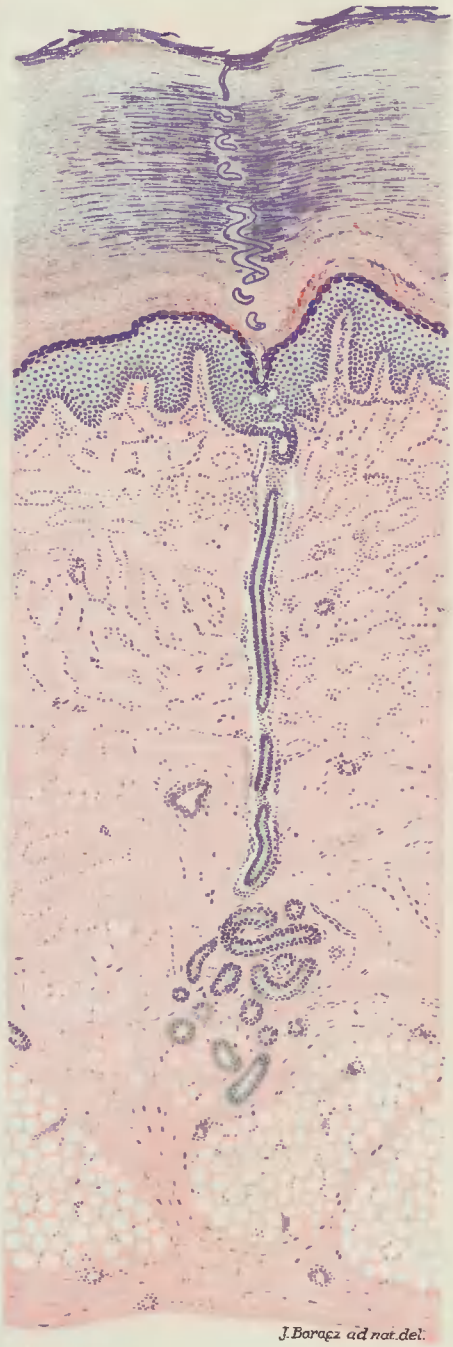
Pow. ok. 55 razy.

Ryc. 373. Z przekroju pionowego skóry z brzuśca palca człowieka dorosłego. Barwione hematoksyliną i eozyną.

Pow. ok. 70 razy.







Ryc. 372. Z przekroju skóry z głowy człowieka dorosłego. Włos jest trafiony w całej długości. Barwione hematoksyliną i eozyną. Pow. ok. 55 razy.

Ryc. 373. Z przekroju pionowego skóry z brzuśca palca człowieka dorosłego. Barwione hematoksyliną i eozyną. Pow. ok. 70 razy.

Granica między naskórkiem, a skórą bywa zazwyczaj nie gładka, nie równa, lecz przeciwnie pagórkowata, skóra właściwa bowiem tworzy najczęściej wyniosłości stóżkowate, t. zw. *brodawki (papillae* [ryc. 373, 375, 376]). Naskórek nietylko pokrywa brodawki, ale wypełnia też zagłębienia pomiędzy niemi. Brodawki mają nieraz wspólną dla kilku podstawę. Stopień wykształcenia brodawek bywa bardzo rozmaity w rozmaitych okolicach skóry. Najwyższe, bo sięgające 0,2 mm. wysokości, znajdujemy w skórze podeszwy, dłoni, żołędzi prącia. Brodawki skóry twarzy natomiast przedstawiają się w formie zupełnie płaskich wyniosłości. Brodawki składają się z tkanki łącznej i mieszczą w sobie albo pętle naczyń krwionośnych włosowatych albo nerwowe ciałka końcowe; stąd też rozróżniamy *brodawki naczyniowe* i *brodawki nerwowe.*

Oprócz brodawek skóra właściwa tworzy na powierzchni zawiły układ *listewek,* poprzedzielanych brózdami. Brodawki mieszczą się na powierzchni listewek, w brózdach natomiast brodawek nie znajdujemy zupełnie. Brózdy, dzielące listewki, mogą się krzyżować. Listewki dojrzeć można na powierzchni skóry nawet okiem gołem.

Skóra właściwa składa się z tkanki łącznej klejodajnej. Włókna tej tkanki łączą się w wiązki wielorako pokrzyżowane i poprzeplatane. Pomiędzy włóknami klejodajnemi mieszczą się sieci włókien sprężystych, cieńszych w warstwach wierzchnich, grubszych zaś w warstwach głębszych. Ponadto znajdujemy w skórze właściwej rozmaite odmiany elementów komórkowych tkanki łącznej.

W skórze właściwej *(corium)* rozróżniamy dwie warstwy:

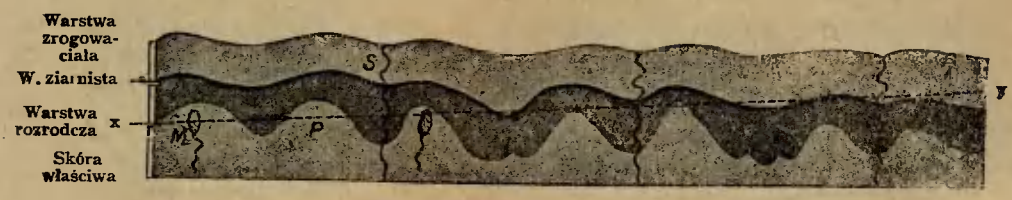
1. wierzchnią, część brodawkową *(pars papillaris)* i
2. głębszą, część siatkową *(pars reticularis).*

Część brodawkowa leży bliżej powierzchni, bezpośrednio pod naskórkiem; z niej to właśnie wznoszą się brodawki. Warstwy głębsze tej części przechodzą bez wyraźnej granicy w część siatkowatą, w której wiązki włókien łącznotkankowych krzyżują się w najrozmaitszy sposób, pozostawiając pomiędzy sobą wolne przestrzenie wydłużone, t. zw. *romby* Langera, wypełnione w części tkanką tłuszczową, w części zaś gruczołami potnemi.

W skład skóry właściwej wchodzi także tkanka mięsna, głównie *mięśnie gładkie;* komórki ułożone zazwyczaj w cienkie wiązki, biegną najczęściej równolegle do powierzchni skóry. W niektórych miejscach skóry wiązki te krzyżują się i przeplatają, tworząc w ten sposób sieć. Podobny układ mięśni gładkich spotykamy w skórze moszny *(tunica dartos),* w skórze brodawki sutkowej *(mamilla)* i jej otoczki *(areola mamillae).* Nadto spotykamy w skórze mięśnie gładkie, należące do aparatu włosów i gruczołów potnych. Opis ich znajdzie czytelnik w odpowiednich rozdziałach. Mięśnie prążkowane

mogą też dochodzić aż do właściwej skóry *(corium)*. Dotyczy to przedewszystkiem mięśni mimicznych twarzy.

Tkanka łączna podskórna różni się od skóry właściwej luźniejszem utkaniem. Wiązki włókien tej tkanki biorą początek z powłoki łącznotkankowej narządów, położonych głębiej, np. z powięzi mięśniowych. Poprzeplatane i pokrzyżowane, wiązki te tworzą sieć luźną, przechodzącą zwolna w skórę właściwą. Oczka siatki zawierają znaczne skupienia tkanki tłuszczowej (ryc. 373). Wrazie większego nagromadzenia się tkanki tłuszczowej w warstwie podskórnej warstwę tą nazywamy *podściółką tłuszczową (panniculus adiposus)*. Warstwa podskórna niezawierająca zupełnie tkanki tłuszczowej zdarza się w niewielu tylko miejscach, jak na małżowinie usznej i na mosznie.



Ryc. 374.

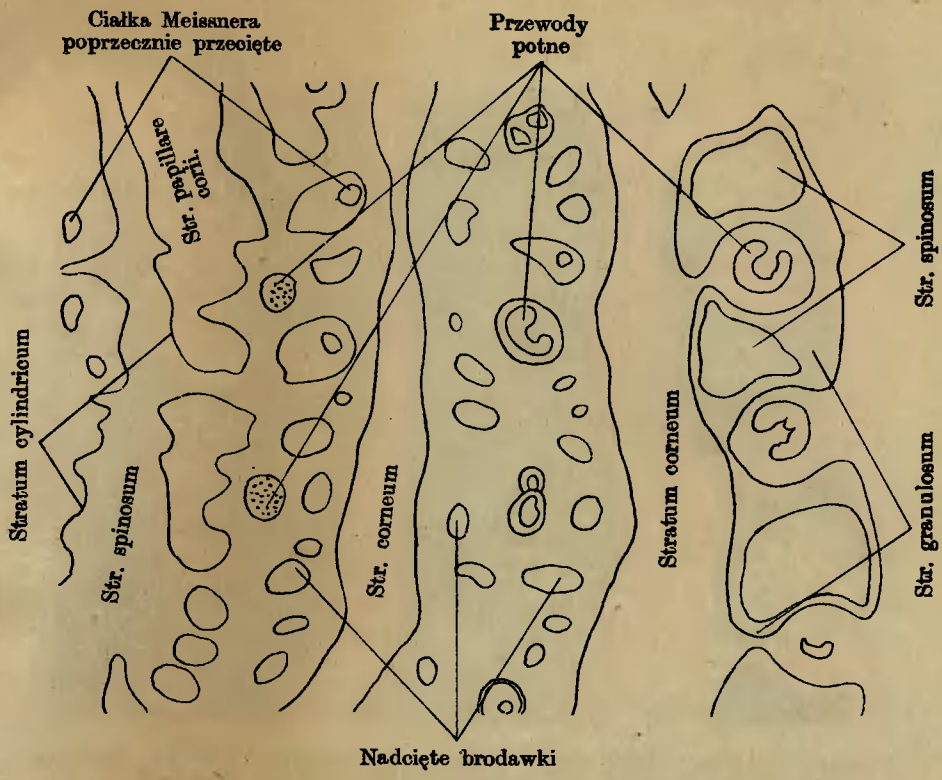
Schemat przekroju stycznego skóry, pouczający o kierunku przekroju, przedstawionego na ryc. 375.

Kierunek ten odpowiada linji x—y. S = gruczoł potny; P = brodawka; M = ciałko Meissnera.

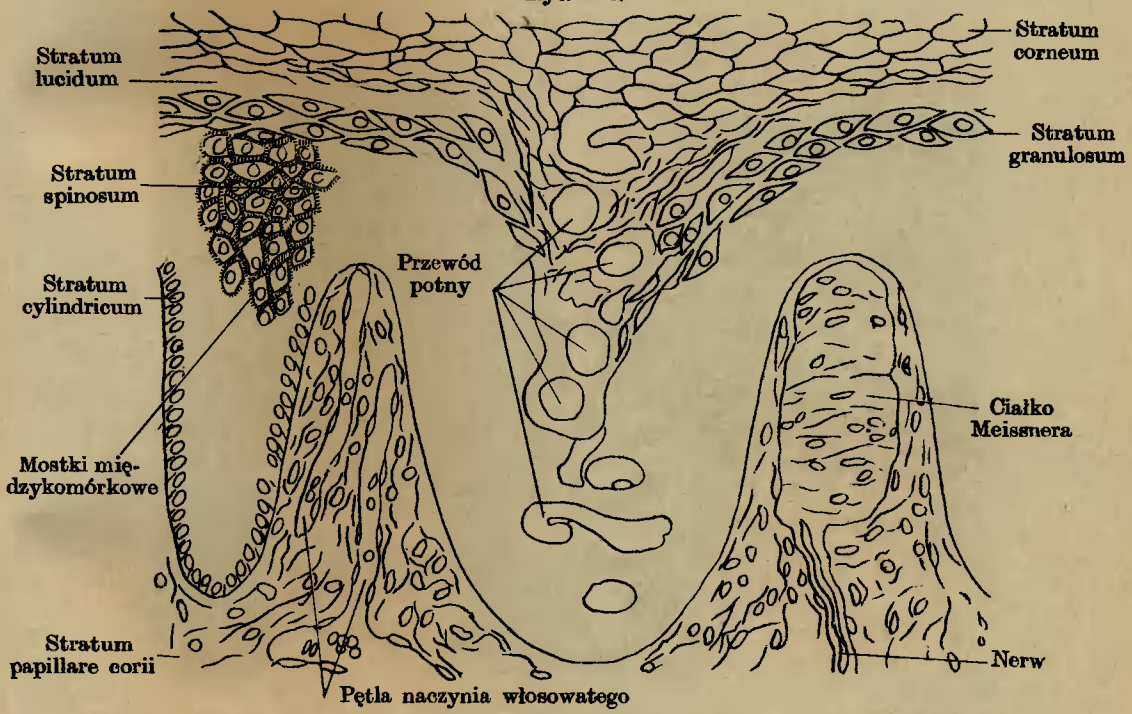
W tych razach, w których wiązki łącznotkankowe warstwy podskórnej biegną na znaczniejszej przestrzeni mniej więcej równolegle do powierzchni skóry, daje się ona łatwo przesuwać i ujmować w większe fałdy, gdy tymczasem prostopadły do powierzchni przebieg wiązek powoduje mniejszą możliwość fałdowania skóry.

Opisawszy część łącznotkankową skóry, zwrócimy się do omówienia naskórka, przedtem jednak zastanowimy się nad t. zw. *błoną podstawową (membrana basalis)*. I tutaj, jak w wielu innych nabłonkach, wsuwa się także pomiędzy część nabłonkową, a łącznotkankową cienka błonka, pozbawiona budowy, na której spoczywa najgłębsza warstwa naskórka. Pod mikroskopem błona ta wygląda, jak linja błyszcząca, czasami ledwo zaznaczona, nieraz zaś posiadająca dwa wyraźne, lecz nierówne, ząbkowane kontury. Z nierównościami powierzchni dolnej łączą się włókna łącznotkankowe skóry właściwej, zazębieniom zaś górnego konturu odpowiadają delikatne ząbki najgłębszej warstwy komórek naskórka.

Naskórek jest nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. Rozróżniamy w nim przedewszystkiem dwie warstwy: zewnętrzną *warstwę zrogowaciałą (stratum corneum)* i głębszą *warstwę rozrodczą (stratum germinativum)*, zwaną inaczej *warstwą* Malpighiego



Ryc. 376.

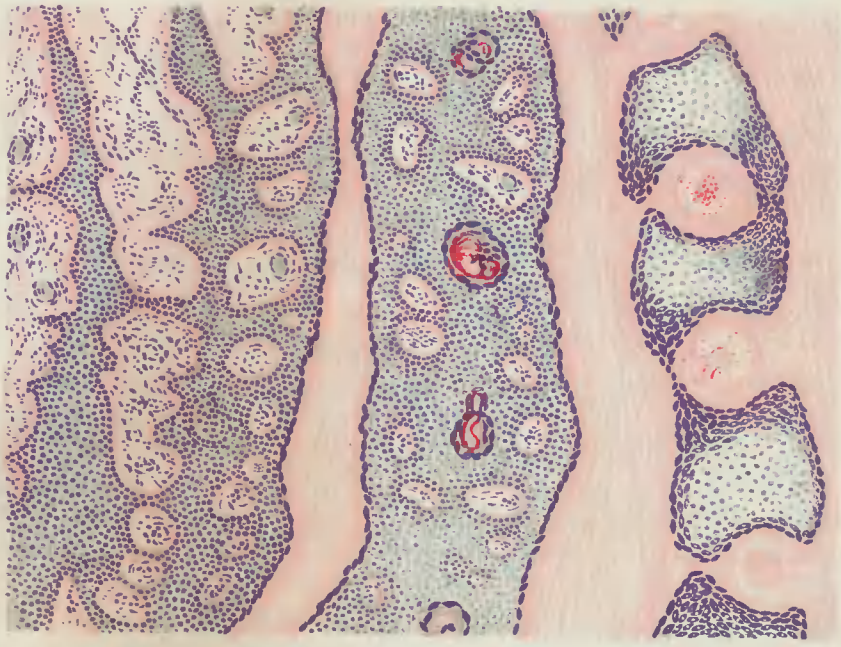


Ryc. 375. Przekrój naskórka brzuśca palca człowieka prawie równoległy do powierzchni skóry (patrz ryc. 374). Barwione hematoksyliną i eozyną.

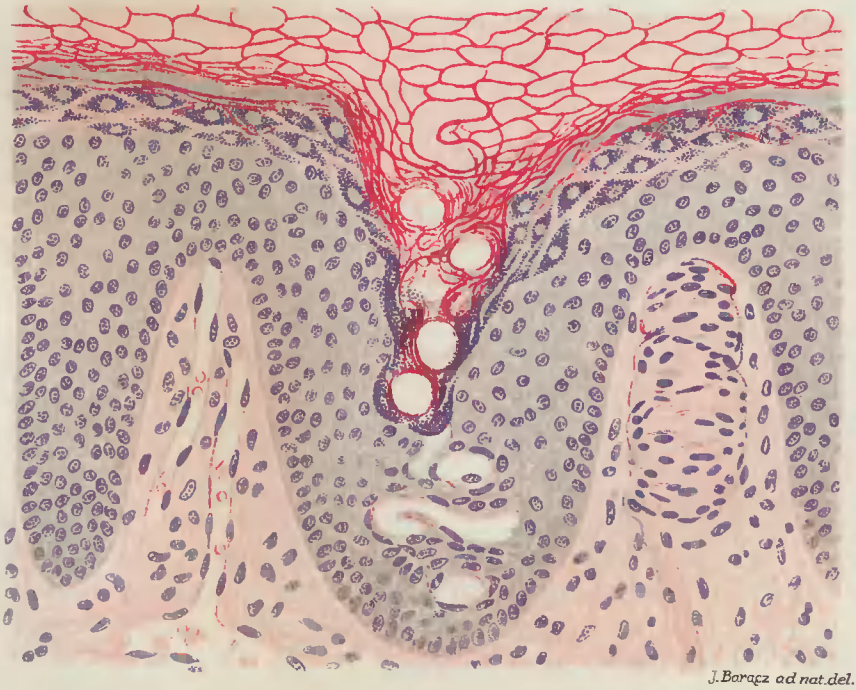
Pow. 88 razy.

Ryc. 376. Z przekroju poprzecznego skóry palucha dorosłego człowieka. Barwione hematoksyliną i eozyną.

Pow. ok. 400 razy.



Ryc. 375. Przekrój naskórka brzuśca palca człowieka prawie równoległy do powierzchni skóry (patrz ryc. 374). Barwione hematoksyliną i eozyną.
Pow. 88 razy.



J. Baraqz ad nat. del.

Ryc. 376. Z przekroju poprzecznego skóry palucha dorosłego człowieka. Barwione hematoksyliną i eozyną.
Pow. ok. 400 razy.

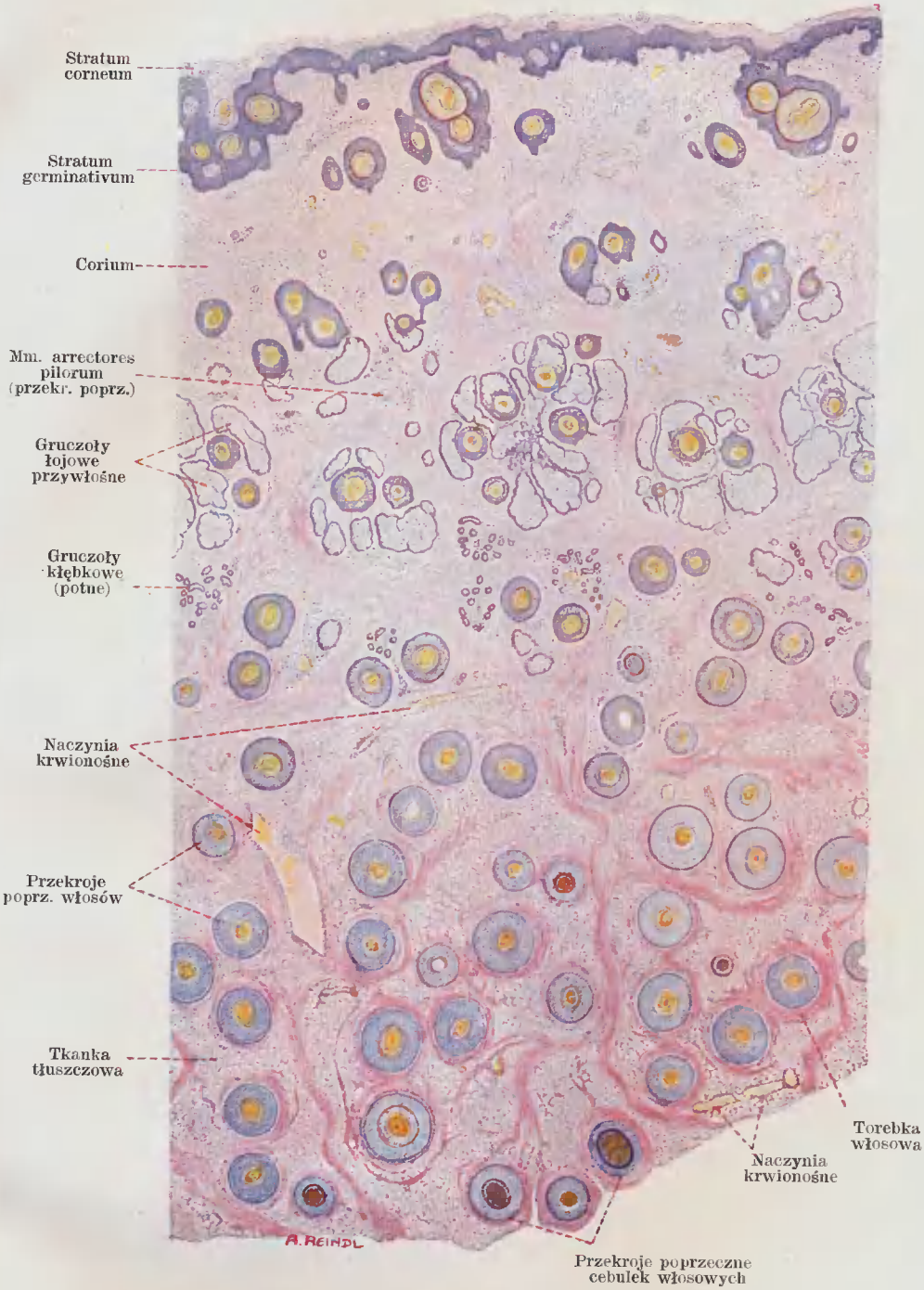
(*stratum* Malpighii). Warstwa rozrodcza składa się z czterech drobniejszych warstw, a mianowicie idąc od wnętrza ku powierzchni: a) *z warstwy komórek walcowatych (stratum cylindricum)*, b) *z warstwy komórek kolczastych (stratum spinosum)*, c) *z warstwy ziarnistej (stratum granulosum)* i d) *z warstwy jasnej (stratum lucidum* [ryc. 375 i 376]).

Warstwa rozrodcza i warstwa zrogowaciała nie wszędzie okazują jednakowy rozwój; warstwa rozrodcza bywa przeważnie grubsza niż zrogowaciała, w niektórych tylko miejscach, np. na dłoni, na podeszwie warstwa zrogowaciała dosięga tak znacznego rozwoju, że grubością przewyższa warstwę rozrodczą.

Warstwa komórek walcowatych składa się z pokładu pojedyńczego komórek walcowatych średniej wysokości. Podstawy tych komórek tworzą ząbki, wchodzące w odpowiadające im nierówności powierzchni zewnętrznej błony podstawowej. *Warstwa komórek kolczastych* zawiera znaczniejszą ilość pokładów komórek wielościennych i wypełnia zagłębienia pomiędzy brodawkami skóry. Zarówno komórki warstwy walcowatej, jak komórki, o których teraz mowa, należą do komórek kolczastych, które omówiliśmy w części ogólnej podręcznika (str. 46, ryc. 41). Protoplazma ich zawiera delikatne włókienka (Ranvier, Kromayer, Herxheimer, Unna, Schridde), przechodzące przez mostki międzykomórkowe od komórki do komórki i łączące w ten sposób wszystkie komórki warstwy rozrodczej z sobą. Włókienka te są produktem zróżnicowania protoplazmy. Niektórzy autorowie upatrują związek pomiędzy niemi i mitochondrjami. Układ włókienek jest wyrazem pewnego przystosowania się do czynności naskórka, który dzięki im staje się bardziej odpornym na urazy zewnętrzne (Schridde). Stąd M. Heidenhain nadaje tym włókienkom plazmatycznym nazwę *włókienek oporowych (Tonofibrillen)*. Wobec tego, że naskórek nie posiada własnych naczyń krwionośnych, przestrzenie międzykomórkowe, poprzecinane mostkami międzykomórkowemi, ważną spełniają rolę w procesie odżywiania tej tkanki. Po warstwie komórek kolczastych, w kierunku ku powierzchni wolnej naskórka, spotykamy *warstwę ziarnistą*, nazwaną tak od zawartych w niej ziarenek *keratohyaliny*, które zapowiadają rozpoczynający się proces rogowacenia. Warstwa ta przeważnie składa się z jednego tylko pokładu komórek spłaszczonych, których część środkowa jest grubsza, obwodowa zaś znacznie cieńsza tak, że na przekroju poprzecznym przedstawiają kształt wrzeciona. Tylko tam, gdzie warstwa zrogowaciała jest bardzo grubą, a więc w naskórku dłoni i podeszwy, liczba pokładów komórek ziarnistych dochodzi do 4. Jądro tych komórek barwi się słabo, co się tłumaczy małą ilością zawartej chromatyny. Ciało

komórki wypełniają ściśle drobne ziarenka, odznaczające się znacznem powinowactwem do wielu barwików zasadowych. Ziarenka *keratohyaliny* (Waldeyer) pod względem mikrochemicznym wykazują pewne podobieństwo do tłuszczu. Należą do ciał łamiących światło podwójnie (dwułomnych, anizotropowych). Na pochodzenie ich rozmaite wypowiadano poglądy: jedni autorowie uważają je za pochodne protoplazmy komórkowej, inni za produkt przemiany zanikającego jądra komórki. Najnowsze prace Weidenreicha i Apolanta przemawiałyby za słusznością pierwszego z tych poglądów. *Warstwa jasna* naskórka, jak wskazuje jej nazwa, odznacza się mocnym połyskiem oraz wysokim stopniem dwułomności (anizotropji). Składa się z dwu do trzech pokładów komórek, niezupełnie od siebie odgraniczonych, tworzących raczej jednorodną masę, w której jąder nie można już rozpoznać. Ze zlewania się ziarenek keratohyaliny powstała tu substancja, pod pewnemi względami różniąca się od keratohyaliny, a znana pod nazwą *eleidyny* (Ranvier). Eleidyna jest bardziej od keratohyaliny płynna, wybitniej dwułomna i okazuje większe powinowactwo do barwików kwaśnych.

Warstwa zrogowaciała składa się z większej lub mniejszej liczby pokładów komórek płaskich, zrogowaciałych, o zwyrodniałych jądrach. W komórkach pokładów powierzchniowych jąder wykazać nie można. Co najwyżej dojrzeć można jamkę, w której się jądro mieściło. Partje obwodowe komórek zrogowaciałych przemieniają się w substancję rogową (keratynę), gdy tymczasem wewnętrzna część komórki przemianie tej nie ulega, tak iż każda komórka posiada na zewnątrz zrogowaciałą błonę, wewnątrz ciała swego zaś mieści sieć niezrogowaciałą. Oczka tej sieci wypełnia substancja podobna do tłuszczu, wykazująca zdolność redukowania kwasu osmowego. Czy jest to istotnie substancja przez komórki warstwy zrogowaciałej wytworzona, czy też tłuszcz, pochodzący z gruczołów łojowych i potnych, następnie dopiero przesiąkający zrogowaciałe komórki naskórka, pytania tego dotąd nie rozstrzygnięto. Za pierwszem przypuszczeniem przemawia fakt obecności tłuszczu w warstwie zrogowaciałej naskórka ptaków, mimo to, że skóra ich nie zawiera żadnych gruczołów. Błony komórkowe sąsiednich komórek zrogowaciałych zlewają się z sobą, tworząc pozornie jednolite płytki rogowe (Zander, Rabl, Weidenreich). Keratyna pod niektóremi zasadniczemi względami różni się od keratohyaliny, nie trawi jej np. ani sok żołądkowy, ani trzustkowy. Nowsze badania (Kromeyer, Apolant) uprawniają do przypuszczenia, iż pomiędzy wytwarzaniem się keratohyaliny, a powstawaniem keratyny niema nic wspólnego, że keratyna tworzyć się może nawet bez pośrednictwa keratohyaliny.



Ryc. 377.

Przekrój skośny skóry głowy ludzkiej. W górnej części ryciny — przekrój naskórka. Nieco niżej — grupy korzeni włosowych z gruczołami łojowemi przywłośnemi. W części dolnej ryciny widać przekroje poprzeczne najgłębszych odcinków korzeni włosowych. Pochewki włosów fioletowe, włosy żółte. Z niektórych pochewek włosy wypadły podczas przygotowywania preparatu.

Pow. ok. 25 razy.

Komórki powierzchniowych pokładów warstwy zrogowaciałej łuszczą się ustawicznie. Ubytki, tem spowodowane, zostają wyrównane w ten sposób, że pokłady komórek głębsze powoli posuwają się ku górze. Uzupełnienie odbywa się drogą podziału komórek warstw najgłębszych. To też w warstwie komórek walcowatych oraz w głębszych pokładach warstwy kolczastej spotykamy zawsze obrazy karjokinetyczne.

Skóra rasy kaukaskiej naogół nie zawiera barwika; tylko w niektórych miejscach ciała złogi barwikowe nadają jej zabarwienie brunatne, np. na brodawce sutkowej i jej otoczce, na wargach sromowych większych, na mosznie i w okolicy otworu odbytowego. W skórze ludzi ras kolorowych znajdujemy barwik z jednej strony w komórkach i pomiędzy komórkami warstwy walcowatej i kolczastej, z drugiej zaś w skórze właściwej w ciele komórek wrzecionowatych lub gwiazdowatych tkanki łącznej. Komórki te, t. zw. *melanoblasty*, odznaczają się, jak się zdaje, wybitną zdolnością do wędrowania. U zwierząt spotyka się nawet te komórki zawędrowane do naskórka.

Także na powstawanie barwika poglądy nie są zgodne. Schwalbe, Rabl, Post twierdzą, że barwik powstaje wyłącznie w samych komórkach *(tworzenie się barwika autochtoniczne)*. Nothnagel, Ehrmann, Rosenstadt i inni sądzą, że barwik powstawać nadto może i z krwi *(tworzenie się barwika hematogeniczne)*. Według zapatrywania ostatniego melanoblasty mają czerpać barwik z naczyń krwionośnych i przenosić go do naskórka.

Włosy.

Włosy są to utwory nitkowate naskórka, rozrzucone po całej powierzchni ciała z wyjątkiem dłoni, podeszwy, brzegu różowego warg, żołędzi i listka wewnętrznego napletka. Najbardziej gęste włosy, bo do 300 na 1 cm ^{2}, posiada skóra na wierzchu czaszki; najrzadsze, bo 10 lub więcej na takiejże przestrzeni — skóra grzbietu ręki.

Włos jest częściowo zagłębiony w skórze *(korzeń włosa)*, częściowo zaś *(łodyga włosa)* wystaje swobodnie ponad powierzchnię skóry (ryc. 372). Koniec dolny korzenia włosów drobnych, t. zw. meszku, mieszczący się w skórze właściwej, zarówno jak koniec dolny włosów grubszych, sięgający do tkanki podskórnej, przechodzi w rozszerzenie cebulkowate, w *cebulkę włosową*. Od dołu cebulka posiada wgłębienie, w które wchodzi łącznotkankowa *brodawka włosowa* skóry właściwej.

Koniec górny łodygi włosowej jest delikatnie zaostrzony. Przekrój poprzeczny włosa ras prostowłosych stanowi koło mniej lub więcej prawidłowe, u ras krętowłosych jest nieregularny.

Włos właściwy składa się wyłącznie ze zrogowaciałych komórek nabłonkowych, w okolicy korzenia zaś prócz tego ze specjalnych osłonek, utworzonych z komórek nabłonkowych, t. zw. *pochewek korzenia włosowego*. Z zewnątrz pochewki te otacza nakoniec osłonka łącznotkankowa, t. zw. *torebka włosa*. Tak więc włos, jako całość, podzielić musimy na *włos właściwy, pochewki korzenia włosa* i *torebkę włosa*.

Włos właściwy składa się z następujących trzech warstw, idąc od osi jego ku powierzchni:

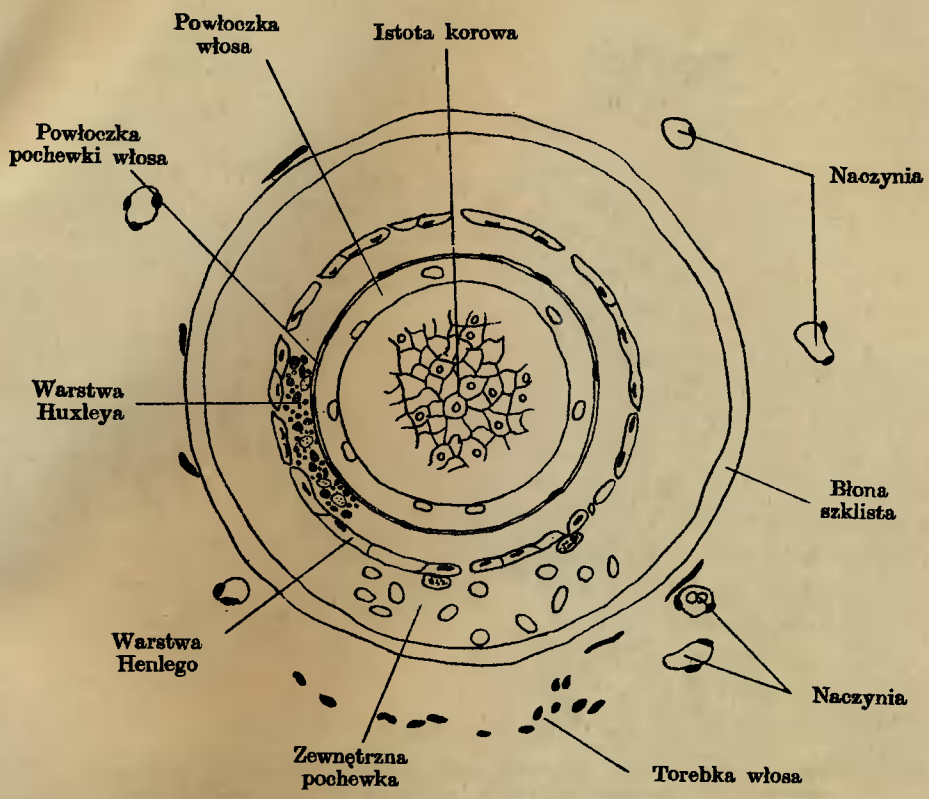
1. istota rdzenna,
2. istota korowa i
3. powłoczka (ryc. 378 i 379).

Istotę rdzenną stanowi szereg komórek sześciennych, biegnących wzdłuż osi włosa. Spotykamy ją jednak tylko w grubszych włosach i tu także jedynie w korzeniu. Włosy cienkie oraz końce włosów grubszych zwykle nie posiadają substancji rdzennej. Komórki rdzenne ułożone są zazwyczaj pojedyńczo jedna nad drugą. Na przekroju poprzecznym włosa rzadko kiedy widać obok siebie więcej, niż dwie komórki. Pomiędzy komórkami zauważyć można mniejszą lub większą ilość pęcherzyków powietrza.

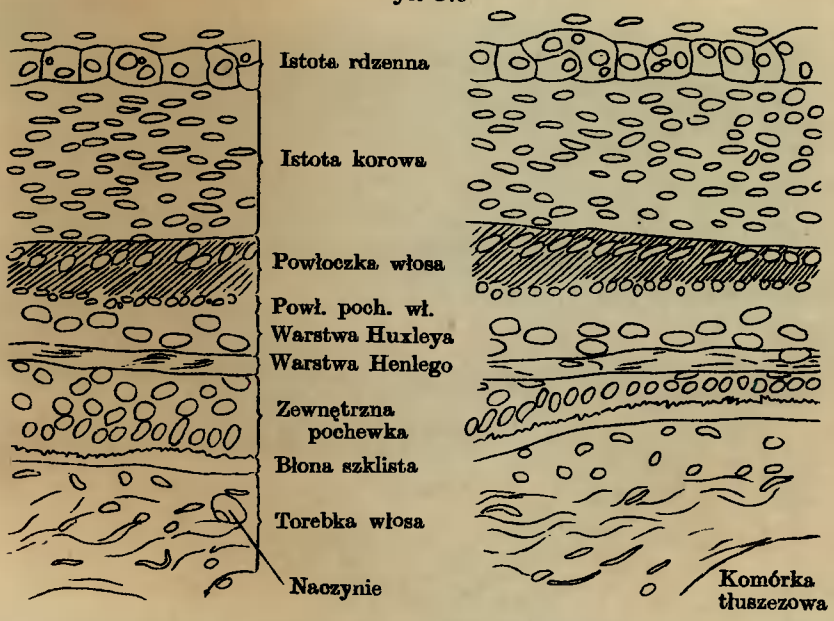
Istota korowa, główną masę włosa stanowiąca, składa się z komórek wrzecionowatych, wykazujących wyraźną budowę włókienkową i opatrzonych owalnem jądrem. Ułożenie tych komórek długiemi osiami w kierunku osi włosa nadaje istocie korowej wygląd ciała podłużnie prążkowanego. Barwę nadaje włosowi barwik, w postaci drobnych ziarenek występujący w komórkach istoty korowej. W bliskości brodawki spotykamy nadto rozgałęzione komórki barwikowe. Także między komórkami korowemi, podobnie, jak między komórkami istoty rdzennej, zdarzają się przestrzenie w rozmaitym stopniu wypełnione powietrzem. Siwienie włosów polega z jednej strony na zmniejszaniu się ilości barwika, z drugiej zaś na zwiększaniu się ilości powietrza. Włosy, całkowicie barwika pozbawione, lecz nie zawierające powietrza, mają wygląd siwych; o ile obok utraty barwika w substancji korowej nagromadza się znaczniejsza ilość powietrza, włos staje się srebrzysto-biały.

Na zewnątrz włos otoczony jest *powłoczką (cuticula pili)*, składającą się z cienkich, przeźroczystych, łuskowatych komórek prostokątnych, pozbawionych struktury. Łuski zachodzą na siebie jak dachówki i leżą skośnie od leżącej bardziej ku obwodowi pochewki wewnętrznej korzenia włosa do warstwy korowej włosa (ryc. 378 i 380). Na grubość powłoczki przypada zwykle 4—6 łusek. Wyraźnie widać to na poprzecznym przekroju włosa, na którym powłoczka przedstawia współśrodkowe uwarstwienie, przypominające układ listków cebuli (ryc. 378). Na łodydze włosa i na części górnej korzenia

Ryc. 378.



Ryc. 379

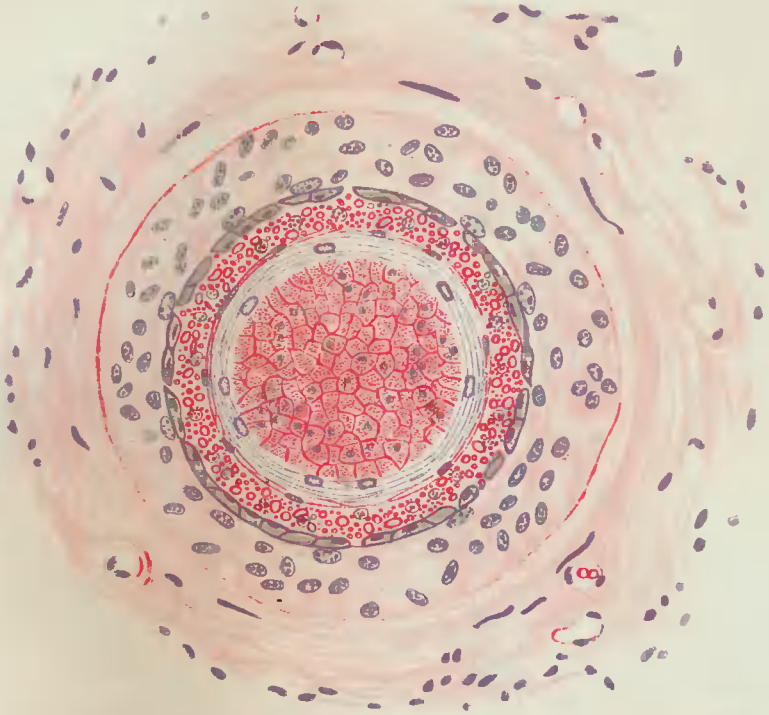


Ryc. 378. Poprzeczny przekrój włosa i torebki włosa w dolnej połowie korzenia. Skóra z głowy człowieka. Barwione hematoksyliną i eozyną.

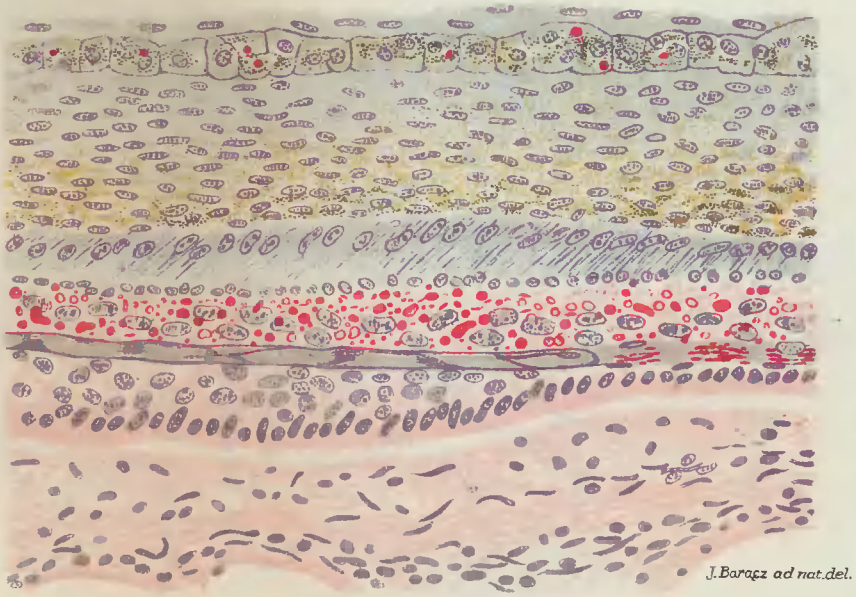
Pow. ok. 400 razy.

Ryc. 379. Część przekoju podłużnego przez oś włosa i pochewkę korzenia Skóra z głowy człowieka. Barwione hematoksyliną i eozyną.

Pow. ok. 550 razy.



Ryc. 378. Poprzeczny przekrój włosa i torebki włosa w dolnej połowie korzenia. Skóra z głowy człowieka. Barwione hematoksyliną i eozyną.
Pow. ok. 400 razy.



Ryc. 379. Część przekroju podłużnego przez oś włosa i pochewkę korzenia. Skóra z głowy człowieka. Barwione hematoksyliną i eozyną.
Pow. ok. 550 razy.

komórki powłoczki nie mają jąder; niżej zaś, w części dolnej korzenia stają się grubsze, bardziej soczyste i zawierają jądro.

Ku zewnątrz, bezpośrednio do powłoczki włosa przylega w obrębie korzenia pochewka korzenia włosa. Rozróżniamy *pochewkę wewnętrzną* i *zewnętrzną* (ryc. 372).

Pochewka wewnętrzna korzenia (ryc. 378 i 379) poczyna się w górnej trzeciej części korzenia włosowego i ciągnie się na dół aż do brodawki. Rozróżnić w niej można trzy odrębne warstwy. Warstwę wewnętrzną tworzy *powłoczka pochewki korzenia (cuticula vaginae pili)*, przylegająca bezpośrednio do powłoczki włosa i posiadająca tę samą, jak ona, budowę, składa się bowiem z komórek łuskowatych, w odcinku dolnym włosa zawierających jądra, w górnym zaś bez jąder. Nazewnątrz od tej warstwy pochewki wewnętrznej korzenia leży *warstwa* Huxleya. Tworzy ją jeden lub dwa pokłady komórek wielobocznych, wydłużonych, w głębszej części korzenia zawierających wyraźne jądro, w odcinkach zaś górnych tylko jego szczątki. Z powierzchni zewnętrznej tych komórek wychodzą wypustki listewkowate, poczęści wzdłuż komórki biegnące, wchodzące pomiędzy komórki następnej warstwy pochewki wewnętrznej korzenia, t. j. *warstwy* Henlego. Tę warstwę stanowi jeden pokład wydłużonych komórek płaskich, które również w odcinkach głębszych korzenia jeszcze zawierają jądra. Tutaj też w obrębie cebulki włosowej, komórki obu warstw, warstwy Huxleya i warstwy Henlego, zawierają ziarenka keratohyalinowe. Najgłębiej spotykamy te ziarenka w warstwie Henlego, gdzie często widujemy je połączone we włókienka, biegnące wzdłuż komórek. Ku górze, w miarę, jak rogowacenie komórek postępuje, ziarenka keratohyaliny znikają; a wślad za tem znika naturalnie także jądro. W warstwie Henlego proces, o którym tu mowa, występuje znacznie wcześniej, niż w warstwie Huxleya, a zatem i jądra sięgają w tej ostatniej dalej ku górze.

Pochewka zewnętrzna korzenia (ryc. 378 i 379) jest poprostu dalszym ciągiem naskórka, to też w obrębie górnej trzeciej części korzenia włosa wykazuje wszystkie właściwe mu warstwy. Ujście do pochewki gruczołu łojowego stanowi zwykle granicę, od której zmienia się budowa pochewki zewnętrznej w ten sposób, iż dalej ku dołowi składa się ona tylko z komórek odpowiadających warstwie rozrodczej naskórka. W odcinku korzenia najgłębszym pochewkę zewnętrzną tworzy jeden tylko pokład komórek. Warstwa ziarnista sięga poza ujście gruczołu łojowego, zwykle jednak wkrótce zanika. Poniżej tego ujścia pochewka zewnętrzna posiada budowę warstwy rozrodczej naskórka, a więc komórki pokładów obwodowych są walcowate, następnych zaś wieloboczne; zawierają one w protoplazmie wyraźne włókna i pozostawiają pomiędzy sobą względnie szerokie przestrzenie między-

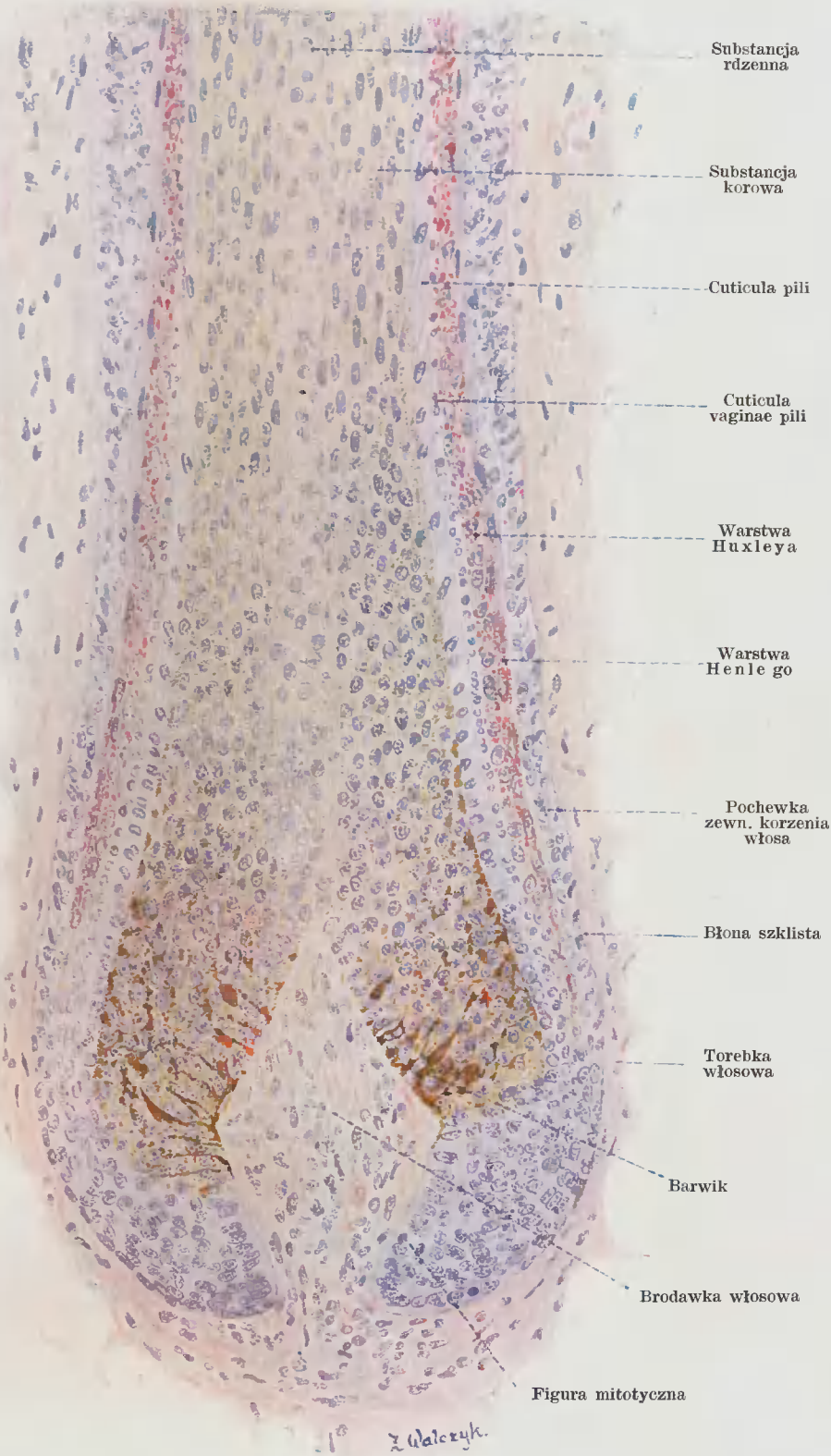
komórkowe. Warstwa komórek najbardziej wewnętrzna łączy się zapomocą włókien nabłonkowych z komórkami warstwy Henlego (Stöhr).

Torebka łącznotkankowa włosa składa się również z trzech warstw. Do pochewki zewnętrznej korzenia przylega bezpośrednio pierwsza z tych warstw, *błona szklista* (ryc. 378, 379 i 380), czasami tak słabo rozwinięta, że zaledwie dojrzeć się daje. Jest to błona pozbawiona struktury; tylko powierzchnię wewnętrzną posiada wyraźnie żeberkowatą. Nazewnątrz od błony szklistej leży warstwa wiązek włókien łącznotkankowych o przebiegu okrężnym. Wreszcie na powierzchni leżąca warstwa składa się z wiązek podłużnych, pomieszanych z włóknami sprężystemi.

Ryc. 381.
Przekrój pionowy skóry z głowy zarodka ludzkiego pięciomiesięcznego.
Powiększenie ok. 230 razy.

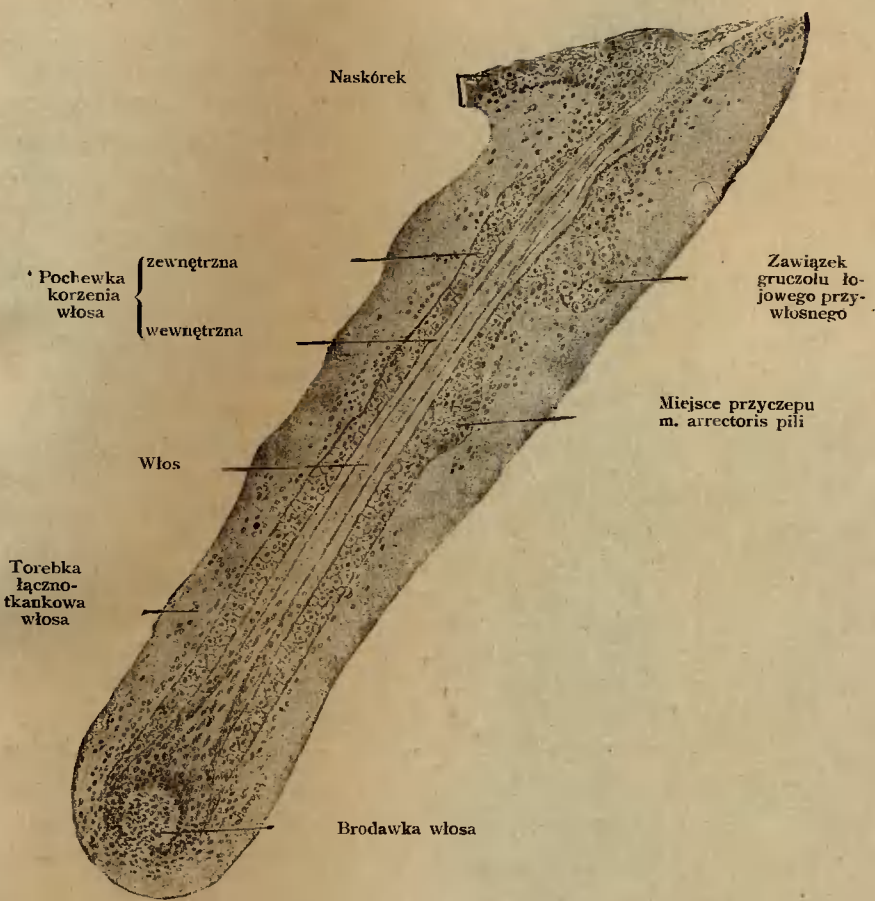
Co się tyczy *rozwoju włosa*, wszystkie jego części biorą początek ze wspólnego zawiązka. Około końca trzeciego miesiąca życia płodowego w całej skórze znajdujemy liczne wybujałości naskórka do skóry właściwej, początkowo w postaci zgrubień, przechodzących jednak później w długie lite czopki (ryc. 381). Każdy taki czopek naskórkowy jest zawiązkiem włosa. Wraz ze wzrostem wgłąb, koniec czopka grubieje tworząc cebulkę, jednocześnie zaś zaczyna bujać tkanka łączna skóry właściwej i wpukla się w cebulkę w postaci późniejszej brodawki włosowej. Tkanka łączna otaczająca bezpośrednio taki zawiązek włosa, staje się bardziej zbita i wytwarza torebkę włosową. Wewnątrz zawiązka włosa różnicują się teraz komórki w ten sposób, iż z tych, które leżą w osi zawiązka, powstaje włos, gdy tymczasem komórki obwodowe tworzą pochewki korzenia (ryc. 382).

Wzrost włosa i pochewki wewnętrznej korzenia odbywa się w kierunku od brodawki do powierzchni skóry, pochewka zaś ze-



Ryc. 380.
Przekrój podłużny dolnego odcinka korzenia włosa ze skóry głowy ludzkiej.
Pow. ok. 350 razy.

wnętrzna rośnie w kierunku od zewnątrz ku wewnątrz, t. j. od torebki włosowej do osi włosa. Wobec tego za macierz pochewki zewnętrznej uważać należy warstwy komórek, leżących najbardziej na obwodzie, za macierz zaś pochewki wewnętrznej i samego włosa — komórki cebulki, stykające się bezpośrednio z brodawką.



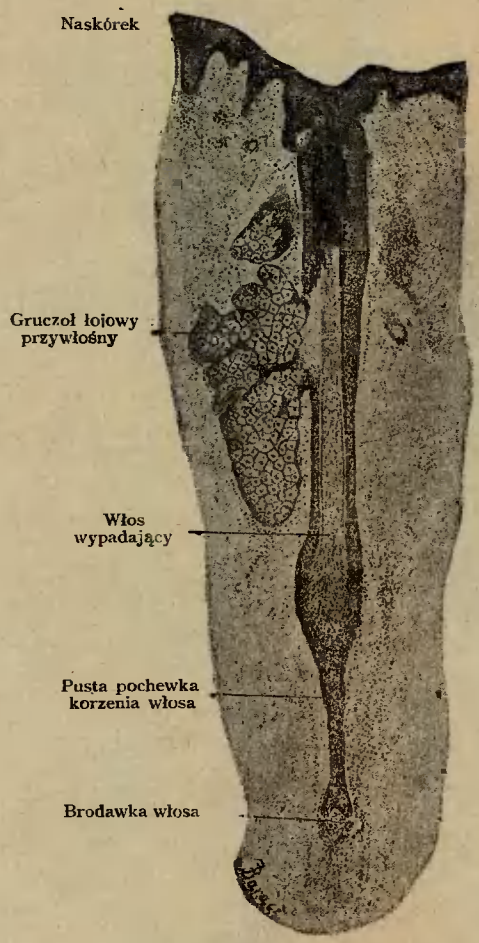
Ryc. 382.

Z przekroju pionowego skóry z głowy sześciomiesięcznego zarodka ludzkiego.

Pow. ok. 150 razy.

Komórki macierzy włosa i pochewki wewnętrznej korzenia są jednakiej wartości i jeszcze nie zróżnicowane. Wysuwając się coraz wyżej, coraz bardziej się różnicują i rogowacieją. Rogowacenie w poszczególnych warstwach komórek odbywa się na różnej wysokości. W komórkach istoty korowej i powłoczki włosa rogowacenia nie po-

przedza występowanie keratohyaliny, gdy tymczasem w istocie rdzennej spotykamy pojedyńcze jej ziarenka. W pochewce wewnętrznej ziarenka te występują, jak widzieliśmy, w komórkach wszystkich warstw. Rogowacenie, podobnie jak wzrost, postępuje tu od dołu ku górze (ryc. 379 i 380).



Ryc. 383.
Z przekroju pionowego poprzecznego skóry głowy człowieka.
Pośrodku widać włos wypadający. Powiększ. ok. 43 razy.

Zmiana włosów, odbywająca się u człowieka ciągle, u zwierząt zaś w pewnych stałych odstępach czasu, zaczyna się od zrogowacenia cebulki, która następnie oddziela się od brodawki, rozczepiając się zarazem nakształt miotełki. Obumarły w ten sposób włos, noszący nazwę *buławkowatego (Kolbenhaar* [ryc. 383]), odsuwa się coraz dalej od swej brodawki, która zanika i na której miejsce tuż obok powstaje nowa z nowym zawiązkiem włosa (Stieda). Nowy ten włos, t. zw. *włos zastępczy*, rosnąc, wypycha powoli ze skóry włos, przeznaczony do wypadnięcia.

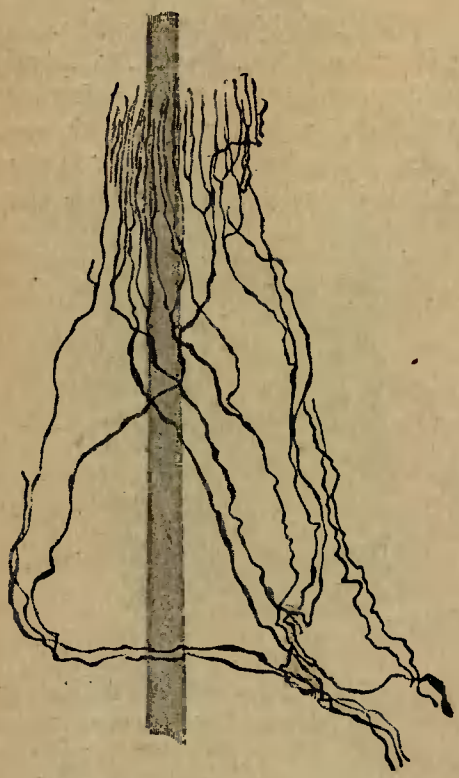
Z torebką włosową pozostaje w związku specjalny mięsień gładki t. zw. *mięsień przywłośny* czyli *napinacz włosa (m. arrector pili)*. Tworzy go wiązka komórek mięsnych gładkich, której jeden koniec stale jest umocowany w warstwie brodawkowej skóry właściwej. Stąd wiązka biegnie skośnie wgłąb, przyczepiając się do torebki włosowej w jej połowie dolnej i to stale po stronie oznaczonej. Włosy mianowicie tkwią w skórze nie prostopadle, lecz skośnie do jej powierzchni. Włos z powierzchnią skóry, względnie z linią jej przekroju tworzy kąt rozwarty, naprzeciw niego biegnie napinacz i stanowi podstawę trójkąta, jaki tworzy wraz z dwiema

wspomianemi linjami. Wrazie skurczu, a więc skrócenia się mięśnia, włos podnosi się i ustawia prostopadle do powierzchni skóry; zarazem jednak brodawka włosowa przybliża się nieco do powierzchni skóry, a włos wysuwa się z torebki, jednocześnie górny koniec napinacza, leżący bliżej powierzchni skóry, zostaje nieco w głąb wciągnięty. Charakterystyczny wygląd takiej skóry dał powód do nazwania jej „gęsią skórką."

W kącie ostrym pomiędzy napinaczem i włosem leży także gruczoł łojowy przywłośny. Mięsień kurczący się wywiera ucisk na ów gruczoł i wydala jego wydzielinę na zewnątrz.

Naczynia krwionośne tworzą w torebce włosa gęste pętle naczyń włosowatych, które jednak nigdy nie przekraczają błony szklistej. Do brodawki wchodzi również od dołu pętla naczyń włosowatych.

We włosach ludzkich spotykamy trojakie *zakończenia nerwów czuciowych.* Niektóre włókna nerwowe, dzieląc się i tracąc osłonkę rdzenną, dosięgają błony szklistej; tutaj zazwyczaj jeszcze raz dzielą się widełkowato. Te włókna końcowe układają się równolegle do osi włosa (ryc. 384). Inne włókna tworzą na zewnątrz od tamtych sploty w kształcie pierścieni. W większych włosach niektóre włókna nerwowe sięgają aż do zewnętrznej pochewki korzenia, gdzie kończą się w ciałkach dotykowych Merkla. W brodawkach włosów nierzadko znajdujemy cienkie nerwy, należące do zawartych tam naczyń krwionośnych (Szymonowicz).



Ryc. 384.
Zakończenia nerwów (włókien końcowych podłużnych) włosa ludzkiego, uwydatnione zapomocą błękitu metylenowego.
Powiększ. ok. 1200 razy

W zwykłych włosach zwierząt ssących zakończenia nerwowe zachowują się podobnie (ryc. 385 i 386); natomiast t. zw. *włosy dotykowe* ssaków są unerwione bardzo obficie. Odznaczają się one tem,

że torebki ich zawierają szerokie zatoki żylne, skutkiem czego włosy takie nazywamy też włosami zatokowemi. W tych włosach jedne nerwy kończą się wolno drzewkowatemi rozgałęzieniami, leżącemi na błonie szklistej (Szymonowicz); inne włókna przenikają aż do zewnętrznej pochewki korzenia i kończą się tu zapomocą menisków dotykowych, będących w związku ze specjalnemi komórkami dotykowemi (ciałka dotykowe Merkla).

Paznokcie.

Paznokieć jest wytworem naskórka. Leży on na skórze właściwej, przekształconej w t. zw. *łożysko paznokcia;* z tyłu i z boków otacza go wał, utworzony ze skóry, zwany *wałem paznokcia.* Pomiędzy łożyskiem i wałem znajduje się *rowek paznokcia.* Część paznokcia wolną i widzialną zowiemy *trzonem paznokcia,* w przeciwstawieniu do części, tkwiącej w skórze i zwanej *korzeniem paznokcia.*

Ryc. 385.

Ryc. 386.

Zakończenia nerwowe dokoła zwykłego włosa myszy białej.

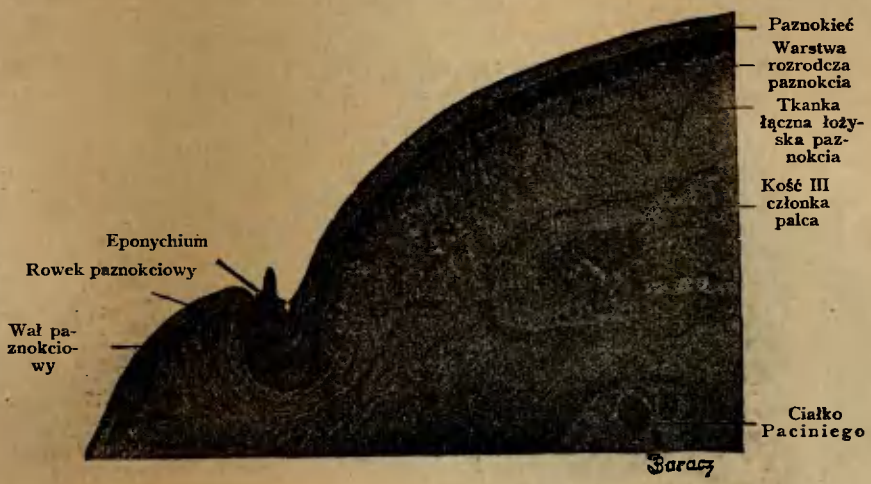
Ryc. 385. Pośrodku biegnie włos. Preparat złocony. Powiększ. ok. 1250 razy.
Ryc. 386. Pośrodku widać włos. Preparat złocony. Powiększ. ok. 900 razy.

Łącznotkankowe łożysko paznokcia tworzy listewki podłużne, biegnące nieco rozbieżnie na boki od korzenia ku przodowi. Ku przodowi wzrasta wysokość listewek i dochodzi do 0,22 mm; w dalszym ciągu listewki przechodzą w brodawki skóry.

Paznokieć, spoczywający na łożysku łącznotkankowem, złożony jest z dwu warstw: głębszej, miękkiej, odpowiadającej warstwie rozrodczej naskórka i wierzchniej zrogowaciałej, stanowiącej paznokieć właściwy (ryc. 388). Warstwa głębsza złożona ze znanych nam komórek kolczastych wypełnia odstępy pomiędzy listewkami skóry w postaci listewek nabłonkowych i pokrywa ich szczyty kilku warstwami komórek. Część warstwy głębszej, zwrócona ku tyłowi, jest

znacznie silniej rozwinięta i tworzy *macierz paznokcia (matrix unguis)*, stamtąd bowiem rośnie paznokieć (ryc. 389). Macierz tworzy widoczny nazewnątrz biały odcinek paznokcia, zwany półksiężycem *(lunula)*, odgraniczony od reszty paznokcia linją łukowatą, wypukłością zwróconą ku przodowi. W macierzy znajdujemy, w przeciwieństwie do innych części paznokcia, dobrze rozwiniętą warstwę ziarnistą.

Paznokieć właściwy składa się z komórek płaskich, zrogowaciałych, zawierających wyraźne resztki jąder. Pewna ilość takich komórek łączy się w t. zw. *blaszki paznokcia*, ułożone dachówkowato. Miejsca białe zdarzające się w paznokciach powstają skutkiem nagromadzania się pęcherzyków powietrza pomiędzy blaszkami.



Ryc. 387.

Część przekroju poprzecznego trzeciego członka palca ręki 16-dniowego dziecka.

Powiększ. 22 razy.

Warstwa rozrodcza paznokcia przechodzi w jego rowku w warstwę rozrodczą skóry wału. Pokrywa ją warstwa rogowa, która zachodzi również na część powierzchni paznokcia i nosi tutaj nazwę *obrąbka naskórkowego paznokcia (eponychium)*. Pod przednim brzegiem paznokcia jego warstwa rozrodcza przechodzi w taką samą warstwę opuszki palca, pokrywa ją zaś na miejscu przejścia również warstwa rogowa, która jako t. zw. *obrąbek naskórkowy podpaznokciowy (hyponychium)* przechodzi na wolną powierzchnię dolną paznokcia.

Wzrost paznokcia, postępujący od macierzy ku przodowi, polega na tem, że komórki macierzy rozmnażają się i rogowacieją, przekształcając się w komórki paznokcia. Ponieważ przemiana ta ciągle się odbywa na brzegu tylnym i po bokach paznokcia, paznokieć wła-

ściwy posuwa się naprzód, gdy tymczasem warstwa rozrodcza położenia nie zmienia.

Według badań Dogiela nerwy zaopatrują skórę łożyska paznokcia w sposób następujący:

W warstwie brodawkowej łożyska leżą kłębki nerwowe nieotorbione, oraz sieci śródbrodawkowe; w warstwie wierzchniej i głębszej skóry łożyska mieszczą się bardzo liczne rozgałęzienia końcowe drzewkowate, poszczególne kłębki nieotorbione i zmodyfikowane

Ryc. 388.
Przekrój poprzeczny trzonu paznokcia.
Powiększ. ok. 280 razy.

ciałka Vater-Paciniego. W listewkach nabłonkowych znajdujemy tylko śródnabłonkowe rozgałęzienia końcowe nerwów.

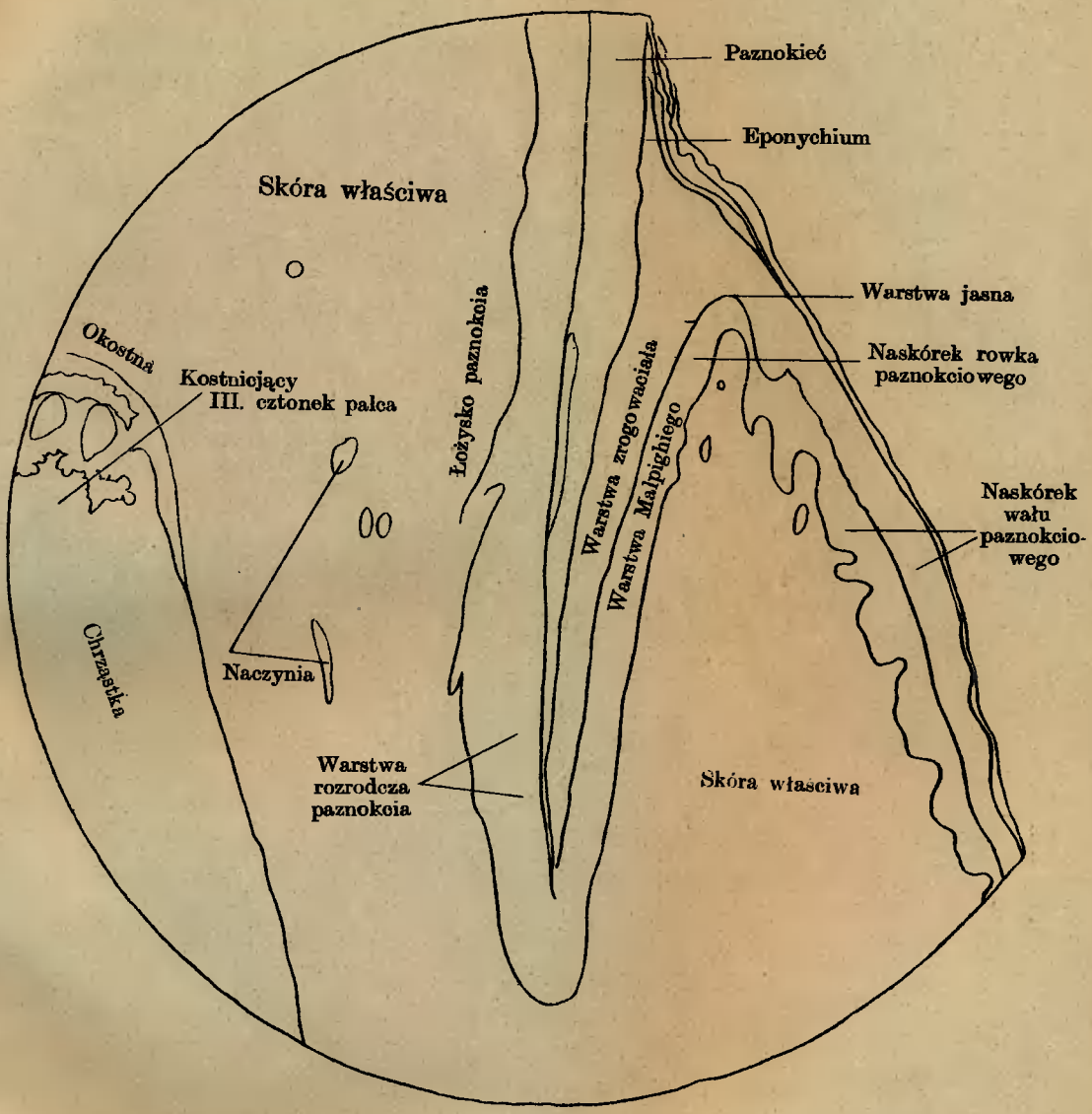
Vitali spostrzegał w skórze łożyska również i inne zakończenia nerwowe, właściwe skórze.

Gruczoły skóry.

Gruczoły łojowe.

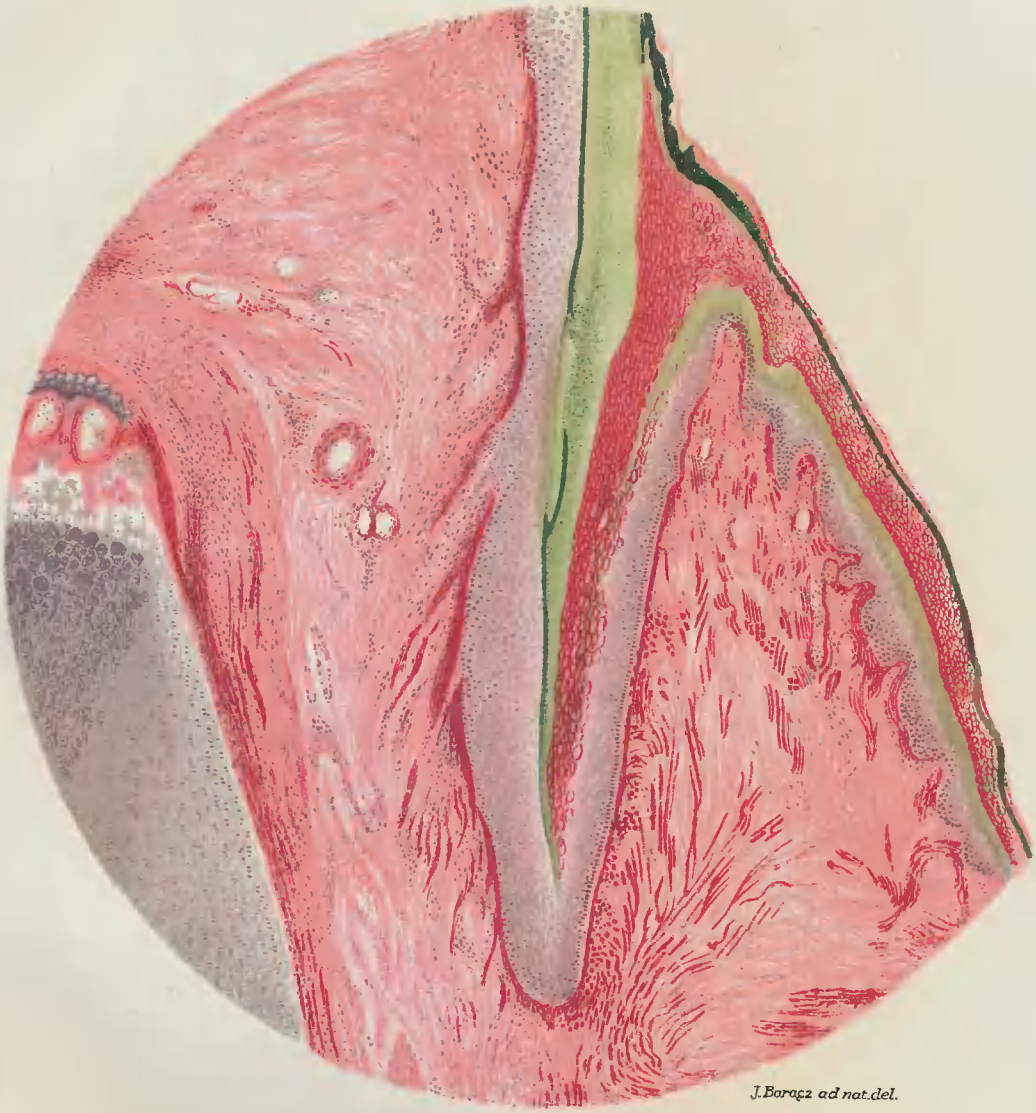
Gruczoły łojowe (glandulae sebaceae) są rozrzucone prawie po całej powierzchni ciała. Ponieważ prawie zawsze występują w towarzystwie torebek włosowych, nazywamy je *gruczołami łojowemi przywłośnemi*. Wyjątkowo tylko znajdujemy je w okolicach nieuwłosionych, mianowicie w skórze czerwonych brzegów warg, w skórze warg sromowych mniejszych, żołędzi i napletka. Niema ich nigdy w skórze dłoni i podeszwy.

Ryc. 389.



Ryc. 389. Przekrój podłużny przez paznokieć i rowek paznokciowy dziecka. Barwione hematoksyliną i pikrokarminem po ustaleniu w płynie Flemminga.

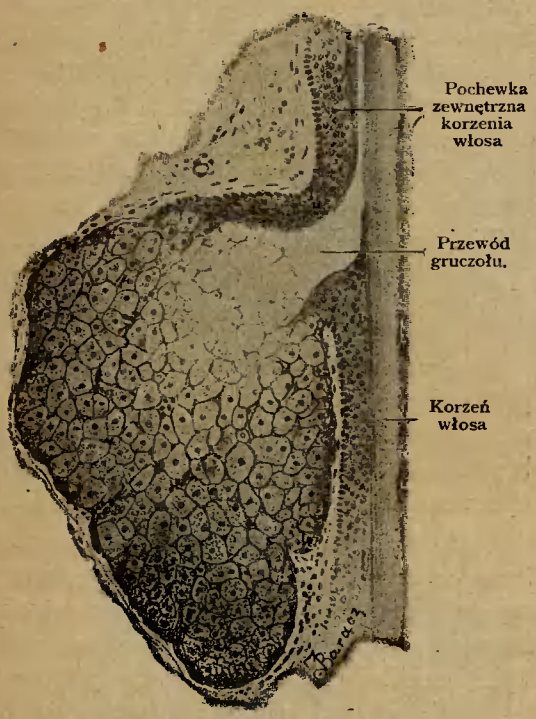
Pow. ok. 60 razy.



Ryc. 389. Przekrój podłużny przez paznokieć i rowek paznokciowy dziecka. Barwione hematoksyliną i pikrokarminem po ustaleniu w płynie Flemminga. Pow. ok. 60 razy.

Są to zawsze typowe gruczoły pęcherzykowe pojedyńcze lub rozgałęzione. Przedstawiają się jako ciała gruszkowate lub kolbkowate bardzo rozmaitej wielkości; długość ich wynosi zazwyczaj od 0,2—2,2 mm. W ogólności rzec można, że wielkość gruczołu jest odwrotnie proporcjonalna do grubości włosa, do którego gruczoł należy (Bonnet). Cieniutkie włoski, stanowiące meszek, np. na powierzchni małżowiny usznej, na skórze nosa, posiadają największe gruczoły łojowe. Wraz z gęstością porostu włosów zmniejsza się liczba i wielkość gruczołów łojowych (Hofmann).

Każdy gruczoł otacza osłonka łącznotkankowa, która pochodzi z tkanki torebki włosowej lub z tkanki łącznej skóry (ryc. 390). Komórki gruczołowe są to poprostu wybujałe komórki nabłonkowe zewnętrznej pochewki korzenia włosa albo komórki wybujałego naskórka w tych razach, w których gruczoły występują niezależnie od włosów. Komórki przewodu gruczołowego zachowują niezmieniony charakter komórek naskórka, im głębiej jednak, tembardziej go zatracają, ulegając w częściach środkowych gruczołu pewnym przemianom. Jedynie pokład komórek najbardziej na zewnątrz leżący pozostaje niezmieniony. Przemiany, którym ulegają komórki, występują najwyraźniej w częściach środkowych, ku obwodowi zaś coraz mniej się zaznaczają. Polegają one na nagromadzeniu się kropelek tłuszczu w ciele komórek; początkowo kropelek tych zjawia się niewiele, liczba ich jednak coraz bardziej wzrasta, aż wreszcie gromadzi się ich tyle, że na preparatach, w których usunięto z komórek tłuszcz zapomocą odpowiedniego rozpuszczalnika, cała protoplazma wydaje się jakby zasiana bardzo licznemi drobnemi pęcherzykami. Równolegle z nagromadzeniem się tłuszczu w ciele komórki zachodzą



Ryc. 390.
Gruczoł łojowy w skórze ludzkiej.
Pow. ok. 120 razy.

i w jej jądrze przemiany wsteczne. Jądra kurczą się, stają się zębiaste i w końcu zanikają. W części środkowej pęcherzyka odbywa się następnie rozpad komórek wypełnionych tłuszczem. Tłuszcz wraz ze szczątkami komórek zostaje wydalony na zewnątrz, jako wydzielina gruczołu, t. zw. *łój skórny*. Jest to płyn oleisty, łatwo krzepnący, zawierający, według nowszych badań (Röhmann i Linser), właściwe tłuszcze tylko w znikomej ilości. Na miejsce komórek gruczołowych, które ciągle się rozpadają w czasie wydzielania, wchodzą bujające komórki obwodowe. Dlatego wśród komórek pokładu obwodowego spotykamy tak często obrazy podziału jąder i komórek. Komórki gruczołowe posiadają mitochondrja, którym przypisują wybitną rolę w wytwarzaniu wydzieliny.

Nieznaczna jedynie część tych komórek, które dostały się do części środkowej pęcherzyka nie ulega stłuszczeniu, lecz zrogowaceniu. Wówczas przeciągają one przejściowo przez wnętrze pęcherzyka w kształcie nieprawidłowych beleczek, aż wreszcie, jako składniki zrogowaciałe, zostają wydalone nazewnątrz.

Gruczoły potne.

Gruczoły potne (glandulae sudoriparae) są również rozrzucone po całej powierzchni ciała. Nie posiadają ich tylko brzegi czerwone warg, powierzchnia wewnętrzna napletka i żołądź. Liczba ich bywa bardzo rozmaita, zależnie od okolicy ciała. Bardzo gęsto występują np. na dłoni, mianowicie przeszło 1000 na 1 cm^2.

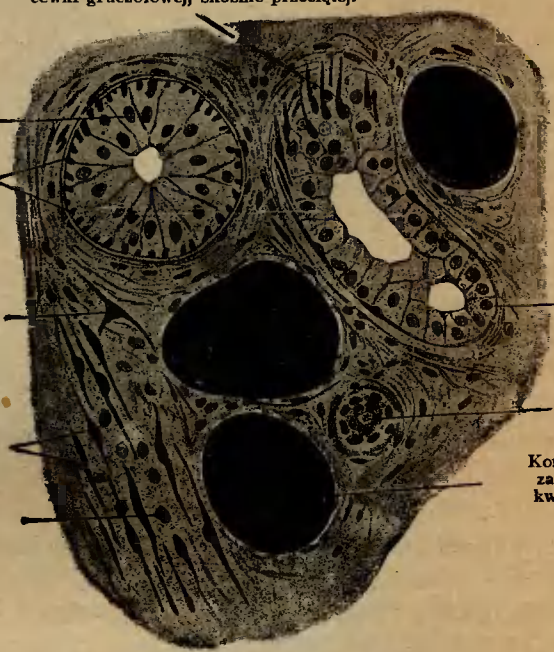
Są to przeważnie pojedyńcze, mocno wydłużone cewki, których koniec dolny, wielokrotnie się wijąc, tworzy kłębek. Dlatego określamy je też nazwą *gruczołów kłębkowatych* (ryc. 373). Tylko w niektórych okolicach, mianowicie w skórze podpasza i w okolicy odbytu, znajdujemy także gruczoły potne rozgałęzione.

W każdym gruczole możemy rozróżnić dolny, w kłębek zwinięty odcinek wydzielający, oraz górny, prosto biegnący odcinek wyprowadzający. Kłębek leży na granicy skóry właściwej i tkanki łącznej podskórnej, czasami zaś mieści się mniej lub bardziej głęboko w tkance podskórnej. Cewka wydzielnicza posiada zwykle większy przekrój i szersze światło, niż odcinek wyprowadzający.

W przewodzie wyprowadzającym gruczołu rozróżnić możemy również dwa odcinki. Odcinek głębszy przebiega lekko wężykowato przez całą grubość skóry właściwej i dosięga wreszcie, pomiędzy dwiema brodawkami skórnemi, dna naskórka, wciskającego się pomiędzy brodawki. Tu przechodzi w odcinek drugi, który w przeciwieństwie do pierwszego nie posiada własnej ściany, lecz jako kanał spiralny wstępuje pomiędzy komórkami naskórka ku powierzchni

skóry. Okrągławe ujścia kanałów na powierzchni warstwy zrogowaciałej nazywamy *porami potnemi.*

Ściana cewki wydzielającego, w kłębek zwiniętego odcinka (ryc. 391) składa się przedewszystkiem z pojedyńczej warstwy komórek sześciennych o protoplazmie drobnoziarnistej, często zawierającej drobne kuleczki tłuszczu i ziarenka brunatnego barwika. Ziarnistość wyraźniej występuje w gruczołach czynnych, niż podczas spoczynku. Ziarenka wydzieliny barwią się barwikami zasadowemi czyli są za-



Ryc. 391.

Kilka cewek gruczołu potnego skóry opuszki palca ludzkiego.

Powiększ. ok. 350 razy.

sadochłonne. Należy je uważać za produkty przemiany mitochondrjów (Nicolas, Regaud i Favre). Między komórkami i w ich wnętrzu znajdujemy kanaliki włosowate wydzielnicze. Zimmermann wykazał wśród komórek gruczołu potnego ciałko środkowe w formie pałeczki. Na powierzchni wolnej posiadają te komórki cieniutki rąbek oskórkowy *(cuticula).* Nazewnątrz od tych komórek sześciennych leży warstwa wrzecionowatych komórek mięśni gładkich, które w długich skrętach spiralnych okrążają cewkę. Zewnętrzne pokrycie cewki gruczołowej tworzy *błona podstawowa* bezpostaciowa natury sprężystej, oraz z zewnątrz do niej przylegająca cienka warstwa tkanki łącznej — *błona własna (membrana propria).*

W pierwszym odcinku *przewodu wyprowadzającego*, biegnącym w skórze właściwej, występuje zamiast komórek mięsnych warstwa niskich komórek nabłonkowych, t. zw. komórek nabłonkowatych. Mamy tu więc nabłonek dwuwarstwowy, otoczony od zewnątrz błoną podstawową i błoną własną. W drugim odcinku przewodu, zaraz po jego wejściu do naskórka zanikają zupełnie komórki nabłonkowe, przewód traci własną ścianę. Światło jego ograniczają teraz wprost komórki naskórka ułożone współśrodkowo. Warstwa ziarnista naskórka towarzyszy zwykle przewodowi na pewnej przestrzeni wgłąb warstwy rozrodczej (ryc. 373, 376).

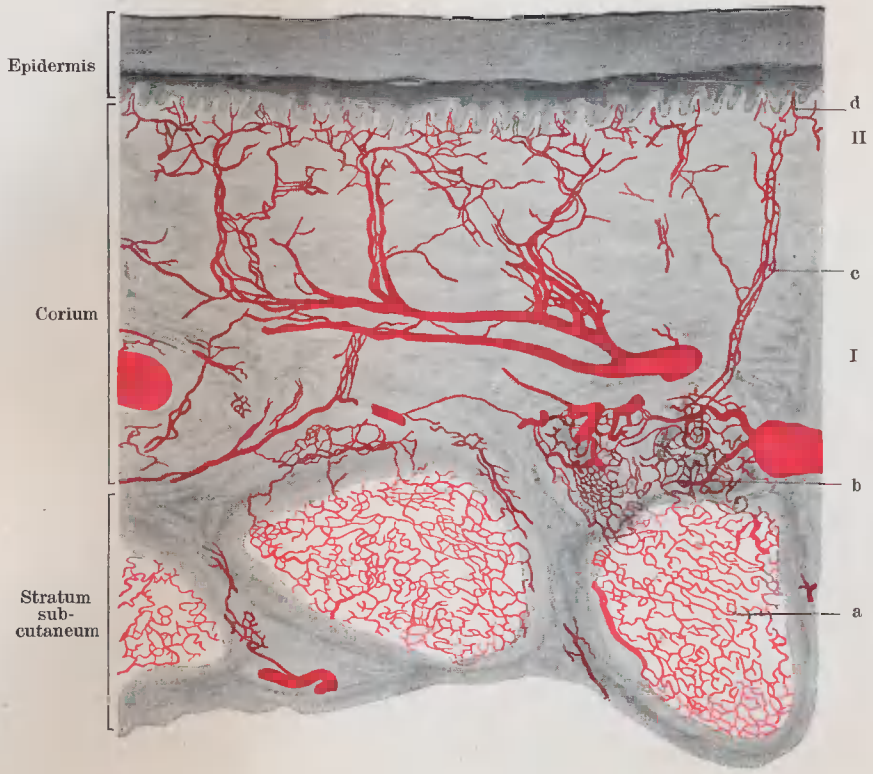
Gruczoły potne są obficie *unerwione*. Włókna bezrdzenne tworzą na błonie własnej gęstą sieć. Stąd cieniutkie włókienka przenikają przez błonę podstawową do ściany cewki i kończą się drobnemi guziczkami pomiędzy komórkami nabłonkowemi.

Naczynia i nerwy skóry.

Tętnice, wstępujące z głębszych warstw skóry ku jej powierzchni, tworzą liczne połączenia (anastomozy), dając w ten sposób początek sieci zwanej *siecią skórną*. Sieć ta leży w głębszych warstwach skóry właściwej, równolegle do jej powierzchni (ryc. 392). Od sieci odgałęziają się odnogi, biegnące z powrotem wgłąb i tworzące nader gęstą siatkę naokoło zrazików tłuszczowych tkanki łącznej podskórnej i oplatające kłębki gruczołów potnych. Inne gałązki zwracają się ku powierzchni i na dolnej granicy warstwy brodawkowej tworzą drugą sieć, t. zw. *sieć podbrodawkową*. Sieć daje początek tętnicom przedwłosowatym, które wnikają do brodawek skóry właściwej i tu dzielą się na pętle naczyń włosowatych. Powstałe z tych pętli żyły przebiegają przeważnie podobnie jak tętnice i tworzą cztery sieci równoległe do powierzchni skóry. Najbardziej powierzchniowa z nich leży u podstawy brodawek, druga odpowiada mniejwięcej podbrodawkowej sieci tętniczej, trzecia leży w połowie skóry właściwej, najgłębsza wreszcie zajmuje granicę skóry właściwej i tkanki łącznej podskórnej.

Naczynia limfatyczne tworzą delikatną a gęstą sieć w warstwie brodawkowej. Od sieci tej odgałęziają się ku powierzchni pętle, przeznaczone dla brodawek, w głąb zaś naczynia grubsze, tworzące drugi splot, grubszy, w tkance łącznej podskórnej.

Skóra w wielu miejscach jest niezwykle obficie zaopatrzona w *nerwy*, np. skóra dłoni, podeszwy, narządców płciowych zewnętrznych itd. W miejscach tych posiada ona odrębne zakończenia nerwowe, które czynią z niej *narząd dotyku*. W naskórku znajdujemy wolne zakończenia nerwowe śródnabłonkowe oraz ciałka dotykowe Merkla; w brodawkach leżą ciałka dotykowe Meissnera i bu-



Ryc. 392.

Przekrój pionowy skóry dłoni człowieka.

Naczynia krwionośne nastrzyknięte masą czerwoną.

Pow. ok. 35 razy.

a = Tkanka tłuszczowa; b = Kłębek gruczołu potnego; c = Przewód gruczołu potnego; d = Brodawki
I = Sieć naczyniowa skórna; II = Sieć naczyniowa podbrodawkowa.

ławki (kolbki) końcowe; w tkance łącznej podskórnej wreszcie ciałka Vater-Paciniego, Ruffiniego i inne ciałka końcowe (ob. rozdział: „Zakończenia nerwowe").

Gruczoł mleczny.

Gruczoł mleczny czyli *sutkowy (mamma)* jest gruczołem skórnym. U osobników obu płci z jednakowego powstały zawiązka, jednakowo też rozwija się aż do początku okresu dojrzewania płciowego. Zawiązek nabłonkowy gruczołu mlecznego spostrzec można już w bardzo wczesnem stadjum zarodkowem pod postacią listewki naskórkowej, t. zw. *listewki mlecznej*. Rozpada się ona na pojedyńcze zawiązki, ułożone szeregiem, z których jednak u człowieka normalnie z każdej strony tylko jeden się utrzymuje i w dalszym ciągu rozwija. Zawiązek ten wrasta w formie kolbki w skórę właściwą, a w drugiej połowie życia płodowego wysyła początkowo pełne, następnie zaś próżne wypustki. Pod koniec ciąży sama kolbka też otrzymuje światło, rozszerza się, spłaszcza i zmienia się w brodawkę, na której powierzchni uchodzą pojedyńczo przewody mleczne i na swym proksymalnym końcu rozszerzają się w pęcherzykowate wypuklenia. W tej formie jest rozwinięty gruczoł mleczny u obu płci w czasie porodu. Podczas gdy u płci męskiej zanika podczas wieku dziecięcego, rozwija się u dziewic przez tworzenie się nowych przewodów mlecznych. W okresie pokwitania cała pierś kobieca powiększa się przez obfite nagromadzenie się tłuszczu. Dopiero podczas ciąży przychodzi do silnego rozwoju tkanki gruczołowej: przewody mleczne dzielą się wielokrotnie, a na ich końcach tworzą się nowe odcinki końcowe.

Najwyższy stopień rozwoju osiąga gruczoł sutkowy osobnika płci żeńskiej pod koniec ciąży i zaraz po porodzie zaczyna być czynny, wstępuje w okres wydzielania mleka czyli laktacji, który trwa u zwierząt dopóty, dopóki młode tego potrzebują; tak np. gruczoł sutkowy suki i kocicy wydziela mleko tylko przez jakieś 4—6 tygodni, następnie wydzielanie ustaje. Dzięki odpowiedniej hodowli udało się jednak wyprodukować pośród zwierząt domowych rasy bydła, których okazy silne i dobrze żywione wogóle prawie nie przestają dawać mleka. Wydzielanie mleka w gruczole sutkowym kobiecym ustaje zazwyczaj po 7—9 miesiącach, w specjalnych jednak warunkach może trwać lata całe. Po każdym nowym porodzie rozpoczyna się nowy okres wydzielania mleka. Czynność gruczołu sutkowego jest przeto głównie zależna od życia płciowego.

Gruczoł sutkowy czynny składa się z 15—20 stożkowatych *zrazów (lobi)*, ułożonych w ten sposób, że schodzą się wierzchołkami w brodawce sutkowej. Każdy zraz składa się z licznych mniejszych

zrazików *(lobuli)*, każdy znów zrazik ze znacznej liczby odcinków końcowych. Odcinki końcowe są pęcherzykowatemi rozszerzeniami obwodowych końców najdrobniejszych przewodów wyprowadzających, z których połączenia powstają przewody większe. Wszystkie przewody jednego zraza łączą się w jeden *przewód mleczny*, ten zaś bezpośrednio przed ujściem na brodawce sutkowej rozszerza się w t. zw. *zatokę mlekonośną (sinus lactiferus)*. W brodawce sutkowej znajdujemy tyle ujść przewodów mlecznych t. zw. *otworów mlekonośnych (pori lactiferi)* z ilu zrazów składa się pewien gruczoł. Tak więc każdy zraz jest właściwie złożonym gruczołem pęcherzykowym. Poszczególne zrazy łączy w jedną całość tkanka łączna niezwykle w tłuszcz obfitująca.

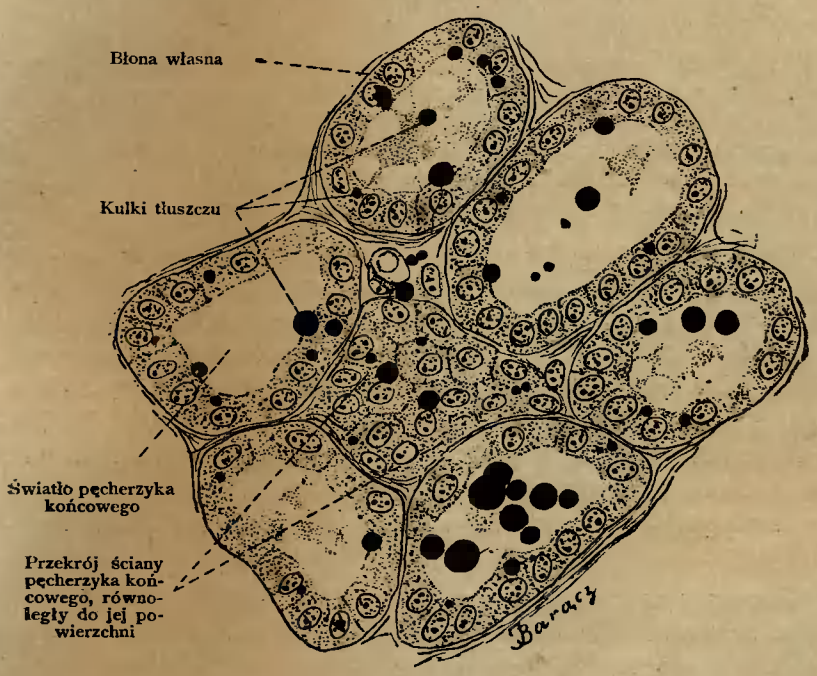
Poza okresem wydzielania mleka pęcherzyki gruczołu sutkowego są małe, wysłane jednowarstwowym niskim nabłonkiem sześciennym. W drugiej połowie ciąży następuje stopniowe powiększanie się pęcherzyków. Ich komórki sześcienne stają się teraz wyższe i wypełniają się drobnemi ziarenkami i kuleczkami tłuszczu. Gruczoł przechodzi w okres wytwarzania *siary (colostrum)*. Jest to ciecz żółtawa, obfitująca w białko. Różni się od mleka większym ciężarem właściwym i znaczniejszą zawartością białka, przedewszystkiem zaś tem, że zawiera *ciałka siary*. Ciałka te uważać należy za obładowane tłuszczem leukocyty, które przenikają przez nabłonek do światła pęcherzyków. Przemawia za tem obecność w owym okresie bardzo licznych leukocytów w najbliższej okolicy pęcherzyków. Dotychczas jednak nie zauważono przenikania ich wprost przez nabłonek.

Po porodzie komórki nabłonka gruczołowego rosną, aż wreszcie stają się wysokiemi komórkami walcowatemi, których buławkowato rozszerzone końce wsterczają często w światło pęcherzyka. Ciała komórek wypełniają się całkowicie kropelkami tłuszczu (ryc. 393), które zwłaszcza w buławkowatej części wewnętrznej komórek zlewają się w grube krople. Może się również zdarzyć, że cała komórka staje się jednolitą masą tłuszczu; należy to jednak do przypadków wyjątkowych.

Cały proces wydzielania mleka przez gruczoł sutkowy podzielić można według Limona na trzy okresy: 1. okres wydzielania, 2. okres wydalania i 3. okres odbudowy komórki.

W okresie pierwszym komórka rośnie i posiada zwykle dwa jądra. W części podstawowej zawiera liczne włókna ergastoplazmatyczne, zasadochłonne, w części zaś górnej, drobnoziarnistej — drobne kropelki tłuszczu, powstałe kosztem ziarenek przy współudziale włókien przypodstawnych. Jądro bierze również udział w czynności wydzielniczej (Szabô, Limon); wykazuje ono mianowicie znaczny przyrost chromatyny, którą oddaje cytoplazmie (Brouha). Pod-

czas wydalania jedno z dwóch jąder może być wypchnięte do światła pęcherzyka, gdzie się rozpada, a jego części składowe przechodzą do mleka. Ponadto niekiedy i drugie jądro ulega zwyrodnieniu tłuszczowemu i zostaje wydalone. Podziały mitotyczne i amitotyczne, spostrzegane po okresie wydalania, służą do tego, aby jądra zanikłe zastąpić nowemi. Według jednych badaczy wydalanie odbywać się ma w ten sposób, że krople tłuszczu są wprost wyrzucane z protoplazmy, — przyczem jednak nie ma dochodzić do rozpadu ciała ko-



Ryc. 393.

Część przekroju poprzecznego gruczołu mlecznego świnki morskiej podczas wydzielania mleka.

Powiększ. około 500 razy.

mórkowego (Langer, Benda, Unger, v. Ebner, Brouha); według innych natomiast oddziela się do światła pęcherzyka część ciała komórkowego, wypełniona wielkiemi kroplami tłuszczu tak, że odcinek wewnętrzny komórki ginie, następnie jednak z odcinka podstawowego, w którym pozostaje jądro, następuje jego odrodzenie (R. Heidenhain, Partsch, Limon). Zdaje się, że w gruczole mlecznym ten proces wydalania odbywa się w jeden i drugi sposób, Po ukończeniu wydalania komórka wraca do stanu, który był punktem wyjścia naszego opisu.

Według badania Hovena podczas wytwarzania produktów wydzielania czynne są mitochondrja. Początkowo komórki zawierają liczne nitkowate chondrjosomy i pojedyńcze ziarna mitochondrjalne. Wraz z postępem wydzielania zwiększa się objętość komórek, a chondrjomity dzielą się na ziarna, które przekształcają się w ziarnka wydzieliny, poczęści zaś przechodzą w kropelki tłuszczu. W świetle pęcherzyka gruczołowego ziarenka te pęcznieją i ulegają rozpuszczeniu. Po ukończeniu wydzielania komórka staje się bardziej płaska i zawiera znowu pręciki i włókienka mitochondrjalne.

Wydzielina, w sposób powyżej opisany wytworzona, stanowi mleko. Jest ono płynem zasadowym. Zawiera 1—2% białka, 3—4% tłuszczu, 5% cukru i 0,6‰ lecytyny. Mleko krowie różni się od kobiecego większą zawartością białka, mniejszą cukru. Mleko jest zawiesiną bardzo drobnych kropelek tłuszczu, których średnica waha się od 1 do 5 μ. Każda kropelka tłuszczu otoczona jest błonką białkową (kazeinową), która zapobiega zlewaniu się poszczególnych kropelek.

Pęcherzyki gruczołowe otacza bezpostaciowa *błona własna (membrana propria)*. Od strony wewnętrznej leżą na niej rozgałęzione i łączące się pomiędzy sobą *komórki koszyczkowate*. Tkanka łączna śródmiąższowa ulega podczas rozpoczynającego się wydzielania mleka wyraźnemu zanikowi. Z trudnością też tylko można ją dojrzeć pomiędzy wypełnionemi wydzieliną pęcherzykami. Zawiera ona nieznaczną tylko ilość leukocytów i komórek eozynochłonnych. Po ukończeniu okresu wydzielania mleka, wraz z ubytkiem tkanki gruczołowej przybywa znowu w znacznej ilości tkanka łączna śródmiąższowa.

Przewody wyprowadzające gruczołów mlecznych wysłane są pojedyńczą warstwą komórek walcowatych. W przewodach mlecznych znajdujemy nabłonek podobny; dopiero poza obrębem zatoki mlecznej ustępuje on miejsca nabłonkowi wielowarstwowemu płaskiemu. Między nabłonkiem a błoną własną, która przechodzi z pęcherzyków na przewody, leży warstwa komórek płaskich, które uważać należy za dalszy ciąg komórek koszyczkowatych pęcherzyka. Od strony zewnętrznej do błony własnej przylega warstwa wiązek włókien łącznotkankowych o przebiegu okrężnym, zmieszanych z włóknami sprężystemi.

Skóra *brodawki sutkowej i jej otoczki* obfituje w barwik. Skóra właściwa tworzy tu wysokie brodawki, a w warstwie brodawkowej zawiera znaczną ilość włókien mięsnych gładkich. Część tych mięśni biegnie pierścieniowato dokoła otworków mlekonośnych, część zaś idzie wzdłuż brodawki sutkowej. W otoczce brodawki znajdujemy liczne, dobrze rozwinięte gruczoły potne, nadto zaś około 12 wielkich gruczołów łojowych, zwanych *gruczołami* Montgomeryego.

Gruczoły owe w okresie ciąży podlegają narówni z gruczołami mlecznemi znaczniejszemu rozrostowi.

Naczynia krwionośne tworzą gęstą sieć włosowatą naokoło pęcherzyków i przewodów. *Naczynia limfatyczne* występują w postaci włosowatych szczelin między pęcherzykami. Prócz tego w skórze zarówno brodawki, jak i jej otoczki, mamy sieci naczyń limfatycznych.

W skład *nerwów* gruczołu sutkowego wchodzą nerwy kończące się w tkance gruczołowej, następnie nerwy naczynioruchowe, wreszcie nerwy czuciowe. Nerwy gruczołowe zachowują się zupełnie podobnie jak nerwy ślinianek. Oplatają onę pęcherzyki i kończą się między komórkami ich nabłonka lub na tych komórkach. Zakończenia nerwów czuciowych znajdujemy w skórze brodawki sutkowej, a także w okolicy większych przewodów mlecznych. W brodawce kończą się zapomocą ciałek Meissnera i Paciniego, w okolicy przewodów w formie kolbek końcowych Krausego.

Co się tyczy morfologicznego ujęcia gruczołu sutkowego i jego stanowiska pośród innych gruczołów skórnych, wielu autorów uważa ten gruczoł za niepomiernie rozwinięty gruczoł łojowy, inni za rozwinięty gruczoł potny.

2. Narząd wzroku.

Główną część składową narządu wzroku stanowi *gałka oczna (bulbus oculi)* osadzona w kostnym oczodole. Zawiera ona składniki wrażliwe na podniety świetlne i pozostaje za pośrednictwem nerwu wzrokowego *(nervus opticus)* w łączności z mózgiem. Do tego narządu głównego przyłącza się jeszcze pewna liczba tworów dodatkowych, przeznaczonych albo do poruszania gałką oczną, albo w szerszem, czy ściślejszem znaczeniu do ochrony gałki ocznej. Do pierwszego celu służy sześć mięśni ocznych; role narządów ochronnych spełniają: powieki, spojówka i narząd łzowy.

Gałka oczna.

Gałka oczna przedstawia się jako kula, w której rozróżnić możemy dwa odcinki: przedni i tylny. Odcinek tylny jest bez porównania większy od przedniego. Tylny odcinek gałki ocznej ma mniej więcej postać kuli z odciętym od przodu odcinkiem. Miejsce tego odcinka zajmuje część przednia, która w postaci silniej wypukłego szkła zegarkowego dopełnia odcinek tylny od przodu. Można sobie więc wyobrazić gałkę oczną, jako powstałą z dwuch odcinków kuli: tylnego większego, o większym promieniu krzywizny i przedniego mniejszego, o mniejszym promieniu krzywizny.

W gałce ocznej rozróżnić musimy ścianę i treść w niej zawartą. Ściana gałki ocznej składa się z trzech błon:

1. *Błona zewnętrzna* czyli *włóknista (tunica externa seu fibrosa)* tworzy najbardziej zewnętrzną osłonkę gałki ocznej. W odcinku tylnym jest zbita, światła nie przepuszcza; w przednim, którego całą ścianę sama jedynie stanowi, jest przeźroczysta. W pierwszym z tych odcinków nazywa się *twardówką (sclera)*, w drugim *rogówką (cornea)*.

2. *Błona środkowa* czyli *naczyniowa (tunica media seu vasculosa)* w całym tylnym odcinku gałki ocznej przylega ściśle do twardówki i w tej części nosi nazwę *naczyniówki (chorioidea)*. Ku przodowi ulega znacznemu zgrubieniu, skutkiem wystąpienia elementów mięsnych i tworzy *ciałko rzęskowe (corpus ciliare)*, stanowiące od przodu odgraniczenie tylnego odcinka gałki ocznej. Z ciała rzęskowego bierze początek i wchodzi pomiędzy odcinek tylny a przedni gałki ocznej t. zw. *tęczówka (iris)*. Jest to krążek z otworem pośrodku, tworzący *diafragmę*, która służy do zatrzymywania obwodowych promieni światła, wchodzących przez odcinek przedni gałki do odcinka tylnego. Z ciała rzęskowego wznosi się w stronę wnętrza gałki pewna liczba fałdów, biegnących nakształt południków. Fałdy te, w kierunku od tyłu ku przodowi coraz wyższe, potem znowu obniżające się, noszą nazwę *wyrostków rzęskowych (processus ciliares)*.

3. *Błona wewnętrzna* czyli *siatkówka (tunica interna seu retina)* jest najbardziej ku zewnątrz wysuniętą warstwą ściany gałki ocznej i leży wszędzie wprost na naczyniówce. Rozwinięta najlepiej w tylnym odcinku gałki ocznej, ku przodowi stopniowo staje się coraz cieńsza, aż wreszcie nagle przechodzi w cienką warstwę nabłonka, wyścielającą wewnętrzną powierzchnię ciała rzęskowego, wyrostki rzęskowe i tylną powierzchnię tęczówki aż do brzegu źrenicy.

Zawartość gałki ocznej w odcinku tylnym stanowi *ciałko szkliste (corpus vitreum)*, masa galaretowata; w odcinku zaś przednim *ciecz wodna (humor aqueus)*, płyn zawierający nieznaczne ilości białka i soli. Ciało szkliste ma postać kuli galaretowatej z wgłębieniem na powierzchni, sąsiadującej z tylną powierzchnią tęczówki. W tym t. zw. *dole ciała szklistego (fossa hyaloidea)* leży *soczewka (lens crystallina)*. Część środkową przedniej powierzchni soczewki widać przez rogówkę i po przez otwór źrenicy. Części obwodowe zasłania tęczówka.

Jamę przedniego odcinka oka, którą ograniczają: tylna powierzchnia rogówki, przednia powierzchnia tęczówki i część środkowa przedniej powierzchni soczewki, nazywamy *komorą przednią (camera anterior)*. Łączy się z nią *komora tylna (camera posterior)*, na przekroju południkowym przestrzeń mniej więcej trójkątna, ogra-

niczona przez tylną powierzchnię tęczówki, przez części obwodowe przedniej powierzchni soczewki oraz przez ciało rzęskowe i wyrostki rzęskowe.

Błona zewnętrzna.

Jak to już wyżej zaznaczono, odróżniamy wśród błony zewnętrznej gałki oka dwa odcinki, niepodobne do siebie zarówno pod względem morfologicznym, jak i pod względem własności fizycznych. Część tylna, znacznie większa, zajmująca około trzech czwartych powierzchni gałki ocznej, składa się z nieprzeźroczystej *twardówki*. Ku przodowi, w t. zw. *rowku twardówkowym*, część ta przechodzi w odcinek przedni, w przeźroczystą *rogówkę (cornea)*. Obie te części, mimo pewne zasadnicze podobieństwa w planie budowy, wykazują tak znaczne różnice w szczegółach, że opis każdej z nich musi być podany osobno.

Twardówka.

Twardówka *(sclera)* jest nadzwyczaj mocną, zbitą błoną łącznotkankową, dzięki której gałka oczna zatrzymuje swój kształt. Ku przodowi, w bróździe twardówki, błona ta przechodzi bez przerwy w istotę podstawową rogówki. Ku tyłowi, w miejscu wejścia do gałki nerwu wzrokowego, twardówka przechodzi w pochwę zewnętrzną tego nerwu. Można wobec tego powiedzieć, że nerw wzrokowy wchodzi do gałki ocznej przez otwór w twardówce.

Barwa twardówki waha się pomiędzy błękitnawą bielą u dzieci, żółtawą bielą u starców, a szarą bielą u dorosłych. Największej grubości bo 1,2 mm. dosięga ta błona w okolicy nerwu wzrokowego. Ku przodowi grubość stopniowo się zmniejsza, aby na równiku spaść do 0,3 mm. Jeszcze dalej ku przodowi wnikające do twardówki ścięgna mięśni ocznych powodują jej zgrubienie aż do 0,6 mm.

Masa główna twardówki składa się z grubych wiązek tkanki łącznej ułożonych w liczne krzyżujące się warstwy. Pod względem kierunku odróżnić można wiązki o przebiegu południkowym i równikowym. Wiązki południkowe znacznie przeważają. Oprócz tak przebiegających wiązek, spotykamy też biegnące skośnie.

Obok wiązek włókien tkanki łącznej znajdujemy w twardówce i włókna sprężyste rozmaitej grubości o tym samym co tamte kierunku. Najwięcej zawierają ich warstwy wewnętrzne.

Wiązki włókien tkanki łącznej, składające twardówkę, pozostawiają między sobą szeroko rozgałęzioną sieć komunikujących ze sobą szczelin t. zw. *układ szczelin limfatycznych twardówki*. W tych szczelinach mieszczą się komórki gwiaździste, których długie wypustki łączą się z wypustkami komórek sąsiednich. W ten sposób powstaje sieć

substancji protoplazmatycznej, przenikająca całą twardówkę. Ku wewnątrz, t. j. w kierunku ku naczyniówce, komórki ułożone są gęściej, dzielące je wiązki włókien tkanki łącznej są cieńsze i wykazują znaczniejszą domieszkę włókien sprężystych. W komórkach gromadzi się barwik w większych lub mniejszych ilościach. W ten sposób powstaje warstwa barwikowa, oddzielająca twardówkę od naczyniówki, nazwana *blaszką cisawą twardówki* lub *blaszką nadnaczyniówkową (lamina fusca sclerae seu lamina suprachorioidea).*

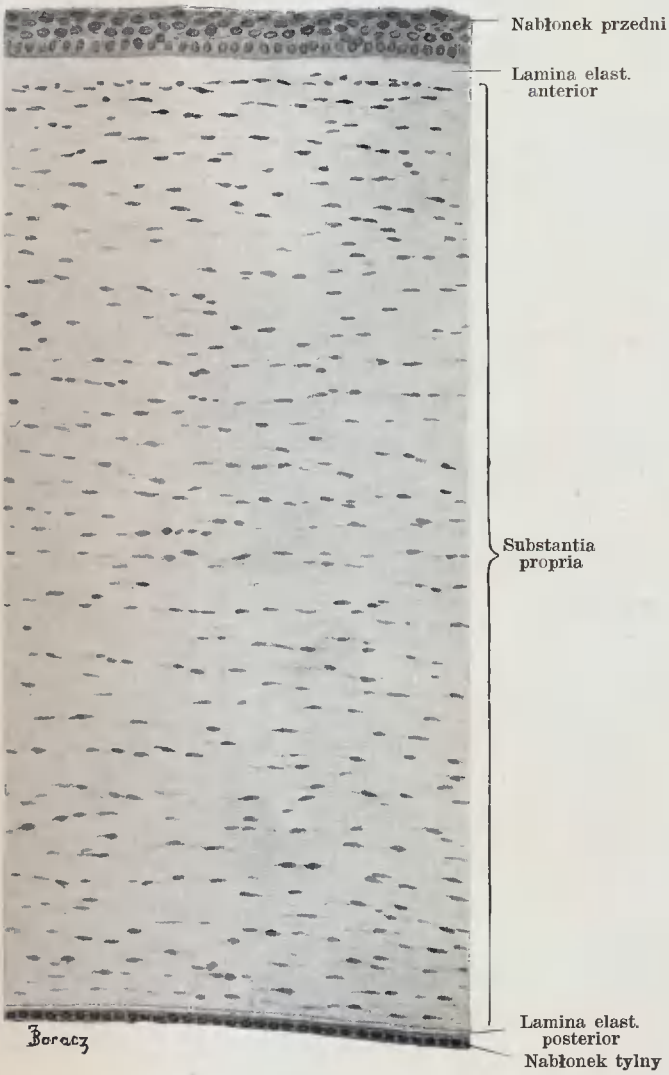
Zarówno nazewnątrz, od strony przestworu międzypowięziowego Tenona, jak od wewnątrz, od strony naczyniówki, granicę twardówki stanowi pojedyńcza warstwa komórek płaskich, podobnych do nabłonkowych. Komórki obu tych warstw przylegają ściśle do wiązek tkanki łącznej blaszki nadnaczyniówkowej, względnie do wiązek warstwy zewnętrznej twardówki. Granice komórek łatwo się dają uwydatnić zapomocą srebrzenia.

Nerwy twardówki wychodzą z nerwów rzęskowych *(nn. ciliares)*, które na drodze swej poprzez twardówkę oddają cienkie gałązki, złożone z włókien rdzennych, kończące się we wszystkich warstwach twardówki. Szczególnie obfitem unerwieniem odznacza się odcinek przedni twardówki, w którym nerwy tworzą splot kolisty. Włókna czuciowe tworzą tu zakończenia wolne rozmaitej postaci: spotykamy tu guziczki końcowe, buławki, zakończenia miotełkowate lub siateczkowate, zgrubienia końcowe płaskie, płytki, lub wiązki końcowe. W naczyniach twardówki wykrywamy zakończenia nerwów naczynioruchowych, wśród których przebiegu w obrębie twardówki spotyka się komórki zwojowe (Agababow, Eleonskaja).

Naczynia krwionośne twardówki wychodzą z tętnic rzęskowych długich przednich i tylnych (aa. ciliares longae anteriores i posteriores) i tworzą w zewnętrznych jej warstwach sieć, zwłaszcza dobrze rozwiniętą w części przedniej, w najbliższem sąsiedztwie rowka twardówki.

Rogówka.

Rogówka *(cornea)* stanowi część przednią zewnętrznej błony ściany gałki ocznej. Dzięki jej przeźroczystości promienie światła wchodzić mogą bez przeszkody do wnętrza oka. W skład rogówki wchodzą dwie części genetycznie różne. Jedna, tworząca pokrycie zewnętrzne rogówki, jest pochodzenia ektodermalnego; przechodzi ona na powierzchnię przednią rogówki ze spojówki gałki ocznej w postaci nabłonka wielowarstwowego. Część druga, biorąca początek z listka zarodkowego środkowego (mesoderma), tworzy główną masę rogówki i przechodzi ku tyłowi bez przerwy w twardówkę. Przejście to w warstwach przednich rogówki następuje wcześniej, niż w warst-



Ryc. 394.
Przekrój pionowy rogówki noworodka.
Pow. ok. 200 razy.

wach tylnych, skutkiem czego rogówka wygląda jak gdyby wprawiona w twardówkę *(rowek twardówkowy* albo *rowek rogówkowy)*.

Grubość rogówki wynosi na szczycie wypukłości 0,8 mm., a w rowku twardówki 1,1 mm. Powierzchnia przednia rogówki nie jest więc ściśle równoległa do tylnej.

W kierunku od przodu ku tyłowi rozróżnić możemy pięć następujących warstw rogówki (ryc. 394):

1. nabłonek przedni rogówki (epithelium corneae anterius),
2. blaszkę sprężystą przednią albo błonę Bowmana (lamina elastica anterior seu membrana Bowmani),
3. rogówkę właściwą (substantia propria corneae),
4. blaszkę sprężystą tylną albo błonę Descemeta (lamina elastica posterior),
5. nabłonek tylny rogówki (epithelium corneae posterius).

Z tych pięciu warstw tylko pierwsza rozwija się z listka zarodkowego zewnętrznego, wszystkie pozostałe są pochodzenia mezodermalnego.

1. *Nabłonek przedni rogówki* jest to nabłonek wielowarstwowy, u człowieka z pięciu warstw komórek złożony. Zwierzęta ssące posiadają zwykle więcej warstw komórek: pies i kot np. 7—8, owca 10, koń aż 13. U płazów natomiast liczba warstw jest mniejsza, niż u człowieka: żaba ma 3 warstwy, salamandra tylko 2.

Grubość nabłonka rogówki ludzkiej wynosi 0,05—0,1 mm. Na szczycie wyniosłości rogówki nabłonek bywa zwykle cieńszy, niż w pobliżu rowka twardówki (von Ebner).

Nabłonek przedni rogówki może być uważany za wzór nabłonka płaskiego wielowarstwowego. Rozróżniamy w nim trzy odrębne rodzaje komórek: w warstwach przypodstawnych — komórki walcowate, w środkowych — wieloboczne, w wierzchnich — płaskie. Komórki przypodstawne w rogówce ludzkiej są to dość wysokie komórki walcowate, leżące w szeregu, ściśle obok siebie. Szerokiemi podstawami spoczywają na blaszce sprężystej przedniej, górne zaś ich końce są zawsze zaokrąglone. Podczas gdy w warstwach zewnętrznych ciała sąsiednich komórek przylegają do siebie ściśle, w warstwie przypodstawnej istnieją między niemi wąskie szczeliny i szpary, poprzecinane nielicznemi mostkami protoplazmatycznemi, plazmodesmami, które łączą sąsiednie komórki. Jądra komórek walcowatych nie leżą nigdy w ich odcinkach dolnych, lecz pośrodku, albo rzadziej w górnej części komórki. W ten sposób powstaje w nabłonku przypodstawny pas protoplazmatyczny pozbawiony jąder.

Komórki środkowe nabłonka rogówki ułożone są w dwie warstwy, jedna ponad drugą. Warstwa głębsza składa się z komórek wielobocznych; wierzchnią tworzą komórki mniej lub więcej spła-

szczone. Na przekroju rogówki prostopadłym do powierzchni komórki te od strony zewnętrznej są zaokrąglone, ku wewnątrz zaś, wgłąb nabłonka wysyłają wypustki skrzydlaste lub listwowate, wchodzące pomiędzy wierzchołki komórek przypodstawnych. Ciała komórek warstw środkowych ściśle się stykają, nie pozostawiając pomiędzy sobą szczelin. Jądra ich są okrągłe lub owalne.

Komórki wierzchnie ułożone są również w dwie warstwy. Są to już komórki wybitnie spłaszczone, cienkie płytki z zagłębieniami i wypukleniami. Owalne jądra komórek warstwy zewnętrznej wypuklają niekiedy ciała komórkowe ku wewnątrz. Komórki te przylegają tak ściśle i dokładnie do siebie, że kontur zewnętrzny rogówki jest zupełnie równy i gładki.

W nabłonku przednim rogówki, nawet u ludzi dorosłych, obrazy podziału komórek nie należą bynajmniej do zjawisk rzadkich. Dotyczy to zwłaszcza warstwy przypodstawnej, chociaż i w warstwach środkowych gdzieniegdzie obraz taki spotkać można. Z głębszych warstw rogówki mogą przenikać leukocyty do nabłonka przedniego. Szczególnie często spotykamy je w opisanych szparach pomiędzy komórkami przypodstawnemi.

2. *Blaszka sprężysta przednia* czyli *błona Bowmana* nie ma nic wspólnego z tkanką sprężystą; jest to tylko zagęszczona i z tego powodu wyraźniej się od reszty odcinająca część rogówki właściwej. U człowieka grubość jej wynosi najczęściej 0,02 mm, jednak nie stale. U noworodków bywa zwykle silniej rozwinięta, niż u ludzi dorosłych (ryc. 394.) Z pośród zwierząt ssących jedynie małpy posiadają dobrze rozwiniętą błonę B o w m a n a. Jest to błona napozór jednorodna, zapomocą macerowania można ją jednak rozłożyć na włókna. Od strony zewnętrznej posiada ona delikatne ząbki, na których spoczywają podstawy komórek warstwy przypodstawnej nabłonka przedniego. Na obwodzie rogówki, tuż przed przejściem nabłonka rogówki w nabłonek spojówki, błona B o w m a n a kończy się zaokrągloną krawędzią.

3. *Istota właściwa rogówki* tworzy główną jej masę, zajmując na przekroju około 9/10 całej grubości. Jest to gruba błona łącznotkankowa, złożona z niezliczonej ilości włókien. Włókna te łączą się w blaszki, równolegle do powierzchni rogówki. Pomiędzy włóknami leżą duże, silnie rozgałęzione komórki, których wypustki wzajemnie się łączą, tworząc w ten sposób sieć protoplazmatyczną, przenikającą całą istotę właściwą.

Najważniejszym składnikiem istoty właściwej rogówki są *włókna rogówki* dość grube, obłe albo bardziej płaskie włókna łącznotkankowe. Przylegają one bardzo ściśle do siebie i tworzą ponad sobą ułożone blaszki łącznotkankowe, których liczba na grubość rogówki

ma wynosić 60 do 600. Najbardziej prawidłowy, równoległy do powierzchni przebieg mają blaszki warstw środkowych i tylnych rogówki. W każdej jednak poszczególnej blaszce włókna biegną we wszelkich możliwych kierunkach. Zdarza się przytem, że włókna z jednej blaszki przechodzą do innej, co sprawia, że w danem miejscu zaciera się nieco budowa blaszkowata rogówki. W warstwach przednich spotykamy skrzyżowania włókien i wiązek włókien, mianowicie niektóre wiązki drążą z warstw głębszych skośnie ku przodowi i łączą się z błoną Bowmana (*włókna łukowate, fibrae arciformes*, Rollet), z drugiej zaś strony pewne wiązki z warstw przednich przenikają skośnie ku tyłowi.

Co łączy włókna w pęczki i blaszki, jak również utrzymuje w połączeniu poszczególne blaszki: czy spaja je jakiś odrębny kit, czy też bez substancji klejącej elementy tkankowe są tak ściśle obok siebie ułożone, nie zostało dotychczas rozstrzygnięte.

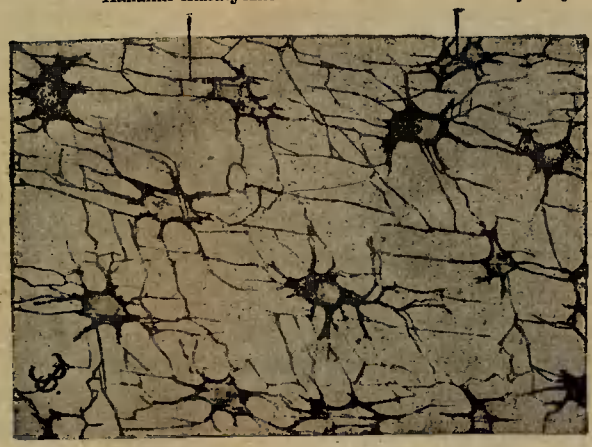
Pomiędzy włóknami tkanki łącznej spotyka się i włókna sprężyste, naogół jednak w niewielkiej ilości; jedynie w tylnych warstwach rogówki ludzkiej występują one nieco liczniej.

Dalszym ważnym czynnikiem istoty właściwej są *stałe komórki rogówki* czyli *ciałka rogówki* (ryc. 395). Na preparatach traktowanych barwikami, przeznaczonemi do uwydatnienia jądra i zabarwienia protoplazmy, widać tylko jądra tych ciałek. Leżą one licznie w postaci ciał owalnych na wiązkach włókien tkanki łącznej. Dopiero na preparatach złoconych przekonać się można, że każdemu z tych jąder odpowiada osobne ciało komórkowe. Wielkość komórek tych wzrasta stopniowo idąc od przednich warstw rogówki ku warstwom tylnym. Są to komórki zupełnie płaskie, błoniaste, z których we wszystkich kierunkach wychodzą długie wypustki. Większe wypustki wysyłają pod kątem prostym mniejsze gałązki. Skutkiem łączenia się wypustek grubszych, obwodowa część komórki zawiera czasami otwory, jakby okienka. W rogówce żaby wypustki odchodzące z powierzchni komórek w kształcie szerokich płatów łączą się z wypustkami komórek sąsiednich. Powstaje w ten sposób sieć protoplazmatyczna, przenikająca całą grubość istoty właściwej. Czy chodzi tutaj o prawdziwe syncycjum (Élouí), czy też wypustki poszczególnych komórek łączy jakaś substancja klejąca (Hoyer), jest na razie kwestją otwartą. Ballowitz w komórkach opisanych wykrył ciałka środkowe.

Komórki leżą pomiędzy blaszkami w osobnych przestworach, czyli jamach, których ściany tworzy substancja samych blaszek, a może nadto specjalna substancja, spajająca ze sobą poszczególne blaszki. W ten sposób powstaje w tkance rogówki właściwej układ szerszych i węższych przestworów, odpowiadający sieci protoplazma-

tycznej utworzonej z komórek. Nazywamy go *układem szczelin limfatycznych* rogówki. Szczeliny te można uwydatnić łatwo zapomocą srebrzenia rogówki. Włókna rogówkowe wraz z istotą międzywłókienkową barwią się ciemno-brunatno, gdy tymczasem szczeliny limfatyczne i leżące w nich komórki pozostają niezabarwione. Obraz zatem, jaki daje preparat srebrzony, stanowi negatyw obrazu, jaki daje preparat złocony, będący niejako pozytywem (ryc. 396 i 397).

Według teorji szczelin limfatycznych, poraz pierwszy przez v. Recklinghausena podanej, komórki wraz z wypustkami przenikają ten układ szczelin, nie wypełniają go jednak całkowicie: pomiędzy protoplazmą komórki, a ścianą szczeliny pozostaje wszędzie



Ryc. 395.

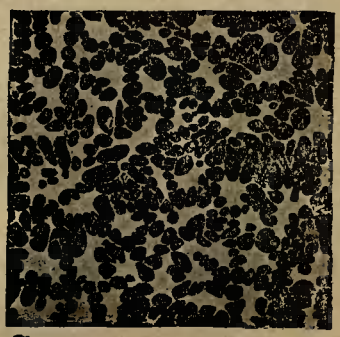
Istota właściwa rógówki wołu. Przekrój równoległy do powierzchni rogówki
Obraz pozytywny układu kanalików, otrzymany zapomocą złocenia. Powiększ. ok. 450 razy.

przestrzeń wolna, w której krążyć może limfa. Dla pozbawionej naczyń rogówki jest to urządzenie bardzo ważne. Teorja przestworów limfatycznych, przypuszczająca istnienie otwartych połączeń pomiędzy naczyniami a szczelinami limfatycznemi licznych pozyskała zwolenników (Schweigger-Seidel, Arnold, Waldeyer i w. in.), znalazła jednak i wielu przeciwników (His, Engelmann, Leber i wielu innych). Sprawa to i dziś jeszcze sporna. Najbardziej ważkim dowodem, przeciw tej teorji przemawiającym, jest fakt, że nikt dotąd nie zdołał nastrzyknąć naczyń limfatycznych twardówki przez szczeliny limfatyczne rogówki.

Oprócz tych *stałych komórek rogówki* spotykamy w istocie właściwej, jak zresztą wszędzie w tkance łącznej, liczne *komórki wędrujące*, które w rogówce żaby w ruchu obserwować można.

W wieku podeszłym gromadzi się w odcinkach obwodowych rogówki, w tkance właściwej zarówno w wiązkach łącznotkankowych, jak w ciałkach rogówkowych tłuszcz w postaci drobnych kropelek. Powstaje skutkiem tego na obwodzie rogówki zmętnienie w kształcie pierścienia, t. zw. *obwódka starcza (gerontoxon)*.

4. *Blaszka sprężysta tylna* albo *błona* Descemeta *(lamina elastica posterior seu membrana* Descemeti) stanowi tak samo, jak błona Bowmana, część istoty właściwej. Występuje ona w postaci błony bezpostaciowej, najczęściej wszelkiej budowy pozbawionej. Najcieńsza bywa ona na szczycie wypukłości rogówki (6—7 μ); ku obwodowi stopniowo grubieje (do 10—12 μ). Wbrew temu, co o błonie Bowmana podano, błona Descemeta zawsze bywa dobrze rozwinięta (ryc. 394). Odznacza się niezwykłą odpornością, nie ulega



Ryc. 396.

Ryc. 397.

Istota właściwa rogówki wołu. Przekrój równoległy do powierzchni rogówki.
Obraz negatywny, otrzymany zapomocą srebrzenia. Układ kanalików pozostał jasny, niezabarwiony. Powiększ. na ryc. 396 wynosi ok. 100 razy, na ryc. 397 — ok. 260 razy.

działaniu kwasów i zasad, nie rozpuszcza się w wodzie wrzącej, trawi się jednak w trypsynie. Zachowanie się jej względem barwików świadczy o pewnem podobieństwie do tkanki sprężystej. Zapomocą macerowania można ją rozłożyć na pojedyńcze blaszki.

5. *Nabłonek tylny rogówki* albo *śródbłonek rogówki* składa się z jednej warstwy niskich, prawie płaskich komórek wielobocznych. Komórki są tak niskie, że jądra wypuklają ich kontur w stronę komory przedniej. Należą do t. zw. komórek kolczastych, jakie spotykamy w warstwie kolczastej naskórka. Partje obwodowe ich protoplazmy zawierają włókna, które przechodzą z komórki do komórki, przecinając po drodze przestrzenie międzykomórkowe. Ballowitz opisał w tych komórkach u kota dwa ciałka środkowe, otoczone sferą znacznej wielkości. W ciele komórek mają się znajdować również krystaloidy w postaci igieł. Prawdopodobnie krystalizują one

z cieczy komory przedniej i mogą w razie potrzeby znowu przechodzić do roztworu. W ten sposób komórki nabłonka mają utrzymywać ciecz komory przedniej stale w tej samej procentowej zawartości białka.

Nerwy rogówki wychodzą z nerwów rzęskowych (nn. ciliares), które wspólnie ze swemi gałązkami, przeznaczonemi dla rogówki, tworzą w rowku twardówki splot, t. zw. *splot obrączkowy (plexus annularis)*. Ze splotu wchodzi do głębszych warstw istoty właściwej rogówki około 60 drobnych, już bezrdzennych pni nerwowych, które szybko się rozgałęziają w delikatne, ozdobne drzewka. Z połączenia się tych gałązek powstaje w głębszych warstwach istoty właściwej *splot nerwowy główny*. Odchodzące od tego splotu cienkie gałązki przebijają przednią błonę podstawową *(rami perforantes)* i dzielą się na mnóstwo cieniutkich gałązek. Z ich połączenia powstaje bardzo gęsty *splot podnabłonkowy (plexus subepithelialis)*, leżący między nabłonkiem i błoną Bowmana. Gałązki, wchodzące prostopadle z tego splotu do nabłonka, dzielą się tutaj jeszcze raz lub dwa razy i kończą się wolno drobnemi guziczkami pomiędzy komórkami, dochodząc nieraz aż do zewnętrznej warstwy nabłonka. Oprócz tych włókien, przeznaczonych dla nabłonka, oddzielają się od pni nerwowych splotu głównego włókna, które w powierzchniowych warstwach istoty właściwej tworzą *splot podstawowy (plexus subbasalis)*, a głębiej pomiędzy blaszkami rogówki, kilka drobniejszych splotów nerwowych. Włókna te kończą się na krawędzi rogówki jużto wolno, rozszerzeniem końców włókienka, (płytkami końcowemi), już też, za pośrednictwem kłębków, jakie też znajdujemy w znacznej liczbie w spojówce (Dogiel). Każde włókno nerwowe, wzgl. każdy pień nerwowy w obrębie substancji właściwej rogówki jest otoczony pochewką limfatyczną.

Błona środkowa.

Opiszemy naprzód odcinki tylne błony środkowej ściany gałki ocznej, t. j. *naczyniówkę (chorioidea)*, następnie zaś przejdziemy do opisu odcinka przedniego, t. j. do *ciała rzęskowego (corpus ciliare)* wraz *z wyrostkami rzęskowymi (processus ciliares) i tęczówką (iris)*.

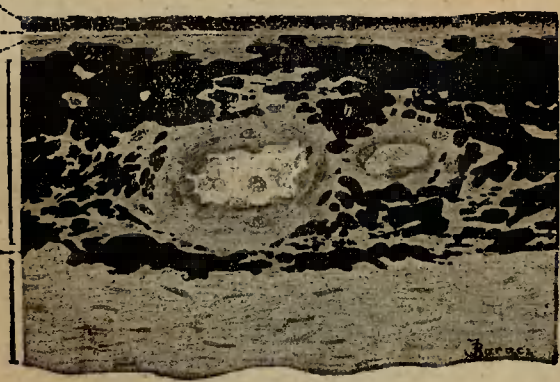
a. Naczyniówka.

Naczyniówka (chorioidea) jest błoną łącznotkankową, odznaczającą się obfitością naczyń. Z twardówką łączy ją, dość luźno naogół, blaszka nadnaczyniówkowa *(lamina fusca)* zaliczana też często do naczyniówki. Jedynie u wejścia nerwu wzrokowego i w okolicy plamki żółtej *(macula lutea)* związek pomiędzy naczyniówką i twardówką jest ściślejszy. Rozróżniamy trzy warstwy w naczy-

niówce, nie mające jednak granic wyraźnych, lecz przechodzące stopniowo jedna w drugą (ryc. 398); warstwy te, idąc od zewnątrz ku wewnątrz, są następujące:

1. *naczyniówka właściwa (chorioidea propria),*
2. *naczyniówka włosowata (choriocapillaris)*
3. i *blaszka podstawowa (lamina basalis).*

1. *Naczyniówka właściwa,* zwana także *blaszką naczyniową* Hallera *(lamina vasculosa* Halleri) zawiera naczynia grubsze w ten sposób się rozgałęziające, że pnie naczyniowe leżą bardziej na zewnątrz, ich gałęzie zaś i gałązki — bardziej na wewnątrz. Skutkiem tego zarówno tętnice, jak żyły naczyniówki, w miarę posuwania się ku warstwom wewnętrznym błony, stają się coraz cieńsze. Na-



Ryc. 398.
Przekrój pionowy naczyniówki i części twardówki małpy.
Powiększ. ok. 440 razy.

czynia leżą tu wśród tkanki łącznej, odznaczającej się obfitością włókien sprężystych i gwiaździstych komórek barwikowych. Wiązki włókien łącznotkankowych układają się w liczne blaszki, włókna sprężyste, przeważnie bardzo cienkie, tworzą rozległe sieci. Z pomiędzy naczyń większe żyły, zwłaszcza t. zw. żyły wirowate, które, opiszemy niżej, otacza odrębna pochewka łącznotkankowa limfatyczna, wysłana warstwą nabłonka płaskiego.

Wiele zwierząt, np. większość naszych zwierząt domowych, z wyjątkiem świni, posiada na wewnętrznej stronie naczyniówki właściwej swoistą warstwę, grubości do 0,4 mm., zwaną *makatą (tapetum).* Warstwa ta składa się u jednych zwierząt (przeżuwające, jednokopytne) ze ściśle ułożonych włókien tkanki łącznej z rozrzuconymi pośród nich płaskiemi fibroblastami, u innych zaś (drapieżne) — z wielkich komórek płaskich kształtu wielobocznego, ułożonych

w kilka warstw i zawierających liczne bezbarwne kryształki. Wobec tego, że ponad makatą niema barwika siatkówkowego, owa warstwa kryształków powoduje silne odbijanie się znacznej części promieni światła, wpadających do oka, i wywołuje świecenie oczu tych zwierząt.

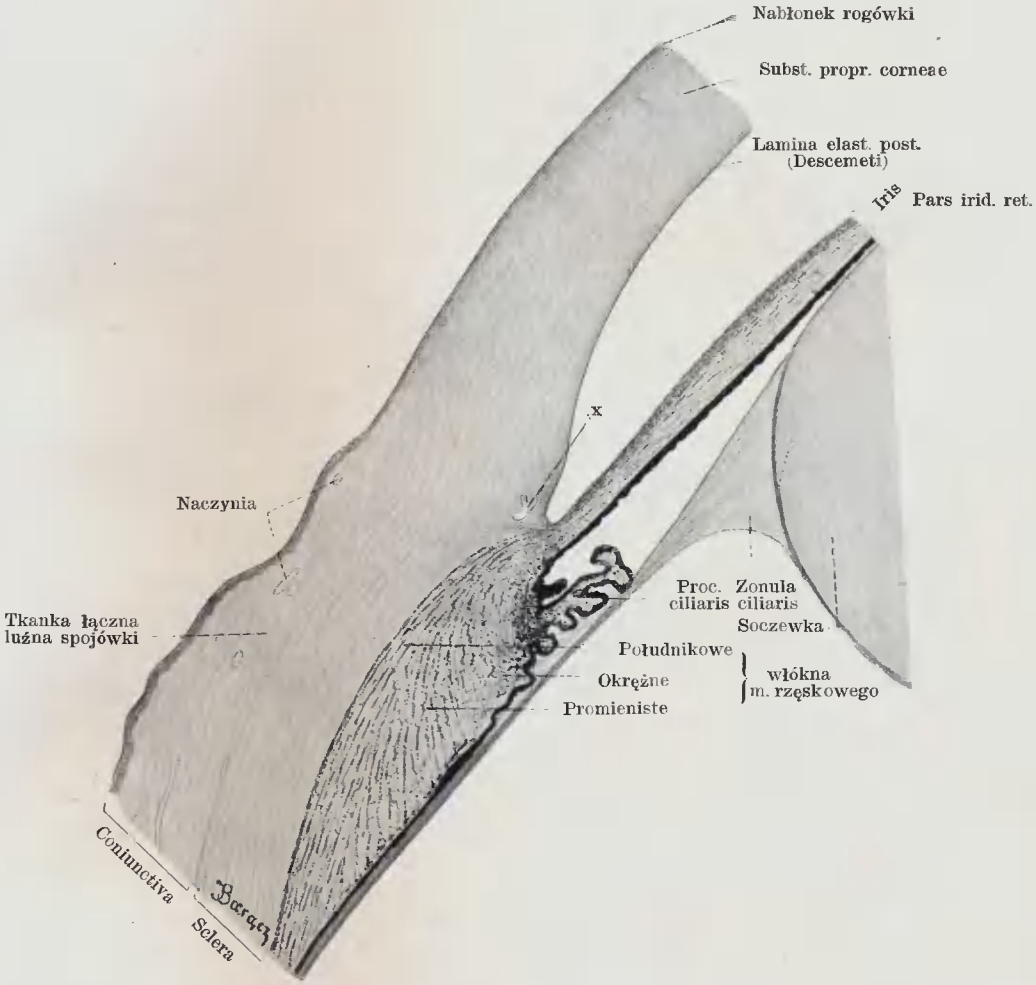
2. *Naczyniówka włosowata* zawiera naczynia włosowate, należące do naczyń naczyniówki właściwej, i jest od niej odgraniczona jednolitą warstwą komórek, t. zw. *warstwą podwłosowatą* (stratum subcapillare [Sattler]). Naczynia włosowate leżą tu wśród jednorodnej, bezpostaciowej istoty podstawowej i służą do odżywiania zewnętrznych warstw siatkówki, które są pozbawione naczyń.

3. *Blaszka podstawowa* jest to błona grubości zaledwie około 2 μ. Składa się z warstwy wewnętrznej, jednorodnej, i zewnętrznej, zbudowanej z bardzo delikatnych siatek sprężystych (Smirnow). Tę warstwę zewnętrzną nazywamy również *warstwą nadwłosowatą (stratum supracapillare)*. Blaszka podstawowa przylega do nabłonka barwikowego siatkówki.

b. Ciało rzęskowe.

Ciało rzęskowe rozciąga się w kształcie pierścienia od rąbka zębatego (ora serrata) do korzenia tęczówki. Na przekroju południkowym przedstawia się jako przedłużenie i zgrubienie naczyniówki o kształcie trójkątnym. Tuż za naczyniówką, w kierunku ku przodowi spotykamy najpierw *kółeczko rzęskowe (orbiculus ciliaris)*. Jest to zgrubiała naczyniówka, pozbawiona warstwy naczyniówki włosowatej. Dalej idzie *korona rzęskowa (corona ciliaris)*, składająca się z *płytki podstawowej* oraz z wychodzących z tej płytki *wyrostków rzęskowych (processus ciliares)*, i ciągnie się ku przodowi do korzenia tęczówki. Od strony zewnętrznej do kółeczka rzęskowego i do płytki podstawowej przylega *mięsień rzęskowy (musculus ciliaris)*, grubiejący stopniowo od tyłu ku przodowi i stanowiący główną masę ciała rzęskowego. Zacznijmy od opisu tego mięśnia (ryc. 399).

Mięsień rzęskowy oddziela od twardówki prawie zawsze wyraźnie rozwinięta blaszka nadnaczyniówkowa *(lamina fusca)*. W oku ludzkiem, podobnie jak w oczach wszystkich zwierząt ssących, mięsień ten składa się z komórek mięsnych gładkich, długości 50—75 μ, które w całej grubości ciała rzęskowego trojaki mają przebieg. Najbardziej na zewnątrz wysunięte wychodzą z pośród naczyń naczyniówki właściwej tam, gdzie się zaczyna kółeczko rzęskowe, i biegną równolegle do powierzchni gałki ocznej pod blaszką nadnaczyniówkową ku przodowi. Przyczepiają się w miejscu, w którem graniczy rogówka z twardówką, w okolicy brózdy twardówki; te wiązki mięśni nazywamy *odcinkiem południkowym mięśnia rzęskowego* albo *mięśniem napinającym tęczówkę* cz. Brückego *(portio meridionalis seu mus-*



Ryc. 399.

Przekrój południkowy ciała rzęskowego oka małpy.

x = Sinus venosus sclerae. Pow. ok. 30 razy.

culus tensor chorioïdeae [Brücke]). Bliżej wnętrza gałki ocznej pęczki włókien mają przebieg bardziej łukowaty, a mianowicie taki, że w okolicy kąta i korzenia tęczówki, t. j. z miejsca swego przyczepu, rozchodzą się wachlarzowato ku wewnętrznej powierzchni ciała rzęskowego. Tę część włókien nazywamy *odcinkiem promienistym mięśnia rzęskowego (portio radiata m. ciliaris)*. W kącie wewnętrznym ciała rzęskowego, wsterczającym do wnętrza gałki ocznej, spotykamy jeszcze jedną grupę pęczków mięsnych. Na skrawkach gałki południkowych widzimy ich przekroje poprzeczne, przebieg ich zatem w gałce ocznej jest kolisty, odpowiadający równikowi gałki. Tę ostatnią grupę mięśni, tworzącą pierścień, nazywamy *odcinkiem równikowym* albo *mięśniem* Müllera.

Działanie mięśnia rzęskowego polega na tem, że skutkiem jego skurczu powstaje zwiotczenie *więzadełka rzęskowego (zonula ciliaris)*, które, jak zobaczymy niżej, jest więzadłem wieszadłowem soczewki. W stanie spoczynku mięśnia więzadło to stale rozciąga soczewkę i tem samem powoduje jej spłaszczenie, natomiast podczas skurczu mięśnia rzęskowego rozciąganie to ustaje, obwódka rzęskowa wiotczeje, a soczewka powrócić może do właściwej sobie postaci, bardziej wypukłej. Zjawisko to nazywamy nastawianiem czyli akkomodacją oka.

Płytka podstawowa ciała rzęskowego, przylegająca do mięśnia rzęskowego od jego strony wewnętrznej, składa się z tkanki łącznej włóknistej ze znaczną ilością komórek barwikowych. Na wewnątrz od niej leży zgrubiała blaszka podstawowa naczyniówki *(lamina basalis chorioideae)*, następnie zaś nabłonek dwuwarstwowy t. zw. *część rzęskowa siatkówki (pars ciliaris retinae)*, stanowiąca przedłużenie błony wewnętrznej oka na ciało rzęskowe.

Z płytki podstawowej ciała rzęskowego wznoszą się *wyrostki rzęskowe (processus ciliares)*. Widziane od strony wnętrza oka wyglądają jak wieniec, złożony z cienkich fałdów, przebiegających w liczbie około 70 w kierunku południków i zbieżnie ku przodowi. Każdy fałd, biorąc początek z płytki podstawowej w okolicy kółeczka rzęskowego, wznosi się stopniowo ku przodowi i, po dojściu do 1 mm. wysokości, obniża się szybko ku korzeniowi tęczówki. Na drodze tej, wynoszącej 2—3 mm., każdy fałd tworzy liczne wyniosłości drugorzędne. Krawędzie wyrostków rzęskowych, sterczących wgłąb komory tylnej oka, prawdopodobnie nie dotykają torebki soczewkowej, przynajmniej w oku ludzkiem. Zdaje się, że inaczej jest u wszystkich prawie naszych zwierząt domowych. O budowie wyrostków rzęskowych niewiele da się powiedzieć. Tak samo, jak płytka podstawowa ciała rzęskowego, składają się one z tkanki łącznej włóknistej z komórkami barwikowemi. Od wewnątrz przylega do nich

zgrubiała blaszka podstawowa naczyniówki, na której leży *część rzęskowa siatkówki (pars ciliaris retinae)*, jako nabłonek dwuwarstwowy.

Rola fizjologiczna wyrostków rzęskowych polega na tem, że wydzielają ciecz wodną do komory tylnej oka.

c. Tęczówka.

Tęczówka (iris) stanowi najbardziej przedni odcinek błony środkowej oka i może być uważana za bezpośrednie przedłużenie płytki podstawowej ciała rzęskowego. Z twardówką, albo raczej z pograniczem rogówki i twardówki, oraz z przednim odcinkiem ciała rzęskowego łączy się tęczówka w sposób nader skomplikowany. W tym t. zw. *kącie tęczówki*, z najbardziej obwodowych partyj jej powierzchni przedniej, wychodzą liczne wyrostki łącznotkankowe, które ciągną się ku granicy rogówki z twardówką, przebijają tu blaszkę sprężystą tylną rogówki (błonę Descemeta), zawracają następnie ku tyłowi i dochodzą do t. zw. *wału twardówki*. Wyrostki owe noszą nazwę *wyrostków tęczówki* albo jako całość nazwę *więzadła grzebieniastego tęczówki (ligamentum pectinatum iridis)*. Są one pokryte płaskiemi komórkami i stają się ku tyłowi coraz cieńsze i coraz uboższe we włókna klejodajne. Wyrostki tęczówki rozgałęziają się i łączą się ze sobą, skutkiem czego powstaje sieć, wypełniająca kąt tęczówki czyli tak zwany *przestwór* Fontany. Przestwór ten, jak później zobaczymy, bardzo wielkie posiada znaczenie dla odprowadzania cieczy wodnej w oku.

W tęczówce rozróżnić można wąską strefę wewnętrzną, bezpośrednio otaczającą źrenicę, *strefę źreniczną (zona pupillaris)*, oraz zewnętrzną, *strefę rzęskową (zona ciliaris)*, trzy do czterech razy od tamtej szerszą. Strefa rzęskowa, najcieńsza na obwodzie, grubieje stopniowo aż do granicy ze strefą źreniczną, która znów ku krawędzi źrenicy zwolna traci na grubości. Grubość tęczówki jest oczywiście w wysokim stopniu zależna od szerokości źrenicy.

W kierunku od przodu ku tyłowi rozróżniamy następujące warstwy tęczówki:

1. nabłonek przedni,
2. przednią warstwę graniczną,
3. warstwę naczyniową czyli zrąb tęczówki (stroma),
4. tylną warstwę graniczną i
5. nabłonek tylny czyli część tęczówkową siatkówki *(pars iridica retinae)*.

1. *Nabłonek przedni tęczówki* jest bezpośredniem przedłużeniem wyściółki nabłonkowej wyrostków tęczówki, a więc pośredniem przedłużeniem nabłonka tylnego rogówki. Nabłonek ów pokrywa

powierzchnię przednią tęczówki w postaci pojedyńczej lecz ciągłej warstwy wielobocznych komórek płaskich. Zdaje się jednak, że u ludzi wieku podeszłego, i to zwłaszcza w nieregularnych zagłębieniach, jakie wykazuje powierzchnia przednia tęczówki, warstwa nabłonkowa niezawsze bywa ciągła.

2. *Przednia warstwa graniczna* składa się ze ściśle ułożonych komórek rozgałęzionych, które u osobników o ciemniejszej barwie tęczówki zawierają barwik. Pomiędzy komórkami przebiega splot bardzo cienkich włókien klejodajnych. Warstwa ta przechodzi bez wyraźnej granicy w zrąb tęczówki, którego tylko zagęszczony odcinek stanowi.

3. *Zrąb czyli warstwa naczyniowa tęczówki* zawiera jako osnowę tkankę łączną bardzo luźną. Drobne jej wiązki krzyżują się i przeplatają wielokrotnie, pozostawiając jednak dość szerokie oczka. Jedynie wokoło licznych naczyń i nerwów tkanka łączna staje się bardziej zbita. Pozatem zrąb tęczówki zawiera jeszcze swoiste *komórki zrębowe* (ryc. 54). Są to rozgałęzione komórki tkanki łącznej, których wypustki zlewają się z wypustkami komórek sąsiednich, skutkiem czego powstaje sieć komórkowa, przenikająca cały zrąb tęczówki. Komórki, o których mowa, mogą zawierać większą lub mniejszą ilość barwika albo nie zawierać go wcale. Im więcej w nich nagromadzonego barwika, tem ciemniejszem wydaje się oko; oczy niebieskie wogóle barwika w komórkach zrębowych nie zawierają.

Wśród zrębu tęczówki w okolicy strefy źrenicznej, i to bliżej powierzchni tylnej, niż przedniej, znajdujemy gładkie komórki mięsne, ułożone kolisto. Zbiór tych komórek tworzy dokoła źrenicy pierścień mięśniowy, zwany *mięśniem zwieraczem źrenicy (musculus sphincter pupillae)*. Obok tego w odcinkach wewnętrznych strefy rzęskowej i zewnętrznych strefy źrenicznej biegną jeszcze pojedyńczo rozrzucone wiązki komórek mięsnych, promienisto ułożone. Do krawędzi źrenicy włókna te nie sięgają i tworzą w całości mięsień, zwany *mięśniem rozwieraczem źrenicy (musculus dilatator pupillae)*.

4. Poglądy na *warstwę graniczną tylną* czyli błonę Brucha z biegiem czasu zasadniczym uległy zmianom. Nigdy nie grubsza nad 2 μ, zawsze zachowująca wygląd szklisty, przeważnie uważana też była za błonę szklistą. W czasach nowszych przeważać zaczął pogląd, że błona Brucha ma być cieniutką błoną mięsną. Według Levinsohna, Grynfeldta i innych składa się ona ze ściśle ułożonych komórek mięsnych gładkich o jądrach pałeczkowatych. Większość autorów (von Szily, Herzog, Stock, Zietschmann) uważa wprawdzie błonę Brucha również za utwór mięśniowy, lecz nie samodzielny; zaliczają ją bowiem do warstwy wewnętrznej części tęczówkowej siatkówki *(pars iridica retinae)*. Skła-

dające ją komórki zawierają mianowicie dużo barwika jedynie w odcinkach tylnych, zwróconych ku ciału szklistemu i zawierających jądra. Ku przodowi przechodzą one w wypustkę, wychodzącą z ciała komórki skośnie i pozbawioną barwika. Skutkiem tego, że wypustki wszystkich komórek obok siebie się układają, powstaje właśnie błona Bruch a, nie wykazująca jąder. Jako złożona z komórek kurczliwych, błona ta zasługuje na nadaną jej przez Henlego nazwę *błony rozwierającej źrenicę (membrana dilatatrix pupillae).*

5. *Część tęczówkowa siatkówki (pars iridica retinae)* albo *nabłonek tylny tęczówki* znajdzie uwzględnienie w opisie budowy siatkówki.

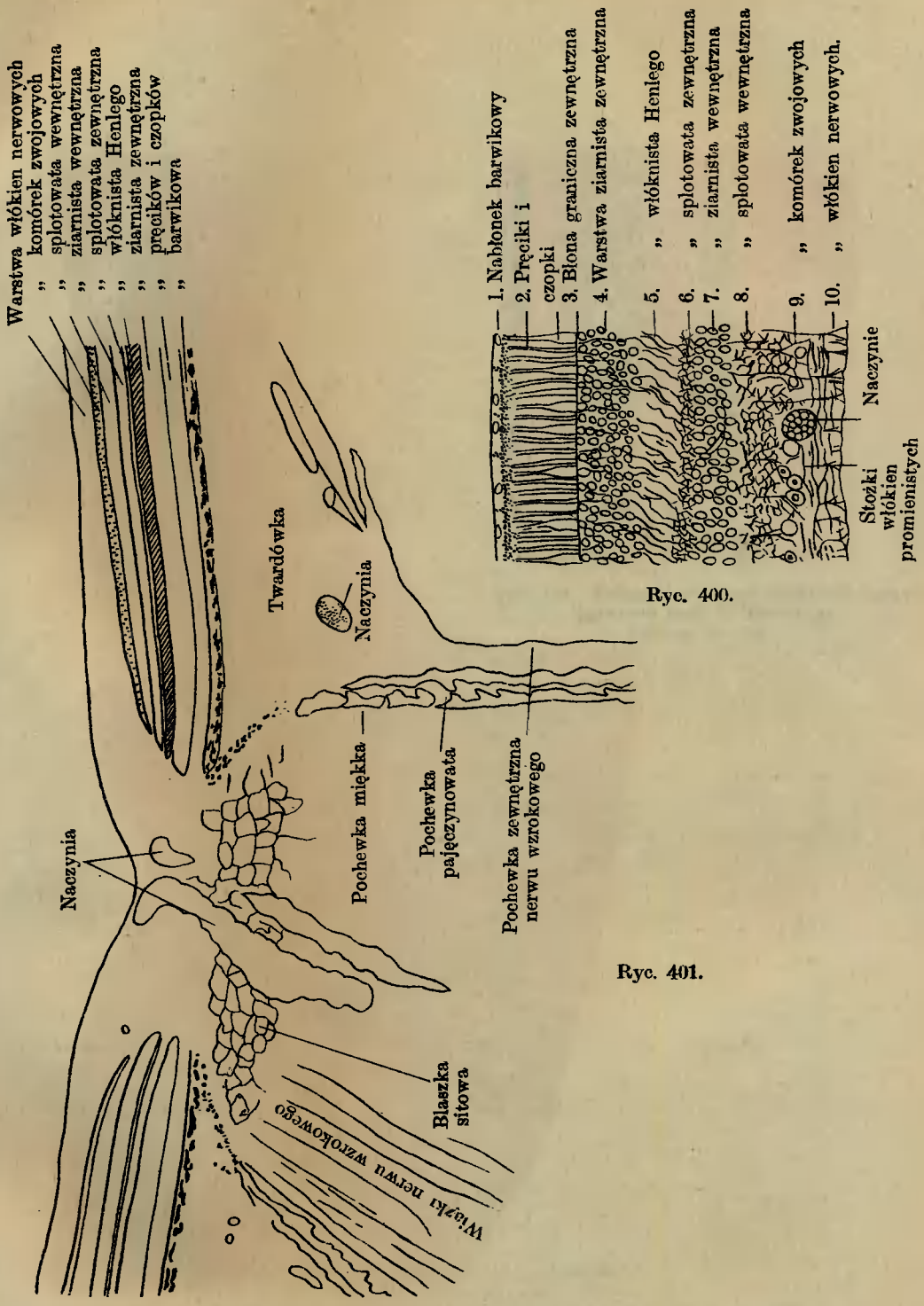
Nerwy błony środkowej oka pochodzą z nerwów rzęskowych długich i krótkich *(nervi ciliares longi et breves)*, które biegną pomiędzy naczyniówką i twardówką mniej lub bardziej daleko ku przodowi. Odchodzące od nich gałązki tworzą w naczyniówce splot, który ma zawierać też komórki zwojowe i oddaje gałązki do naczyń. Wszystkie nerwy błony środkowej oka są otoczone pochewkami limfatycznemi.

W *ciele rzęskowem* nerwy tworzą również gęsty splot, wyposażony w komórki zwojowe *(plexus gangliosus ciliaris)*, który oplata komórki mięsne. Odgałęzienia splotu wchodzą częściowo do wyrostków rzęskowych, częściowo zaś kończą się w samem ciele rzęskowem. Tutaj jedne gałązki nerwowe kończą się na naczyniach w postaci guziczków końcowych, inne zaś gałązki kończą się w podobny sposób w komórkach mięsnych. Pomiędzy temi ostatniemi znajdują się jeszcze zakończenia czuciowe w postaci rozgałęzień drzewkowatych albo też przypominających rogi jelenie. Mają to być według Agababowa nerwy czucia mięśniowego.

Z tego samego splotu odgałęziają się też *nerwy tęczówki.* Tworzą one wśród niej delikatny splot, który włóknami swemi zaopatruje naczynia i mięśnie. Zdaje się, że w skład splotu tęczówkowego zwierząt ssących i człowieka komórki zwojowe nie wchodzą.

Błona oka wewnętrzna.

Błona oka wewnętrzna, siatkówka (retina) składa się z dwóch listków. Zewnętrzny z nich jest częścią niewpukloną pęcherzyka ocznego pierwotnego, wewnętrzny — częścią wpukloną. Z listka zewnętrznego powstaje jedynie pojedyńcza warstwa nabłonka, zawierającego barwik. Listek wewnętrzny natomiast bardzo znacznej stosunkowo dosięga grubości i składa się u człowieka dorosłego z wielu warstw komórek rozgałęzionych o zawiłej budowie. Możemy wśród nich rozróżnić swoiste komórki zrębowe, pozatem komórki, przekształcone w narządy, odbierające wrażenia, wreszcie typowe komórki nerwowe. Pierwsze z wymienionych tu komórek zajmują całą



Ryc. 400. Przekrój podłużny przez miejsce wejścia nerwu wzrokowego człowieka Barwione metodą Biondiego.

Pow. ok. 70 razy.

Ryc. 401. Przekrój pionowy siatkówki małpy. Barwione metodą Biondiego.

Pow. ok. 330 razy.

Ryc. 401. Przekrój pionowy siatkówki małpy
Barwione metodą Biondiego.
Pow. ok. 330 razy.

Ryc. 400. Przekrój podłużny przez miejsce wejścia nerwu wzrokowego człowieka
Barwione metodą Biondiego.
Pow. ok. 70 razy.

grubość listka wewnętrznego; drugie tworzą jego warstwę zewnętrzną, a nawet zagłębiają się pomiędzy składniki listka zewnętrznego; wreszcie komórki nerwowe wraz z wypustkami tworzą warstwy wewnętrzne siatkówki, a mianowicie część jej najznaczniejszą. Neuryty komórek warstwy wewnętrznej zbierają się w brodawce nerwu wzrokowego *(papilla nervi optici)*, przez którą jako włókna nerwu wzrokowego opuszczają siatkówkę i wogóle oko, aby wejść do mózgu.

Siatkówka zaczyna się na obwodzie brodawki nerwu wzrokowego skośnie ściętą krawędzią i, ciągnąc się stąd ku przodowi, wyściela całą powierzchnię wewnętrzną gałki ocznej. W miarę posuwania się ku przodowi staje się stopniowo coraz cieńsza. Gdy grubość jej w osi oka wynosi około 0,5 mm., spada na początku rąbka zębatego *(ora serrata)* do 0,14 mm. W okolicy tej siatkówka traci już składniki nerwowe, służące do odbierania wrażeń świetlnych, i ogranicza się do dwuwarstwowego nabłonka środkowej błony gałki ocznej, mającego na początku grubość około 50 μ. Nabłonek ten pokrywa ciało rzęskowe, wyrostki rzęskowe i powierzchnię tylną tęczówki. Na tej podstawie rozróżnić możemy w siatkówce: *część wzrokową (pars optica), część rzęskową (pars ciliaris) i część tęczówkową (pars iridica).*

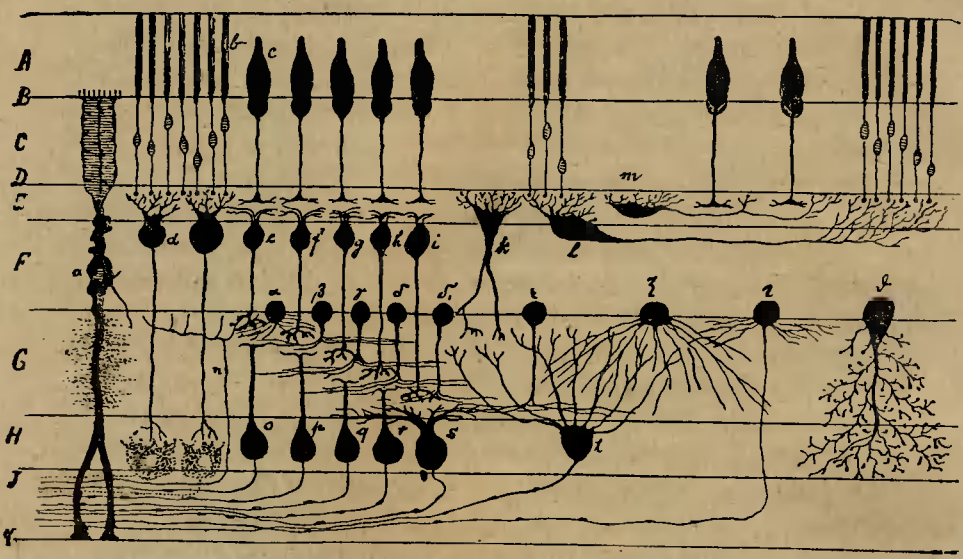
Tam gdzie linja widzenia *(linea visus)* trafia tylną powierzchnię gałki ocznej, a więc nieco lateralnie od punktu, w którym się z nią przecina oś oka *(axis optica)*, znajdujemy na siatkówce wśród owalnej, w największej średnicy 2 mm. wynoszącej *plamce żółtej (macula lutea)*, lekkie zagłębienie t. zw. *dołeczek środkowy (fovea centralis).*

Przyjrzyjmy się najpierw na skrawku z części wzrokowej siatkówki składnikom siatkówki, a następnie zobaczymy, jakim zmianom ulegają te składniki w różnych okolicach powierzchni wewnętrznej gałki ocznej.

Część wzrokowa siatkówki.

Na rycinie 400 widzimy obraz przekroju poprzecznego siatkówki małpy. Z łatwością możemy tu rozróżnić następujące warstwy. Najbardziej na zewnątrz leży jedna *warstwa komórek nabłonka barwikowego,* pochodzącego z listka zewnętrznego kubka ocznego, powstałego przez wpuklenie ściany pęcherzyka. Następna, ku wewnątrz leżąca warstwa składa się z elementów walcowatych różnej długości, ściśle obok siebie ustawionych. Jest to *warstwa pręcików i czopków.* Od strony wewnętrznej granicę tej warstwy tworzy cienka, posiadająca wyraźne kontury *błona graniczna zewnętrzna (membrana limitans externa).* Dalej idzie dość szeroki pas gęsto ułożonych jąder — *warstwa ziarnista zewnętrzna.* Z nią graniczy warstwa włókien, biegnących prostopadle lub skośnie do powierzchni siatkówki, t. zw. *warstwa włóknista Henlego,* do której przylega od strony wewnętrznej wąskie

pasmo bezładnie poplątanych włókienek. Jest to *warstwa splotowata zewnętrzna*. Następnie mamy znów warstwę jąder, t. zw. *warstwę ziarnistą wewnętrzną*, która zwykle bywa znacznie węższa od warstwy ziarnistej zewnętrznej. Na wewnątrz od tej warstwy leży *warstwa splotowata wewnętrzna*. Następną, dziewiątą z kolei warstwę siatkówki na naszym preparacie tworzy pojedyńczy pokład wielkich komórek zwojowych. Neuryty tych komórek tworzą *warstwę włókien nerwowych*, pokrywającą warstwę komórek zwojowych od strony we-



Ryc. 402.

Schemat budowy siatkówki, ułożony przez Kalliusa na podstawie prac Rámon y Cajala.

A—warstwa pręcików i czopków; B—membrana limitans externa; C—warstwa ziarnista zewnętrzna; D—warstwa włókien Henlego; E—warstwa splotowata zewnętrzna; F—warstwa ziarnista wewnętrzna; G—warstwa splowata wewnętrzna; H—warstwa komórek zwojowych; J—warstwa włókien nerwowych; K—membrana limitans interna; a—komórka zrębowa Müllera; b—pręcik; c—czopek; d—komórki dwubiegunowe, należące do pręcików; e—i—komórki dwubiegunowe, należące do czopków; k—m—komórki poziome; n—włókno nerwowe odśrodkowe; o—t—komórki zwojowe nerwu wzrokowego; α—ε—spongioblasty (amakryny), ułożone w warstwy; ζ—ϑ—amakryny rozlane; η—spongioblast nerwowy. (Z Merkela—Bonneta: Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, t. II, str. 251).

wnętrznej. Cała wreszcie siatkówka ma na powierzchni wewnętrznej kontur ostro zarysowany, który tworzy *błona graniczna wewnętrzna (membrana limitans interna)*, ograniczająca od wewnątrz całą siatkówkę. Jakie pierwiastki składają się na każdą z wymienionych jedenastu warstw, postaramy się przedstawić bardziej szczegółowo (porówn. ryc. 402).

1. *Nabłonek barwikowy* składa się z jednej warstwy komórek sześciennych, z których powierzchni wewnętrznej wychodzi znaczna

ilość cienkich wypustek, zagłębiających się pomiędzy składniki warstwy pręcików i czopków. Widziane od strony błony środkowej oka mają te komórki wygląd bardzo prawidłowy. Są to komórki regularnie sześcioboczne, barwikiem wypełnione, o średnicy 12—18 μ. Na przekroju południkowym widać, że barwik wypełnia właściwie tylko odcinek wewnętrzny i wypustki komórki; część jej natomiast zewnętrzna, nieco kopulasto wypuklona, zwrócona ku blaszce podstawowej naczyniówki, pozostaje mniej lub bardziej wolną od barwika. W tej części komórki leży owalne, nieco spłaszczone jądro. Zawarty barwik, nazwany przez Kühnego *fuscyną*, tworzy drobne igiełki, ziarenka i pręciki, zawiera żelazo, nie rozpuszcza się w wodzie, w alkoholu, ani w eterze, rozpuszcza się natomiast w stężonych kwasach i ługach alkalicznych. Chlor *in statu nascendi* odbarwia czyli bieli nabłonek.

Badaniom Kühnego i Ewalda zawdzięczamy zajmujące odkrycie, że wśród komórek i w ich wypustkach odbywa się przemieszczanie barwika w pewien określony sposób. Jeżeli oko silnie naświetlimy, barwik z ciała komórki przechodzi coraz bardziej do wypustek, jeżeli zaś przeniesiemy oko do ciemności, barwik prawie całkowicie cofa się do ciała komórki. Gdy oświetlamy jedno tylko oko zwierzęcia, trzymanego w ciemności, wówczas drugie nie oświetlone oko wykazuje takie same stosunki co do rozmieszczenia barwika, jak oko naświetlone. Po zniszczeniu mózgu i zniesieniu w ten sposób połączenia nerwowego obu gałek ocznych, oko nie naświetlone wykazuje rozmieszczenie barwika, właściwe działaniu ciemności, oko zaś naświetlone — właściwe działaniu światła.

2. *Warstwa pręcików i czopków* (ryc. 402 A) składa się, jak sama jej nazwa wskazuje, z elementów dwojakiego rodzaju: z pręcików i czopków, które w różnych częściach siatkówki w rozmaitym występują stosunku ilościowym. Na obwodzie części wzrokowej siatkówki pomiędzy dwoma czopkami przypada po cztery do pięciu pręcików; im bliżej dołeczka środkowego, tem gęściej występują czopki, aż wreszcie w samym dołeczku znajdujemy same czopki.

Pręciki są to włókna długości około 60 μ, szerokości tylko 2—3 μ. Można w nich rozróżnić nieco cieńszy odcinek zewnętrzny, t. zw. *członek zewnętrzny*, i nieco grubszy — *członek wewnętrzny*. Końcem członka wewnętrznego pręcik tkwi w błonie granicznej zewnętrznej. W członku wewnętrznym, na przejściu w członek zewnętrzny, leży, niezawsze w oku ludzkiem wyraźne, t. zw. *ciałko elipsowate* albo *elipsoid pręcika*. Odcinek wewnętrzny członka wewnętrznego pręcika płazów zawiera drugie jeszcze ciałko, zwane *paraboloidem* (M. Schultze), którego człowiek nie posiada. Odcinek ten wewnętrzny, zwany *myoidem*, jest kurczliwy i może powodować, za-

leżnie od działania światła, skrócenie albo wydłużenie pręcika. Członek zewnętrzny pręcika w stanie świeżym silniej załamuje światło, niż wewnętrzny, na preparatach utrwalonych barwi się słabiej. Pod wpływem macerowania w słabym roztworze soli kuchennej albo w cieczy ciała szklistego członek zewnętrzny dzieli się na cienkie krążki, jak rulon monet na oddzielne sztuki. Według Kühnego w każdym pręciku rozróżniać należy osłonkę *z neurokeratyny* i zawartość podobną do *istoty rdzennej (myeloider Inhalt)*. Nowsze badania (Bielschowsky i Pollak, Schneider, Hesse, Held) wykazały, że obwód pręcika zajmują cienkie włókienka, wijące się wężykowato naokoło jądra. Jądro dzieli się pod wpływem macerowania na krążki.

Członki zewnętrzne pręcików za życia przepojone są czerwonym barwikiem. Jest nim odkryta przez Bolla *czerwień wzrokowa* czyli *rodopsyna*. Posiada ona własność odbarwiania się pod wpływem światła. Po otwarciu oka zwierzęcia, trzymanego w ciemności, siatkówka przedstawia się żywo purpurowa. Pod wpływem światła szybko blednie, przeniesiona jednak znowu do ciemności odzyskuje barwę purpurową. To odradzanie się barwika ustaje, gdy usuniemy nabłonek barwikowy siatkówki (Garten). Najlepszym rozpuszczalnikiem czerwieni wzrokowej jest roztwór żółci krystalicznej. Z takiego właśnie roztworu otrzymał Kühne rodopsynę w postaci substancji purpurowo-fjoletowej, łatwo się rozkładającej. Nie wszystkie kręgowce posiadają w siatkówce czerwień. Zdaje się przeto, że w percepcji wrażeń świetlnych barwik ten nie odgrywa roli decydującej. Fakt jednak, że zwierzęta nocne posiadają z reguły bardzo znaczne ilości czerwieni, natomiast widzące jedynie za dnia są jej całkowicie pozbawione, pozwala przypuszczać, że rodopsyna posiada znaczenie substancji, zwiększającej pobudliwość na podniety świetlne.

Długość *czopka* wynosi mniej więcej połowę długości pręcika. Zato czopek jest dwa razy grubszy, przynajmniej w członku wewnętrznym. Członek wewnętrzny przedstawia kształt krótkiego, grubego, ku zewnątrz zaostrzonego czopka, który podstawą swą spoczywa na błonie granicznej zewnętrznej, a na zwężonym końcu zewnętrznym dźwiga krótki, tępo zakończony koniec zewnętrzny. Obadwa członki czopków wykazują podobne szczegóły budowy, jak pręciki. Członek zewnętrzny posiada osłonkę neurokeratynową, a na preparatach utrwalonych widać na nim prążkowanie poprzeczne. Członek wewnętrzny posiada w odcinku obwodowym duży, wyraźny *elipsoid*, w odcinku zaś wewnętrznym zawierać może u płazów *paraboloid*. Odcinek wewnętrzny w oku ludzkiem wykazuje prążkowanie podłużne, jest kurczliwy i nosi nazwę *myoidu*. Delikatne prążkowanie podłużne członka wewnętrznego czopków i pręcików, zdaniem Ma-

wasa, należy przypisać zawartym włókienkom *mitochondrjalnym*; natomiast prążkowanie podłużne członka zewnętrznego, jak również jego prążkowanie poprzeczne, budowa z krążków i włókien wężykowatych, wszystko to mają być według tego autora twory sztuczne. Jak widać z opisu powyższego, budowa pręcików i czopków jest w zasadzie taka sama. Ważna różnica polega jedynie na tem, że członek zewnętrzny czopka nie zawiera czerwieni wzrokowej; natomiast w siatkówce wielu ryb, gadów, ptaków i workowców znajdujemy w nim zabarwione kropelki substancji tłuszczowatej. Kropelki te wykazują wszelkie odcienie barwy żółtej, pomarańczowej, czerwonej, zielonej i błękitnej. Według Kühnego mamy tu do czynienia z trzema barwikami, w przeciwieństwie do rodopsyny, odpornymi na światło. Są to: chlorofan, rodofan i ksantofan.

Luna wykrył w członkach zewnętrznych zarówno pręcików, jak czopków, ciała lipoidalne w stanie rozpuszczonym. Spotykał on takie ciała w postaci ziarenek, kropelek i grudek także we wszystkich innych warstwach siatkówki.

Dzięki badaniom czasów nowszych (van Genderen Stort, Engelmann, Herzog, Dittler i inni) wiemy, że zarówno czopki jak i pręciki, są składnikami kurczliwemi, mianowicie pręciki wydłużają się (Exner, Sigmund, Januschke, Garten) pod wpływem światła, czopki zaś skracają się, gdy są silnie oświetlone, wskutek kurczenia się odcinka, zwanego myoidem.

Zdaje się, że przyczyna zmiany położenia czopków polega nie na bezpośredniem działaniu światła, ale na tem, że siatkówka pod wpływem światła wydziela substancję, powodującą skurcz czopków (Dittler, Lodato i Maggio).

Pręciki i czopki stanowią jednak tylko zewnętrzne końce komórek. Na udatnych preparatach, otrzymywanych zapomocą izolowania, a jeszcze lepiej na skrawkahc, odpowiednio impregnowanych srebrem, przekonać się można, że dalszym ciągiem każdego pręcika i każdego czopka po drugiej stronie błony granicznej zewnętrznej jest ciało komórkowe, zawierające jądro, zwane *włóknem pręcika* i *włóknem czopka*. Całą zaś komórkę t. j. pręcik lub czopek wraz z przynależnem włóknem zowiemy *komórką wzrokową pręcikową* lub *czopkową*.

Komórka wzrokowa pręcikowa posiada zakończenie obwodowe w postaci pręcika, który po drugiej stronie błony granicznej zewnętrznej przechodzi w cienkie, nitkowate włókno pręcikowe. Włókno to w warstwie ziarnistej zewnętrznej tworzy rozszerzenie (t. zw. *ziarno pręcika)*, w którem mieści się owalne jądro. W dalszym ciągu włókno zwęża się znów bardzo znacznie i kończy się małem ziarenkiem w warstwie splotowatej zewnętrznej. Jądra komórek wzrokowych pręcikowych leżą na różnych poziomach warstwy ziarnistej

zewnętrznej. U wielu zwierząt ssących wyróżnia je swoista budowa. Mianowicie chromatyna tych jąder jest ułożona w kilka płytek poprzecznie do podłużnej osi jądra ułożonych. Między płytkami chromatyny leżą płytki z substancji achromatynowej. Tego rodzaju budowa w siatkówce ludzkiej rzadko występuje wyraźnie, tutaj bowiem chromatyna ma zwykle układ siatkowaty (Flemming, Dogiel, Schaper).

Komórka wzrokowa czopkowa posiada zakończenie obwodowe w postaci czopka, który ku wewnętrz przechodzi we włókno czopkowe. Na przebiegu włókna, tuż pod błoną graniczną zewnętrzną, występuje zgrubienie, zawierające jądro, t. zw. *ziarno czopka*. Zgrubienie to od wewnętrznego członka jest oddzielone przewężeniem w postaci krótkiej szyjki. W ten sposób ziarna wszystkich czopków leżą na jednej wysokości, nie są zaś, jak ziarna pręcików, rozrzucone po całej grubości warstwy ziarnistej zewnętrznej. Jądro komórki czopkowej ma również postać owalną, jest jednak zawsze większe, niż jądro komórki pręcikowej, i nigdy nie posiada prążkowania poprzecznego, zależnego od ułożenia chromatyny. Po drugiej stronie ziarna czopka ciało komórki cienieje, tworzy jednak jeszcze dość gruby wyrostek, przebijający zewnętrzną warstwę ziarnistą oraz warstwę Henlego i kończący się rozszerzeniem w postaci stopy w warstwie splotowatej zewnętrznej.

3. *Błoną graniczną zewnętrzną* (ryc. 402 B) zajmiemy się, opisując tkankę zrębową siatkówki.

4. *Warstwa ziarnista zewnętrzna* (ryc. 402 C) składa się, jak wynika z tego, cośmy wyżej powiedzieli, ze środkowych, w jądro zaopatrzonych odcinków wszystkich komórek wzrokowych, pręcikowych i czopkowych. Nadto należą do niej, jak zresztą i do wszystkich następnych warstw siatkówki, t. zw. *włókna* Müllera, będące komórkami zrębowemi siatkówki.

5. *Warstwa włóknista* Henlego (ryc. 402 D) wykazuje delikatne prążkowanie prostopadłe lub skośne do powierzchni siatkówki. Prążkowanie to pochodzi głównie od przebiegających tędy włókien czopków. Dlatego też warstwa ta najlepiej tam jest rozwinięta, gdzie najwięcej znajdujemy czopków, a więc w okolicy dołeczka środkowego. Ku przodowi, wraz z coraz rzadszem występowaniem czopków, warstwa ta staje się coraz mniej wyraźna.

6. W *warstwie splotowatej (siateczkowatej) zewnętrznej* (ryc. 402 E) spotykają się końce dośrodkowe komórek wzrokowych, pręcikowych i czopkowych z końcami obwodowemi komórek warstwy ziarnistej wewnętrznej, o których zaraz będzie mowa.

7. *Warstwa ziarnista wewnętrzna* (ryc. 402 F) obok komórek zrębowych mieści w sobie trzy odmienne postaci komórek, miano-

wicie *komórki dwubiegunowe, komórki poziome* i *komórki zwojowe bez neurytu (amakryny)*. Komórki dwubiegunowe dzielą się znów na *komórki dwubiegunowe pręcików* i *komórki dwubiegunowe czopków*.

Komórki dwubiegunowe pręcików (ryc. 402 d) posiadają ciało z jądrem. Ciało to w kierunku ku obwodowi, t. j. ku warstwie splotowatej zewnętrznej, nieco szczupleje i dzieli się na nieliczne gałązki, które po wielokrotnym podziale przenikają do warstwy splotowatej zewnętrznej. Tutaj tworzą drzewiaste zakończenia, obejmujące swemi gałązkami guziczkowato zgrubiałe końce kilku włókien pręcików. W stronę dośrodkową odchodzi od ciała komórki dość gruba wypustka, która przenika warstwę splotowatą wewnętrzną i dzieli się na kilka grubych, a krótkich rozgałęzień końcowych. Gałązki te guziczkowatemi zakończeniami stykają się z ciałem wielkiej komórki zwojowej. *Komórki dwubiegunowe czopków* (e—i) różnią się od komórek pręcików tem, że ich wypustka obwodowa jest nieco dłuższa. Wchodzi ona również do warstwy splotowatej zewnętrznej i tu dzieli się na płasko rozgałęzione telodendrja poziome, stykające się z stopowatemi końcami czopków. Wypustki dośrodkowe dwubiegunowych komórek czopków dzielą się na końcach na kilka krótkich gałązek, zaopatrzonych w guziczki końcowe. Wypustki kończą się na różnych wysokościach warstwy splotowatej wewnętrznej i stykają się z dendrytami wielkich komórek zwojowych.

Komórki poziome (k—m) wzięły nazwę stąd, że rozpościerają swe wypustki zasadniczo w jednej płaszczyźnie. Tworzą one najbardziej wierzchni pokład warstwy ziarnistej wewnętrznej. Od ciała komórki odchodzą ku obwodowi, do warstwy splotowatej zewnętrznej, długie, cienkie wypustki, które należy uważać za dendryty. Neuryt jest równie długi i cienki i dzieli się na liczne gałązki końcowe. Bardziej ku wewnątrz komórki poziome wykazują nieco odmienne stosunki. Dendryty ich są grubsze, odchodzą w wielkiej ilości od ciała komórkowego ku zewnątrz, do warstwy splotowatej zewnętrznej, w której się kończą pomiędzy włóknami pręcików. Neuryt przebiega poziomo na zewnętrznej granicy warstwy ziarnistej wewnętrznej i dzieli się wreszcie na kilka grubych a krótkich gałęzi końcowych, obejmujących grupę z kilku końców włókien pręcików.

Komórki bezneurytowe, t. zw. *amakryny* posiadają albo jedną tylko wypustkę, albo większą ich liczbę. Amakryny o jednej wypustce wysyłają ją ku wewnątrz. Po krótszym lub dłuższym przebiegu w obrębie warstwy splotowatej wewnętrznej wypustka dzieli się na poziome gałązki końcowe (ryc. 402 a—ε). Inne amakryny oddają liczne wypustki, które przenikają całą warstwę splotowatą wewnętrzną (ryc. 402 ζ, ϑ).

8. *Warstwa splotowata (siateczkowata) wewnętrzna* (ryc. 402 G) zawiera, jak widzieliśmy, rozgałęzienia amakryn, ułożone ponad sobą

w kilka warstw, nadto zawiera również zakończenia neurytów komórek dwubiegunowych czopków, także w kilka warstw ułożone, a wreszcie jako część składowa zasadnicza tej warstwy występują tu rozgałęzienia dendrytów wielkich komórek zwojowych, do których opisu przechodzimy.

9. *Warstwa wielkich komórek zwojowych* (ryc. 402 H) składa się z wielkich, wielobiegunowych komórek zwojowych (o—t). Komórki te w odcinkach środkowych części wzrokowej tworzą warstwę, w której leżą obok siebie; w odcinkach obwodowych leżą w większych odstępach; w bliskości dołeczka środkowego leżą w kilku warstwach; sam zaś dołeczek nie zawiera ich wcale. Komórki te mają przeważnie kształt nieprawidłowy i zawierają wielkie jądro pęcherzykowate. Widać w nich bardzo wyraźnie znane nam już z części ogólnej podręcznika ziarna zasadochłonne *(tigroid)*. Przez ciało komórek przebiegają, wchodząc w dendryty i w neuryty, włókienka nerwowe, w grubsze wiązki połączone, jak to wykazały nowsze metody barwienia tych włókienek. Z ciała komórek wychodzi jeden lub więcej dendrytów, które tworzą rozgałęzienia w warstwie wewnętrznej splotowatej i to albo rozlane, albo w pewnej wysokości, tworząc kilka warstw odpowiednio do rozgałęzień neurytów komórek dwubiegunowych czopków oraz do rozgałęzień wypustek amakryn.

10. *Warstwa włókien nerwowych* zawiera dwa rodzaje włókien bezrdzennych. Po pierwsze, z każdej z opisanych przed chwilą wielkich komórek zwojowych wychodzi neuryt, wchodzący w skład warstwy włókien nerwowych. Wszystkie te neuryty, łącząc się w wiązki, zbiegają się w brodawce nerwu wzrokowego i przez nią opuszczają oko w postaci nerwu wzrokowego. Z tego wynika, że warstwa włókien nerwowych musi zyskiwać na grubości w kierunku od obwodu części wzrokowej siatkówki ku brodawce. Oprócz tych neurytów, przewodzących dośrodkowo, t. j. do mózgu, mieszczą się nadto w warstwie włókien nerwowych, choć w znacznie mniejszej ilości, także włókna odśrodkowe, wychodzące z mózgu i zdążające przez nerw wzrokowy do siatkówki. Włókna te w warstwie splotowatej wewnętrznej lub ziarnistej wewnętrznej rozsypują się na drobne gałązki końcowe, wchodzące w bliższe stosunki z pewnemi amakrynami.

11. *Błonę graniczną wewnętrzną* uwzględnimy w opisie tkanki zrębowej siatkówki.

Przedstawiliśmy tu budowę siatkówki głównie według cennych badań Ramóny Cajala, z których wyciągnąć można następujące wnioski (ryc. 402). W siatkówce leżą ugrupowane w warstwy, ponad sobą umieszczone, trzy neurony. Neuronem obwodowym jest komórka wzrokowa pręcikowa albo czopkowa, neuronem środkowym

— komórka dwubiegunowa pręcika albo czopka, neuronem zaś wewnętrznym — komórka zwojowa. Trzy te neurony, łącząc się przez zetknięcie, stanowią łańcuch, prowadzący do mózgu podniety świetlne, przyjęte przez pręcik lub czopek. W drodze przez siatkówkę następować musi pewna stopniowa koncentracja podniet, wobec stopniowej redukcji elementów przewodzących. Liczne bowiem komórki zmysłowe (czopkowe i pręcikowe) stykają się z jedną komórką dwubiegunową, kilka komórek zaś dwubiegunowych wchodzi w styczność z jedną komórką zwojową. Z drugiej strony komórki poziome oraz niektóre amakryny stanowią ogniwa, łączące poszczególne bliższe lub dalsze grupy komórek pręcikowych lub czopkowych i spełniają funkcje układu kojarzącego.

Na zakończenie nie możemy nawet wobec początkującego czytelnika przemilczeć, że w ostatnich czasach podniesiono poważne zarzuty przeciw stosowaniu teorji neuronów do wyjaśnienia budowy siatkówki, podobnie jakto już widzieliśmy przy omawianiu składu nerwowego ośrodkowego. Nowsze metody badania wykazały mianowicie, że składniki siatkówki, któreśmy omawiali, zawierają wyraźnie włókienka nerwowe i z jednej strony pewni badacze sądzą, że włókienka owe biegną przez rozmaite neurony nieprzerwanym ciągiem, z drugiej zaś strony inni są zdania, że włókienka przechodzą w warstwie splotowatej wewnętrznej i zewnętrznej w nieprzerwaną sieć włókienek. Gdyby tak było istotnie, nie mogłoby być mowy o oddzielnych neuronach (Dogiel, Held, Bielschowski, Pollak oraz wielu innych).

Elementami zrębowemi siatkówki są t. zw. *włókna* Müllera albo *włókna promieniste* (ryc. 402 a). Są to długie komórki walcowate, ciągnące się przez całą grubość siatkówki, od błony granicznej zewnętrznej do błony granicznej wewnętrznej. Początek biorą z błony granicznej wewnętrznej szerokiemi, stożkowatemi podstawami. Podstawa każdej takiej komórki przylega ściśle do podstaw komórek sąsiednich i łączy się z niemi mocno zapomocą substancji kitowej. Powstaje stąd na wewnętrznej powierzchni siatkówki cienka, lecz ścisła i jednolita warstwa, t. zw. *błona graniczna wewnętrzna (membrana limitans interna)*. Ciało komórki zrębowej cienkie, walcowate, posiada rozliczne wypustki. Pomiędzy sąsiednie komórki siatkówki komórka ta wysyła wypustki w postaci włókien cieńszych i grubszych, oraz blaszek błoniastych. Jeszcze bardziej swoisty staje się obraz tych komórek przez to, że każda prawie przylegająca do nich komórka siatkówki zagłębia się do pewnego stopnia w ich ciało, tworzy dla siebie na ich powierzchni dołek, wnękę. Jądra tych włókien promienistych leżą w warstwie ziarnistej wewnętrznej. Wśród warstwy ziarnistej zewnętrznej komórki te są pod wpływem ucisku mieszczą-

cych się tu komórek pręcikowych i czopkowych nie do poznania zmienione. Na zewnętrznej powierzchni warstwy ziarnistej zewnętrznej włókna Müllera łączą się znowu w błonę, zasianą otworami jak sito, w t. zw. *błonę graniczną zewnętrzną (membrana limitans externa)*. Przez otwory tej błony przechodzą pręciki i czopki. Z samej błony w stronę obwodową wychodzą krótkie wypustki obwodowe, wznoszące się do pewnej wysokości pomiędzy członkami wewnętrznymi pręcików i czopków.

W warstwie włókien nerwowych znajdujemy jeszcze specjalne komórki glejowe, które dostają się do oka wraz z nerwem wzrokowym i nie różnią się niczem od komórek glejowych narządów ośrodkowych nerwowych.

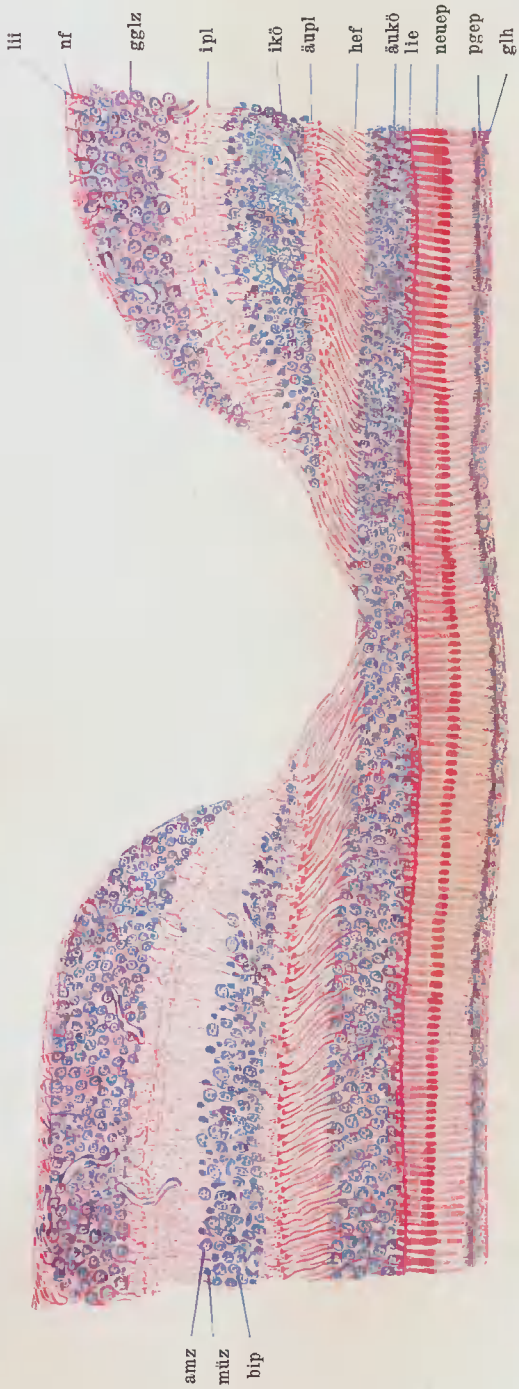
Dołeczek środkowy.

Dołeczek środkowy *(fovea centralis)* stanowi płytkie zagłębienie siatkówki, o mocno ścieńczałem dnie i zgrubiałym nakształt wału brzegu. Brzeg opada powoli pod kątem 15^0—20^0 (ryc. 403). W siatkówce ludzkiej dołeczek leży pośrodku *plamki żółtej (macula lutea)*. Plamkę taką znajdujemy jedynie w siatkówce człowieka i niektórych małp; inne zwierzęta przeważnie nie mają nietylko plamki, lecz i dołeczka środkowego. Zastępuje go tutaj pole środkowe *(area centralis)*, które jednak nie bywa nigdy zagłębione, lecz raczej przeciwnie, tworzy zgrubiałe części siatkówki (Zürn).

W częściach obwodowych plamki żółtej spotykamy przedewszystkiem uderzająco grubą warstwę komórek zwojowych. Są one tutaj ułożone w kilka warstw, których nieraz naliczyć można do ośmiu. Warstwa włókien nerwowych jest tu słabo rozwinięta. W nabłonku zmysłowym znajdujemy nadzwyczaj liczne czopki. Im bliżej dołeczka środkowego, tem bardziej zmniejsza się liczba komórek zwojowych, a jednocześnie maleje grubość warstwy włókien nerwowych. Na brzegu dołeczka zlewają się obie warstwy ziarniste: zewnętrzna i wewnętrzna, komórki zwojowe znikają, a na dnie dołeczka znajdujemy wyłącznie komórki czopkowe. Ponieważ jednak każdej komórce czopkowej odpowiada osobna komórka dwubiegunowa, dlatego też komórki dwubiegunowe, należące do czopków dołeczka środkowego, układają się na brzegu dołeczka w kilka warstw. Włókna zaś czopków, aby się do tych komórek dostać, muszą się wyginać i skośnie na dłuższej przestrzeni przebiegać. Dlatego też w okolicy plamki żółtej warstwa włókien Henlego bywa bardzo silnie rozwinięta. Czopki dołeczka odznaczają się długością, a wyglądem zbliżają się do pręcików.

Część rzęskowa siatkówki (pars ciliaris retinae).

W miarę zbliżania się ku obwodowi siatkówka, jak to widzieliśmy, cienieje coraz bardziej. Ubywa w niej przedewszystkiem ko-



Ryc. 403. Przekrój przez dołeczek środkowy (fovea centralis) siatkówki małpy. Barwienie według Biondi ego.

Pow. 200 razy.

lii = Błona graniczna wewnętrzna, nf = Warstwa włókien nerwowych, gglz = W. komórek zwojowych, ipl = W. splotowata wewnętrzna, ikö = W. ziarnisła wewnętrzna, äupl. = W. splotowata zewn., hef = W. włóknista Henlego, äuko = W. ziarnisła zewn., lie = Błona graniczna zewn., neuep = W. pręcików i czopków, pgep = W. nabłonka barwikowego, glh = Blaszka podstawowa naczyniówki, amz = Amakryny, müz = Komórka zrębowa Müllera, bip = Komórka dwubiegunowa czopka.

mórek zwojowych, a w związku z tem zmniejsza się grubość warstwy włókien. Następnie znikają stopniowo pręciki, a jednocześnie zanika warstwa splotowata zewnętrzna oraz warstwa Henlego. Skutkiem tego zlewają się z sobą obie warstwy ziarniste, a siatkówka składa się teraz głównie z włókien Müllera. Grubość jej w okolicy rąbka zębatego *(ora serrata)* spada nagle ze 150 μ do 50 μ i równocześnie siatkówka przechodzi w *część rzęskową (pars ciliaris)*. Ta część siatkówki składa się z dwu warstw komórek. Warstwa zewnętrzna, barwikowa, stanowi bezpośrednie przedłużenie nabłonka barwikowego części wzrokowej siatkówki; warstwa wewnętrzna, niezabarwiona, może być uważana za dalszy ciąg szeregu komórek zrębowych części wzrokowej. Komórki barwikowe wypełnia barwik gruboziarnisty, tak gęsto ułożony, że zaciera komórkowe granice. Komórki wewnętrzne, niezabarwione, są niższe od zewnętrznych, zawierają też liczne mitochondrja w swem ciele komórkowem i od wewnątrz są pokryte oskórkiem *(cuticula)*.

Część tęczówkowa siatkówki.

Część tęczówkowa siatkówki *(pars iridica retinae)* pokrywa powierzchnię tylną tęczówki. I ta część, podobnie jak część rzęskowa, składa się z dwu warstw, lecz obie te warstwy zawierają barwik. Warstwę wewnętrzną tworzą komórki wysokie, w jeden szereg ułożone, często kolbowate, gęsto wypełnione barwikiem. Warstwa zewnętrzna jest tylko częściowo pigmentowana. Stosunek jej do błony Brucha był omówiony bliżej w opisie tęczówki.

Nerw wzrokowy i brodawka nerwu wzrokowego.

Nerw wzrokowy *(nervus opticus)* w obrębie oczodołu *(orbita)* jest pokryty trzema pochewkami łącznotkankowemi, które odpowiadają oponie twardej, pajęczynówce i oponie miękkiej (cz. naczyniowej) mózgu i wykazują taką samą, jak te opony, budowę. Między pochewką twardówkową i pajęczynówkową, oraz między pajęczynówkową, a miękką pozostają wolne przestrzenie, połączone z przestworami podoponowemi mózgu: przestworem podtwardówkowym *(spatium subdurale)* i podpajęczynówkowym *(spatium subarachnoideale)*. Przestwory obu nerwów wzrokowych komunikują z sobą również w okolicy skrzyżowania nerwów *(chiasma nn. opticorum)*. U wejścia nerwu w gałkę oczną pochewka twarda i miękka (cz. naczyniowa) przechodzą w twardówkę gałki, pajęcza zaś opona tuż przedtem się gubi, dzieląc się na drobne beleczki. Pochewka miękka wchodzi w postaci przegród do pnia nerwowego i dzieli go na 800 do 1200 drobnych wiązek włókien nerwowych. Wiązki składają się z włókien rdzennych, nie mających pochewki Schwanna; gru-

bość włókien wynosi 0,2—10 μ. Między włóknami znajdujemy liczne komórki glejowe.

Po dojściu do gałki ocznej nerw wzrokowy przebija jej ścianę i wchodzi w *brodawce nerwu wzrokowego (papilla nervi optici)* do siatkówki (ryc. 400), przyczem grubość nerwu znacznie się zmniejsza, ponieważ jego włókna tracą osłonkę myelinową. Równocześnie gubią się przegródki, biegnące podłużnie wśród pnia nerwowego, utworzone przez pochewkę miękką. W miejsce tych przegródek wchodzi układ przegród poprzecznych, które w całości tworzą rodzaj płytki łącznotkankowej, podziurawionej nakształt sita. Płytka ta nosi nazwę *blaszki sitowatej (lamina cribrosa)*. Przegródki i beleczki łącznotkankowe, z których blaszka sitowata się składa, wychodzą w części z pochewki miękkiej nerwu wzrokowego, przechodzącej tu w twardówkę gałki, w części zaś z tkanki łącznej naczyniówki oka. Zbiegają się one promienisto ku tkance łącznej, która otacza naczynia, biegnące wzdłuż osi nerwu wzrokowego, i łączą się z tą tkanką.

Włókna nerwowe, obecnie już bezrdzenne, łączą się w drobne wiązki i na poziomie wewnętrznej powierzchni siatkówki rozchodzą się promienisto na wszystkie strony. W środku tego miejsca znajdujemy lekkie zagłębienie *(excavatio papillae nervi optici)*, z którego też wychodzą naczynia środkowe siatkówki.

Soczewka.

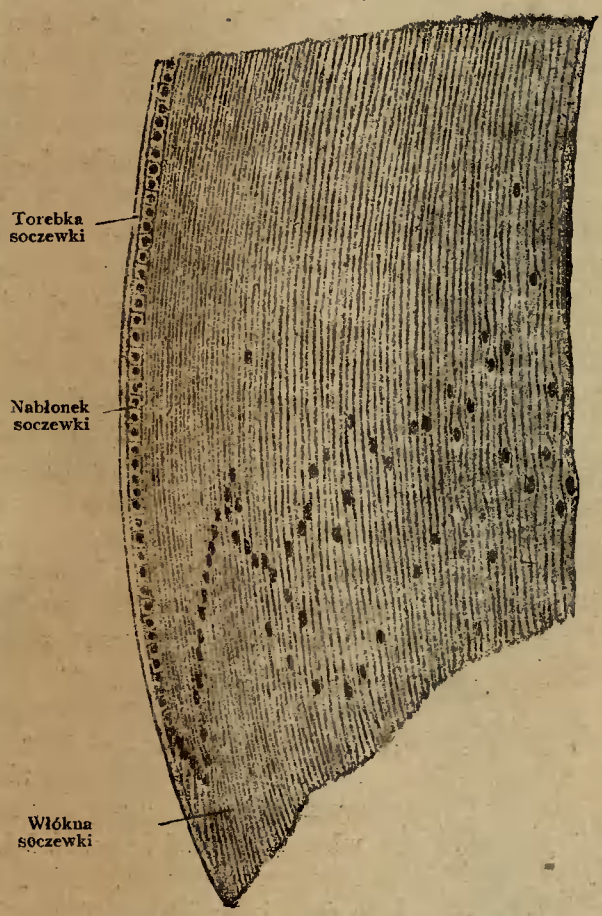
Soczewka (lens crystallina) jest to twór pochodzenia ektodermalnego. We wczesnym okresie życia zarodkowego składa się ona z owalnego pęcherzyka, wysłanego komórkami sześcienno-walcowatemi, który oddzielił się od ektodermy. Komórki tego nabłonka w następnych okresach rozwoju zachowują się rozmaicie. Komórki odcinka przedniego pozostają sześcienne, a nawet z biegiem czasu stają się niższe, gdy tymczasem komórki odcinka tylnego wyrastają w długie włókna t. zw. *włókna soczewki*. Włókna te wypełniają stopniowo całą jamę pęcherzyka i zamieniają go na ciało pełne, jednolite. Przejście to z nabłonka sześciennego przedniej powierzchni soczewki w długie włókna soczewkowe odbywa się w okolicy równika.

Soczewka, całkowicie wykształcona, składa się z *torebki soczewkowej, nabłonka soczewkowego* i *z substancji soczewki*, zbudowanej z włókien (ryc. 404).

Torebka soczewkowa (capsula lentis) stanowi jednorodną błonę, obejmującą z wszystkich stron soczewkę. Błona ta pośrodku przedniej powierzchni soczewki posiada grubość 15 μ; od tego punktu błona powoli cienieje tak, że na równiku wynosi już tylko 10—11 μ, pośrodku zaś tylnej powierzchni zaledwie 5 μ. Błona torebki jest, jak zaznaczono, jednorodna, bezpostaciowa, daje się jednak zapo-

mocą odpowiednich środków macerujących rozłożyć na pewną liczbę blaszek współśrodkowych.

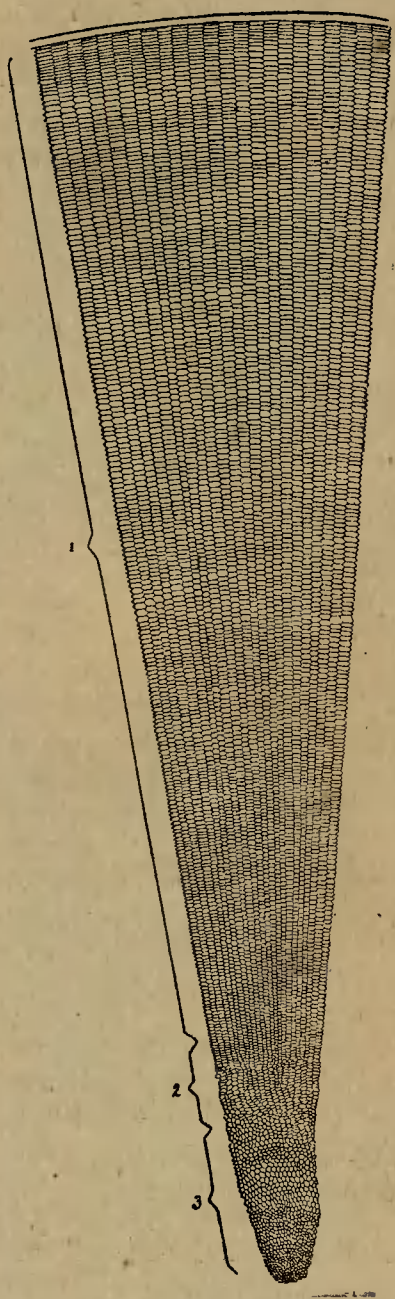
Własnościami chemicznemi, jak również zachowaniem się względem barwików, torebka soczewki różni się pod pewnemi względami zarówno od tkanki łącznej, jak i od tkanki sprężystej. W wodzie



Ryc. 404.
Część przekroju południkowego krawędzi soczewki małpy.
Powiększone około 200 razy.

wrzącej rozpuszcza się bez wytworzenia kleju. Rozpuszcza się również w kwasach, a trypsyna ją trawi.

Nabłonek soczewkowy pokrywa jedną warstwą komórek tylną powierzchnię przedniego odcinka torebki soczewkowej. Komórki w pobliżu osi soczewkowej mają kształt niskich graniastosłupów o wielobocznej podstawie. Ciało ich jest lekko ziarniste i według Lebera i Barabaszewa wysyła cienkie wypustki boczne pomiędzy ko-



Ryc. 405.
Schemat soczewki ryby spodoustej (Selachii) według Rabla. Wycinek ze skrawka równikowego.
1. Włókna główne. 2. Włókna przejściowe. 3. Włókna środkowe.

mórki sąsiednie. Jądro bywa przeważnie jajowate; w najbliższem jego sąsiedztwie znajdujemy dwa drobne ciałka środkowe. W ciele komórek nabłonka soczewkowego zwierząt, podobnie jak w komórkach tylnego nabłonka rogówki, Ballowitz znalazł krystaloidy w postaci igiełek.

W miarę zbliżania się do równika, komórki nabłonka soczewkowego stają się coraz wyższe, a zarazem coraz węższe, aż wreszcie na samym równiku wyrastają w długie twory walcowate, w t. zw. *włókna soczewkowe*. Ta przemiana nabłonka soczewkowego we włókna soczewkowe odbywa się w okolicy równika stale, przyczem komórki doznają charakterystycznego obrotu. Gdy bowiem w pobliżu równika ustawione są osią długą prostopadle do powierzchni soczewki, na samym równiku coraz bardziej się pochylają, tworząc z powierzchnią soczewki kąty coraz mniejsze, aż wreszcie, po przekształceniu się we włókna soczewkowe, biegną równolegle do powierzchni bocznych soczewki, sięgając od jej powierzchni tylnej do przedniej. Wraz ze wzrastającem nachyleniem komórek jądra ich również zmieniają położenie. Szereg jąder oddala się początkowo coraz bardziej od torebki soczewkowej, następnie zaś odchyla się pod kątem ostrym i na małej przestrzeni biegnie prawie równolegle do szeregu jąder nabłonka soczewkowego, na powierzchni ułożonego (ryc. 404). Przekrój południkowy granicy nabłonka i włókien soczewkowych

w okolicy równika soczewki daje obraz typowy, przedstawiony na ryc. 404.

Włókna soczewki (fibrae lentis) są to długie, sześcioboczne pryzmaty, złożone z substancji dość miękkiej, na obwodzie jednak twardszej i bardziej zbitej. Im bliżej środka soczewki, t. zw. *jądra soczewkowego*, tem bardziej zbita jest substancja włókien, tem mniejszy i mniej prawidłowy ich przekrój poprzeczny. Włókna soczewkowe, przedstawiające się w kształcie pryzmatów sześciobocznych, są w partjach obwodowych spłaszczone w formie wstęg i swojemi szerokiemi powierzchniami układają się równolegle do powierzchni soczewki, a wąskiemi bokami wklinowywują się pomiędzy komórki sąsiądujące. (ryc. 405). Włókna soczewkowe posiadają na powierzchni drobne wyniosłości w formie ząbków i skutkiem tego łączą się z sobą bardzo ściśle, dają się jednak łatwo zapomocą pewnych środków macerujących wyodrębnić. Wspomnieliśmy wyżej, że włókna soczewkowe są komórkami, zawierającemi jądra. Dotyczy to jednak tylko włókien obwodowych (włókna główne, Rabl). Ku środkowi soczewki jądra stopniowo zanikają, a we włóknach środkowych wogóle wykazać ich już nie można.

Na przekrojach równikowych przez soczewkę widać, że włókna soczewkowe ułożone są w blaszki, rozchodzące się promienisto z osi soczewki. Blaszki te najwyraźniej występują w partjach obwodowych, mniej wyraźnie w środkowych (ryc. 405). Układ ich jest taki, że wśród każdej blaszki włókna łączą się z sobą szerszemi bokami, mniej więcej równolegle biegnącemi, wąskie zaś boki włókien wklinowywują się w sąsiednie blaszki. To boczne połączenie wąskiemi brzegami jest ściślejsze, niż w kierunku promieni; z tego powodu soczewka, poddana działaniu pewnych środków macerujących, daje się rozłożyć na listki nakształt cebuli.

Każde włókno przekracza w swym przebiegu równik soczewki, idąc od pewnego punktu półkuli przedniej do określonego punktu półkuli tylnej. W osi leżące włókna okazują prawie prosty przebieg przez całą grubość soczewki, sięgając od nabłonka soczewkowego, na przedniej powierzchni soczewki leżącego, do tylnej ściany torebki soczewkowej; po bokach zaś leżące włókna układają się równolegle do powierzchni bocznych soczewki. Przebieg włókien nie jest przytem ściśle południkowy, lecz, przedewszystkiem w częściach obwodowych soczewki, esowaty. W obu półkulach, przedniej i tylnej, włókna spotykają się swojemi końcami, kolbkowato zgrubiałemi, w miejscach, zwanych *szwami*. U niższych zwierząt kręgowych (ryby, płazy, gady) przedstawiają się te szwy w postaci prostych linij: tylnej poziomej i przedniej pionowej. Włókna sięgają od przedniego szwu do tylnego, biegnąc od końca jednego szwu do połowy

drugiego. U wyższych zwierząt i u człowieka szwy te przedstawiają się w kształcie gwiazd, rozchodzących się promienisto z osi soczewki. Obraz gwiazdy występuje zwłaszcza bardzo wyraźnie na soczewce, niezupełnie zmacerowanej. Soczewka człowieka dorosłego daje zarówno na powierzchni przedniej, jak na tylnej, gwiazdę sześcio- do dziewięciopromienną. Promienie przedniej gwiazdy nie odpowiadają co do położenia promieniom tylnej, lecz promienie gwiazdy przedniej przypadają między promienie tylnej. Naturalnie, że przebieg włókien soczewkowych jest tu znacznie zawilszy.

Torebka soczewki w czasie życia płodowego posiada naczynia krwionośne, później jednak naczynia te zanikają tak, że soczewka osobnika dorosłego oraz jej torebka są całkowicie pozbawione naczyń i nerwów.

Substancja włókien soczewkowych składa się według Mörnera z nierozpuszczalnego w wodzie ciała białkowatego, *albumoidu*, i z dwu rozpuszczalnych globulin: α-krystalliny i β-krystalliny. Ciała wymienione stanowią około 35% całkowitej wagi substancji włókien, która zawiera nadto 63—64% wody i nieznaczne ilości lecytyny, cholesteryny, tłuszczów i soli nieorganicznych.

Ciałko szkliste.

Ciałko szkliste (corpus vitreum) wypełnia cały tylny odcinek gałki ocznej, pomiędzy soczewką, a siatkówką. Dawniej sądzono, że składa się ono wyłącznie z cieczy, dziś jednak wiemy, że w jego budowie biorą udział także części stałe (Virchow, Retzius). Owe ukształtowane części składowe są to bardzo cieniutkie włókienka, tworzące prawie nieprzerwany pokład, *warstwę graniczną*, na całej powierzchni siatkówki, jako też tylnej powierzchni soczewki i obwódki rzęskowej. Włókienka splatają się tutaj w sieć dość gęstą. Z tego splotu w warstwie granicznej wychodzą włókienka, łączące się w drobne wiązki, które się przeplatają i wytwarzają luźną sieć, przenikającą całą masę ciałka szklistego.

W ciałku szklistem osobników dorosłych występują również i składniki komórkowe, chociaż w liczbie bardzo ograniczonej. Komórki te mieszczą się w warstwie granicznej, są płaskie, wrzecionowate lub gwiazdziste. Większość autorów uważa je za komórki wędrujące, które wyszły z naczyń siatkówki.

W gałce ocznej zarodkowej przestrzeń, którą zajmuje ciało szkliste, przecinają poprzecznie naczynia, wychodzące z brodawki nerwu wzrokowego — naczynia ciałka szklistego *(vasa hyaloidea)*. Później naczynia te zanikają, natomiast kanał w ciałku szklistem, przez który przechodziły (kanał Cloqueta, *canalis hyaloideus)*, często, jednak niezawsze, się utrzymuje, a wtedy zawiera zazwyczaj szczątki naczyń (Wolfrum).

Opisywano dawniej nadto błonę bezpostaciową, która otaczać miała z zewnątrz całe ciałko szkliste; nazywano ją *błoną ciałka szklistego (membrana hyaloidea)*. Według nowszych badań jednak błona taka nie istnieje, lecz warstwa graniczna ciałka szklistego styka się bezpośrednio z błoną graniczną wewnętrzną siatkówki.

Obwódka rzęskowa.

Obwódką rzęskową (zonula ciliaris albo *zonula Zinni)* nazywamy układ włókien, które wychodzą z rąbka zębatego, i z części rzęskowej siatkówki, następnie zaś promienisto zdążają do równika soczewki i tu przechodzą w torebkę soczewkową, tworząc w ten sposób wieszadło soczewki w formie obrączki.

Co się tyczy pochodzenia owych włókien, wszyscy badacze czasów nowszych zgadzają się na to, że są to wypustki komórek wewnętrznych, pozbawionych barwika, a należących do części rzęskowej siatkówki (Kölliker, Agababow, Addario, Spee i w. in.); prawdopodobnie jednak nie wszystkie te komórki wysyłają wypustki. Włókienka zbierają się w grubsze włókna, biegną między rąbkiem zębatym *(ora serrata)*, a warstwą graniczną ciałka szklistego ku przodowi, pomiędzy wyrostkami rzęskowemi, wchodzą do t. zw. zachyłka komory tylnej *(recessus camerae posterioris)* i tutaj wreszcie układają się w trzy blaszki. Przednia z tych blaszek kieruje się ku przedniej powierzchni torebki soczewkowej, środkowa — ku równikowi soczewki, tylna zaś, przylegając ściśle do warstwy granicznej ciałka szklistego, dochodzi do tylnej powierzchni soczewki. Blaszki nie są jednolite, lecz składają się z poszczególnych pasemek. Po dojściu do torebki soczewkowej włókna rozsypują się znowu na poszczególne włókienka, które wnikają w torebkę soczewki i tworzą na jej powierzchni nieprzerwaną warstwę obwódkową, dającą się dość łatwo oddzielić od reszty torebki.

Pomiędzy blaszkami obwódki rzęskowej, a równikiem soczewki pozostaje mniej więcej trójkątna w przekroju przestrzeń, t. zw. *przestwór obwódki rzęskowej* albo *kanał Petita (canalis Petiti)*, komunikujący z komorą tylną oka.

Pod względem właściwości chemicznych i powinowactwa do barwików włókna obwódki Zinna są podobne do włókien sprężystych, jednak mają może mniej od nich odporności na działanie odczynników chemicznych (Agababow). Wobec barwików zachowują się podobnie, jak włókna glejowe.

Naczynia gałki ocznej.

Zaopatrywanie gałki ocznej w krew odbywa się za pośrednictwem dwu oddzielnych układów naczyń: *układu siatkówkowego*

i rzęskowego. Układy te, początkowo zupełnie oddzielone, przy wejściu do gałki ocznej łączą się zapomocą licznych anastomoz, następnie zaś znowu każdy układ oddzielnie zaopatruje w krew błony gałki ocznej (ryc. 406).

Układ naczyń siatkówkowy (ryc. 406, głoski greckie) składa się *z tętnicy i żyły środkowej siatkówki (arteria et vena centralis retinae)*. Tętnica (*a*), po wejściu do nerwu wzrokowego, biegnie w jego osi aż do brodawki, wysyłając liczne gałązki do samego nerwu wzrokowego i do naczyń jego pochewek, na poziomie zaś zewnętrznej granicy naczyniówki wysyła liczne anastomozy do koła tętniczego nerwu wzrokowego [*circulus vasculosus nervi optici* (*γ*)], którego opis podamy nieco niżej. Gałązki naczyń środkowych siatkówki łączą się nadto na obwodzie nerwu wzrokowego z drobniejszemi naczyniami i z siecią włosowatą naczyniówki. Po dojściu do dna brodawki tętnica dzieli się najpierw na dwie, a tuż potem na cztery gałązki. Są to tętniczki skroniowe siatkówki, górna i dolna *(arteriolae temporales retinae superior et inferior)*, oraz tętniczki nosowe siatkówki, górna i dolna *(arteriolae nasales retinae superior et inferior)*. Do naczyń tych dodać należy jeszcze tętniczki plamkowe, górną i dolną *(arteriolae maculares superior et inferior)*, wychodzące zazwyczaj z tętniczek skroniowych siatkówki. Wszystkie te tętniczki rozgałęziają się wielokrotnie w obrębie warstwy włókien nerwowych i wreszcie przechodzą w naczynia włosowate sięgające aż do warstwy ziarnistej zewnętrznej. Warstwa pręcików i czopków, podobnie jak dołeczek środkowy, jest pozbawiona naczyń. Tętnice siatkówki od chwili wejścia do tej błony są tętnicami końcowemi. Żyły, powstające z naczyń włosowatych, mają przebieg dokładnie taki sam, jak tętnice.

Układ naczyń rzęskowych składa się:

1. z tętnic rzęskowych tylnych krótkich *(arteriae ciliares posteriores breves)*,
2. z tętnic rzęskowych tylnych długich *(arteriae ciliares posteriores longae)* i
3. z tętnic rzęskowych przednich *(arteriae ciliares anteriores)*.

1. *Tętnice rzęskowe tylne krótkie* (ryc. 406, cyfry rzymskie (I) wychodzą w 4—6 pniach z różnych naczyń oczodołowych i biegną ku przodowi tuż obok nerwu wzrokowego. Po drodze wysyłają do pochewek tego nerwu liczne gałązki, łączące się zapomocą anastomoz z gałązkami środkowej tętnicy siatkówki (*γ*). Po dojściu do gałki ocznej tętnice rzęskowe tylne krótkie dzielą się na 18—20 tętniczek, które przebijają twardówkę i rozgałęziają się w naczyniówce włosowatej *(lamina choriocapillaris)* ku przodowi, aż do ciała rzęskowego (III). Na poziomie blaszki sitowatej *(lamina cribrosa)* dają liczne

odgałęzienia, skierowane ku osi nerwu wzrokowego. Rozgałęzienia te łączą się następnie z naczyniami pochewek nerwu i z rozgałęzieniami środkowej tętnicy siatkówki (γ), tworząc w ten sposób w tkance łącznej blaszki sitowej pierścień gęsto splecionych gałązek naczyniowych, t. zw. *koło naczyniowe nerwu wzrokowego* (Hallera) *(circulus vasculosus nervi optici* Halleri). Oprócz tego łączą się z gałązkami tętnic rzęskowych tylnych długich i tętnic rzęskowych przednich (c). Tętnice rzęskowe tylne krótkie zaopatrywają w krew głównie naczyniówkę.

2. *Tętnice rzęskowe tylne długie* (ryc. 406, cyfry arabskie) (1) wychodzą w postaci dwu pni tętniczych z tętnicy ocznej *(arteria ophtalmica)*, biegną ku przodowi w towarzystwie nerwu wzrokowego, przebijają twardówkę gałki ocznej i udają się w dalszym ciągu ku przodowi pomiędzy naczyniówką i twardówką, trzymając się mniej lub więcej ściśle płaszczyzny południka poziomego gałki ocznej. Jedna z nich biegnie w połowie bocznej, druga w przyśrodkowej połowie gałki. Obie przebijają następnie na wylot ciało rzęskowe i w korzeniu tęczówki tworzą splot naczyniowy w postaci pierścienia, t. zw. *koło tętnicze tęczówki większe (circulus arteriosus iridis maior)* (2). Z koła tego wychodzą gałązki tętnicze ku wewnątrz wzdłuż promieni tęczówki i tworzą na granicy rzęskowej i źrenicznej części tęczówki *koło tętnicze tęczówki mniejsze (circulus arteriosus iridis minor)*. Koło tętnicze większe wysyła nadto gałązki, wchodzące do wyrostków rzęskowych (3) i do brzegu źrenicznego tęczówki (4). Tętnice rzęskowe tylne długie unaczyniają więc przedewszystkiem tęczówkę i wyrostki rzęskowe, tworząc liczne połączenia z tętnicami rzęskowemi tylnemi krótkiemi oraz z tętnicami rzęskowemi przedniemi (b).

3. *Tętnice rzęskowe przednie (arteriae ciliares anteriores)* (ryc. 406, litery łacińskie małe) (a) wychodzą w liczbie zmiennej z tętnic mięśniowych, przebijają twardówkę w przednim odcinku gałki ocznej, zaopatrywują w gałązki ciało rzęskowe i łączą się z kołem tętniczem większem tęczówki (b). W przebiegu swoim wysyłają tętnice nadtwardówkowe *(arteriae episclerales)* (d), zaopatrywują w naczynia twardówkę i łączą się z gałązkami tętnic rzęskowych tylnych krótkich (c) i długich. Wreszcie wysyłają do spojówki gałki tętnice spojówkowe tylne *(arteriae coniunctivales posteriores)* i wkońcu tętnice spojówkowe przednie *(arteriae coniunctivales anteriores)* (e), które biegną ku przodowi, do granicy twardówki i rogówki (f) i tu, zaginając się nakształt pętli, tworzą t. zw. *siatkę brzeżną pętli naczyniowych (Randschlingennetz)*.

Przeważną część krwi żylnej układu rzęskowego zbierają *żyły wirowate (venae vorticosae)* (ryc. 406 V). Są to pnie żylne, w ilości 5—6, rozmieszczone na równiku gałki ocznej. Krew żylna z naczy-

niówki spływa do centrów, położonych w okręgu powstałych poszczególnych pni żylnych. W ten sposób powstaje w zewnętrznych warstwach naczyniówki właściwej 5—6 odrębnych okręgów naczyniowych; z każdego z nich wychodzi jedna żyła wirowata. Wszystkie te żyły wirowate przebijają twardówkę i wchodzą do żyły ocznej górnej *(vena ophthalmica superior)*. Z pomiędzy pozostałych żył, których przebieg naogół odpowiada przebiegowi tętnic tej samej nazwy, *żyły rzęskowe przednie (venae ciliares anteriores)* (a) zbierają krew z przedniego odcinka gałki ocznej, przedewszyskiem z zatoki żylnej twardówki czyli kanału Schlemma (S). Kanał ten jest to splot żylny w postaci pierścienia, leżący na wewnętrznej powierzchni granicy rogówki i twardówki. Żyły rzęskowe przednie, podobnie jak *żyły rzęskowe tylne krótkie (venae ciliares posteriores breves)* (I_1), odprowadzające krew z tylnego odcinka gałki ocznej, uchodzą w części do żyły ocznej górnej, w części zaś do żyły ocznej dolnej *(vena ophthalmica superior et inferior)*.

Drogi limfatyczne gałki ocznej.

Gałka oczna nie posiada właściwych naczyń limfatycznych, lecz układ szczelin i przestworów, wypełnionych częściowo t. zw. *cieczą komorową*. Według Schwalbego szczeliny te i przestwory podzielić można na *drogi limfatyczne: przednie i tylne.*

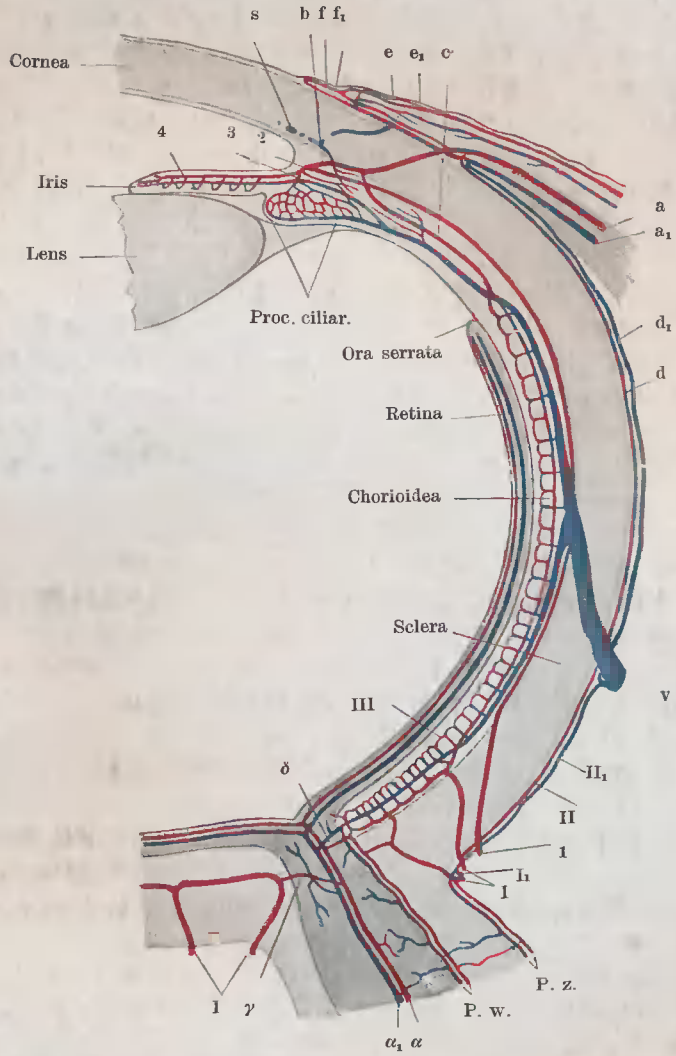
Do przednich dróg limfatycznych zaliczamy:

1. Szczeliny limfatyczne rogówki i twardówki,
2. komorę przednią oka,
3. komorę tylną oka, połączoną z komorą przednią zapomocą szczeliny włosowatej, która się tworzy pomiędzy przednią powierzchnią torebki soczewkowej, a przesuwającym się po niej brzegiem źrenicznym tęczówki,
4. przestwór obwódki rzęskowej (przestwór Petita), połączony, jak to wyżej opisano, z komorą tylną oka.

Układ dróg limfatycznych tylnych tworzą:

1. przestwory pomiędzy pochewkami nerwu wzrokowego, mianowicie przestwór podpajęczynówkowy, oraz przestwór pod pochewką z opony twardej,
2. przestwór przynaczyniówkowy, leżący pomiędzy naczyniówką i twardówką, z którym się łączy zapomocą pochewek okołonaczyniowych żył wirowatych następna jama, t. j.
3. jama dla ciałka szklistego, wreszcie
4. drogi limfatyczne siatkówki.

Ciecz komorowa czyli *ciecz wodna (humor aqueus)* jest to ciecz przeźroczysta, bezwarwna, podobna do wody. Stanowi ona wydzielinę wyrostków rzęskowych. Odczyn posiada zasadowy, zawiera



Ryc. 406.

Schemat unaczynienia oka na podstawie danych Lebera (według Stoehra). Przekrój poziomy.

Tętnice czerwone, żyły niebieskie.

Obręb, ukrwiony przez vasa centralia retinae (litery greckie): α = Arteria, α_1 = Vena centralis retinae; γ = Połączenie z gałązkami aa. ciliar. post. brev.; δ = Połączenie z naczyniami chorioideae. Obręb naczyń pochwowych: P. w. = Naczynia pochwy wewn.; P. z. = Nacz. pochwy zewn. Obręb, unaczyniony przez vasa ciliaria post. brevia (cyfry rzymskie); I = Arteriae, I_1 = Venae ciliares post. breves; II = Gałązki natwardówkowe tętnicze, II_1 = Gałązki żylne tych naczyń; III = Naczynia włosowate laminae choriocapillaris. Obręb, unaczyniony przez vasa ciliaria post. longa (cyfry arabskie): 1 = A. ciliaris post longa; 2 = Circulus iridis major (przekrój poprzeczny); 3 = Gałązki dla corpus ciliare; 4 = Gałązki dla tęczówki. Obręb, ukrwiony przez vasa ciliaria ant. (litery łacińskie małe): a = Arteria, a_1 = Vena ciliaris ant.; b = Połączenie z circulus iridis major; c = Połączenie z lam. choriocapillaris; d = Gałązki natwardówkowe tętnicze, d_1 = Żylne; e = Gałązki tętnicze, e_1 = Żylne dla coniunctiva sclerae; f = Gałązki tętnicze, f_1 = żylne dla brzegu rogówki; v = Vena vorticosa; s = Sinus venosus sclerae (przekrój poprzeczny).

zaledwie 1,3% części stałych, w tem ślady białka surowiczego, globuliny i substancji włóknikorodnej (fibrinogen).

Według powszechnie przyjętego zapatrywania, ciecz wodna krąży ustawicznie z komory tylnej do przedniej, skąd przez przestwory kątowe tęczówki czyli t. zw. *kanał* Fontany dostawać się ma do zatoki żylnej twardówki czyli do t. zw. kanału Schlemma i tą drogą odpływać z gałki ocznej.

Narządy dodatkowe oka.

Mięśnie oka.

Mięśnie oka składają się z włókien poprzecznie prążkowanych, nieznacznie tylko różniących się od włókien mięśni szkieletowych. Znajdujemy tu włókna bardzo cienkie, cieńsze, niż te, które spotykamy w innych okolicach ciała. Dotyczy to przedewszystkiem włókien warstw obwodowych każdego z mięśni oka. Pozatem znaczna część tych mięśni wyróżnia się tak nadzwyczajną obfitością sarkoplazmy, z jaką nie spotykamy się w innych okolicach ciała.

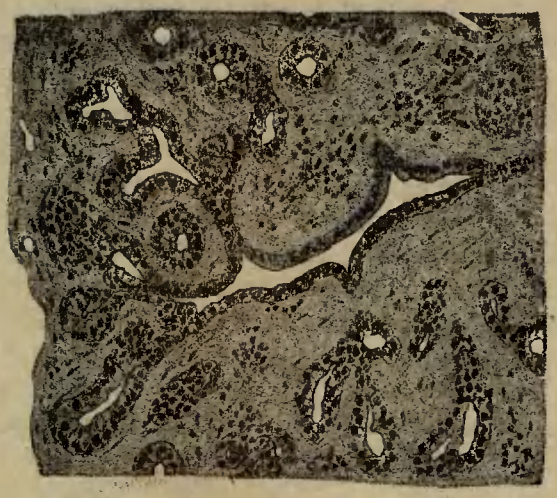
Włókna nerwowe mięśni oka mają również inny nieco przebieg, niż zazwyczaj. Przed przejściem w płytki końcowe opasują wielu skrętami prawie każde włókno mięsne. Według zgodnych wyników badań Cipollona, Scherringtona, Bauma w mięśniach oka ludzkiego niema wrzecion mięśniowych. Steinitz natomiast za wrzeciona mięśniowe uważa cienkie włókna, często wrzecionowato zgrubiałe, licznie występujące w mięśniach oka. Każde takie włókno bywa oplecione w licznych skrętach spiralnych pojedynczem włóknem nerwowem, które zarazem oddaje na boki liczne gałązki o zgrubieniach paciorkowatych. Wrzeciona nie posiadają pochewek łącznotkankowych. Między włóknami mięśni oka spotyka się również osobne zakończenia czuciowe (Huber). Natomiast według Cilimbarisa znajdują się w mięśniach ocznych wielu ssaków, np. owcy, sarny, jelenia, kozy i dzika, prawdziwe wrzeciona mięśniowe.

Narząd łzowy.

Narząd łzowy składa się z *gruczołów łzowych* z ich przewodami, t. zw. *przewodami łzowemi*, z *woreczka łzowego* i z *przewodu nosowo-łzowego*.

Gruczoły łzowe (ryc. 407) są to gruczoły cewkowe złożone, które się musi zaliczyć do gruczołów surowiczych. Wykazują one pewne podobieństwo do ślinianek przyusznych. Przewody ich, w zmiennej liczbie, mające wyjście do załamka spojówki *(fornix coniunctivae)*, wysłane są dwuwarstwowym nabłonkiem walcowatym. Nazewnątrz

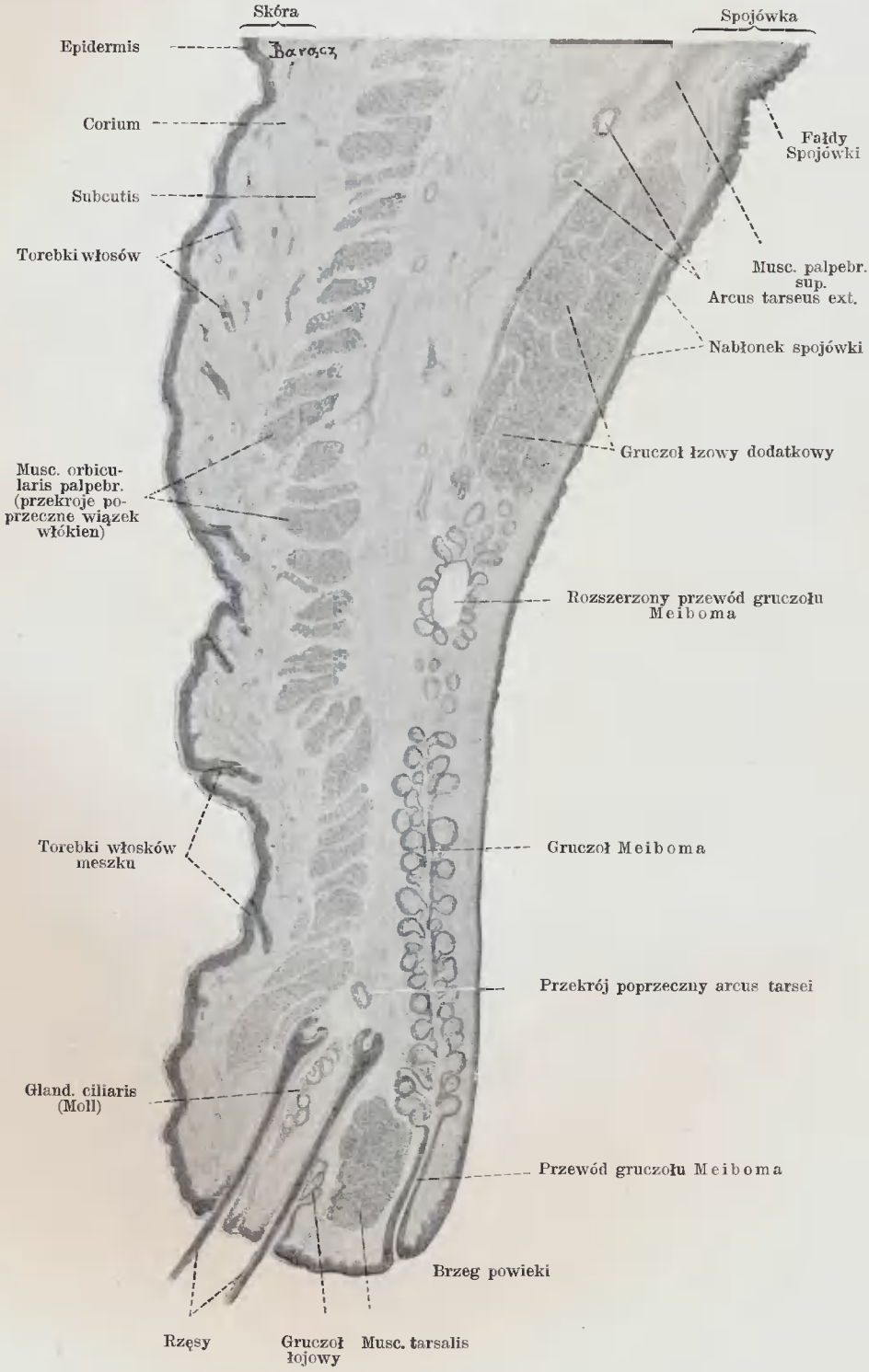
od komórek walcowatych leży warstwa bardzo płaskich komórek nabłonka brukowego. Wśród tkanki łącznej międzyzrazikowej gruczołu przewody dzielą się wielokrotnie i za pośrednictwem krótkich wstawek przechodzą w cewki wydzielnicze. Odcinków, odpowiadających cewkom ślinowym gruczołu przyusznego, niema tu wcale. Cewki wywydzielnicze są wysłane komórkami walcowatemi lub sześciennemi. Z zewnątrz przylegają do nich komórki płaskie, rozgałęzione, które są dalszym ciągiem głębokiej warstwy komórek przewodów wyprowadzających, natury, jak się zdaje, mięśniowej. Mamy więc tutaj stosunki podobne do tych, jakie spotykamy w gruczołach potnych (Zimmermann). Właściwie komórki gruczołowe, podobnie jak



Ryc. 407.
Część skrawka gruczołu łzowego ludzkiego.
Pow. ok. 150 razy.

komórki trzustkowe, mają w części środkowej, zwróconej do światła cewki, protoplazmę ziarnistą, w części zewnętrznej — wolną od ziarnistości, ale zato prążkowaną w kierunku promieni cewki. W części środkowej komórka zawiera dwa pręcikowate ciałka środkowe i większą lub mniejszą ilość kropelek tłuszczu. Pomiędzy komórkami mieszczą się też kanaliki wydzielnicze. Cewkę gruczołową otacza z zewnątrz jednorodna błona podstawowa. Twory półksiężycowate, które opisywano, jako występujące w cewkach gruczołu łzowego, nie są istotnemi półksiężycami, lecz raczej zbiorowiskami komórek gruczołowych, w danej chwili opróżnionych z wydzieliny (Noll).

Wydzielina gruczołu łzowego, *ciecz łzowa* czyli *łzy*, jest to ciecz smaku słonego, zależnego od zawartości 1,3% soli kuchennej. Pozatem łzy zawierają z pośród składników stałych 0,5% białka. Odczyn cieczy jest zasadowy.



Ryc. 408.

Przekrój powieki górnej dziecka 2½-letniego.

Pow. 22 razy.

Przewody łzowe wyściela nabłonek wielowarstwowy płaski, z zewnątrz zaś otacza je tkanka łączna, obficie unaczyniona i zawierająca wiele włókien sprężystych.

W *woreczku łzowym* natomiast, jak również w *przewodzie nosowołzowym*, znajdujemy nabłonek *wielowarstwowy walcowaty*. Zewnątrz komórek walcowatych widać jedną lub więcej warstw komórek sześciennych. Według zdania Walzberga komórki walcowate przewodu nosowołzowego bywają nieraz, jednak nie zawsze, opatrzone migawkami. Natomiast w woreczku łzowym komórki nie mają migawek. Otaczająca tkanka łączna obfituje w limfocyty, które mogą skupiać się w małe grudki limfatyczne.

Nerwy gruczołów łzowych należą prawie wyłącznie do bezrdzennych. Według Dogiela tworzą one przedewszystkiem splot na błonie własnej. Cienkie gałązki, wychodzące z tego splotu, przebijają błonę i tworzą u podstawy komórek wydzielniczych pierwszą sieć, t. zw. „nadkomórkową," pomiędzy komórkami zaś drugą sieć, „międzykomórkową." Przychodzi przytem do bardzo ścisłego związku między włóknami nerwowemi, a komórkami gruczołowemi.

Powieki.

Skóra, pokrywająca zewnętrzną powierzchnię powiek, przechodzi na krawędzi wewnętrznej ich brzegu w spojówkę powiekową *(coniunctiva palpebralis)*, która wyściela powierzchnię wewnętrzną powiek. Pomiędzy te dwie warstwy wchodzi mięsień okrężny czyli zwieracz powiek *(musculus orbicularis palpebrarum)*, oraz twarda, zbita płytka łącznotkankowa, zwana chrząstką powiekową *(tarsus)*. W stosunkach tych zorjentować się najlepiej na przekroju strzałkowym powieki: taki właśnie przekrój powieki górnej dziecka przedstawia ryc. 408.

Naprzód więc warstwę zewnętrzną powieki tworzy skóra, wyróżniająca się nadzwyczaj słabym rozwojem brodawek skórnych. Tkanka łączna podskórna jest bardzo luźna i uboga w komórki tłuszczowe. Na powierzchni skóry widać obfity meszek.

Z zewnętrznej krawędzi brzegu powieki sterczą długie, grube włosy, *rzęsy (cilia)*. Rzęsy leżą zwykle w dwu lub trzech szeregach i tkwią głęboko w skórze. Ulegają częstej zmianie, jak to zresztą widać z licznych zawiązków włosów zastępczych.

W związku z rzęsami występują na brzegu powieki dwa rodzaje gruczołów: małe *gruczoły łojowe* i duże, w sposób swoisty zmienione gruczoły kłębkowe, t. zw. *gruczoły rzęsne* czyli *gruczoły Molla glandulae ciliares* s. *Molli)*. Przewody gruczołów łojowych otwierają się stale, rzęsnych zaś bardzo często do torebek rzęs.

Po tkance podskórnej następuje ku wewnątrz warstwa, utworzona z mięśnia okrężnego powiek *(musculus orbicularis palpebrarum)*.

Mięsień ten składa się z włókien mięsnych poprzecznie prążkowanych, wykazujących znaczne wahania w grubości. W powiece dolnej mamy włókna przeciętnie grubsze, niż w górnej (Schiefferdecker). Przebieg mięśnia bywa łukowaty: od jednego kąta powieki do drugiego, na naszym więc przekroju strzałkowym przecięty został poprzecznie. Część mięśnia, najbliższa brzegu powieki, oddzielona przez głęboko drążące torebki rzęs od głównej masy mięśni, otrzymała osobną nazwę *mięśnia rzęsnego* albo *mięśnia Riolana (musculus ciliaris* s. *Riolani)*.

Ku wewnątrz od mięśnia okrężnego powiek leży *powięź powiekowa (fascia palpebralis)*. Jest to warstwa tkanki łącznej, w którą w powiece górnej przechodzi ścięgno mięśnia dźwigacza powieki *(musculus levator palpebrae superioris)*, w powiece dolnej zaś część ścięgna mięśnia prostego dolnego oka (*musculus rectus oculi inferior)*. Po stronie wewnętrznej tych ścięgien przebiegają także gładkie komórki mięśniowe, które w całości nazywamy mięśniem tarczkowym górnym, względnie dolnym *(musculus tarsalis superior resp. inferior)*. Wiązki tych mięśni biegną w obu powiekach prostopadle do brzegu powiek. Mięsień górny zaczyna się na dolnej powierzchni mięśnia dźwigacza powieki, słabszy zaś dolny wychodzi w pobliżu mięśnia skośnego dolnego. Drugiemi swemi końcami przyczepiają się te mięśnie zapomocą włókienek sprężystych do chrząstek powiekowych.

Powięź powiekowa przechodzi ku zewnątrz w sztywną płytkę, t. zw. *chrząstkę powiekową* czyli *tarczkę (tarsus)*, która zajmuje mniej więcej $^2/_3$ wysokości każdej z powiek. Tarczka składa się z tkanki łącznej włóknistej, której włókna ułożone są tak gęsto i tak ściśle z sobą połączone, że cały ten twór nabiera konsystencji prawie chrząstkowej. Stąd nazwa „chrząstka powiekowa," chociaż budowa jej nic niema wspólnego z chrząstką. Wewnątrz tarczki mieści się w każdej powiece około 30 wydłużonych gruczołów pęcherzykowych. Są to gruczoły łojowe, zwane tutaj *gruczołami tarczkowemi* albo *gruczołami Meibома (glandulae tarsales* s. *gl. Meibomi)*. Osie długie wszystkich tych gruczołów ustawione są prostopadle do brzegu powiek. Przewód gruczołu, wysłany nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, otwiera się na wewnętrznej krawędzi brzegu powieki, skąd biegnie w głąb tarczki przez całą prawie jej wysokość, równolegle do wewnętrznej powierzchni powiek. Ku końcowi przewód jest najczęściej rozszerzony. Na całym przebiegu otwierają się doń liczne wielkie pęcherzyki, posiadające najzupełniej budowę małych gruczołów łojowych. Wydzielina tych gruczołów, podobna do łoju skórnego, stanowi t. zw. *łój powiekowy* czyli *maź powiekową (sebum palpebrale)*.

Na wewnątrz od tarczki leży *spojówka powiekowa (coniunctiva palpebralis)*. Jest to błona śluzowa, złożona z warstwy właściwej

(propria) i z nabłonka. Warstwa właściwa składa się ze zbitej tkanki łącznej, która się wpukla w formie wysokich nieprawidłowych wzniesień, drążących w nabłonek, i jedynie w okolicy krawędzi wewnętrznej brzegu powiekowego tworzy prawdziwe brodawki (Wolffring, Ciaccio). Znajdujemy w niej znaczną ilość komórek plazmatycznych i limfocytów, które w pewnych razach mogą się skupiać i tworzyć niewielkie grudki limfatyczne *(noduli lymphatici)*. O ile grudki te uważać można za twory jeszcze normalne, trudno orzec. W załamku *(fornix)* spojówki nawet ludzi zupełnie zdrowych znajdujemy czasami 20 i więcej drobnych grudek limfatycznych (Henle, Stöhr). W warstwie właściwej, głównie w bocznej powłoce załamka spojówki, znajdujemy w powiece dolnej pojedyńcze, w górnej bardziej liczne gruczoły surowicze, które można uważać za dodatkowe gruczoły łzowe *(gruczoły Krausego)*. Ujścia ich przewodów mieszczą się na powierzchni spojówki. Nabłonek tych przewodów, wielowarstwowy walcowaty, nie dosięga wewnętrznej krawędzi brzegu powieki, lecz już w odległości 1—2 mm od niej przechodzi w nabłonek wielowarstwowy płaski brzegu powieki. Najbardziej wierzchnia warstwa nabłonka spojówki składa się z komórek walcowatych, zaopatrzonych w oskórek *(cuticula)*. Pomiędzy niemi spotykamy w znacznej ilości typowe komórki kubkowe (Ishikura). Po warstwie komórek walcowatych następuje jedna lub kilka warstw komórek sześciennych. Powierzchnia błony śluzowej w okolicy tarczki jest gładka, w załamku zaś spojówki okazuje liczne brózdy i nierówności, t. zw. *zatoki spojówki*. W ich obrębie warstwa właściwa może tworzyć brodawki, które obejmujemy wspólną nazwą *ciała brodawkowatego (Papillarkörper*, Eble).

W załamku *(fornix)* spojówka powiekowa *(coniunctiva palpebrarum)* przechodzi w *spojówkę gałki ocznej (coniunctiva bulbi)*. Obie posiadają budowę wogóle podobną, tylko warstwa właściwa spojówki gałkowej wykazuje w częściach przednich wyraźne brodawki. Nabłonek jej przechodzi w pobliżu rogówki w gruby nabłonek wielowarstwowy płaski, którego bezpośredniem przedłużeniem jest przedni nabłonek rogówki.

Fałd półksiężycowaty spojówki *(plica seminularis)*, który odpowiada błonie mrużnej, inaczej migotce *(palpebra tertia)* kręgowców niższych, jest jedynie prostem zdwojeniem spojówki. W oku zwierząt ssących fałd ten zawiera płytkę chrząstkową oraz osobny gruczoł, najczęściej surowiczy, t. zw. gruczoł migotki. U świni gruczoł ten ma być śluzowy. U zwierząt ssących poza gruczołem migotki znajduje się jeszcze jeden gruczoł, zwany *gruczołem Harderа*. Szczątki migotki oraz jej gruczołu znaleźć można również w oku ludzkiem. *Mięsko łzowe (caruncula lacrimalis)* jest drobną wyniosłością spo-

jówki gałkowej w kącie przyśrodkowym powiek. Wyniosłość tę pokrywa nabłonek wielowarstwowy. Okoliczność, iż mięsko posiada włoski, gruczoły łojowe i gruczoły potne, przemawia za tem, iż jest to zabłąkana cząstka skóry. W głębi mięska mieścić się mogą dodatkowe gruczoły łzowe.

Do każdej powieki od strony zarówno przyśrodkowego, jak i bocznego kąta oka, wchodzi *tętnica powiekowa (arteria palpebralis)*. Tętnice powiekowe przyśrodkowe i boczne *(arteriae palpebrales mediales et laterales)* każdej powieki biegną ku sobie na spotkanie po zewnętrznej powierzchni tarczki, wzdłuż brzegu powieki, i wkońcu łączą się z sobą. W ten sposób tworzy się w każdej powiece *łuk tarczkowy (arcus tarseus)*. W powiece górnej gałązki tętnicze mogą tworzyć drugi jeszcze łuk naczyniowy. Oba łuki dają początek wielkiej liczbie gałązek, zaopatrywających w krew skórę, mięśnie, gruczoły, zwłaszcza zaś obficie unaczyniają spojówkę powiekową. Tętnice spojówki tworzą u brzegu rogówki liczne połączenia z tętnicami rzęskowemi przedniemi *(arteriae ciliares anteriores)*.

Naczynia limfatyczne tworzą według Grunera trzy sieci, połączone zapomocą wielu anastomoz: sieć podskórną *(rete subcutaneum)*, przedtarczkową *(rete praetarsale)* i spojówkową *(rete coniunctivale)*. Limfa z sieci tych odpływa według Mosta do gruczołów limfatycznych okolicy przyusznej i podszczękowej. Dotychczas nie rozstrzygnięto jeszcze pytania, czy istnieją połączenia naczyń limfatycznych spojówki gałkowej z układem szczelin limfatycznych rogówki.

Nerwy powiek tworzą gęste sploty zarówno w ich skórze, jak w tarczce i w spojówce. Włókna, odgałęziające się z tych splotów, unerwiają skórę, mięśnie, naczynia i gruczoły. Szczególnie gęste sploty włókien otaczają gruczoły Meiboma. W spojówce obok wolnych zakończeń śródnabłonkowych i naczyniowych spotykamy przedewszystkiem swoiste ciałka końcowe, t. zw. *kolbki Krausego*. Na brzegu powieki i w przyległych okolicach spojówki mieszczą się one w brodawkach; w innych częściach spojówki znajdujemy je tuż pod nabłonkiem (Dogiel). Często zdarza się, że jedna z dwu gałązek, powstałych z podziału włókna nerwowego, wchodzi do kolbki końcowej, druga zaś rozsypuje się na mnóstwo włókienek, kończących się wolno w tkance łącznej (Crevatin).

3. Narząd słuchu.

Najistotniejszą część składową narządu słuchu stanowi błoniasty błędnik, umieszczony w głębi kości skalistej, a powstały przez wpuklenie listka zarodkowego zewnętrznego. Zawiera on narządy

nerwowe końcowe, przeznaczone do przyjmowania wrażeń, powodowanych falami głosowemi, a jednocześnie działa jako narząd równowagi, orjentujący nas co do położenia naszego ciała w przestrzeni.

Błędnik błoniasty składa się, jak wiadomo, z łagiewki *(utriculus)* i woreczka *(sacculus)*, połączonych zapomocą przewodu łagiewkowo-woreczkowego *(ductus utriculo-saccularis)*, oraz z przewodu ślimakowego *(ductus cochlearis)*. Z łagiewki wychodzą przewody półkoliste, opatrzone bańkami *(ampullae)*, a ustawione w trzech płaszczyznach przestrzeni. Woreczek łączy się z ślimakiem błoniastym za pośrednictwem wąziutkiego kanału łączącego *(canalis reuniens)*. Wspomnieć tu jeszcze należy o przewodzie błędnika błoniastego *(ductus endolymphaticus)*. Przewód ten wychodzi z górnego końca woreczka, łączy się z przewodem łagiewkowo-woreczkowym i po przebiciu ściany kości skalistej kończy się w worku cieczy błędnikowej *(saccus endolymphaticus)*, w jamie czaszkowej położonym. Błędnik błoniasty mieści się wewnątrz błędnika kostnego, częściowo przylegając ściśle do jego ścian, częściowo zaś oddzielony od nich szerokiemi przestworami dla cieczy błędnikowej zewnętrznej *(spatia perilymphatica)*.

W ścianę błędnika błoniastego wchodzą gałęzie nerwu słuchowego *(nervus acusticus)* i kończą się tu w pewnych określonych miejscach, które nazywamy plamkami słuchowemi *(maculae acusticae)* i grzebieniami słuchowemi *(cristae acusticae)*. Wewnątrz łagiewki leży plamka słuchowa zachyłka łagiewki *(macula acustica recessus utriculi)*, w każdej bańce przewodu półkolistego po jednym grzebieniu słuchowym *(crista acustica ampullae canalis semicircularis)*, w woreczku — plamka słuchowa woreczka *(macula acustica sacculi)*, w ślimaku błoniastym wreszcie długi grzebień wężownicowaty *(crista spiralis)* czyli narząd Cortiego.

Oprócz tych narządów, przyjmujących podniety słuchowe, mamy tu jeszcze narządy dodatkowe, służące do przewodzenia fal głosowych ku głęboko umieszczonemu błędnikowi błoniastemu. Mianowicie z zewnątrz przylega do błędnika jama bębenkowa, powstała z części przedniej jelita głowowego. Jamę tę zamyka od zewnątrz błona bębenkowa; jako błona współdźwięcząca przenosi ona drgania, w które ją wprawiają fale głosowe, na łańcuch, z trzech kosteczek słuchowych złożony. Pierwsza z tych kosteczek, zwana młoteczkiem, jest ściśle połączona z błoną bębenkową; ostatnia — strzemiączko, osadzona jest ruchomo w okienku owalnem *(foramen ovale)* błędnika kostnego. Między młoteczek, a strzemiączko wsuwa się kowadełko, połączone z obu kosteczkami zapomocą stawów. Jama bębenkowa, zwana inaczej wraz z całą zawartością uchem środkowem, łączy się za pośrednictwem trąbki słuchowej *(tuba auditiva)* z jamą gardzie-

lową. Z zewnątrz wreszcie do ucha środkowego przylega ucho zewnętrzne, złożone z przewodu słuchowego zewnętrznego i z małżowiny usznej.

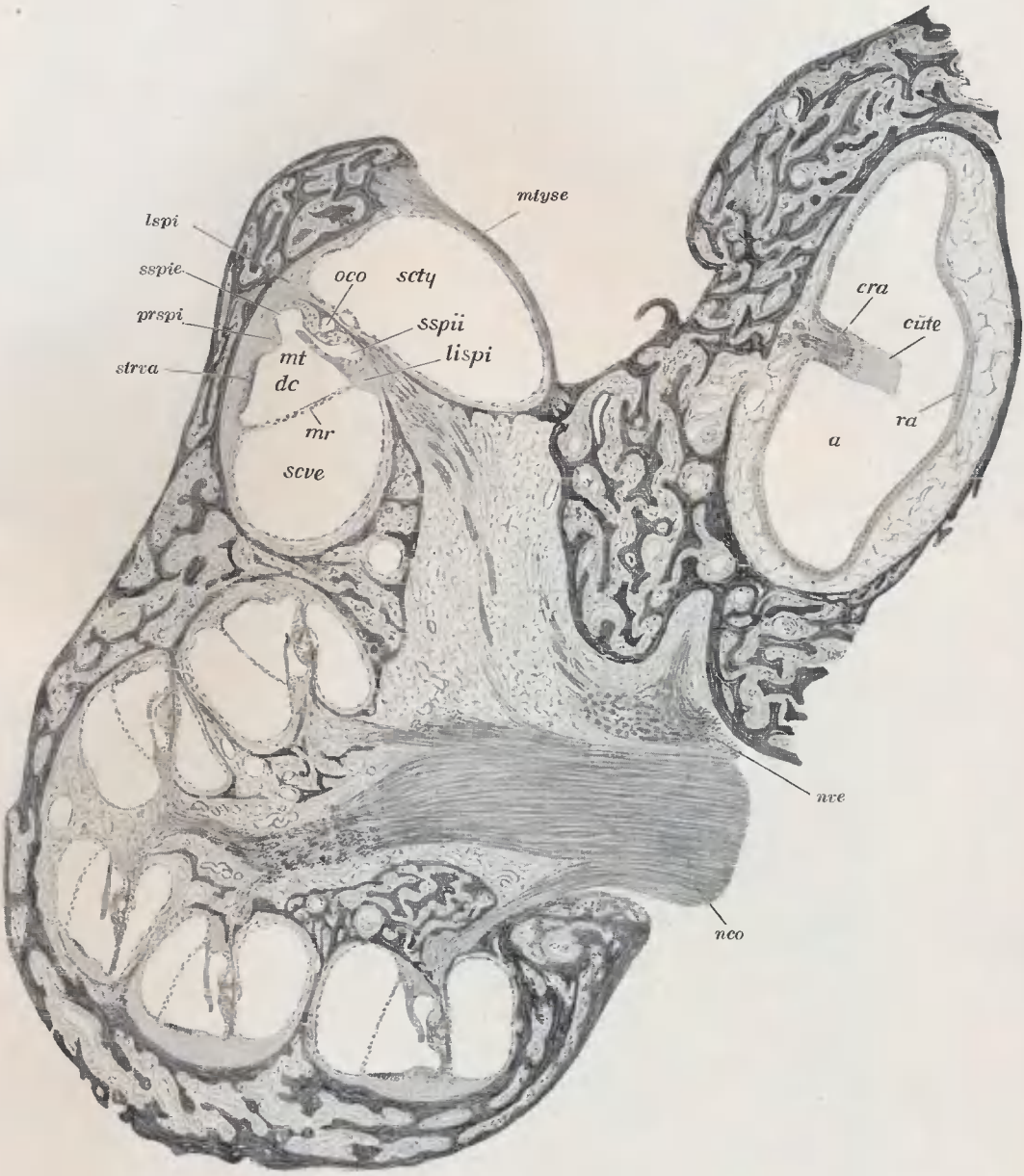
Woreczek, łagiewka i przewody półkoliste.

Woreczek *(sacculus)*, łagiewka *(utriculus)* i przewody półkoliste *(canales semicirculares)* są tak podobne co do szczegółów budowy, że można je opisać łącznie. Ściany tych części ucha są przeważnie nadzwyczaj cienkie, mają bowiem w miejscach najcieńszych zaledwie 4—5 μ grubości; tylko w miejscu plamek i grzebieni słuchowych są znacznie grubsze, gdyż dosięgają 100—200 μ. Z zewnątrz otacza je luźna tkanka łączna, która spaja je bezpośrednio z okostną lub też w postaci beleczek przecina przestwory dla cieczy błędnikowej zewnętrznej *(spatia perilymphatica)*. Ściana woreczka, łagiewki i przewodów półkolistych składa się z *warstwy właściwej (membrana propria)* oraz z *nabłonka*, przylegającego do wewnętrznej powierzchni tej warstwy.

Warstwa właściwa bywa przeważnie bardzo cienka i bardzo często wyraźnie prążkowana. Składa się ona napozór z włókien, które częściowo, na podobieństwo włókien rogówki właściwej, łączą się w blaszki. Jest jednak rzeczą wątpliwą, czy mamy tu do czynienia z prawdziwą tkanką klejodajną, włókna te bowiem dają albo bardzo niewyraźne odczyny barwikowe na włókna łącznotkankowe, lub też nie dają ich wcale. Pomiędzy włóknami rozrzucone są komórki w ten sposób, iż tam, gdzie błona jest grubsza, występują w znaczniejszej ilości i gęściej, aniżeli w miejscach, w których błona jest cieńsza. Komórki te są gwiaździste, a wypustki ich, jak to w wielu miejscach dokładnie dostrzec można, łączą się z wypustkami komórek sąsiednich. Warstwa właściwa bierze wybitny udział w tworzeniu zgrubień ściany błędnika w obrębie plamek i grzebieni słuchowych tak, iż powiedzieć można, że im wyższy nabłonek, tem grubsza warstwa właściwa. W przewodach półkolistych wstercza dość często warstwa właściwa brodawkowatemi wzdłuż wyniosłościami do światła kanału (Rüdinger).

Nabłonek, wyścielający woreczek, łagiewkę i przewody półkoliste, jest jednowarstwowy płaski. Komórki jego, ułożone na warstwie właściwej, mają postać wielobocznych płytek. Wyjątek stanowi jedynie t. zw. *szew (raphe)* przewodów półkolistych. Jest to pasmo komórek znacznie wyższych i węższych, a więc niskich walcowatych, biegnące wzdłuż wklęsłej powierzchni przewodów i baniek błoniastych.

Każdy *grzebień słuchowy (crista acustica)* jest na obu swych końcach otoczony *płaszczyzną półksiężycowatą (planum semilunatum)*,



Ryc. 409. Błędnik młodego kota. Barwienie hematoxyliną żelazistą.

a Ampulla, *cra* Crista acustica, *cute* Cupula terminalis, *ra* Raphe, *nco* N. cochlearis, *nve* N vestibularis, *scty* Scala tympani, *oco* Narząd Cortiego, *sspii* Sulcus spiralis internus, *lispi* Limbus spiralis, *lspi* Ligamentum spirale, *sspie* Sulcus spiralis externus, *prspi* Prominentia spiralis, *strva* Stria vascularis, *mt* Membrana tectoria, *dc* Ductus cochlearis, *mr* Błona Reissnera, *scve* Scala vestibuli, *mtyse* Membrana tympani secundaria. Pow. ok. 25 razy.

w której obrębie znajdujemy również nabłonek walcowaty. Z jednej strony płaszczyzna półksiężycowata przechodzi powoli w ścianę bańki, z drugiej zaś płytka brózda oddziela ją od grzebienia słuchowego, który jest nieco od niej wyższy. Grzebienie słuchowe tworzy nabłonek nerwowy zmysłowy *(neuroepithelium)*. Grubość jego wynosi około 50 μ. Spoczywa on na znacznie w tem miejscu zgrubiałej warstwie właściwej, której pokład wierzchni nie zawiera zwykle komórek i odcina się od pozostałej części, jako pasmo jednorodne. Nabłonek zmysłowy składa się z dwu odmiennych rodzajów komórek. Jedne, *komórki rzęsate*, są to elementy, przeznaczone do odbierania wrażeń słuchowych i stoją w bezpośrednim stosunku z włóknami końcowemi nerwu słuchowego. Drugie, *komórki nitkowate*, odgrywają rolę podrzędną, służąc jedynie za podporę komórkom rzęsatym.

Komórki rzęsate mają kształt pękaty; długość ich wynosi 25 do 40 μ; nie dosięgają więc swoją podstawą warstwy właściwej. Ułożone są w ten sposób obok siebie, że pozostawiają pomiędzy sobą niewielkie odstępy wolne. Podstawy mają szerokie i zaokrąglone. Ku górze komórka staje się nieco węższa, sam zaś koniec górny znów się rozszerza tak, że komórki przypominają kształtem kolby chemików. Jądra komórek rzęsatych są duże, kuliste, obficie zawierające chromatynę, i leżą w rozszerzonej części podstawowej komórek. Rozszerzona część górna komórki kończy się płytką okrągłą w rodzaju oskórka *(cuticula)*. Z wolnej powierzchni każdej komórki rzęsatej sterczą t. zw. *włoski słuchowe*. Są to liczne, cieniutkie włoski, długości 25—30 μ. Wszystkie włoski grzebienia słuchowego układają się ściśle obok siebie i skutkiem rozmaitych technicznych manipulacji podczas przygotowania preparatu sklejają się z sobą. Następstwem tego jest powstanie swoistego tworu, który na grzebieniu, widzianym na prze kroju poprzecznym, siedzi nakształt kapelusza stosowanego. Twór ten nazywamy *osklepkiem końcowym (cupula terminalis* [ryc. 409 i 410]).

Komórki nitkowate, zrębowe, przenikają całą grubość nabłonka, od warstwy właściwej aż do powierzchni wolnej. Można w nich rozróżnić ciało komórkowe i wypustkę. Drobne ciała komórkowe leżą poniżej podstaw komórek rzęsatych t. j. między podstawami a warstwą właściwą. Komórki te są ułożone ściśle obok siebie, tak, że wypełniają całkowicie przestrzeń pomiędzy warstwą właściwą a komórkami rzęsatemi. Jądra komórek nitkowatych są stale znacznie mniejsze, niż jądra komórek rzęsatych. Ciało każdej komórki nitkowatej wysyła wąską wypustkę, która biegnie pomiędzy komórkami rzęsatemi aż do powierzchni wolnej nabłonka, i na końcu jest również przemieniona w oskórek *(cuticula)*. Ponieważ końce oskórkowe komórek nitkowatych oraz górne płytki komórek rzęsatych, również zmienione oskórkowo, bardzo ściśle przylegają do siebie i silnie się

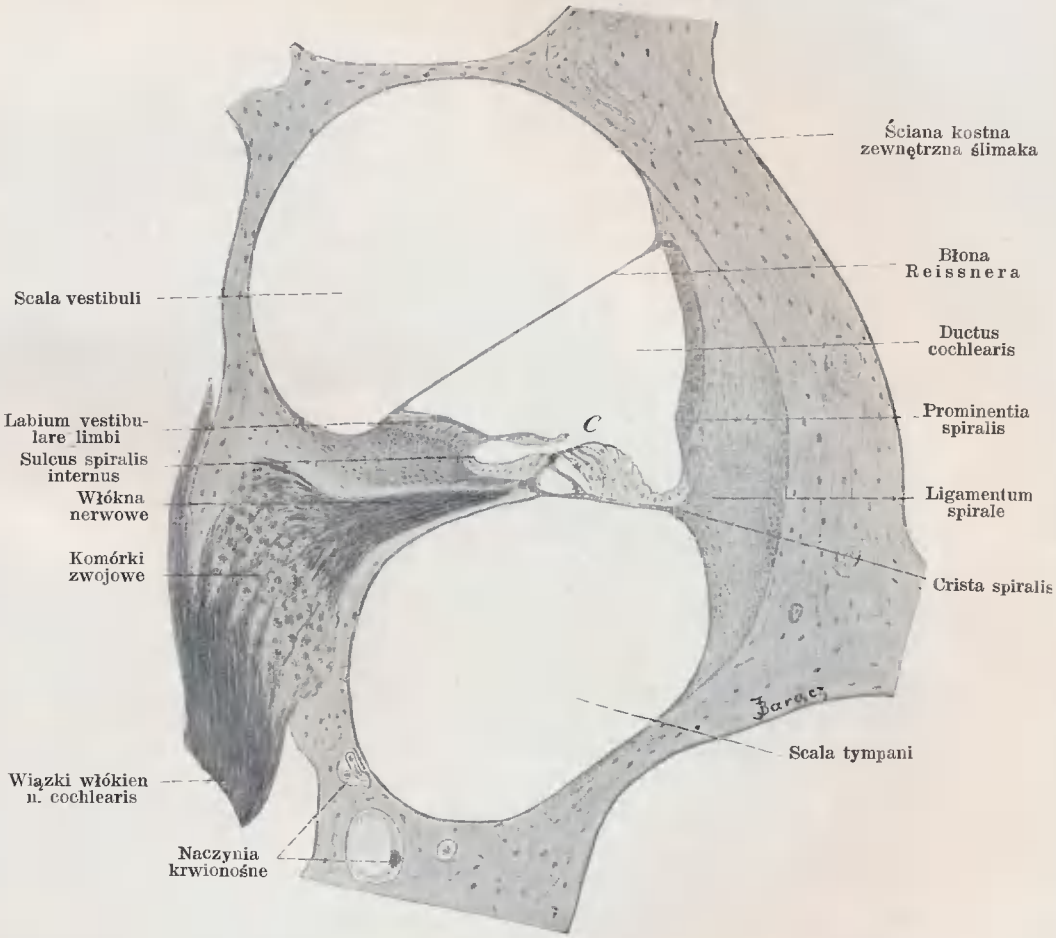
z sobą łączą, powstaje błona oskórkowa, pokrywająca całą wolną powierzchnię grzebienia słuchowego, zwana *błoną graniczną (membrana limitans)*.

W *plamkach słuchowych* woreczka i łagiewki nabłonek zmysłowy zachowuje się zasadniczo podobnie, jak opisany powyżej nabłonek grzebieni. Różnica polega na tem, że niema tu płaszczyzny półksiężycowatej, tak, że nabłonek zmysłowy przechodzi bezpośrednio w płaski. Nabłonek zmysłowy nie jest też tutaj tak wysoki, jak w grzebieniach słuchowych. Wszystkie rzęski każdej komórki rzęsatej łączą się w cieniutki biczyk. Na końcach tych biczyków spoczywa *warstwa*

Ryc. 410.
Grzebień słuchowy bańki zewnętrznej świnki morskiej.
Powiększ. ok. 200 razy.

galaretowata kamyczkowa czyli *błona otolitowa*. *Kamyczki błędnika* czyli t. zw. *otolity* są to u człowieka drobne kryształki, mające 1 do 10 μ długości. Prawie 80% ich składników stanowi węglan wapniowy; nadto zawierają też ślady mucyny. W łączności trzyma je masa miękka, bezpostaciowa, która według przekonania naszego jest produktem czynności wydzielniczej nabłonka zmysłowego. Leżą one w tej masie w jednej warstwie, na włoskach plamek słuchowych.

Nerwy, wchodzące do grzebienia i plamek słuchowych, przebijają warstwę właściwą, tracąc przytem osłonkę rdzenną, i tworzą splot zawiły. Po wejściu do nabłonka biegną pomiędzy komórkami zrębowemi ku podstawom komórek rzęsatych. Każde włókno dzieli



Ryc. 411.

Przekrój drugiego zakrętu ślimaka świnki morskiej.

C = Narząd Corti ego. Pow. ok. 95 razy.

się przytem zwykle na kilka krótkich gałązek, z których każda dąży do innej komórki rzęsatej. Stosunek, zachodzący między komórką rzęsatą, a włóknem nerwowem, jest przedmiotem sporu. To możemy tylko z całą pewnością powiedzieć, że między obydwoma elementami zachodzi połączenie nadzwyczaj ścisłe. Każde włókno tworzy u podstawy komórki rzęsatej coś w rodzaju kubka, w którym komórka tak jest umieszczona, jak jajko w kieliszku. Z owego kubka wychodzą liczne, delikatne włókienka, które biegną wzdłuż powierzchni komórki, a może nawet wchodzą do samego jej ciała. Na przebiegu włókienek spotykamy znaczną ilość zgrubień (Retzius, Niemack, Kaiser, Krause, Held).

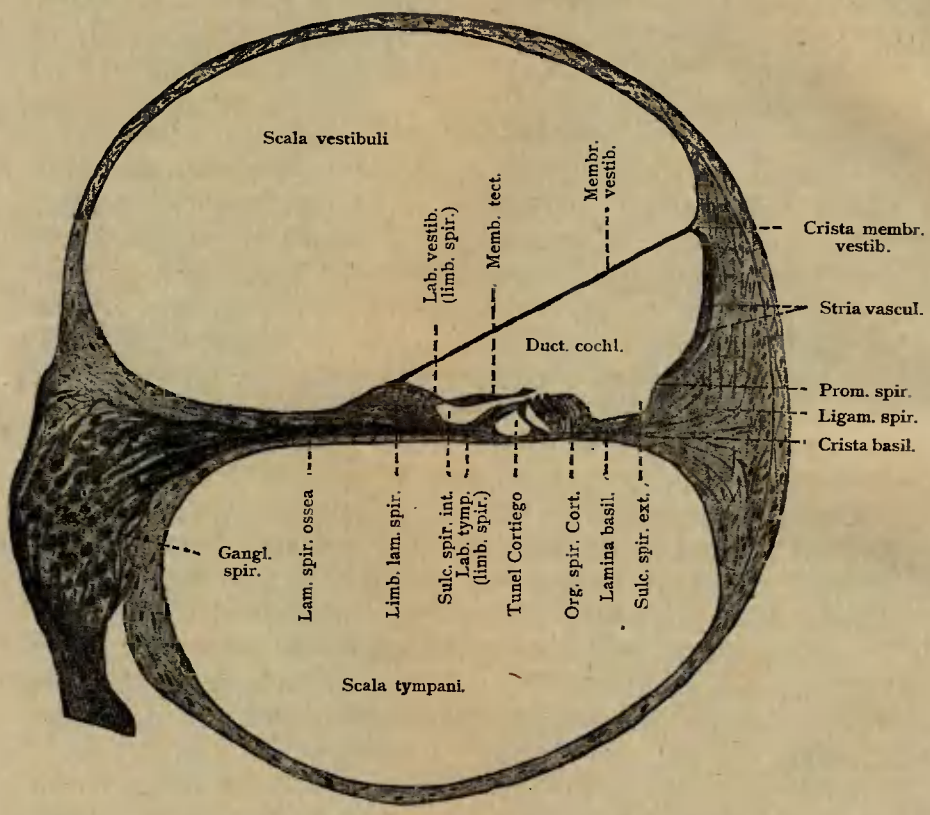
Ślimak błoniasty.

Znacznie zawilsza jest budowa błoniastego *przewodu ślimakowego (ductus cochlearis)* (ryc. 409 i 411). Przewód ten u zwierząt ssących jest, jak wiadomo, kanałem zwiniętym ślimakowato, na obu końcach ślepo zakończonym (kątnica przedsionkowa i kątnica osklepkowa). Do przewodu, tuż poza jego ślepym końcem przedsionkowym, otwiera się ujście wąskiego przewodu łączącego *(canalis reuniens)*, prowadzącego z woreczka. Ślimak błoniasty mieści się wewnątrz przewodu ślimakowego kostnego w ten sposób, że, jeżeli sobie wyobrazimy ślimak osią pionowo ułożony, dotyka on ściany przewodu kostnego tylko od strony wewnętrznej i zewnętrznej; od dołu zaś i od góry oddzielają go duże przestrzenie cieczy błędnikowej zewnętrznej *(spatia perilymphatica)*, noszące nazwę *schodów przedsionka (scala vestibuli)* i *schodów bębenka (scala tympani)* (ryc. 411). Schody te na szczycie ślimaka zlewają się z sobą. U podstawy ślimaka znajduje się ujście schodów przedsionkowych do przedsionkowego przestworu cieczy błędnikowej zewnętrznej, schody bębenkowe natomiast kończą się ślepo, zamknięte błoną okienka ślimakowego *(membrana tympani secundaria)*.

Na przekroju poprzecznym ślimaka przewód ślimakowy *(ductus cochlearis)* ma kształt trójkątny, tak, że można w nim rozróżnić trzy ściany. Górna z nich oddziela przewód ślimakowy od schodów przedsionka, zewnętrzna łączy go z okostną ściany zewnętrznej ślimaka kostnego, dolna oddziela go od schodów bębenkowych. Przyjrzyjmy się bliżej wszystkim trzem ścianom.

Ściana górna, którą ze względu na sąsiedztwo schodów przedsionkowych nazywać możemy również *błoną przedsionkową (membrana vestibularis)*, najczęściej nosi miano swego odkrywcy *Reissnera (membrana Reissneri)*. Błona ta wychodzi z rąbka blaszki wężownicowatej *(limbus [laminae] spiralis)*, pokrywającego blaszkę wężownicowatą kostną *(lamina spiralis ossea)*, idzie skośnie

w górę ku zewnętrznej ścianie przewodu ślimakowego kostnego i tutaj przyczepia się do niewielkiej wyniosłości tkanki łącznej, wyścielającej tę ścianę, t. j. do t. zw. grzebienia błony przedsionkowej *(crista membranae vestibularis)*. Błona Reissnera biegnie najczęściej płasko, czasami jednak wypukla się w stronę schodów przedsionkowych. Składa się z dwu warstw płaskich komórek nabłonkowych, z których jedna odpowiada nabłonkowi przewodu ślimakowego, druga — na-



Ryc. 412.
Przekrój zwoju ślimaka.
Półschematycznie.

błonkowi schodów przedsionka. Pomiędzy obu warstwami nabłonkowemi znajdujemy zaledwie ślady tkanki łącznej (ryc. 411).

Budowy znacznie zawilszej jest ściana zewnętrzna przewodu ślimakowego (ryc. 412). Naogół przedstawia się ona jako znaczne zgrubienie okostnej ściany zewnętrznej ślimaka, które na przekroju podłużnym ma kształt sierpa, przylegającego do wspomnianej ściany. Koniec górny sierpa się gado schodów przedsionkowych, koniec zaś dolny

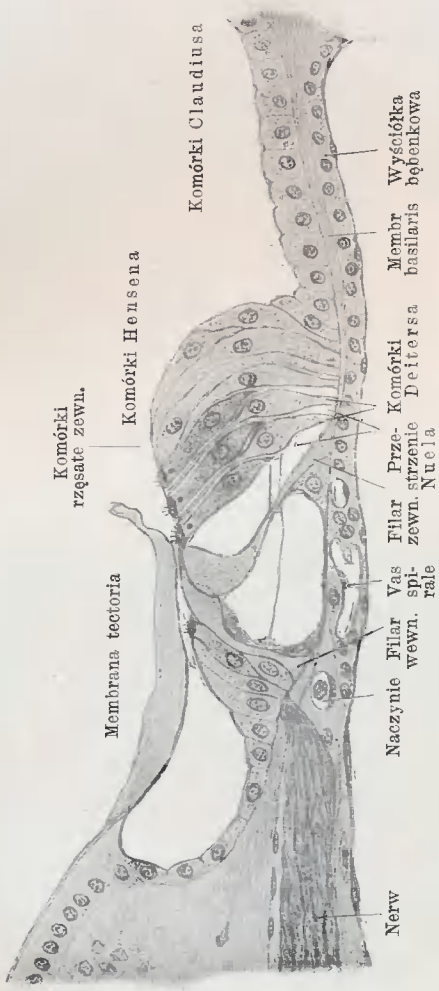
do schodów bębenkowych i przechodzi w ich cienką okostnę. Całe owo sierpowate zgrubienie oznaczamy mianem więzadła wężownicowatego *(ligamentum spirale)*. Budowa tego więzadła przypomina budowę warstwy właściwej *(membrana propria)* błędnika błoniastego, którą opisaliśmy wyżej. Oprócz cienkich włókien tkanki łącznej znajdujemy tu także wiele rozgałęzionych komórek łącznotkankowych, po części łączących się z sobą wypustkami. Tam, gdzie do więzadła wężownicowatego przyczepia się błona Reissnera, na powierzchni więzadła tworzy się mały wyskok w formie listwy, — t. zw. grzebień błony przedsionkowej *(crista membranae vestibularis)*. Znacznie silniej rozwinięty jest jednak w tej błonie drugi wyskok, który dzieli przewód ślimakowy od schodów bębenkowych i sięga w kierunku wewnętrznym do blaszki wężownicowatej kostnej *(lamina spiralis ossea)*. Nazywamy go *grzebieniem podstawowym (crista basilaris)*. Między grzebieniem podstawowym, a grzebieniem błony przedsionkowej, znacznie jednak bliżej pierwszego z nich, więzadło wężownicowate tworzy jeszcze jedną wyniosłość, skierowaną ku wewnątrz i zwaną *wyniosłością wężownicowatą (prominentia spiralis)* (ryc. 412). Nabłonek, wyścielający ścianę zewnętrzną, wyróżnia się swoistemi cechami. Uwydatniają się tu dwa pasma: jedno ciągnie się od grzebienia błony przedsionkowej do wyniosłości wężownicowatej i nosi nazwę *prążka naczyniowego (stria vascularis)*; drugie leży między wyniosłością wężownicowatą a grzebieniem podstawowym i nazywa się *bróżdą wężownicowatą zewnętrzną (sulcus spiralis externus)*. Nabłonek prążka naczyniowego jest niewyraźnie wielowarstwowy; bliżej powierzchni znajdujemy komórki bardziej płaskie, w warstwach głębszych — bardziej walcowate. Stosunki w układzie komórek zacierają się skutkiem tego, że po pierwsze zawierają dość dużo barwika, a powtóre dlatego, że pomiędzy nie wchodzą liczne naczynia włosowate tak, że mamy tu jeden z rzadkich przykładów nabłonka unaczynionego. Nie można zresztą z całą pewnością orzec, czy mamy tu do czynienia wyłącznie z komórkami nabłonkowemi (Retzius, Prénant), czy też z mieszaniną, wytworzoną skutkiem przerastania nabłonka i tkanki łącznej (Baginsky, Gottstein, Katz). Podobne stosunki zachodzą w sąsiedztwie prążka naczyniowego, o czem się niebawem przekonamy. W prążku naczyniowym ma być wydzielana ciecz *(endolimfa)* wypełniająca przewód ślimakowy *(ductus cochlearis)*. Na wyniosłości wężownicowatej nabłonek bardzo znacznie cienieje, a na jej szczycie często nie można wogóle wykazać tej tkanki. Jak stwierdził Hann, zachodzi tu takie ścisłe przerastanie nabłonka i tkanki łącznej, że rozróżnienie obu tkanek staje się zupełnie niemożliwe. W bróździe wężownicowatej zewnętrznej nabłonek staje się znów wyższy i tu jednak zespolenie nabłonka z tkanką

łączną jest ścisłe, gdyż wypustki komórek nabłonkowych wchodzą w głąb tkanki łącznej.

Trzecia ściana przewodu ślimakowego, *ściana* dolna czyli *bębenkowa*, z pośród wszystkich części narządu słuchowego posiada budowę najbardziej złożoną. W części, bliższej obwodu ślimaka, ścianę bębenkową stanowi cienka *blaszka podstawowa (lamina basilaris)*; w części zaś wewnętrznej, bliższej osi ślimaka, tworzy ją gruby pokład tkanki łącznej, łączący się z okostną górnej czyli przedsionkowej powierzchni blaszki wężownicowatej kostnej; tworzy on rodzaj poduszeczki i zowie się *rąbkiem blaszki wężownicowatej (limbus laminae spiralis)*. Rąbek grubieje stopniowo w kierunku ku obwodowi ślimaka i wreszcie przechodzi w dwie wargi: *wargę przedsionkową (labium vestibulare)* i *wargę bębenkową (labium tympanicum)*. Warga przedsionkowa sterczy swobodnie do przewodu ślimakowego, warga bębenkowa przechodzi ku obwodowi w błonę podstawową.

Jeżeli usuniemy błonę Reissnera i nabłonek, pokrywający rąbek, przekonamy się, że ów rąbek, który tworzy właściwie listwę śrubowato wznoszącą się w ślimaku ku jego wierzchołkowi, podzielony jest promienisto biegnącemi brózdami na odcinki, zwane *zębami słuchowemi Huschkego*. Liczba tych zębów wynosi według Retziusa 2,500. Dalej ku zewnątrz, t. j. bliżej do osi ślimaka, widać, jak substancja rąbka tworzy drobniejsze wyniosłości nieregularnego kształtu, ułożone w kilka rzędów, w rodzaju niskich brodawek. Tkanka rąbka zbliżona jest do tkanki więzadła wężownicowatego, a może jest od niej nieco bardziej zbita. W górnej części nie zawiera wcale składników komórkowych, staje się jednorodna, szklista. Rąbek pokryty jest nabłonkiem niskim jednowarstwowym, którego komórki z krawędzi słuchowych wchodzą wgłąb brózd, oddzielających zęby i brodawki, i wypełniają je, stając się jednak bardziej bryłowate. Ku zewnątrz nabłonek przechodzi w brukowy, wyścielający brózdę wężownicowatą wewnętrzną (ryc. 412 i 413). *Blaszka podstawowa (lamina basilaris)* rozciąga się od wargi bębenkowej rąbka wężownicowatego do grzebienia podstawowego i zawiera promienisto biegnące włókna, zwane *strunami słuchowemi*. Długość tych strun wzrasta od podstawy ślimaka ku jego wierzchołkowi, a liczbę ich ogólną Retzius określa na 24,000. Struny leżą w masie jednorodnej, ku obwodowi przechodzą bez przerwy we włókna grzebienia podstawowego. Od strony przedsionkowej są pokryte *warstwą graniczną*, zawierającą jądra, od strony bębenkowej zaś kilku pokładami wrzecionowatych komórek, luźno obok siebie ułożonych, tak zwaną *warstwą bębenkową okładzinową* (ryc. 413).

Między brózdą wężownicowatą wewnętrzną i zewnętrzną spoczywa na błonie podstawowej *narząd Corti'ego* czyli *brodawka*



Ryc. 413.

Przekrój pionowy narządu Corti ego świnki morskiej.

Pow. ok. 350 razy.

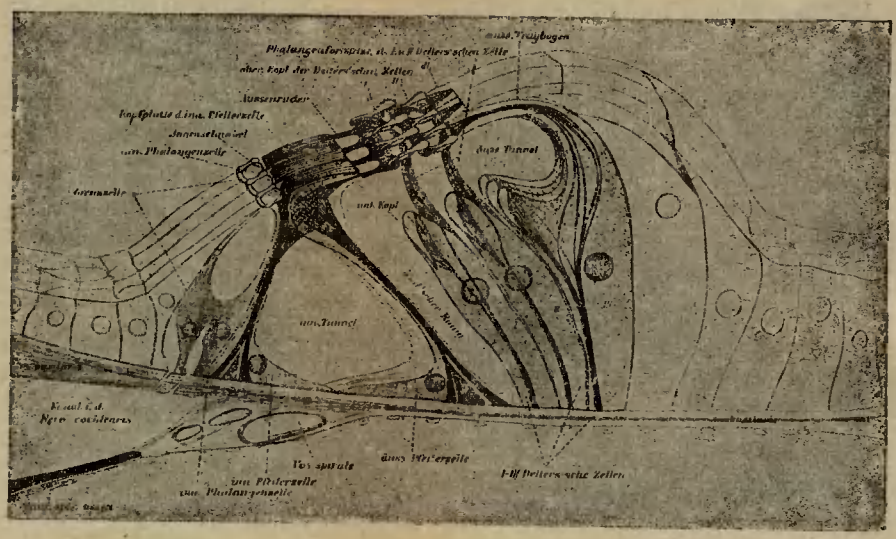
wężownicowata (organon Corti s. *papilla spiralis)* (ryc. 411c, 412, 413 i 414). Narząd ten ciągnie się w postaci listwy spiralnej przez całą długość przewodu ślimakowego. Tylko na początku, w kątnicy przedsionkowej niema go jeszcze, a kończy się na końcu kątnicy osklepkowej. Na przekroju podłużnym przez oś ślimaka przekonać się można, że składniki narzadu Corti'ego grupują się dokoła dwu osobliwych komórek, spoczywających na błonie podstawowej, zwanych *filarami*. Jeden z nich, *filar wewnętrzny*, w ślimaku ludzkim nieco tylko pochylony, jest krótszy, szeroką podstawą w postaci stopy wychodzi z błony podstawowej, następnie cienieje, a wreszcie kończy się rodzajem główki, posiadającej od strony zewnętrznej wgłębienie w postaci panewki. Główka przechodzi w t. zw. płytkę głowową, wystającą znacznie poza główkę zarówno od strony wewnętrznej, jak zewnętrznej. *Filar zewnętrzny* jest natomiast znacznie dłuższy i znacznie bardziej pochylony. Wychodzi on również szeroką płytką z błony podstawowej. Cienki trzon tego filara wznosi się skośnie ku wewnątrz i ku górze, przechodząc następnie w główkę, która ściśle przylega do panewki główki filara wewnętrznego (ryc. 414 i 415). W główce rozróżnić można okrągłe ciałko wewnętrzne. Na boki przedłuża się główka w płaską wypustkę, t. zw. *falangę*. Oba filary z błoną podstawową tworzą trójkąt, którego wysokość i podstawa zwiększają się w miarę posuwania się od podstawy ślimaka ku jego wierzchołkowi. Kąt, który filar wewnętrzny tworzy z błoną podstawową, jest prawie stały. Filar zewnętrzny natomiast w miarę zbliżania się do wierzchołka ślimaka coraz bardziej się pochyla.

Przestrzeń trójkątna, jaką zamykają oba filary z błonką podstawową, nosi nazwę *tunelu Corti' ego*. Wyściela ją masa protoplazmatyczna, stanowiąca pokrycie ścienne filarów, a pochodząca z dwu *komórek przypodstawnych*. Jądra tych komórek leżą po jednemu obok każdego filara, przylegając ściśle do błony podstawowej. Komórki przypodstawne są komórkami macierzystemi filarów, same zaś filary przedstawiają ich wytwór oskórkowy (kutikularny). Protoplazma tych komórek jest podłużnie prążkowana z powodu obecności w niej cieniutkich włókienek.

Liczba filarów wewnętrznych, ułożonych obok siebie szeregiem przez całą długość przewodu ślimakowego, przenosi liczbę filarów zewnętrznych, skutkiem czego jeden filar wewnętrzny wchodzi w połączenie z dwoma filarami zewnętrznemi. W każdym z szeregów filary stykają się jedynie główkami i płytkami podstawowemi; między ich trzonami natomiast pozostają przestrzenie wolne, któremi łączy się tunel Corti'ego z przyległemi przestworami.

Filary są najważniejszą, lecz nie jedyną podporą narządu Corti'ego, zarówno bowiem z zewnątrz, jak od i wewnątrz przyłączają

się do nich jeszcze inne komórki zrębowe, o których budowie i położeniu pouczy najlepiej schemat, na ryc. 414 przedstawiony. Wspólną cechę wszystkich tych komórek zrębowych stanowi to, że ciągną się przez całą grubość narządu Corti'ego. Od strony wewnętrznej do filara wewnętrznego przylegają dwie komórki, których ciała, wychodząc z błony podstawowej, ściśle do siebie przystają. Mniej więcej w połowie wysokości komórki te, znacznie cieniejąc, rozchodzą się i pozostawiają pomiędzy swemi ciałami przestwór owalny. Held nazywa wewnętrzną z tych dwu komórek *komórką graniczną*, zewnętrzną zaś — *komórką falangową wewnętrzną*. Każda komórka graniczna kończy się u góry niewielką płytką głowową. Podobną płytkę tworzy również koniec górny komórki falangowej.

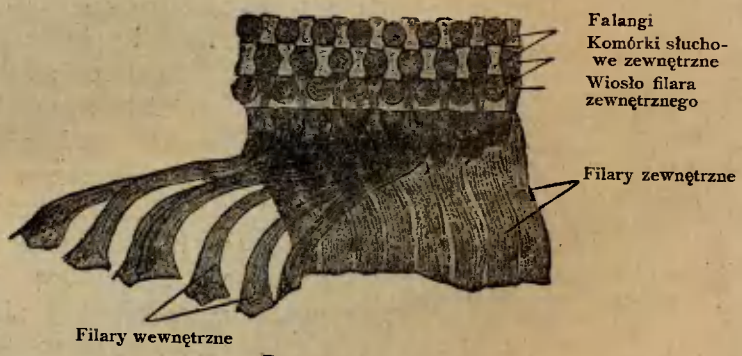


Ryc. 414.
Schemat aparatu zrębowego narządu Corti'ego (według Helda).
Komórki rzęsate (słuchowe) zostały na rysunku pominięte.

Od strony zewnętrznej do filara zewnętrznego przyłączają się trzy lub cztery komórki zrębowe, które nazywamy *komórkami Deitersa*. Pomiędzy pierwszą z komórek Deitersa a filarem zewnętrznym pozostaje dość znaczna przestrzeń wolna, która łączy się pomiędzy filarami zewnętrznemi z tunelem Cort'iego. Przestrzeń tę nazywamy *przestworem Nuela*. Komórki Deitersa są to komórki walcowate, których ciała sięgają mniej więcej do trzech czwartych grubości nabłonka, przechodząc następnie w wyrostek, t. zw. *wyrostek falangowy*. Zajmuje on ostatnią ćwiartkę grubości nabłonka i kończy się na jego powierzchni *płytką głowową* kształtu kości członka palcowego (falangi). O swoistej postaci komórek Dei-

tersa daje pojęcie podany tu rysunek schematyczny (414). Jak widać na tym rysunku, we wszystkich komórkach zrębowych, zarówno zewnętrznych, jak wewnętrznych, przebiegają osobne układy włókien podporowych. Włókna te wychodzą w formie zbitych wiązek z podstawy komórki, rozchodzą się ku górze lejkowato i kończą się tam, gdzie komórka cienieje, względnie przechodzi w wyrostek falangowy. W ciele komórek Deitersa biegnie nadto grube włókno środkowe, ciągnące się przez całą długość komórki. W górnym końcu każdej komórki Deitersa znajdują się stale ciałka środkowe (hr. Spee, Held).

Komórki rzęsate czyli *komórki słuchowe*, które są właściwemi komórkami zmysłowemi, podobnie, jak w plamkach i grzebieniach słuchowych, ale jeszcze w wyższym stopniu, nie dosięgają podstawy

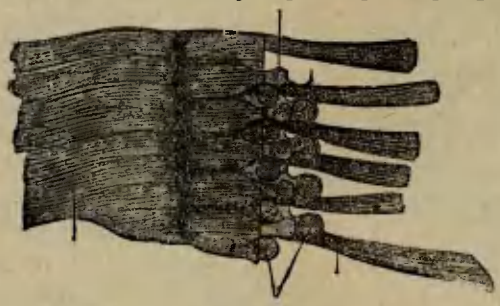


Ryc. 415.
Część narządu Corti'ego królika.
Powiększ. ok. 470 razy.

nabłonka, t. j. błony podstawowej. I tutaj również należy rozróżniać *komórki rzęsate zewnętrzne i wewnętrzne*. Po stronie wewnętrznej filara wewnętrznego widzimy na przekroju narządu Corti'ego zawsze jedną tylko komórkę rzęsatą, to znaczy, że komórki rzęsate wewnętrzne w przewodzie ślimakowym są ułożone po stronie wewnętrznej filarów wewnętrznych ściśle obok siebie w jednym szeregu, w liczbie około 3300. Komórki te są całkowicie objęte górnemi końcami komórek granicznych i komórek falangowych wewnętrznych. Komórki rzęsate wewnętrzne mają postać gruszkowatą. Od góry pokrywa je brzeżek oskórkowy, z którego sterczy 10—12 krótkich włosków, t. zw. *rzęsek słuchowych*. W górnym odcinku komórki, oprócz ciałka środkowego (hr. Spee), znajduje się ciałko o wyglądzie niewyraźnie włóknistym, t. zw. *ciałko Hensena*. U podstawy komórka zawiera twór zupełnie podobny, zwany *ciałkiem Retziusa*. Znaczenia obu tych ciałek nie wyjaśniono jeszcze należycie.

Komórki rzęsate zewnętrzne (ryc. 413, 415 i 416), w przeciwieństwie do wewnętrznych, leżą po kilka obok siebie, mianowicie w częściach podstawowych ślimaka spotykamy je po trzy, wyżej po cztery obok siebie. Wobec tego wzdłuż przewodu ślimakowego są one ułożone w trzy, względnie w cztery szeregi. Człowiek posiada ich według Retziusa 12,000. Budowę mają podobną do komórek rzęsatych wewnętrznych. Kształt komórek rzęsatych jest walcowato-gruszkowaty. Na powierzchni górnej sterczą włoski słuchowe krótsze niż w komórkach rzęsatych wewnętrznych. Dolnemi zgrubiałemi końcami komórki rzęsate zewnętrzne sięgają tylko do połowy grubości nabłonka, tkwiąc pomiędzy komórkami Deitersa, przyczem komórki rzęsate otoczone są w formie lejka włóknami zrębowemi komórek Deitersa. Każdą komórkę rzęsatą zewnętrzną dzieli od komórek sąsiednich przestrzeń, w której się mieści wyrostek falangowy odpowiedniej komórki Deitersa.

Wiosło filara zewnętrznego (falanga szeregu 1-go)



Filary wewnętrzne Komórki rzęsate zewnętrzne Filar zewnętrzny

Ryc. 416.
Część narządu Corti'ego królika.
Widok z góry.
Powiększ. ok. 470 razy.

Po stronie zewnętrznej ostatnich komórek Deitersa leżą *komórki Hensena*, tworzące, zwłaszcza w odcinku środkowym przewodu ślimakowego, wysoki wał komórkowy. Wał ten spada bezpośrednio stromo, przechodząc w dość wysoki nabłonek brukowy, którego komórki znane są pod nazwą *komórek Claudiusa* (ryc. 413). Leżą one w warstwie pojedynczej na błonie podstawowej i przechodzą powoli w nabłonek brózdy wężownicowatej zewnętrznej *(sulcus spiralis externus)*.

Na wewnątrz od komórek granicznych nabłonek narządu Corti'ego obniża się również gwałtownie i przechodzi w niski nabłonek brukowy brózdy wężownicowatej wewnętrznej.

Płytki głowowe wszystkich szeregów komórek Deitersa, jako też przekształcone w sposób właściwy końce górne składników zrębowych narządu Corti'ego, a więc płytek głowowych komórek granicznych, komórek falangowych wewnętrznych, filarów wewnętrznych i wyrostków falangowych filarów zewnętrznych, tworzą na powierzchni narządu Corti'ego błonę ciągłą, w której otworach tkwią główki komórek rzęsatych. Od strony wewnętrznej błona ta,

t. zw. *błona siatkowata (membrana reticularis)*, kończy się szeregiem ściśle obok siebie ułożonych płytek głowowych komórek granicznych, od strony zewnętrznej zaś szeregiem ściśle zsuniętych płytek głowowych ostatniego rzędu komórek Deitersa.

Na zakończenie opisu budowy narządu Corti'ego parę słów poświęcić wypada tworowi, który w postaci zgrubiałej błony wychodzi z rąbka wężownicowatego i leży na narządzie Corti'ego, tworząc niejako most, rozpięty ponad brózdą wężownicowatą wewnętrzną. Twór ten nosi nazwę *błony pokrywkowej (membrana tectoria)*. Rozróżniamy w niej odcinek przyrośnięty, oraz odcinek wolny. Pierwszy z nich pokrywa nabłonek rąbka blaszki wężownicowatej w postaci cieniutkiej, delikatnie prążkowanej błonki oskórkowej (kutikularnej). Na brzegu wolnym rąbka błonka znacznie grubieje i przechodzi w odcinek wolny, rozpięty ponad brózdą wężownicowatą wewnętrzną, układa się na narządzie Corti'ego i wreszcie cieniejąc kończy się ponad ostatniemi komórkami Deitersa, brzegiem zwykle nieco odwiniętym. Nad wewnętrznemi komórkami rzęsatemi biegnie na dolnej powierzchni błony, równolegle do krawędzi wolnej rąbka, płytka brózda, t. zw. prążek Hensena. Prążkowanie podłużne błony pokrywkowej, wyraźnie zaznaczone, zależy od obecności włókien, zawartych w jej jednorodnej substancji podstawowej. Sprawą sporną jest dotąd kwestja naturalnego położenia błony. W skrętach górnych ślimaka błona pokrywkowa zwykle znaczniej się odchyla od błony siatkowatej *(membrana reticularis)*, niż w skrętach podstawowych. Według Kreidla i Yanasego odchylenie błony jest stanem fizjologicznie prawidłowym. Występuje ono dopiero po przyjściu noworodka na świat, jednocześnie z nastaniem zdolności słyszenia.

Nerwy ślimaka są obwodowemi wypustkami, dendrytami komórek dwubiegunowych zwoju wężownicowatego *(ganglion spirale)*. Gałązki nerwu ślimakowego *(nervus cochleae)* wchodzą przez otworki pasma wężownicowatego *(tractus spiralis)* do kanału wężownicowatego *(canalis spiralis)*, gdzie każde włókno przechodzi w komórkę zwojową. Z przeciwległego bieguna komórki wychodzi drugie włókno. Występujące włókna tworzą przedewszystkiem wśród kanału wężownicowatego *(canalis spiralis)* gęsty splot, następnie zaś wchodzą pomiędzy dwa listki blaszki wężownicowatej kostnej *(lamina spiralis ossea)*. Tutaj tracą pochewkę rdzenną i przez otwory w wardze bębenkowej rąbka, t. zw. otworki nerwowe *(foramina nervina)*, wchodzą do narządu Corti'ego. Pierwsza ich wiązka układa się pod szereg komórek rzęsatych wewnętrznych, gdzie tworzy gęsty splot, z którego włókna wstępują ku górze do dolnych końców komórek rzęsatych. Druga wiązka włókien biegnie poprzecznie lub skośnie pomiędzy fila-

rami wewnętrznemi, przecina tunel *(wiązka nerwowa tunelowa)*, przechodzi pomiędzy filarami zewnętrznemi i poprzez przestrzeń Nuela przedostaje się pod komórki słuchowe zewnętrzne. Tutaj włókna tworzą znowu sploty, z których wychodzą włókna do komórek rzęsatych. Zakończenia tych włókien w komórkach rzęsatych są naogół podobne do zakończeń nerwowych w plamkach i grzebieniach słuchowych. Ciekawe spostrzeżenie uczynił Held, że wśród splotu wężownicowatego *(plexus spiralis)* biegną ku górze włókna, które od czasu do czasu wysyłają gałązki boczne (bocznice) do narządu Corti'ego, łącząc w ten sposób z sobą odcinki przewodu ślimakowego na rozmaitych wysokościach.

Ciecz błędnikowa wewnętrzna (endolympha), jak również i *zewnętrzna (perilympha)*, są to płyny przezroczyste, bezbarwne, nie zawierające żadnych składników upostaciowanych. Wykazać w nich można ślady białka. Za miejsce wydzielania się cieczy błędnikowej wewnętrznej możemy z niejaką pewnością uważać prążek naczyniowy *(stria vascularis)*.

Naczynia krwionośne i limfatyczne błędnika błoniastego.

Do należytego oświetlenia sprawy unaczynienia błędnika błoniastego przyczyniły się w znacznym stopniu staranne badania Eichlera i Siebenmanna, z których następujące podajemy szczegóły. Tętnica słuchowa wewnętrzna *(arteria auditiva interna)*, będąca gałęzią tętnicy podstawowej *(arteria basilaris)*, dzieli się na dnie przewodu słuchowego wewnętrznego na trzy gałązki, które wchodzą do błędnika błoniastego, w towarzystwie nerwu słuchowego.

Tętnica przedsionkowa (a. vestibularis) zaopatruje w krew połowę boczną górną woreczka i łagiewki oraz bańkę przewodu półkolistego górnego i zewnętrznego.

Tętnica przedsionkowo-ślimakowa (a. vestibulo cochlearis) dzieli się na dwie gałęzie. Gałąź przedsionkowa *(ramus vestibularis)* zaopatruje część przyśrodkową dolną woreczka, łagiewkę wraz z odpowiedniemi częściami przewodów półkolistych i bańką tylną, wreszcie zachodzi na kątnicę przedsionkową ślimaka. Gałąź ślimakowa *(ramus cochlearis)* doprowadza krew do pierwszej trzeciej części pierwszego zakrętu ślimaka.

Tętnica ślimakowa (a. cochlearis) wchodzi kilku gałązkami do kanału środkowego osi ślimaka *(canalis centralis modioli)*. Stąd gałązki te wchodzą po części do przewodu wężownicowatego, a dalej wraz z nerwami pomiędzy listki blaszki wężownicowatej kostnej, po części zaś drążą w ścianę kostną, oddzielającą skręty ślimaka, dając wreszcie początek naczyniom włosowatym okostnej schodów oraz więzadła wężownicowatego. Wewnątrz przewodu ślimakowego na-

czynia z jednej strony wchodzą do rąbka blaszki wężownicowatej, z drugiej zaś, mianowicie te, które biegną w okostnej schodów bębenkowych, dochodzą do błony podstawowej od strony wargi bębenkowej blaszki wężownicowatej i w formie arkad sięgają nieco poza filar wewnętrzny. Tutaj, w dnie tunelu C o r t i'e g o, wśród warstwy okładzinowej bębenkowej biegnie spiralnie, wzdłuż przewodu ślimakowego, ku jego końcowi górnemu — t. zw. *naczynie wężownicowate (vas spirale)*. Cała pozostała część ściany bębenkowej naczyń nie posiada. Obfitem unaczynieniem odznacza się więzadło wężownicowate, zwłaszcza w okolicy prążka naczyniowego *(stria vascularis)*. W wyniosłości wężownicowatej *(prominentia spiralis)* tuż pod nabłonkiem biegnie naczynie *(vas prominens)*, które, podobnie jak naczynie wężownicowate, uważać należy za żyły przedwłosowate.

Krew żylną zbierają z błędnika błoniastego trzy pnie żylne:

Żyła wodociągu przedsionka (v. aquaeductus vestibuli) odprowadza krew żylną z przewodów półkolistych i z części łagiewki.

Żyła wodociągu ślimaka (v. aquaeductus cochleae) zbiera resztę krwi z łagiewki, krew z woreczka i część krwi ślimaka. Wlewają się w nią dwie żyły wężownicowate — górna i dolna, które wychodzą z odpowiednich odcinków ślimaka, a powstają z drobnych żył, przebiegających głównie w okostnej schodów bębenka i odprowadzających krew między innemi z *vas prominens* i *vas spirale*.

Żyła wężownicowata osi ślimaka (v. spiralis modioli) biegnie tuż obok wargi bębenkowej blaszki wężownicowatej kostnej, zbiera krew z przewodu wężownicowatego i z rąbka blaszki wężownicowatej i wpada do żyły słuchowej wewnętrznej *(v. auditiva interna)*.

Właściwych *naczyń limfatycznych* ucho wewnętrzne nie posiada. Rolę przestworów limfatycznych odgrywa tu z jednej strony całe wnętrze błędnika błoniastego, t. j. przestwór cieczy błędnikowej wewnętrznej wraz z *ductus endolymphaticus* i *saccus endolymphaticus*; z drugiej zaś strony przestwory cieczy błędnikowej zewnętrznej, które za pośrednictwem *ductus perilymphaticus* łączą się z przestworami limfatycznemi, otaczającemi opuszkę żyły szyjnej *(bulbus venae jugularis)*.

Ucho środkowe.

Jamę bębenkową wyściela błona śluzowa, która zarazem pokrywa wszystkie twory, w jamie tej zawarte, oraz powierzchnię wewnętrzną bębenka, w ujściu zaś bębenkowem trąbki *(ostium tympanicum tubae)* przechodzi w błonę śluzową trąbki słuchowej *(tuba auditiva)*. Jest ona naogół cienka, obficie unaczyniona, i nie posiada właściwej warstwy podśluzowej; właściwa warstwa błony śluzowej *(propria)* przechodzi wprost w okostną. Nabłonek błony śluzowej

jest jednowarstwowy, w niektórych miejscach niski, np. na kosteczkach słuchowych i na powierzchni wewnętrznej bębenka, w innych zaś nieco wyższy, brukowy, np. na dnie jamy bębenkowej, gdzie komórki nabłonka posiadają nadto stale na powierzchni wolnej migawki. Nabłonek migawkowy spotkać zresztą można czasami i w innych okolicach jamy bębenkowej. Co do bliższych szczegółów budowy nabłonka zdania autorów są sprzeczne. Długo spierano się też o to, czy w błonie śluzowej jamy bębenkowej są gruczoły, czy ich niema. Dziś już za rzecz pewną uważać można, że błona śluzowa jamy bębenkowej człowieka nie zawiera gruczołów. Warstwa właściwa błony śluzowej nie wszędzie jest równomiernie gruba, lecz tworzy listwy i grzebienie, które się z sobą łączą i w tych miejscach ulegają zgrubieniu. W ten sposób powstają, zwłaszcza w zatoce bębenkowej *(sinus tympani)* i na błonie bębenkowej, osobliwe twory, pokryte nabłonkiem a nazwane *tworami drzewkowatemi*.

Jama bębenkowa odznacza się obfitem *unaczynieniem*. Warstwa właściwa błony śluzowej zawiera sieć tętniczą i sieć żylną, z których naczynia włosowate podchodzą aż pod sam nabłonek. *Naczynia limfatyczne* przebiegają głównie w okostnej. Pnie odprowadzające kierują się ku gruczołom limfatycznym w okolicy podstawy wyrostka sutkowego.

Nerwy tworzą w błonie śluzowej splot o oczkach szerokich, zawierający według Krausego liczne zwoje.

Kosteczki słuchowe składają się ze zbitej substancji kostnej, która we wnętrzu przechodzi w skąpą substancję gąbczastą, otaczającą małe jamki szpikowe. W miejscach, w których kosteczki łączą się z sobą zapomocą stawów, oraz tam, gdzie kosteczki wchodzą w związek z ścianą jamy bębenkowej lub z błoną bębenkową, pokrywa je warstwa chrząstki szklistej. Oba stawy, łączące młoteczek z kowadełkiem oraz kowadełko ze strzemiączkiem, mają jamę stawową, podzieloną zapomocą łękotki *(meniscus)* na dwie komory. Łękotka składa się z chrząstki łącznotkankowej. Połączenie podstawy strzemiączka z krawędzią okienka owalnego jest dość napięte. Tworzy je więzadło łącznotkankowe, t. zw. więzadło obrączkowe *(ligamentum annulare)*.

Mięśnie jamy bębenkowej składają się z włókien mięsnych, poprzecznie prążkowanych, bez cech osobliwych. Nerwy kończą się w nich albo płytkami końcowemi motorycznemi albo otorbionemi ciałkami końcowemi czuciowemi, w któreto ciałka obfitują również ścięgna tych mięśni.

Trąbka słuchowa (tuba auditiva) stanowi połączenie jamy bębenkowej z jamą gardzielową. Jej błona śluzowa jest bezpośredniem przedłużeniem błony śluzowej jamy bębenkowej. Nabłonek błony

śluzowej, grubości około 40 μ, jest dwurzędowy, walcowaty, migawkowy; zawiera on, zwłaszcza w głębi fałdów błony śluzowej, komórki kubkowe. Warstwa właściwa błony śluzowej i błona podśluzowa są dość cienkie, skutkiem czego błona śluzowa prawie nieruchomo przyczepia się do kości albo do chrząstki. Nawet w warunkach prawidłowych błona śluzowa trąbki jest obficie nacieczona limfocytami i to coraz obficiej w miarę zbliżania się do ujścia gardzielowego *(ostium pharyngeum)*. W tej okolicy tworzą się nawet mniejsze lub większe grudki limfatyczne, które razem wzięte Gerlach nazywa *migdałkiem trąbkowym*. Nagromadzenia tkanki limfoidalnej spotykamy głównie na ścianie przyśrodkowej trąbki, gdy ściana boczna zawiera liczne gruczoły śluzowe. Przeważna część chrząstki trąbki składa się z chrząstki szklistej, chociaż w wielu miejscach jej masy można spotkać wysepki chrząstki sprężystej. Do chrząstki szklistej wchodzą w rynience chrząstkowej również włókna klejodajne tak, że mamy tu również do czynienia z chrząstką włóknistą.

Błona bębenkowa.

Błona bębenkowa *(membrana tympani)* stanowi granicę pomiędzy uchem środkowem, a zewnętrznem. Należy ona w równej mierze do obu, gdyż na jej wytworzenie składa się zarówno błona śluzowa ucha środkowego, pochodząca z jelita głowowego, jak i skóra powłok zewnętrznych.

Od wewnątrz ku zewnątrz rozróżniamy następujące trzy warstwy w błonie bębenkowej:

1. błonę śluzową *(stratum mucosum)*,
2. łącznotkankową warstwę zasadniczą, — cz. warstwę włóknistą *(substantia propria)*,
3. warstwę skórną *(stratum cutaneum)*.

Błona śluzowa bębenka jest nadzwyczaj cienka i delikatna. Bardzo cienką łącznotkankową warstwę właściwą błony śluzowej pokrywa od wewnątrz jedna warstwa niskich komórek brukowych, ku brzegowi błony stopniowo nieco wyższych. W niektórych miejscach, np. tam, gdzie błona napięta *(membrana tensa)* przechodzi w błonę wiotką *(membrana flaccida)*, warstwa właściwa tworzy osobliwe, rozgałęzione beleczki, które Gruber opisał pod nazwą *tworu drzewkowatego* błony bębenkowej.

Warstwa włóknista jest najważniejszym składnikiem bębenka. Tworzą ją długie płaskie wiązki włókien łącznotkankowych, ułożonych w sposób bardzo charakterystyczny. Każdą wiązkę, podobnie jak w ścięgnie, otaczają komórki łącznotkankowe, które analogicznie do ciałek rogówkowych nazywamy *cialkami błony bębenkowej*. Wiązki włókien łącznotkankowych ułożone są w dwie warstwy, *wewnętrzną*—

okrężną i *zewnętrzną—promienistą*. W warstwie okrężnej włókna biegną współśrodkowo dokoła t. zw. *pępka (umbo)*, jako punktu środkowego, w warstwie zaś promienistej pęczki rozchodzą się promienisto z pępka ku obwodowi, przynajmniej w obu ćwiartkach dolnych, krzyżując się pod kątem prostym z włóknami współśrodkowemi. W obu zaś górnych ćwiartkach wiązki promieniste, biegnące od obwodu bębenka do rękojeści młoteczka tworzą z prążkiem skórnym błony bębenkowej *(prążek młoteczkowy, stria malleolaris)* kąt ostry, i to tem ostrzejszy im wyżej. Najbardziej górne włókna obu górnych ćwiartek nie schodzą się, pozostawiając trójkątną przestrzeń, w której niema włókien promienistych *(trigonum interradiale)*. W partjach środkowych bębenka włókna promieniste leżą gęściej niż w obwodowych. Na obwodzie włókna promieniste przechodzą wprost w *obrączkę włóknistą (annulus fibrosus)*. Jest to pierścień ścięgnisty, na poprzecznym przekroju, wzdłuż promienia, trójkątny, wypełniający brózdę bębenkową *(sulcus tympanicus)*. Zawiera on bardzo wiele włókien sprężystych i pośredniczy w przyczepieniu się błony bębenkowej do kości. W pobliżu obrączki włóknistej, a więc w odcinkach obwodowych błony bębenkowej, przeplatają się włókna okrężne z promienistemi. Pośrodku błony, w t. zw. pępku, znajdujemy prawie wyłącznie włókna promieniste; włókna koliste zaledwie wykryć można.

Z błoną bębenkową, jak wiadomo, bardzo ściśle łączy się na całej swej długości rękojeść młoteczka w t. zw. prążku skórnym błony bębenkowej. W połączeniu tem rolę główną odgrywają włókna promieniste, które wchodzą aż do okostnej rękojeści, przyczem pasma włókien opasują kość nakształt pętli. Jedynie w okolicy wyrostka krótkiego *(processus brevis)* młotka, gdzie włókna promieniste są słabo rozwinięte, rękojeść młoteczka łączą z błoną bębenkową włókna okrężne. Jak wspomnieliśmy już wyżej, powierzchnię rękojeści młotka, zwróconą do błony bębenkowej, pokrywa warstwa chrząstki szklistej.

W obrębie błony wiotkiej *(membrana flaccida)* warstwa włóknista bębenka jest do ostateczności zredukowana. Tkankę łączną luźną, która tu warstwę włóknistą zastępuje, należy uważać za warstwę podskórną.

Włókien sprężystych warstwa włóknista bębenka nie zawiera zupełnie, z wyjątkiem obrączki włóknistej, i zdaje się, że bębenek jest błoną, pozbawioną zupełnie sprężystości.

Warstwa skórna błony bębenkowej posiada bardzo nikłą warstewkę skóry właściwej, która zupełnie nie tworzy brodawek. Jedynie w okolicy, zw. *prążkiem skórnym*, warstwa skóry właściwej jest grubsza. Nabłonek jest tu, jak w naskórku, wielowarstwowy ze zrogo-

waciałemi komórkami w warstwach najwyższych. Warstwa rozrodcza jest ograniczona do 2—3 pokładów komórek.

Tętnice błony bębenkowej tworzą jedną sieć w skórze a drugą w błonie śluzowej. Gałązki tętnicy rękojeści młotka *(arteria manubrii mallei)*, biegnącej w prążku skórnym błony bębenkowej *(stria malleolaris)*, rozchodzą się promienisto na wszystkie strony i łączą się z drobnemi gałązkami, które dochodzą do błony bębenkowej ze ściany przewodu słuchowego zewnętrznego i promienisto dążą ku środkowi błony. Sieć tętniczą błony bębenkowej tworzą drobne gałązki tętnicy bębenkowej *(arteria tympanica)*. *Żyły* zachowują się podobnie, jak tętnice.

Naczynia limfatyczne tworzą sieci we wszystkich trzech warstwach błony bębenkowej: w skórze, w warstwie włóknistej i w błonie śluzowej. Naczynia odprowadzające dążą poprzez ścianę przewodu słuchowego zewnętrznego do gruczołów, położonych około przyczepu mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego *(musc. sternocleidomastoideus)*.

Nerwy wchodzą do błony bębenkowej głównie z przewodu słuchowego zewnętrznego, w mniejszej zaś ilości z jamy bębenkowej. Główny splot nerwowy tworzą one w warstwie włóknistej, a nadto sploty w błonie śluzowej i w warstwie skórnej. Włókna kończą się tuż pod nabłonkiem drzewkowatemi rozgałęzieniami. W samej warstwie nabłonkowej skóry tworzą one zakończenia wolne, drzewkowate, na obwodzie zaś błony bębenkowej zmodyfikowane ciałka Vater-Paciniego. Naczynia krwionośne błony bębenkowej są obficie unerwione (Wilson).

Ucho zewnętrzne.

Skóra przewodu słuchowego zewnętrznego w różnych jego odcinkach różnej bywa grubości: od 0,1—1,5 mm. Naskórek jej jest względnie cienki, brodawki są tylko niedoskonale rozwinięte. Z kością albo z chrząstką łączy skórę słabo rozwinięta tkanka podskórna Skóra przewodu słuchowego błoniastego oraz ściany górnej kostnego zawiera liczne cieniutkie włoski, drobne gruczoły łojowe, a często i duże gruczoły, których przewody, razem z przewodami gruczołów łojowych uchodzą do torebki włosowej, t. zw. *gruczoły woskowinowe (glandulae ceruminales)*. Nazwa ta nie jest właściwa, gdyż woskowinę, masę biało-żółtawą, wytwarzają jedynie gruczoły łojowe, gruczoły zaś „woskowinowe" tak samo, jak gruczoły potne, do których z budowy zupełnie są podobne, wydzielają ciecz, której przeznaczeniem jest utrzymywać wydzielinę gruczołów łojowych w stanie wilgotnym (Schwalbe, Kishi). Gruczoły „woskowinowe" są to właściwie wielkie gruczoły potne, tem tylko od nich się różniące, że

mają przewody znacznie rozszerzone, komórki zaś wydzielnicze zawierają liczne ziarenka barwika.

Chrząstki przewodu słuchowego zewnętrznego są utworzone z chrząstki sprężystej.

Małżowina uszna składa się z chrząstki oraz z pokrywającej tę chrząstkę skóry, do czego dodać jeszcze należy mięśnie, bardzo zresztą niestałe. Skóra małżowiny bywa najczęściej bardzo cienka, brodawki łącznotkankowe są słabo rozwinięte. Tkanka podskórna na tylnej powierzchni małżowiny bywa silniej rozwinięta, niż na powierzchni przedniej, najsilniej zaś w płatku usznym *(lobulus)*, w którym zawiera wiele tkanki tłuszczowej. Skóra posiada drobne włoski i gruczoły łojowe; gruczoły potne występują natomiast w niewielu tylko miejscach, mianowicie w płatku usznym oraz we wcięciu przedniem *(incisura anterior)*. Chrząstka małżowiny jest chrząstką sprężystą.

4. Narząd węchowy.

Narząd węchowy człowieka mieści się w tych częściach błony śluzowej jamy nosowej, które pokrywają małżowinę górną oraz część górną, tylną przegrody nosowej. U zwierząt *błona węchowa* zajmować może znacznie większą powierzchnię w jamie nosowej. Chociaż więc nos tylko w ograniczonej mierze można uważać za narząd powonienia, na tem miejscu jednak omówimy budowę całej błony śluzowej, wyścielającej jamę nosową.

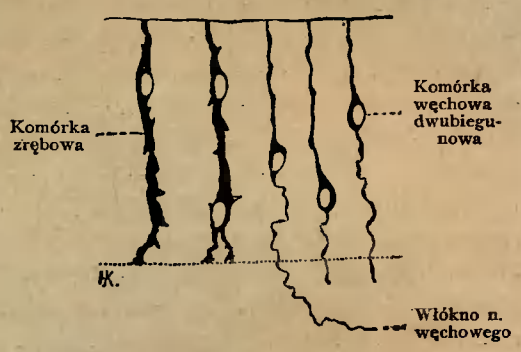
Ze względu na budowę błony śluzowej jamę nosową podzielić można na trzy odcinki:

1. okolicę przedsionkową *(regio vestibularis)*,
2. okolicę oddechową *(regio respiratoria)* i
3. okolicę węchową *(regio olfactoria)*.

Okolica przedsionkowa obejmuje przedsionek nosa *(vestibulum nasi)*. Wyściela ją dalszy ciąg skóry powłok zewnętrznych; wyściółka ta, podobnie jak skóra, posiada zrogowaciały nabłonek wielowarstwowy, zaopatrzona jest we włosy *(vibrissae)* i w gruczoły łojowe. Tuż poza nozdrzami jednak gubią się włosy i gruczoły łojowe, jak również ustaje zrogowacenie wierzchnich warstw komórek. Pokrycie stanowi obecnie cienki nabłonek wielowarstwowy płaski, spoczywający na również słabo rozwiniętej warstwie właściwej błony śluzowej o niskich brodawkach. Takie stosunki mamy w całym przedsionku.

Okolica oddechowa zajmuje przeważną część jamy nosowej. Cechuje ją nabłonek wielorzędowy migawkowy oraz znaczna ilość gruczołów. Przejście okolicy oddechowej w okolicę węchową na-

stępuje zwykle na przednim końcu małżowiny dolnej, na początku przewodu nosowego dolnego *(meatus nasi inferior)* i w przedsionku przewodu nosowego środkowego *(atrium meatus nasi medii)*. W miejsce nabłonka wielowarstwowego płaskiego występuje tu wielorzędowy nabłonek walcowaty migawkowy, który zresztą, jak twierdzi Kallius, Rugani, Kubo i inni, nie jest wielorzędowy, lecz typowo wielowarstwowy. Nabłonek ten posiada grubość 40—50 μ i zawiera pomiędzy komórkami walcowatemi liczne komórki kubkowe. Ruch migawkowy skierowany jest od przodu ku tyłowi, a więc ku nozdrzom tylnym *(choanae)*. Pod nabłonkiem leży wyraźna błona podstawowa. Warstwa właściwa błony śluzowej jest bardzo silnie rozwinięta, zwłaszcza na małżowinie dolnej, i zawiera znaczną ilość włókien sprężystych oraz gruczołów. Bardzo bogata sieć żylna zmienia warstwę właściwą w rodzaj *ciała jamistego (corpus cavernosum)* o ścianach z tkanki mięsnej. Warstwa śluzowa właściwa przechodzi bez ostrej granicy w warstwę podśluzową, która łączy błonę śluzową z okostną. Dość często w warstwie śluzowej właściwej, zwłaszcza małżowiny dolnej, spotkać można limfocyty; nieraz dochodzi nawet do nacieczenia tkanki temi komórkami. Podobne jednak przypadki należy uważać za patologiczne (Kubo).



Ryc. 417.
Z przekroju pionowego błony śluzowej okolicy węchowej młodziutkiego szczenięcia (Metoda Golgiego).
Powiększ. ok. 450 razy.

Co do natury gruczołów, mieszczących się w okolicy oddechowej, badacze do dziś nie są zgodni w swych zapatrywaniach. R. Heidenhain i jego uczniowie uważają je za gruczoły surowicze, Schiefferdecker i Maziarski — za czysto śluzowe, Stöhr, Schmincke, Kallius i Ebner — za mieszane. Są to gruczoły pęcherzykowe rozgałęzione. Przewody ich wyprowadzające uchodzą pomiędzy komórkami walcowatemi nabłonka.

Okolica węchowa nosa obejmuje, jak powiedziano wyżej, tylko odcinek najwyższy, środkowy i tylny przegrody nosowej oraz małżowinę górną. Żółtawa jej barwa pozwala nawet gołem okiem odróżnić ją od żywo różowo zabarwionej błony śluzowej okolicy oddechowej. Nabłonek okolicy węchowej, zaledwie nieco wyższy od nabłonka okolicy oddechowej, jest nabłonkiem nerwowym zmysło-

wym i składa się z *komórek zrębowych* i *zmysłowych* (ryc. 417), a nadto jeszcze z głębokiej warstwy stożkowatych *komórek podstawowych*. Komórki zrębowe przenikają całą grubość nabłonka. Walcowate ich ciało zaczyna się u powierzchni nabłonka, w środkowej trzeciej części swej długości grubieje nieco, aby pomieścić jądro, a na powierzchni swej ma liczne wręby podłużne; dolna trzecia część ciała komórki zrębowej dzieli się zwykle na kilka wypustek, jak gdyby nóżek, któremi spoczywa na warstwie śluzowej właściwej. Każda komórka zrębowa na powierzchni wolnej posiada rąbek oskórkowy o budowie pręcikowej (Brunn). Jądra komórek zrębowych są najczęściej jajowate i leżą mniej więcej pośrodku grubości nabłonka.

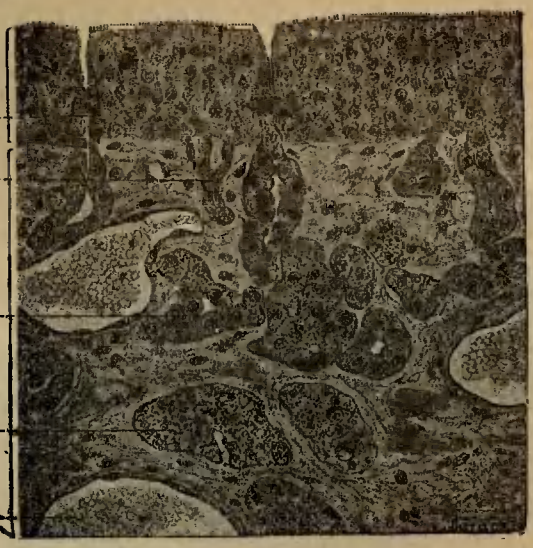
Komórki węchowe są znacznie cieńsze od zrębowych. Zaczynają się u powierzchni nabłonka cienką wypustką obwodową, wchodzącą pomiędzy komórki zrębowe. Poza rzędem jąder komórek zrębowych wypustki rozszerzają się stopniowo w jajowate ciało komórkowe, mieszczące się zatem w przypodstawnej połowie grubości nabłonka, nigdy jednak nie sięgające do jego granicy dolnej. Z dolnego końca komórki węchowej wychodzi bardzo cienka wypustka dośrodkowa, która opuszcza nabłonek i przechodzi w bezrdzenne włókno nerwu węchowego *(nervus olfactorius)*. Grubszy wyrostek obwodowy komórki węchowej wystaje ponad powierzchnią nabłonka niewielką główką, z której wychodzi 6—8 krótkich włosków — *rzęsek węchowych*. Jądra komórek węchowych są kuliste i leżą w rozmaitych wysokościach poniżej szeregu jąder komórek zrębowych.

Komórki podstawowe są stożkowate i spoczywają w pojedyńczej warstwie podstawami na warstwie śluzowej właściwej. Ostre ich wierzchołki wchodzą niezbyt daleko pomiędzy podstawy komórek węchowych i zrębowych. Jądra ich tworzą najgłębszy szereg jąder nabłonka.

Okolica węchowa nie ma błony podstawowej. Warstwa śluzowa właściwa tyle zawiera limfocytów, że nabiera charakteru tkanki gruczołowatej *(adenoidalnej)*. Włókien sprężystych mieści w sobie mało. Przechodzi w błonę podśluzową, złożoną z luźnej tkanki łącznej z domieszką licznych włókien sprężystych. Błona podśluzowa przytwierdza błonę śluzową do okostnej. W warstwie śluzowej właściwej znajdujemy znaczną ilość gruczołów; są to t. zw. *gruczoły* Bowmana czyli *gruczoły węchowe (glandulae olfactoriae)*. Uważać je należy za gruczoły czysto surowicze (ryc. 418). Przewód każdego z tych gruczołów uchodzi pomiędzy komórkami węchowemi i zrębowemi; aż do samej powierzchni nabłonka wyściela go pojedyńcza warstwa płaskich komórek wrzecionowatych. Tuż pod nabłonkiem przewód rozszerza się pęcherzykowato w mniejszym lub większym stopniu. Do rozszerzenia tego uchodzi kilka nierozgałęzionych, ślepo

zakończonych cewek gruczołowych. Możnaby przeto gruczoły Bowmana uważać za rozgałęzione gruczoły cewkowe. Rozszerzenie pęcherzykowate oraz cewki gruczołowe są wyścielone ziarnistemi komórkami brukowemi.

Naczynia krwionośne błony śluzowej nosa wyróżniają się przedewszystkiem tem, że tętnice są względnie wąskie, żyły natomiast bardzo szerokie. Tętnice dają początek trzem układom naczyń włosowatych: okostnemu, gruczołowemu i podnabłonkowemu (Zuckerkandl). Najlepiej bywa rozwinięty układ gruczołowy, oplatający gęstą siecią gruczoły. Wszystkie trzy układy naczyń włosowatych



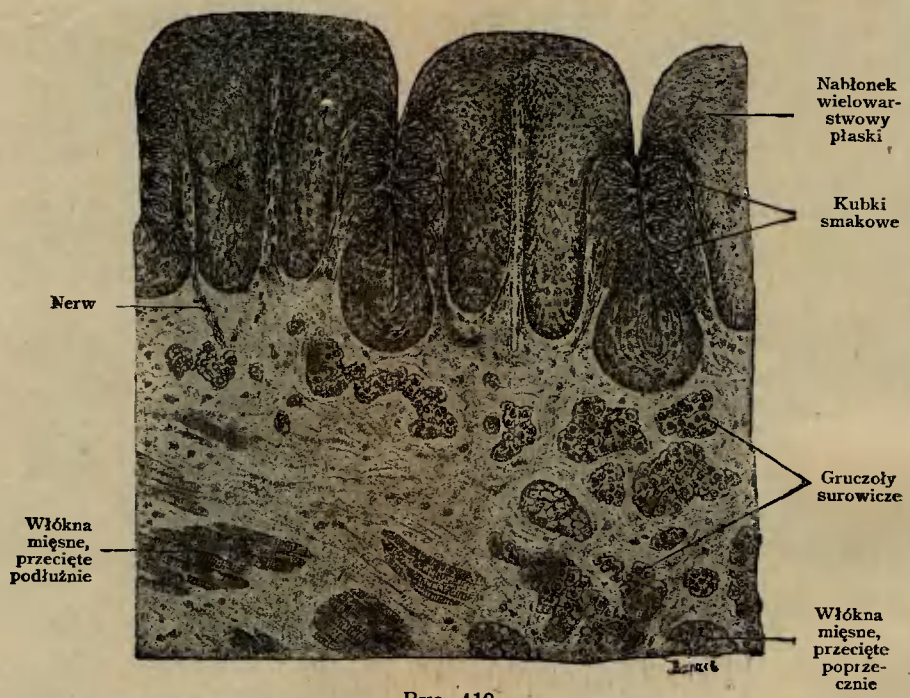
Ryc. 418.
Przekrój pionowy błony śluzowej okolicy węchowej królika.
Powiększ. ok. 360 razy.

mają ujścia do szerokich żył, tworzących sieć o wielkich oczkach, w warstwie śluzowej właściwej i w warstwie podśluzowej. Te żyły zajmują pośrednie stanowisko pomiędzy tętnicami a żyłami, posiadają bowiem ściany silnie umięśnione.

Naczynia limfatyczne błony śluzowej nosa posiadają ważne znaczenie z tego powodu, że łączą się z przestworem podpajęczynówkowym mózgu (Key i Retzius). Połączenie to jest po części bezpośrednie, po części zaś w połączeniu tem pośredniczą pochewki limfatyczne nerwu węchowego i jego włókien. W warstwie właściwej błony śluzowej nosa naczynia limfatyczne tworzą sieci, z których wychodzą drobne kanaliki bez ścian własnych, dążące pomiędzy ko-

mórkami nabłonkowemi ku górze i otwierające się na powierzchni (Key i Retzius).

Nerwy błony śluzowej nosa są to przeważnie włókna nerwu węchowego, powstające z dośrodkowych wypustek komórek węchowych. Pozatem w błonie śluzowej okolicy nietylko oddechowej, lecz i węchowej, spotkać można zakończenia wielu włókien czuciowych nerwu trójdzielnego, w postaci wolnych rozgałęzień końcowych pomiędzy komórkami nabłonkowemi.



Ryc. 419.

Przekrój pionowy brodawki liściastej królika, prostopadły do kierunku jej listewek.

Powiększ. ok. 100 razy.

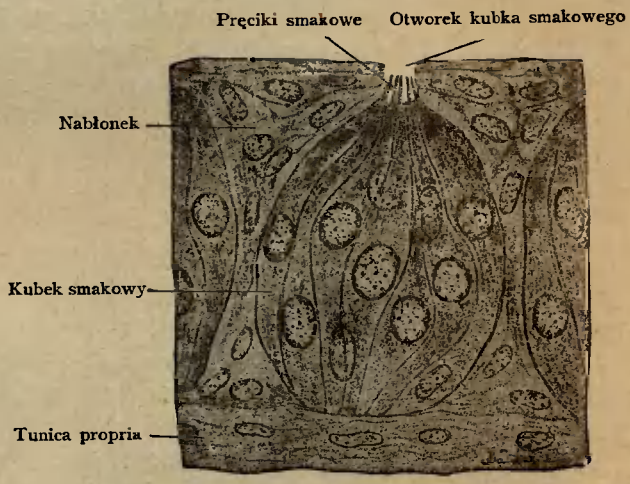
Narząd Jacobsona u człowieka występuje tylko w stanie szczątkowym, u zwierząt natomiast w postaci narządu dobrze rozwiniętego, unerwionego przez nerw węchowy tak, że błona śluzowa tego narządu posiada wszystkie cechy błony śluzowej węchowej.

5. Narząd smaku.

Do odbierania wrażeń smakowych służą osobne narządy, t. zw. *kubki smakowe (caliculi gustatorii)*, u człowieka w znacznej ilości porozrzucane w warstwie nabłonkowej języka; najgęściej ułożone

spotykamy je w nabłonku brodawek okolonych *(papillae circumvallatae)* i liściastych *(papillae foliatae* [ryc. 419 i 420]), w mniejszej ilości w brodawkach grzybowatych *(papillae fungiformes)*. Czasem znajdują się również w nabłonku podniebienia miękkiego i na powierzchni tylnej nagłośni. Noworodki mają bardzo wiele kubków smakowych; w ciągu jednak wieku dziecięcego ilość ich ulega znacznemu zmniejszeniu (Stahr).

Kubki smakowe są to większe lub mniejsze pączki jajowate, zajmujące zawsze całą grubość warstwy nabłonkowej, i są ułożone dłuższą swą osią prostopadle do powierzchni nabłonka. Do podstawy kubków dochodzą nerwy. Wierzchołek kubka leży na dnie małego otworu, mającego około 4 μ średnicy, utworzonego w osi



Ryc. 420.
Kubek smakowy z brodawki liściastej królika.
Powiększ. ok. 850 razy.

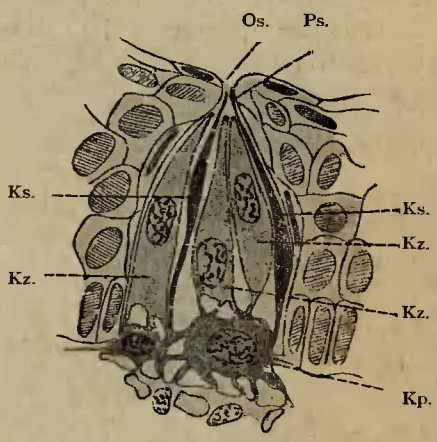
kubka przez wierzchnie warstwy nabłonka. Są to t. zw. *otworki smakowe.*

Jak każdy nabłonek zmysłowy, tak też nabłonek kubków smakowych składa się z komórek zmysłowych i zrębowych (ryc. 421).

Komórki zrębowe, spotykane tutaj, przedstawiają dwa typy, Wewnątrz kubka są one proste, w kierunku od otworka smakowego ku podstawie kubka stopniowo grubieją i kończą się krótkiemi rozgałęzieniami przypodstawnemi; na obwodzie kubka komórki mają budowę podobną, są tylko bardziej łukowato wygięte. Wszystkie komórki zrębowe posiadają duże, jajowate jądro, z wyraźną siecią jądrową. Górny koniec komórek jest zaostrzony i pokryty cienkiem rąbkiem *(cuticula)* prążkowanym (Hermann, Graberg). Wypustki, wychodzące z podstawy tych komórek, łączą się z wypustkami

komórek zrębowych drugiego typu, t. j. wielkich komórek gwiaździstych *(komórki przypodstawne* Hermanna), zajmujących podstawę kubków.

Komórki smakowe są to komórki wydłużone, wrzecionowate, które leżą wszędzie, także na obwodzie kubka, pomiędzy komórkami zrębowemi. Każde wrzecionko wykazuje w pewnem miejscu raz wyżej, raz niżej, lekkie zgrubienie, zawierające wydłużone jądro, zawsze znacznie mniejsze niż jądra komórek zrębowych. Każda komórka rozszerzonym końcem przypodstawnym, w formie nóżki lub małego zgrubienia, osadzona jest na warstwie komórek przypodstawnych; koniec jej górny wydłuża się w delikatną wypustkę, zwaną pręcikiem smakowym i wystającą przez otworek smakowy. W ostatnich czasach Retzius doszedł do przekonania, że pomiędzy komórkami, znajdującemi się w kubkach smakowych, niema istotnej różnicy. Można tu zauważyć szereg form przejściowych, różnice zaś dają się sprowadzić do różnic stanów czynnościowych, tak że niema dostatecznej podstawy do odróżniania komórek zrębowych i smakowych.



Ryc. 421.
Schemat budowy kubka smakowego (według Gråberga).
Ks. = komórka smakowa; Kp. = komórka przypodstawna; Kz. = komórka zrębowa; Os. = otworek kubka smakowego; Ps. = pręcik smakowy.

Każdy kubek smakowy jest otoczony *przestworem okołokubkowym*, połączonym od góry z otworkiem smakowym, od dołu zaś z *przestworem podkubkowym*, leżącym pod podstawą kubka.

Nerwy smakowe, gałęzie nerwu językowo-gardzielowego *(n. glossopharyngeus)*, tworzą pod każdym kubkiem gęsty splot kubkowy *(plexus subgemmalis)*. Ze splotu tego wychodzą włókna do wnętrza kubka — *włókna wśródkubkowe*, oplatające rozgałęzieniami wszystkie jego komórki wewnątrz kubka. Inne włókna przenikają nabłonek wielowarstwowy pomiędzy kubkami. Są to *włókna międzykubkowe*, tworzące w bezpośredniem sąsiedztwie kubków *sieć okołokubkową*.

Technika mikroskopowa ogólna.

Mikroskop.

Z powodu zbyt ograniczonego miejsca, na jakie pozwala książka niniejsza, nie można dać tu nawet powierzchownego omówienia teorji i budowy mikroskopu, tak że musi się ograniczyć do podania jedynie następujących uwag, które umożliwią tylko ogólne rozejrzenie i zorjentowanie się w tej kwestji. Wszystkim, którzy chcą bliżej zapoznać się z tym przyrządem, poleca się niewielkie, ale doskonałe dziełko S. Gartena: Leitfaden der Mikroskopie, wyd. w Lipsku.

Do badania preparatów histologicznych służą przyrządy optyczne, których zasadniczą część składową stanowią soczewki skupiające. Rozróżniamy ich dwa rodzaje: *lupę* i *mikroskop złożony*, zwany także krótko mikroskopem. Najbardziej prosta lupa składa się z soczewki skupiającej, przyczem powiększenie, jakie ona daje, zależy od długości jej ogniskowej. Ponieważ jednak pojedyńcza soczewka skupiająca daje obraz bardzo niedoskonały, zestawia się lupę z dwu lub więcej spojonych z sobą soczewek w celu usunięcia, a przynajmniej możliwego zmniejszenia t. zw. aberracji sferycznej i chromatycznej. Zapomocą lupy nie można jednak otrzymać powiększeń, przekraczających pewną określoną granicę (około 20 razy linearnie), to też do badań dokładniejszych zamiast lupy używa się mikroskopu złożonego, który posiada dwa systemy soczewek, umieszczone w pewnem określonem oddaleniu od siebie; jeden z nich, położony bliżej badanego przedmiotu i stąd zwany *soczewką przedmiotową* czyli *objektywem*, daje powiększony, odwrócony, rzeczywisty obraz przedmiotu, którego jednak nie rozpatrujemy bezpośrednio, lecz zapomocą owego drugiego systemu soczewek, bliżej oka badacza położonego, i stąd zwanego *soczewką oczną* czyli *okularem*. W każdym mikroskopie możemy rozróżnić dwie główne części składowe: *część mechaniczną i optyczną*.

Część mechaniczna składa się ze *słupa metalowego*, opartego na podstawie, mającej zwykle kształt podkowy. Do tego słupa na pewnej wysokości jest umocowany stolik okrągły lub kwadratowy, opatrzony otworem pośrodku, tak zwany *stolik przedmiotowy*, ponad nim odchodzi od słupa ramię (może ono mieć kształt rozmaity), połączone ściśle z metalową pochwą, w której tkwi metalowa rura, zwana *tubusem*. Tubus daje się przesuwać w pochwie ku górze i na dół, a więc może się zbliżać lub oddalać od stolika. W tubusie jest umieszczona główna część przyrządu optycznego. W mikroskopach ulepszonych poruszanie tubusa odbywa się nie zapomocą jego przesuwania w pochewce, jak w mikroskopach starych typów, lecz zapomocą śruby, co jest bardziej precyzyjne, dokładne i delikatne. Rozróżniamy dwa rodzaje śrub: *śruby makrometryczne* i *śruby mikrometryczne*. Pierwsze z nich znajdują się zwykle na tylnej powierzchni tubusa, w środku przed ramieniem tubusa w postaci dwu głów śruby pionowo stojących, połączonych zapomocą osi poziomej, i służą do poruszania tubusa na większą odległość. Ze śruby mikrometrycznej widzimy zwykle tylko samą głowę, która znajduje się na górnym końcu

słupa i ma kształt dzwonu. Sama śruba mikrometryczna jest śrubą stalową, niezwykle dokładnie ciętą, umieszczoną w samym słupie. Jest ona ściśle połączona z głową o kształcie dzwonu tak, iż przez poruszanie tej ostatniej ramię tubusa, a wraz z nim także i sam tubus podnoszą się lub opuszczają na odległość minimalną.

Część optyczna składa się *z urządzenia oświetlającego, z objektywu i okularu.* Ponieważ oglądamy preparaty wyłącznie przy świetle przechodzącem przez preparat, więc światło musi być rzucone do objektywu z dołu przez (wymieniony powyżej) otwór w stoliku i leżący na nim preparat. Najprościej służy do tego lusterko, umocowane ruchomo pod stolikiem, dwustronne, oszlifowane z jednej strony płasko, z drugiej wklęśle. Strony płaskiej używamy do powiększeń słabszych, wklęsłej zaś do powiększeń średnich. Jeżeli chcemy, by szczegóły badanego preparatu wychodziły wyraźnie, musimy uregulować oświetlenie tak, aby do preparatu dochodziły tylko promienie środkowe stożka oświetlającego, a promienie płaszczowe były zaciemnione. Do tego celu służą urządzenia zaciemniające, umieszczone na dolnej powierzchni stolika, *przepony* cz. *diafragmy krążkowe* lub też *źrenicowe* (Irisblende), zapomocą których można dowolnie zaciemniać promienie boczne. Jeżeli natomiast chcemy mieć pole widzenia oświetlone zupełnie równomiernie, a jednocześnie możliwie intensywnie, posługujemy się *przyrządem oświetlającym* Abbego. Jest to układ soczewek, ujęty w mocną oprawę, wsunięty od dołu do otworu stolika. Daje on bardzo zbieżną wiązkę światła, która powoduje silne oświetlenie preparatu, a w dalszym ciągu po przejściu przez preparat, trafiając do objektywu ze znaczną rozbieżnością, podwyższa jasność i wyrazistość obrazu.

Objektyw wśrubowywa się do dolnego końca tubusa. Składa się on zawsze z kilku (2—5), ściśle z sobą złączonych soczewek, tak dobranych, aby — o ile możności — usunąć błędy z powodu kulistości i rozszczepienia światła. Całość działa, jak jedna soczewka, dająca znaczne powiększenie. Soczewka przednia, zwrócona ku preparatowi, zwana soczewką frontową, jest zawsze pojedyńczą soczewką płasko-wypukłą, której strona płaska jest zwrócona ku przedmiotowi, inne wyżej umieszczone soczewki składają się z dwu lub trzech poszczególnych części, różnie światło łamiących, sklejonych z sobą balsamem kanadyjskim. Powiększenie właściwe daje soczewka frontowa, pozostałe natomiast służą do korygowania obrazu, przez nią wytworzonego. Im większa jest soczewka frontowa, tem słabsze jest powiększenie i tem większe musi być oddalenie soczewki frontowej, a więc całego objektywu od przedmiotu. Przy objektywach bardzo silnych odległość pomiędzy soczewką frontową a szkiełkiem, przykrywającem przedmiot, wynosi zaledwie ułamek jednego milimetra, dlatego przy użyciu ich zaleca się jak największą ostrożność.

Wartość objektywu jest w znacznym stopniu zależna od *apertury numerycznej.* Rozumiemy przez nią iloczyn ze współczynnika załamania środowiska, oddzielającego soczewkę frontową od szkiełka nakrywkowego, i wstawy (sinusa) kąta rozwartości wiązki światła, trafiającej objektyw ($a = n. \sin u$). Im większa jest ta apertura, tem większa zdolność rozpoznawcza objektywu, t. zn. tem dokładniej przedstawia on szczegóły struktury badanego przedmiotu. *Definicja* czyli ostre występowanie obrazów zależy natomiast od doskonałego oszlifowania soczewki i od dokładnego umieszczenia soczewek w osi optycznej (zcentrowanie). Oprócz zdolności rozpoznawczej i definicji wielką rolę odgrywa także *achromatyczność* objektywu: objektyw powinien być tak chromatycznie skorygowany, aby czerwone i niebieskie składniki, na jakie rozkłada się każdy promień świetlny, możliwie dokładnie łączyły się z sobą z powrotem. Najdokładniej zostaje to osiągnięte w skonstruowanych przez Abbego *apochromatach,* do których używa on specjalnych gatunków szkła.

Wśród objektywów rozróżniamy *systemy suche i immersyjne*. W pierwszych pomiędzy soczewką frontową a szkiełkiem nakrywkowem znajduje się powietrze, w drugich natomiast ciecz. Kropelkę tej cieczy umieszcza się na szkiełku przykrywkowem, a następnie opuszcza się tubus zapomocą śruby tak, aby soczewka frontowa zanurzyła się w cieczy. Zaznaczyliśmy już poprzednio, że objektyw posiada zalety tem większe, im wyższą jest jego numeryczna apertura; na tej podstawie zrozumiemy, jak ważne znaczenie posiada to urządzenie, wprowadzone przez Stephensona i Abbego. W systemach suchych wartość apertury nie może nigdy przekroczyć 1, ponieważ n dla powietrza jest 1, a wstawa połowy kąta rozwarcia jest zawsze mniejsza od 1. Jeżeli zaś pomiędzy soczewką frontową a szkiełkiem nakrywkowem umieścimy n. p. wodę, wówczas n będzie wynosiło 1,33 i naturalnie otrzymamy wyższą wartość apertury. *Immersję wodną* stosuje się jednak rzadko; zamiast wody przeważnie używa się zgęszczonego olejku cedrowego, który ma współczynnik załamania 1,51, skutkiem czego otrzymujemy aperturę numeryczną 1,30, a nawet wyższą.

W celu dogodniejszego zmieniania objektywów, statywy wielkie posiadają t. zw. *rewolwery dla objektywów*, które wśrubowywa się w dolny koniec tubusa i w których umieszcza się dwa, trzy lub cztery objektywy.

Okular wkłada się w górny koniec tubusa. Składa się on zwykle (okular Huyghensa) z dwu soczewek płaskowypukłych, które są zwrócone powierzchnią płaską ku górze; jedna z nich (soczewka oczna) jest umieszczona na górnym, druga (soczewka zbierająca) na dolnym końcu okularu. Obie soczewki są umieszczone w odległości, równej połowie sumy ich odległości ogniskowych. Ponieważ silniejsze soczewki posiadają mniejszą odległość ogniskową, odległość więc między soczewkami, t. zn. długość okularu jest tem mniejsza, im silniejsze są soczewki. Soczewka zbierająca zmniejsza obraz rzeczywisty, wprowadzony przez objektyw, i czyni go bardziej wyraźnym i równym. W tem miejscu, w którem powstaje ten obraz, jest w okularze umieszczona diafragma (blenda). Soczewka oczna poprostu powiększa ten obraz. Ponieważ w miarę wzrastającego powiększenia okularu, rozmieszcza on na coraz większej powierzchni światło, dochodzące do niego z objektywu, obraz więc staje się coraz ciemniejszy, i dlatego nie można używać okularów, powiększających ponad pewną granicę określoną (12 razy). Drugim typem okularów, rzadziej używanych, są okulary Ramsdena. Składają się one tylko z jednej kombinacji soczewek, działających jak lupa. Do apochromatów i silnych achromatów używa się *okularów kompensacyjnych*, które tworzą obraz niezwykle czysty pod względem barwy i przy których możliwe jest o wiele silniejsze, bo 18-krotne powiększenie obrazu, rzucanego przez objektyw.

Powiększenie, jakie daje mikroskop złożony, oblicza się według następującej formuły:

$$N = \frac{\triangle}{f_1} \cdot \frac{250}{f_2}$$

w której f_1 oznacza odległość ogniskową objektywu, f okularu, $\triangle$ długość tubusa, która zwykle = 160; 250 wyraża przeciętną odległość dokładnego widzenia oka ludzkiego w milimetrach. f_1, f_2 i $\triangle$ mają być też wyrażone w milimetrach. Bardzo proste jest obliczenie przy użyciu objektywów apochromatycznych i okularów kompensacyjnych. Numer apochromatu oznacza jego odległość ogniskową, numer okularu jego własne powiększenie. Należy więc tylko 250 podzielić przez numer apochromatu, a następnie pomnożyć przez numer okularu.

Wkońcu podaje się kilka wskazówek praktycznych, dotyczących obchodzenia się z mikroskopem.

a) Nie należy dotykać palcami soczewek i lusterka. Powierzchnię ich z kurzu i brudu najlepiej jest wycierać czystą, miękką szmatką lnianą. Olejek immersyjny usuwa się zapomocą szmatki lnianej, umaczanej w alkoholu absolutnym lub benzolu, a następnie wyciera się natychmiast do sucha. Nie należy nigdy rozśrubowywać objektywów. Jeżeli się w nich pokażą jakieś zmiętnienia, należy dać optykowi do oczyszczenia.

b) Najlepszem źródłem światła jest niebo, pokryte białemi obłokami. Należy bezwzględnie unikać bezpośredniego światła słonecznego. Można także użyć jako źródła światła białej zasłony na oknie, które oświetla słońce. Z pośród sztucznych źródeł światła nadają się najlepiej palnik Auera lub elektryczna żarówka matowa (najlepsza jest lampa „Argenta").

c) Przy objektywach słabszych należy używać do oświetlenia lusterka płaskiego, przy średnich wklęsłego, immersje wymagają aparatu oświetlającego Abbego.

d) Przy słabych systemach suchych należy używać diafragmy o większym otworze, przy silnych systemach suchych diafragmy o otworze małym. Im mniejszy jest otwór diafragmy, tem ciemniejszy jest obraz, ale zato ostrzejszy.

e) Im silniejszy jest objektyw, tem mniejszy jest odstęp jego soczewki frontowej od szkiełka przykrywkowego.

f) Należy najpierw obejrzeć każdy preparat pod objektywem słabym, ustawić tę jego część, którą się ma badać, dokładnie w środku pola widzenia i oglądać ją następnie pod objektywami silnemi.

g) Dla otrzymania silniejszego powiększenia używa się najpierw silnego objektywu z słabym okularem, ponieważ nowe szczegóły odkrywa tylko objektyw, okular silniejszy nie wnosi nic nowego do obrazu mikroskopowego.

h) Ponieważ każdy preparat mikroskopowy posiada pewną grubość, nieraz dość znaczną, a objektywy silniejsze nie uwydatniają warstw głębszych, dla każdej więc płaszczyzny preparatu objektyw musi być nastawiony inaczej. W tym celu należy przesuwać go śrubą mikrometryczną.

i) Do nastawienia preparatu z grubsza nie należy używać śruby mikrometrycznej. Jeżeli przy obracaniu śruby uczuje się opór, należy zaprzestać kręcenia i zbadać przyczynę. W tym przypadku bowiem albo soczewka frontowa dotyka już szkiełka przykrywkowego, albo też śruba mikrometryczna jest wykręcona i należy ją odśrubować z powrotem.

k) Nie należy nigdy zostawiać otwartego mikroskopu bez okularu, ani z otwartym rewolwerem, aby soczewki objektywów nie podlegały zakurzeniu.

Sporządzanie preparatów mikroskopowych.

Narządy zwierzęce i ludzkie można badać świeże lub utrwalone. Badanie pierwszego rodzaju jest nadzwyczaj ważne i nie należy go nigdy zaniedbywać, o ile tylko jest ono możliwe, ponieważ utrwalenie zmienia stale badany przedmiot. Bez jakiegokolwiek preparowania możemy badać tylko nieliczne przedmioty, przedewszystkiem płyny jak krew, limfa, nasienie itd. Daje się kroplę tego płynu na czyste szkiełko podstawowe i natychmiast nakrywa dobrze oczyszczonem szkiełkiem przykrywkowem [1]). Ażeby preparat nie wyschnął, oblepia się szkiełko przykrywkowe kitem (doskonały jest kit Krönigа). W podobny sposób można badać cienkie błony, jak sieć, krezkę, opony mózgowe i inne. Rozciąga się je na szkiełku podstawowem, dodaje kroplę płynu obojętnego i oblepia. Bierze się możliwie małą ilość płynu, ażeby nie wypłynął poza brzeg szkiełka.

[1]) Nawet nieużywane szkiełka podstawowe i nakrywkowe należy przed użyciem oczyścić, najlepiej w ten sposob, że się je wkłada na jakiś czas do rozcieńczonego (30%) alkoholu, a następnie wyciera na sucho czystą ściereczką lnianą.

Jako płyny obojętne służą głównie:

a) ciecz z przedniej komory ocznej (*humor aqueus*) jakiegokolwiek zwierzęcia;

b) surowica krwi, najlepiej tego samego zwierzęcia;

c) woda płodowa, którą można dostać w każdej rzeźni przez nacięcie pęcherza płodowego jakiegoś większego zwierzęcia. Dodaje się tyle nalewki jodowej (tinctura jodi), aby płyn nabrał jasnego koloru bursztynowego. Taką surowicę jodową można przechowywać czas nieograniczony, jeżeli się od czasu do czasu dodaje po trochę nalewki jodowej.

d) Fizjologiczny roztwór soli kuchennej, który zawiera dla zwierząt zimnokrwistych 0,6—0,7% dla ciepłokrwistych 0,8—0,9% soli kuchennej;

e) płyn Ringera, składający się z chlorku sodu 6,0 g, chlorku potasu 0,3 g, chlorku wapniowego 0,1 g, chlorku magnowego 0,3 g, fosforanu sodowego 0,5 g, dwuwęglanu sodowego 1,5 g, glukozy 1,0 g i wody 1000 ccm.

Narządów konsystencji bardziej zbitej nie możemy brać bezpośrednio pod mikroskop, ponieważ są przeważnie nieprzezroczyste, lecz należy je poprzednio rozłożyć na odpowiednio drobne kawałeczki. Można to uskutecznić w ten sposób, że się odkrawa nożyczkami mały kawałeczek, umieszcza go w kropli płynu obojętnego na szkiełku podstawowem, rozskubuje szybko zapomocą dwu igiełek i nakrywa szkiełkiem nakrywkowem. W ten sposób daje się sporządzić preparaty z mięśni, nerwów i niektórych innych narządów. Albo też można posiekać dany kawałek na suchem szkiełku podstawowem zapomocą ostrego skalpela lub brzytwy, poczem dodaje się kroplę płynu. Metoda ta nadaje się do badania mięśni prążkowanych i siatkówki.

Lecz wiele narządów nie daje się podzielić w ten sposób na drobne cząstki, ponieważ ich elementy są zbyt ściśle z sobą spojone. Wówczas staramy się je rozluźnić zapomocą środków chemicznych; takie środki nazywamy środkami odosobniającemi cz. rozdzielającemi (izolacyjnemi).

Środki odosobniające.

W wielu tkankach po śmierci rozpuszcza się istota kitowa, spajająca ich elementy, czyli występuje maceracja. Możemy więc przenieść daną tkankę do takiego płynu, któryby nie powstrzymywał maceracji, ale nawet jej dopomagał, a jednocześnie zapobiegał gniciu i rozwojowi bakterji. Z pośród takich płynów macerujących wymienimy:

a) *Surowicę jodową* (jodserum), powyżej wymienioną. Przy użyciu jej, podobnie jak i wszelkich innych środków macerujących, należy brać małe kawałki tkanki i niewiele płynu. Czas trwania maceracji waha się, zależnie od temperatury otoczenia i natury samej tkanki, pomiędzy 24 godzinami a kilku dniami. Jeżeli tkanka jest dobrze zmacerowana, wystarczy mocno ją wstrząsać, by rozpadła się na części składowe; następnie przenosi się kroplę płynu pod szkiełko nakrywkowe. Metoda ta daje się zastosować do wszystkich rodzajów nabłonków, błony węchowej, rogówki itp.

b) *Alkohol rozcieńczony* Ranviera. Miesza się 1 część 90% alkoholu z 2 częściami wody destylowanej. Działanie jest takie same, jak płynu poprzedniego, czas trwania działania nieco krótszy. Preparaty takie można zupełnie dobrze zabarwić. Maceruje się np. rozcięte jelito żaby przez 24 godzin w rozcieńczonym alkoholu, przenosi się ostrożnie dany kawałek na 3—4 godziny do karminu ałunowego, a następnie wstrząsa w wodzie destylowanej. Większe kawałki usuwa się zapomocą pincety, pozostawia się płyn przez godzinę, aby się ustał, a następnie bierze pipetą kroplę osadu do badania.

c) *Ług potasowy* lub *sodowy* rozpuszcza w bardzo krótkim czasie wiele substancyj kitowych i spajających. Używamy ich zwykle w postaci *rozczynu* Moleschotta. 33,5 g żrącego potasu KOH lub sody żrącej NaOH rozpuszcza się w 66,5 ccm wody destylowanej, poruszając ciągle naczynie i ochładzając zapomocą zimnej wody. Mięśnie gładkie i prążkowane izoluje się w tym płynie przez 15—20 minut, przyczem kurczą się one znacznie, a następnie wstrząsa się i bada w tym samym płynie. Należy przytem strzec pilnie, by soczewki mikroskopu nie zetknęły się z ługiem (patrz także rozdział o badaniu tkanki mięsnej). Paznokcie i włosy izoluje się w 4,6 proc. ługu, pierwsze przez 3—5 godzin, drugie zaś przez tyleż dni.

d) *Kwas solny* i *azotowy* w postaci kwasów zgęszczonych są doskonałemi środkami do izolowania wszelkich gruczołów przedewszystkiem nerki. Kawałki mogą być dość duże i 0,5 cm grube. Po 24 godzinach przenosi się je do wody, którą się zmienia wielokrotnie i rozdziela się kanaliki na możliwie dużej przestrzeni zapomocą wstrząsania lub rozskubywania kawałeczków na szkiełku zegarkowem zapomocą igiełek.

Metoda sporządzania skrawków.

Drugą metodą, służącą do otrzymania małych cząsteczek badanego narządu, jest metoda robienia skrawków. Najprościej posługujemy się do krajania dobrą brzytwą. Zapomocą niej przy pewnej wprawie można z niektórych narządów otrzymać cienkie skrawki, zdatne do badania. Najłatwiej daje się krajać chrząstka, nieco trudniej nerka i wątroba, ale np. mózg i jelito posiadają taką konsystencję, że w stanie świeżym nie można z nich wcale otrzymać skrawków.

Musimy nadać takim narządom konsystencję twardszą; najprostszym sposobem, służącym do tego, jest *zamrażanie*. Skonstruowano w tym celu specjalne przyrządy, w których zamraża się badany narząd zwykle zapomocą rozpylania eteru lub zapomocą płynnego lub stałego kwasu węglowego, a następnie kraje na dowolnie cienkie skrawki nożem, poruszanym automatycznie. Zapomocą takich *mikrotomów do zamrażania* można sporządzić z większej części narządów doskonałe skrawki, które się nadają do badań histologicznych. Inny sposób nadania tkankom twardszej konsystencji polega na tem, że odciąga się im wodę zapomocą alkoholu coraz silniejszego. Metoda ta utrwala jednocześnie daną tkankę i prowadzi do drugiej grupy metod, mianowicie do badania przedmiotów utrwalonych.

Utrwalanie.

Chociaż badanie świeżych tkanek jest niezmiernie ważne, jednak należy je zawsze uzupełniać badaniem tkanek utrwalonych. Przy utrwalaniu chodzi zawsze najpierw o to, by przedmiot zabić i zamienić jego niestałe, łatwo zmieniające się ciała białkowe w modyfikacje możliwie stałe, niezmienne. Proces ten nazywamy *utrwalaniem*. W celu utrwalania posługujemy się zawsze odczynnikami strącającemi i ścinającemi białko. Musimy przytem dbać o to, by się zachował kształt części składowych danego przedmiotu taki, jaki był za życia. Niestety, nie da się to prawie nigdy otrzymać i wskutek tego należy zawsze zachować pewną ostrożność w ocenie preparatów utrwalonych.

Na początek podamy parę reguł ogólnych, dotyczących utrwalania:

a) Do utrwalenia należy brać możliwie małe kawałki z organizmu jeszcze ciepłego. Im mniejszy jest kawałek, tem utrwalenie wypada naogół lepiej, ponieważ płyny utrwalające przenikają do wnętrza z trudnością. Jedne z nich wnikają na centymetr, a nawet głębiej, inne zaledwie na parę milimetrów. Jedne wnikają

szybko, inne bardzo powoli. Im szybciej płyn utrwalający ścina białko, tem trudniej na ogół wnika.

b) Wycięte kawałki należy możliwie szybko przenieść do płynu utrwalającego i nie dotykać niepotrzebnie szczypczykami.

c) Ilość płynu utrwalającego powinna przewyższać 50—100 krotnie objętość utrwalanego przedmiotu.

d) Płyn utrwalający, raz użyty, nie powinien być używany powtórnie.

e) Płyn utrwalający powinien mieć dostęp ze wszystkich stron do utrwalanego przedmiotu i dlatego należy przedmiot położyć na wiotkiej warstwie waty zwykłej lub szklanej, albo też, co jeszcze lepsze, zawiesić w płynie.

f) Płyn utrwalający powinien działać tylko przez pewien czas określony, a następnie powinien być usunięty z danego kawałka w pewien sposób (zwykle przez wypłukanie).

Z pośród wielkich ilości mieszanin utrwalających przytoczymy tu w krótkości kilka, które wystarczą dla początkujących.

1. *Alkohol absolutny.* Jest to w wielu razach dobry środek utrwalający, który jest jednocześnie środkiem stwardniającym. Utrwalane kawałki należy zawieszać w górnych warstwach płynu. Czas trwania działania 24 godzin.

2. *Płyn* Carnoy. Jest to mieszanina 6 części alkoholu absolutnego, 3 części chloroformu i 1 części kwasu octowego lodowatego. Utrwala niezwykle szybko, w 15—20 minut, potem należy przenieść przedmiot do alkoholu absolutnego, który trzeba często zmieniać.

3. *Formalina.* Używa się 10—20 procentowego roztworu preparatu, znajdującego się w handlu. Utrwala się co najmniej w ciągu 24 godzin. Można brać kawałki dosyć duże i zostawiać je przez czas dowolnie długi w formalinie, co dla pewnych celów ma ważne znaczenie. Po utrwaleniu można przedmiot wypłukać krótko w wodzie bieżącej.

4. *Płyn* Müllera. 2,5 g dwuchromianu potasowego i 1 g siarczanu sodowego rozpuszcza się w 100 ccm wody destylowanej. Dawniej był on w częstem użyciu, obecnie używa się go tylko do badania systemu nerwowego ośrodkowego. Można w nim utrwalać w całości mózg ludzki. Należy brać znaczną ilość płynu i utrwala się, zależnie od wielkości przedmiotu, począwszy od paru dni do paru tygodni. Początkowo zmienia się płyn codziennie. Po utrwaleniu należy płukać przez 24 godzin w wodzie bieżącej.

5. *Płyn* Bouina. Zawiera 15 części skoncentrowanego roztworu wodnego kwasu pikrynowego, 5 części formolu i 1 część kwasu octowego lodowatego. Nadaje się zwłaszcza do badań cytologicznych. Dla przedmiotów mniejszych, jak jajka, wystarcza działanie przez kwadrans, większe (około ¼ cm grubości) wymagają ½—2 godzin.

6. *Sublimat.* Roztwór soli kuchennej 0,7%-wy ogrzewa się na łaźni wodnej i rozpuszcza w nim tyle sublimatu, ile się tylko da rozpuścić. Następnie oziębia się roztwór i do utrwalania używa się czystego roztworu, jaki się znajduje ponad wydzielonemi kryształami sublimatu. Przed użyciem dodaje się na 100 ccm 1—2—3 ccm kwasu octowego lodowatego; należy utrwalać małe kawałki przez 12—24 godzin, płukać przez 24 godzin w płynącej wodzie lub przenieść je wprost do alkoholu 35 %, który stopniowo należy zastępować coraz mocniejszym (patrz str. 520 i 521).

7. *Płyn* Zenkera. Ogrzewa się płyn Müllera na łaźni wodnej i dodaje na 100 ccm 5 g sublimatu w proszku. Bezpośrednio przed użyciem dodaje się na 100 ccm płynu 5 ccm kwasu octowego lodowatego. Utrwala się przez 12

do 24 godzin i płucze w wodzie bieżącej 24 godzin. O dalszem postępowaniu z przedmiotami, utrwalonemi w sublimacie lub płynie Zenkera, zob. następny rozdział.

8. *Czterotlenek osmu.* Substancja ta, nazywana zwykle kwasem osmowym, jest bardzo droga (1 g około 200 marek), i znajduje się w handlu w zatopionych rurkach, zawierających 0,5 lub 1 gram. Rurkę taką, zawierającą 0,5 grama, obmywa się dokładnie i osusza, następnie nadpiłowywa ostrożnie pilniczkiem i dotyka nadpiłowanego miejsca rozżarzoną do białości pałeczką szklaną. Można wówczas rurkę otworzyć, nie tracąc nic z jej zawartości, wrzuca się obie części wraz z zawartością do flaszki ze szkła brunatnego, doskonale wymytej, zaopatrzonej w szczelnie przyszlifowany korek szklany i zawierającej 25 ccm wody destylowanej. W ten sposób otrzymuje się 2%-wy roztwór kwasu osmowego. Rozpuszczanie (przy częstem wstrząsaniu) trwa 24 godzin. Kwasu osmowego używa się głównie w postaci następującego płynu:

9. *Płyn* Flemminga. Składa się z 15 ccm 1%-ego wodnego kwasu chromowego, 4 ccm 2%-ego wodnego kwasu osmowego i 1 ccm kwasu octowego lodowatego. Kawałki mają być bardzo małe, grubość ich nie powinna przekraczać 3—4 mm. Czas trwania działania 24 godzin do kilku dni. Po utrwaleniu należy płukać przez 24 godzin w wodzie bieżącej.

Przygotowanie do krajania na mikrotomie. Nowoczesna technika histologiczna wydoskonaliła nadzwyczajnie metodę robienia skrawków. Skrawków nie sporządza się już dzisiaj z wolnej ręki, lecz posługuje się przyrządami o bardzo delikatnej i skomplikowanej budowie, zwanemi *mikrotomami*. Przed użyciem ich jednak należy przygotować odpowiednio przedmiot, który ma być krajany, co polega głównie na tem, że się go przepaja i otacza masą twardniejącą. W tym celu używa się przedewszystkiem *parafiny* i *celloidyny*. Obie substancje nie rozpuszczają się w wodzie, parafina rozpuszcza się w ksylolu, chloroformie i podobnych rozpuszczalnikach, celloidyna zaś w mieszaninie alkoholu absolutnego z eterem. Jeżeli chcemy dobrze przepoić dany przedmiot, należy go najpierw przeprowadzić przez jeden z powyższych płynów, które określamy jako *pośredniki*. W tym celu musimy wpierw dany przedmiot zupełnie odwodnić tak, że po utrwaleniu i wypłukaniu trzeba go poddać całemu szeregowi manipulacyj: najpierw należy go odwodnić, potem przepoić płynem pośrednim, a wreszcie zatopić w parafinie lub celloidynie.

Odwadnianie.

W celu odwodnienia przedmiotów utrwalonych i wypłukanych używa się zwykle *alkoholu* o coraz wyższej koncentracji. Przedmiot utrwalony przenosimy nie wprost z wody do alkoholu absolutnego, gdyż to spowodowałoby skurczenie się jego, lecz najpierw do alkoholu zupełnie słabego, a następnie stopniowo do coraz silniejszego. Im wolniej odbywa się wzmacnianie alkoholu, tem rezultat jest lepszy. Zaczyna się od alkoholu 40 lub 50%-ego, a następnie stopniuje się stale o 10 %. W każdym poszczególnym alkoholu pozostawia się przedmiot przez czas, zależny od wielkości danego kawałka, na ogół wystarcza 12 godzin tak, iż zwykle zmienia się alkohol rano i wieczór i po 4 lub 5 dobach kawałki znajdują się już w alkoholu absolutnym. Ten ostatni należy zmienić przynajmniej raz, ażeby dany przedmiot zupełnie odwodnić. Utrwalanie w alkoholu absolutnym lub płynie Carnoy stanowi znaczne zaoszczędzenie czasu, gdyż materjał utrwalony już w 24 lub najwyżej w 48 godzinach po wyjściu z organizmu jest zupełnie odwodniony.

Przedmioty, utrwalone w sublimacie lub płynie Zenkera, wymagają osobnego omówienia. Aby usunąć kompletnie sublimat, nie wystarczy samo wypłu-

kanie, gdyż później na skrawkach występują jego brzydkie kryształki, zasłaniające obraz. Ażeby temu zapobiec, należy przedmiot poddać działaniu jodu wówczas, gdy znajduje się w alkoholu 70 lub 80%-ym; dodaje się mianowicie do tego alkoholu kroplami tyle nalewki jodowej, dopóki płyn nie nabierze barwy ciemnej herbaty lub piwa. Alkohol, zawierający jod, rozpuszcza kryształki sublimatu i sam się przytem odbarwia. Ponieważ jest on cięższy od pozostałego roztworu jodu, tworzy na dnie bezbarwną warstwę dokoła przedmiotu. Musimy więc alkohol 80%-wy z jodem zmieniać tak długo, aż nie przestanie się odbarwiać. Wówczas dopiero przeprowadza się przedmiot dalej przez coraz to silniejsze alkohole.

Płyny pośrednie.

Posiadamy pewną ilość płynów pośrednich dla zatapiania w parafinie, to znaczy płynów, które mieszają się w każdym stosunku z alkoholem absolutnym i dobrze rozpuszczają parafinę. Dla pracowników początkujących wystarcza ksylol i chloroform. Oba posiadają pewne dobre i złe strony. I tutaj nie przenosimy przedmiotu bezpośrednio z jednego płynu do drugiego, lecz przygotowujemy dwie mieszaniny: jedną, zawierającą jedną część płynu pośredniego i dwie części alkoholu absolutnego, i drugą, złożoną z dwu części płynu pośredniego i z jednej części alkoholu absolutnego. Pozostawiamy w każdej z nich przedmiot przez 1 do 3 godzin (w chloroformie dłużej niż w ksylolu), a dopiero potem przenosimy do czystego płynu pośredniego na 2—24 godzin.

Do zatapiania w celloidynie jako płyn pośredni służy mieszanina równych części eteru i alkoholu absolutnego. Przenosi się przedmiot wprost z alkoholu absolutnego i pozostawia przez 24 godzin.

Zatapianie w parafinie.

Parafina jest stałym węglowodorem szeregu metanowego (gazu błotnego), którego punkt topliwości waha się między 38°, a 85°. Do użytku bierzemy zwykle dwie parafiny: jedną łatwo topliwą, przy 38°, drugą trudno topliwą, przy 58°. Naturalnie przedmiot badany możemy przepoić tylko parafiną płynną, a więc rozgrzaną, i w tym celu posługujemy się *termostatem,* zwanym także piecykiem do parafiny, który może być stale utrzymywany w stałej, ściśle utrzymywanej temperaturze zapomocą ogrzewania gazowego lub naftowego. Najwygodniejszy jest termostat z nasadą. W dolnej części mamy temperaturę 57—58°, w górnej 38—40°. Do przepajania najlepiej posługiwać się małemi naczyniami szklanemi lub emaljowanemi. Jedno z tych naczyniek napełnia się drobno pokrajaną parafiną trudno topliwą (58°) i dzień przed zatapianiem wstawia się je do przegrody dolnej; drugie naczyńko z łatwo topliwą parafiną (38°) wstawia się do przegrody górnej (nasady). Podczas przepajania należy unikać, o ile to możliwe, nagłej zmiany temperatury. W tym celu należy przenieść naczynie szklane, zawierające zatapiane kawałki w płynie pośrednim, na godzinę do przegrody górnej, gdzie nagrzewają się powoli do 40°. Następnie przenosi się je zapomocą łopatki z płynu pośredniego do naczynia z płynną parafiną miękką (38°) i wstawia się naczyńko do dolnej przegrody. Tu ogrzewa się ono powoli w ciągu 2—3 godzin do 58°, a jednocześnie płyn pośredni dyfunduje z nich do parafiny płynnej. Wreszcie należy przenieść kawałki zapomocą rozgrzanej łopatki do naczyńka z płynną parafiną trudniej topliwą (58°), w której następuje ostateczne ich przepojenie.

Jak długo ma trwać przepajanie, trudno dać krótką odpowiedź; jest to właściwie kwestją doświadczenia. Większe kawałki potrzebują oczywiście dłuższego czasu niż mniejsze. Przedmioty, otoczone dokoła grubym nabłonkiem, przepajają

się trudniej, niż przedmioty o wolnych powierzchniach. Bardzo trudne do przepojenia są przedmioty o dużych jamach, jakie znajdują się np. w narządzie słuchu, w trzewiach, gdyż powietrze uchodzi z nich z wielką trudnością i bardzo powoli. Jako regułę ogólną można podać, że nie należy pozostawiać przedmiotów w termostacie dłużej, niż to jest niezbędne, i że nagłe bezpośrednie podwyższenie temperatury jest o wiele szkodliwsze, niż dłuższe pozostawienie przedmiotu w termostacie. Dla małych kawałków wystarczają na ogół 3 lub 4 godziny.

Jeżeli się chce postępować z jeszcze większą ostrożnością, to pomiędzy chloroformem a parafiną miękką należy użyć skoncentrowanego roztworu parafiny w chloroformie, do którego przenosi się przedmiot z czystego chloroformu i wstawia się otwarte naczynie do górnej przegrody termostatu (nasady). Chloroform ulatnia się przez noc i przedmioty znajdują się w czystej parafinie. Następnie postępuje się z niemi tak, jak powyżej opisano.

Gdy przepajanie zostanie ukończone, chodzi o to, aby kawałki zatopić w bloku parafinowym. Najlepiej jest posługiwać się w tym celu dwoma metalowemi kątami, które układa się na płytce szklanej w ten sposób, żeby zamykały pomiędzy sobą przestrzeń prostokątną. Ramki te wstawiamy na krótko razem z płytką szklaną do termostatu, by się ogrzały, potem napełniamy je parafiną płynną i wkładamy do niej przepojony kawałek, który odpowiednio układamy. Należy mieć w pogotowiu duże naczynie z zimną wodą, w którą zanurza się ostrożnie całe ramki wraz z płytką i dopuszcza się świeżej wody w znacznej ilości. Po kilku minutach stwardniała parafina odstaje łatwo od ramek; pozostawia się bloczek jeszcze przez 1—2 godzin w zimnej wodzie, a po upływie tego czasu można go krajać na mikrotomie.

Zatapianie w celloidynie.

Celloidyna jest zgęszczonym roztworem kollodjum, wylanym w kształcie płytek. Kraje się taką płytkę na małe, cienkie kawałki i pozostawia przez 2 do 3 dni w otwartem naczyniu, ażeby wyschły. Celloidyna kurczy się przytem i zamienia w masę, podobną do rogu. Skrawki, pochodzące z jednej płytki, przenosi się do flaszki z szczelnie doszlifowanym korkiem, zawierającej 125 ccm alkoholu absolutnego. Po 24 lub 48 godzinach, gdy skrawki napęcznieją i utworzą szklistą masę, dolewa się 125 ccm eteru bezwodnego. Flaszką należy często wstrząsać i celloidynę mieszać pałeczką szklaną. Po 2—3 dniach skrawki celloidyny rozpuszczają się i otrzymujemy jej roztwór gęsty jak syrop — roztwór pierwotny.

Przedmioty, które się ma zatapiać, przenosi się z mieszaniny alkoholu absolutnego z eterem do rzadkiego roztworu celloidyny, który otrzymuje się w ten sposób, że się rozcieńcza 1 część roztworu pierwotnego 5 częściami alkoholu absolutnego z eterem. Po 4—8 dniach przenosi się je do roztworu celloidyny, który się składa z 1 części roztworu pierwotnego i 3 części alkoholu absolutnego z eterem, po dalszych 4—8 dniach do mieszaniny, równej ilości roztworu pierwotnego i alkoholu absolutnego z eterem, a wreszcie do roztworu pierwotnego. Im rzadszy jest roztwór celloidyny, tem łatwiejsze jest jego wnikanie, a im wolniej gęstnieje jego konsystencja, tem przesiąkanie jest dokładniejsze. W roztworze pierwotnym pozostawia się przedmioty przez 8 dni, a po upływie tego czasu przelewa się je wraz z roztworem celloidyny do odpowiedniego naczyńka szklanego, które się przykrywa płytką szklaną. Alkohol z eterem ulatnia się powoli i płyn staje się coraz gęstszym. Wyparowywanie można przyspieszyć przez to, że się wkłada kawałek tektury pomiędzy brzeg naczynia a przykrywkę. Po kilku dniach, gdy płyn wyparuje o tyle, że powierzchnia zupełnie skrzepnie, obkrawywa się przedmiot, przykrywa się z powrotem, a następnego dnia można go wykroić zupełnie. Bloczek przykleja się za-

pomocą kropli rozczynu pierwotnego do bloczka drewnianego, który poprzednio trzyma się przez czas dłuższy w mocnym alkoholu, często zmienianym, na termostacie, a następnie suszy. Bloczek z przyklejonym przedmiotem kładzie się pod klosz szklany. Po upływie mniej więcej godziny wkłada się bloczek do ekssikatora, którego dno pokryte jest na 2 mm chloroformem. Blok, który po 24-godzinnem pozostawieniu w parach chloroformu otrzymuje doskonałą do krajania konsystencję, przenosi się do 75%-ego alkoholu, w którym daje się przechowywać nieograniczenie długo.

Widzimy więc, że zatapianie w celloidynie trwa znacznie dłużej, niż w parafinie, posiada jednak także dobre strony, a przedewszystkiem tę, że przy jego zastosowaniu unika się zupełnie ogrzewania przedmiotu.

Mikrotom.

Używa się mikrotomów rozmaicie zbudowanych. Opiszemy tu pokrótce mały mikrotom Schanzego, który jest bardzo precyzyjny, a jednocześnie silnie i prosto zbudowany, wskutek czego nadaje się do użytku dla pracowników początkujących. Składa się on z ciężkiej płyty podstawowej i wznoszącej się na niej płyty pionowej, do której jest stale umocowana po prawej stronie płyta, po której jak po szynach poruszają się saneczki z nożem. Saneczki te są ciężkim klocem metalowym, do którego przyśrubowywa się nóż. Po drugiej stronie płyty pionowej są do niej przyśrubowane szyny pionowo ułożone, w których poruszają się ku górze i na dół saneczki z bloczkiem; na saneczkach tych znajduje się klamra do umocowania bloczka, która daje się ustawiać we wszystkich płaszczyznach. Saneczki z bloczkiem są umieszczone na końcu bardzo dokładnie i drobno wyciętej śruby, która stanowi oś dużej tarczy, umieszczonej poziomo i opatrzonej podziałką. Jeżeli się obróci tarczę w prawo, wówczas saneczki z bloczkiem podnoszą się do góry, przy obrocie w lewo saneczki opuszczają się na dół. Podziałka jest wykonana w ten sposób, że przy obrocie o całą kreskę saneczki wraz z bloczkiem podnoszą się o 10 μ. Zapomocą tego przyrządu można otrzymać skrawki grubości 2—3 μ.

Podczas krajania na mikrotomie należy zwracać uwagę przedewszystkiem na to, by nóż i bloczek były umocowane zupełnie mocno. Bardzo ważne jest ustawienie noża względem płaszczyzny pionowej; ażeby otrzymać dobre skrawki, muszą one tworzyć pewien określony kąt, a właściwie, ściślej mówiąc, kąt ten nie powinien schodzić poniżej pewnej określonej wartości. Ażeby położenie noża można było wygodnie regulować, używa się trzymaczy do noży, które pozwalają na zmianę położenie noża. Powierzchnia skrawka powinna być matowa; jeśli się błyszczy, to znaczy, że powyżej wymieniony kąt jest za mały i powierzchnia krająca poleruje powierzchnię skrawka. By zapobiec zwijaniu się skrawków, należy posługiwać się pędzelkiem do farb wodnych, zapomocą którego przytrzymuje się lekko skrawek, gdy tylko zaczyna się zwijać.

Bloki parafinowe krajemy nożem ustawionym poprzecznie, lecz często dobre wyniki daje także ustawienie skośne. Do krajania bloków celloidynowych natomiast zawsze ustawia się nóż skośnie. Bloki parafinowe kraje się na sucho; nóż powinien być zupełnie czysty. Gdy się powala parafiną, wówczas trzeba go wytrzeć miękką ściereczką lnianą, zwilżoną ksylolem.

Przy krajaniu bloków celloidynowych trzeba natomiast po każdym skrawku zwilżać nóż i bloczek alkoholem 70%-ym zapomocą miękkiego pędzelka. Tym samym pędzelkiem zdejmujemy ostrożnie skrawki z górnej powierzchni noża i przenosimy do naczynia z alkoholem 70%-ym, gdzie mogą pozostać przez pewien czas, zanim się ich nie podda dalszym manipulacjom.

Naklejanie skrawków.

Ponieważ tak cienkie skrawki, jakich się używa do badań histologicznych (5—15 μ), rozrywałyby się łatwo podczas dalszych manipulacyj, należy je nakleić na szkiełko podstawowe lub przykrywkowe. Ze skrawkami parafinowemi należy postępować w sposób następujący. Na szkiełko podstawowe lub przykrywkowe, bardzo starannie oczyszczone, daje się zapomocą pałeczki szklanej minimalną ilość *białka z gliceryną*. Przygotowuje się je w ten sposób, że się ubija białko jaja kurzego i filtruje przez filtr, zwilżony wodą destylowaną; następnie miesza się przefiltrowane białko z równą ilością gliceryny i, aby zapobiec gniciu, dodaje się parę kawałków kamfory, tymolu lub parę kropel 1% salicylanu sodowego (natrium salicylicum). Mieszaniny tej daje się na szkiełko, jak wspomnieliśmy, zaledwie odrobinę, chucha się na szkiełko i szybko rozciera masę opuszką palca. Szkiełko z warstewką białka roztartego powinno wyglądać jak zachuchane. Jeśli warstewka jest zbyt gruba, wówczas otrzymuje się preparat zamazany. Na warstewkę tę daje się parę kropel letniej wody destylowanej, która rozlewa się szybko po białku, układa się na niej skrawki i przenosi się szkiełko do górnej przegrody termostatu, a więc do temperatury około 40°. Wówczas skrawki pofałdowane wyprostowują się bardzo szybko, woda paruje i po upływie około 12 godzin skrawki trzymają się mocno szkła tak, iż możemy ze szkiełkiem podstawowem lub przykrywkowem przedsięwziąć wszelkie dalsze czynności.

Użycie białka z gliceryną niezawsze jest konieczne, można układać skrawki na szkiełku, zwilżonem paru kroplami wody destylowanej lub alkoholu 30%-ego, a następnie włożyć do górnej przegrody termostatu, lecz w takim razie szkiełko powinno być zupełnie czyste, a i w tym razie może się zdarzyć, że przy dalszych czynnościach niektóre skrawki odpadają.

Skrawków celloidynowych nie trzeba przyklejać, celloidyna bowiem, którą są przepojone, a której się nie usuwa, nadaje im pewną wytrzymałość. Jeśli mimo to chce się je przykleić, należy według Rubaszkina postępować w sposób następujący. Przenosi się skrawki z alkoholu 70%-ego do naczynia z alkoholem 90%-ym, następnie układa się skrawki na szkiełku podstawowem, powleczonem cieniutko białkiem z gliceryną, i kroplami dodaje się mieszaniny równych części aniliny i olejku goździkowego; skrawki stają się jasne i przezroczyste, a jednocześnie przyklejają się mocno; wówczas usuwa się anilinę z olejkiem goździkowym w ten sposób, że się opłukuje alkoholem 90%-ym, następnie przenosi do alkoholu 70%-ego i wówczas można ze szkiełkiem przedsiębrać wszelkie dalsze czynności.

Barwienie.

Skrawki barwi się w tym celu, aby uwydatnić pewne szczegóły struktury komórek i tkanek, których na preparacie niebarwionym nie widać wcale albo widać tylko bardzo niewyraźnie. W tym celu poddajemy skrawki działaniu roztworu jednego lub kilku barwików i, jeśli je odpowiednio dobierzemy i odpowiednio z niemi postąpimy, wówczas poszczególne części składowe tkanki zabarwią się albo w różnych odcieniach albo różnie intensywnie tą samą barwą albo też na różne kolory. Dotychczas nie rozstrzygnięto kwestji, czy barwienie jest procesem wyłącznie chemicznym, czy fizycznym, czy też zachodzą tu jednocześnie procesy chemiczne i fizyczne.

Najczęściej barwimy skrawki, pokrajane na mikrotomie i przyklejone na szkiełku (*barwienie skrawków*), lecz możemy także barwić większe kawałki narządów utrwalone i wypłukane (*barwienie kawałków*), które dopiero później odwadnia się i zatapia. Zależnie od tego, czy poddajemy preparaty działaniu jednego,

czy kilku barwików, rozróżniamy barwienie *pojedyńcze, podwójne i wielorakie.* Można poddawać preparat działaniu barwika tylko tak długo, aż się nie osiągnie optimum zabarwienia i wtedy przerywa się proces barwienia. Ten rodzaj barwienia nazywamy *barwieniem postępowem* (progresywnem), albo też przebarwiamy najpierw preparat maksymalnie, a następnie wyciągamy barwik zapomocą odpowiednich środków czyli różnicujemy preparat. Mówimy wówczas o *barwieniu wstecznem* (regresywnem). W wielu razach poddajemy preparat działaniu pewnych określonych soli metali, t. zw. *zapraw,* i następnie przenosimy do odpowiednio dobranego rozczynu barwika. Z połączenia barwika z tlenem metalu tworzy się w preparacie lak barwikowy. Takie barwienie przy użyciu zapraw i następowem różnicowaniu daje preparaty nadzwyczaj wyraźne i ostro zarysowane.

Ilość metod barwienia jest ogromnie wielka. Ograniczymy się tu także tylko do kilku metod wybranych. Zanim je jednak opiszemy, podamy kilka reguł ogólnych.

Przed barwieniem należy usunąć ze skrawków parafinę. W tym celu wkładamy szkiełka podstawowe z naklejonemi skrawkami do naczynia szklanego, napełnionego ksylolem tak, by wszystkie skrawki były zanurzone. Jeśli się szkiełka nieco porusza parafina rozpuszcza się zupełnie po upływie kilku minut, a szkiełka wkłada się do podobnego naczynia z alkoholem absolutnym w celu usunięcia ksylolu. Jeśli mamy barwić w wodnym rozczynie barwika, wówczas należy przeprowadzić szkiełka ze skrawkami z alkoholu absolutnego jeszcze przynajmniej przez dwa lub trzy alkohole o stopniowo niższej koncentracji i dopiero wtedy przenieść je do wody destylowanej. W praktyce więc ustawia się obok siebie 6 naczyń szklanych, wypełnionych ksylolem, alkoholem absolutnym, alkoholem 90%-ym, 70%-ym, 40%-wym i wodą destylowaną. Szkiełko podstawowe powinno przejść wszystkie naczynia i pozostawać w każdem z nich po kilka minut. Wtedy można z nim przystąpić do barwienia.

Po ukończonem barwieniu chodzi zwykle o to, by sporządzić *preparat stały,* co polega na tem, że preparat zamykamy pod szkiełkiem przykrywkowem w środowisku, silnie światło łamiącem, które, o ile możności, konserwuje preparat i zabarwienie. Istnieje cały szereg takich środowisk. Najważniejssemi są: *balsam kanadyjski,* wzgl. *lak dammar* i *gliceryna.* Balsam kanadyjski i lak dammar rozpuszczają się z łatwością w ksylolu i utrzymuje się je w stanie rozpuszczonym. Preparaty, które się do nich ma włożyć, powinny być zupełnie odwodnione. To też po zabarwieniu przenosi się szkiełko z zabarwionemi skrawkami do naczynia z alkoholem absolutnym. Skrawki pozostawia się w nim przez parę minut, a następnie przenosi do naczynia z ksylolem, w którym skrawki powinny stać się zupełnie jasne i przezroczyste. Jeżeli się pokaże zmętnienie, to znaczy, że skrawki zawierają jeszcze wodę, należy je przenieść ponownie do świeżego alkoholu absolutnego. Jeżeli zaś skrawki w ksylolu zupełnie się rozjaśnią, wówczas należy czystą ściereczką wytrzeć odwrotną stronę szkiełka podstawowego i te części strony przedniej, które nie są zajęte przez skrawki, następnie daje się kroplę balsamu i przykrywa czystem szkiełkiem przykrywkowem. Wszystko to należy uskutecznić szybko, aby skrawki nie wyschły. Ksylol ulatnia się z pod brzegów szkiełka przykrywkowego i już po kilku dniach preparat jest dostatecznie utrwalony.

O wiele bardziej proste jest zamykanie w *glicerynie.* Na preparat zabarwiony i wypłukany daje się po prostu kroplę gliceryny i zaraz nakrywa szkiełkiem przykrywkowem. Ponieważ jednak szkiełko przykrywkowe łatwo się przesuwa, poleca się otoczyć je ramką z kitu. W tym celu posługujemy się wymienionym powyżej lakiem Kröniga i drutem zgiętym na końcu pod kątem prostym. Drut rozgrzany nad płomieniem zanurza się w laku i z tej roztopionej masy daje się po

kropli na każdym rogu szkiełka przykrywkowego. Następnie rozgrzewa się drut ponownie i przykłada wzdłuż brzegów, skutkiem czego lak, znajdujący się na rogach, topi się i spaja silnie brzeg szkiełka przykrywkowego ze szkiełkiem podstawowem. Należy uważać na to, aby kropla gliceryny nie była za wielka; w tym bowiem przypadku wypływa ona poza brzeg szkiełka przykrywkowego i lak nie trzyma się mocno.

Przy *skrawkach celloidynowych* musi się nieco zmodyfikować metodę zamykania, ponieważ trzeba unikać alkoholu absolutnego. Jeżeli chcemy zamknąć skrawki w balsamie kanadyjskim, to po zabarwieniu należy je doprowadzić tylko do alkoholu 90%-ego, ponieważ alkohol absolutny powoduje pęcznienie celloidyny, a następnie przenosi się je do mieszaniny 1 części stałego kwasu karbolowego i 3 części ksylolu. Zamiast kwasu karbolowego można też używać *aniliny*. Anilina z ksylolem jest wskazana głównie po barwieniu barwikami zasadowemi, ponieważ kwas karbolowy je wyciąga. Jeżeli skrawki mętnieją, to znaczy, że zawierają jeszcze zawiele wody, należy je cofnąć do świeżego alkoholu 90 procentowego.

Teraz podamy kilka metod barwienia, częściej używanych.

Karmin boraksowy. Rozpuszcza się 4 g boraksu w 100 ccm wody destylowanej, dodaje się 2 g drobno sproszkowanego karminu i gotuje się w kolbie lekko zatkanej watą, przez ½ godziny na łaźni wodnej, a po ostudzeniu się filtruje. Do płynu przefiltrowanego dodaje się taką samą ilość alkoholu 70%-ego. Barwik ten daje się stosować zarówno do barwienia skrawków, jak kawałków. Skrawki przenosimy z wody do barwika na 5—10 minut, a następnie wprost do alkoholu 70%-ego, do którego przedtem dodano 1% kwasu solnego (alkoholu z kwasem solnym). Pozostawiamy je w nim przez 3—5 minut, a następnie odwadniamy. Kawałki pozostawia się w roztworze barwika przez 24 godzin do kilku dni, zależnie od ich wielkości, a następnie przenosi się na 24 godzin do alkoholu z kwasem solnym, który się zmienia raz albo dwa razy. Następnie odwadnia się je i zatapia w sposób już poznany.

Karmin ałunowy. Rozciera się 1 g kwasu karminowego i 10 g ałunu potasowego w małym moździerzu porcelanowym i rozpuszcza się tę mieszaninę w 200 ccm ciepłej wody destylowanej. Po ostudzeniu filtruje się i dodaje 1 ccm formaliny. Roztwór ten daje się stosować zarówno do barwienia skrawków jak kawałków i nie wymaga użycia alkoholu z kwasem solnym, lecz poprostu płucze się po nim w wodzie destylowanej. Skrawki barwi się przez 5 minut i dłużej, nie przebarwiają się bowiem nawet po bardzo długiem działaniu barwika.

Karmin mucynowy. W małym naczyńku emaljowanem rozciera się 1 g karminu, 0,5 g chloranu aluminjowego z 2 ccm wody destylowanej i ogrzewa się mieszając ciągle nad bardzo małym płomieniem. Gdy płyn stanie się silnie ciemnoczerwony (po ogrzewaniu, trwającem mniej więcej 2 minuty), wówczas przestaje się ogrzewać go i dodaje się powoli 100 ccm alkoholu 50%-ego. Następnego dnia filtruje się. Przed użyciem miesza się 5 części tego roztworu i 45 części wody destylowanej i barwi się 10—13 minut. Po barwieniu płucze się w wodzie destylowanej. Barwikiem tym barwi się wyłącznie śluz.

Hematoksylina Delafielda. 2 g hematoksyliny krystalicznej rozpuszcza się w 12,5 ccm alkoholu absolutnego i wlewa się w ten roztwór 200 ccm skoncentrowanego roztworu wodnego ałunu amoniakalnego. Płyn ten pozostawia się przez 3—4 dni w otwartem naczyniu na świetle, potem filtruje się i miesza z 50 ccm gliceryny czystej i 50 ccm alkoholu metylowego. Potem filtruje się po raz drugi. Mieszaninę tę zostawia się w otwartej flaszce; dopiero po upływie kilku tygodni jest ona dojrzała i gotowa do użytku.

Hematoksyliny tej najlepiej używać w bardzo słabem rozcieńczeniu w wodzie; bierze się jej 1—2 kropli na 20—50 ccm wody destylowanej i barwi się przez 3—12—24 godzin. Następnie trzeba skrawki płukać w wodzie przez czas dłuższy (przez kilka do 24 godzin), ażeby zabarwienie było wyraźne. Jądra (chromatyna) barwią się na ładny kolor niebieski, protoplazma na niebieskawy, śluz (np. w komórkach kubkowych) i istota podstawowa chrząstki szklistej na mocno niebieski.

Hemalaun. 0,5 g hemateiny rozciera się dobrze w naczyńku emaljowanem z 10 ccm gliceryny i rozpuszcza, ogrzewając lekko. 25 g ałunu potasowego rozpuszcza się w 500 ccm wody gorącej, a po ostudzeniu filtruje. Następnie zlewa się razem oba roztwory. Skrawki wyjęte z wody można barwić albo w nierozcieńczonym roztworze hemalaunu i wtedy już po 5—10 minutach otrzymuje się ładne zabarwienie, albo też rozcieńcza się roztwór dowolnie wodą destylowaną. Im bardziej się go rozcieńcza, tem dłużej trwa barwienie. W obu przypadkach płucze się następnie w wodzie destylowanej. Zabarwienie staje się bardziej niebieskie, o ile przeniesie się skrawki na ¼—½ godziny do wody wodociągowej.

Jeśli się chce otrzymać czyste zabarwienie jąder, musi się skrawki zabarwione i w wodzie wypłukane przenieść na ½ minuty do alkoholu kwaśnego (patrz karmin boraksowy), który zmienia barwę na czerwoną i silnie wyciąga barwik. Następnie przenosi się skrawki do większej miski z wodą wodociągową na tak długo, aż skrawki nabiorą barwy pięknie niebieskiej.

Hematoksylina żelazista, zwana też od swego odkrywcy hematoksyliną Heidenhaina. Jest to jedna z metod barwienia z zaprawą i jedna z najbardziej obecnie używanych metod barwienia. Daje ona nadzwyczaj wyraźne obrazy jąder, nadaje się jednak tylko do skrawków cienkich. Skrawki wkłada się z wody najpierw do 2½%-ego wodnego roztworu ałunu żelazowo-amonowego na 2—4 godzin (można bez szkody trzymać dłużej), następnie opłukuje się krótko w wodzie i przenosi na 24 godzin do 0,5%-ego roztworu hematoksyliny. Roztwór jej przygotowuje się w ten sposób, że się rozpuszcza 5 g hematoksyliny krystalicznej w 50 ccm alkoholu 95%-ego i pozostawia roztwór przez parę tygodni. Roztwór ten jest początkowo koloru blado-żółtego, później staje się coraz ciemniej brunatnym. Do użytku rozcieńcza się ten roztwór 20-krotnie wodą destylowaną. W tym rozczynie hematoksyliny skrawki stają się najpierw szaro-niebieskie, później czarno-niebieskie, a wreszcie zupełnie czarne; nie można na nich wyróżnić żadnych szczegółów i musi się je różnicować. Następnego dnia opłukuje się je krótko w wodzie i przenosi z powrotem do ałunu żelazowo-amonowego, użytego poprzednio do zaprawy. Wkrótce ukazują się czarne obłoczki barwika, unoszącego się z nad skrawków, które się stopniowo wyjaśniają. Różnicowanie należy przerwać wtedy, gdy struktura jądra wystąpi wyraźnie. W tym celu należy mieć pod ręką większe naczynie z wodą, opłukuje się w niem krótko wyjaśniające się skrawki i kontroluje pod mikroskopem przy słabem powiększeniu. Jeżeli pożądany skutek nie został osiągnięty, wówczas przenosi się preparat z powrotem do ałunu żelazistego i po upływie 1—2 minut ogląda się go znowu pod mikroskopem. Można szybko dojść do takiej wprawy, że rozpoznaje się bez użycia mikroskopu, czy właściwy stopień odbarwienia został już osiągnięty. Wkońcu płucze się przez 10—20 minut w wodzie bieżącej.

Teraz przechodzimy do barwików anilinowych. Otrzymuje się przy ich użyciu często bardzo piękne barwienia, które jednak nie są tak trwałe jak barwienia karminem i hematoksyliną.

Barwiki anilinowe dzieli Ehrlich na kwaśne, zasadowe i obojętne.

Barwikami zasadowemi nazywamy te, które jako czynnik barwiący zawierają zasadę barwikową. Takim barwikiem jest np. fuksyna zasadowa (czerwień

magenta). Jest to chlorek albo octan rozaniliny. Rozanilina, która jest zasadą, udziela barwikowi swych własności barwnych, kwas odgrywa tu rolę podrzędną. Dlatego mamy tu do czynienia z barwikiem zasadowym. Do tej grupy należy: błękit metylenowy, thionina, fiolet metylowy, fiolet goryczkowy (Gentianaviolett), zieleń metylowa, czerwień magenta (fuksyna zasadowa), safranina i inne. *Barwikami kwaśnemi* są te połączenia, w których kwas stanowi składnik barwiący. Fuksyna S. (fuksyna kwaśna) np. jest barwikiem kwaśnym; jest to sól potasowa, sodowa albo amoniakowa kwasu rozalininotrójsiarkowego, który udziela barwikowi swych własności, a zasada jest tu podrzędna. Należą tu: fuksyna kwaśna, eozyna, orange, bordeaux i inne. Barwiki obojętne powstają z połączenia zasady barwikowej i kwasu barwikowego.

Safranina jest czerwonym barwikiem anilinowym, który dobrze barwi jądra. Rozpuszcza się 1 g safraniny w 100 ccm alkoholu absolutnego; stawia się na 3 do 5 dni na termostacie, a następnie rozcieńcza 200 ccm wody destylowanej. Barwienie skrawków trwa 24 godzin. Skrawki przebarwione przenosi się do alkoholu 95%-ego; jeśli barwik w ten sposób nie da się dostatecznie usunąć, dodaje się parę kropel alkoholu z kwasem solnym (patrz karmin boraksowy); należy to jednak robić ostrożnie, gdyż inaczej otrzymamy brzydkie brudno-czerwone zabarwienie.

Fiolet metylowy, fiolet goryczkowy, czerwień magenta. Należy mieć przygotowany zawczasu skoncentrowany roztwór barwików w alkoholu 95%-ym. 10 ccm takiego roztworu dodaje się do 100 cmm wody anilinowej. *Wodę anilinową* przygotowuje się w ten sposób, że kilka centymetrów sześciennych aniliny nalewa się do 200 centymetrowej flaszki, zawierającej 100 ccm wody destylowanej, wstrząsa się mocno przez 5 minut i filtruje przez podwójnie złożoną bibułę zwilżoną. Filtrat powinien być zupełnie jasny. Mieszaninę wody anilinowej z barwikiem należy silnie wstrząsać; następnego dnia jest ona gotowa do użytku, ale zachowuje się tylko przez parę tygodni. Skrawki przenosimy z wody do jednego z tych barwików na 15—20 minut. Najlepiej jest wstawić naczynie ze skrawkami dobrze zamknięte do termostatu. Skrawki przebarwione różnicuje się w alkoholu 95%-ym, ale w ten sposób w większości przypadków barwik nie daje się usunąć dostatecznie, musi się skrawki poddać działaniu jodu. W tym celu używamy roztworu 1 g jodu i 2 g jodku potasu w 300 ccm wody destylowanej. Z tego roztworu dajemy 1—2 ccm na szkiełko wyjęte z alkoholu w ten sposób, aby wszystkie skrawki były nim pokryte. Po upływie ¼—½ minuty stają się one brunatne; wówczas zlewa się płyn i wkłada skrawki z powrotem do alkoholu 95%-ego. Tu barwik staje się z powrotem czerwonym lub niebieskim i nadmiar barwika zostaje usunięty.

Do tych sposobów pojedyńczego barwienia jąder dołączamy jeszcze kilka łatwych do wykonania sposobów barwienia podwójnego i potrójnego.

Hematoksylina — eozyna lub *hemalaun — eozyna.* Barwi się, jak wyżej, w hematoksylinie lub hemalaunie, różnicuje się w alkoholu kwaśnym (z kwasem solnym), płucze się w wodzie wodociągowej i przenosi się do roztworu 1 g eozyny w 100 ccm wody destylowanej na tak długo, dopóki nie wystąpi wyraźnie zabarwienie różowe. Opłukuje się krótko w alkoholu 70%-ym. Jądra barwią się na niebiesko, protoplazma na różowo, zwłaszcza wyraźnie występują czerwone ciałka krwi.

Hematoksylina — orange lub *hemalaun — orange.* Barwienie w hematoksylinie lub hemalaunie, jak wyżej, podbarwianie przez 5 minut w 0,5%-ym roztworze wodnym orange G., do którego dodaje się ¼ jego objętości alkoholu z kwasem solnym. Po zabarwieniu przemywa się krótko w alkoholu 70%-ym.

Karmin boraksowy—bleu de Lyon. Należy mieć w zapasie skoncentrowany roztwór wodny bleu de Lyon. Barwi się skrawki najpierw w karminie boraksowym, jak wyżej. Z alkoholu z kwasem solnym przenosi się skrawki do mieszaniny, złożonej z 5 ccm skoncentrowanego roztworu bleu de Lyon, 5 ccm alkoholu z kwasem solnym i 30 ccm wody destylowanej. Barwi się tak długo, dopóki skrawki nie zaczną nabierać barwy niebieskiej. Po zabarwieniu przemywa się w alkoholu 70%-ym.

Hemalaun—pikrofuksyna, zwana zwykle od odkrywcy barwienia metodą van Giesona. Barwi się w hemalaunie jak wyżej, przenosi skrawki do mieszaniny 95 ccm skoncentrowanego roztworu wodnego kwasu pikrynowego i 5 ccm 2%-ego wodnego roztworu faksyny kwaśnej. Barwi się 3—5 minut, a następnie przemywa w alkoholu 70%-ym. Jest to jedna z najbardziej używanych metod barwienia. Jądra barwią się na brunatno-fioletowo, protoplazma na żółto, tkanka łączna na jaskrawo-czerwono, muskulatura na jasno-żółto.

Nastrzykiwanie.

Wypełnianie przestrzeni pustych ciała, zwłaszcza naczyń krwionośnych i limfatycznych, masami stałemi lub płynnemi jest sztuką, która wymaga wiele wprawy i doświadczenia, a także znacznej zręczności. Dlatego metoda ta nie wchodzi zupełnie w rachubę u początkujących. Jeżeli atoli ktoś chce spróbować tej metody, powinien zacząć od nastrzykiwania jakiegoś jednego narządu, do którego naczyń dostęp jest łatwy, np. od nastrzykiwania nerki jakiegoś większego zwierzęcia. Do tętnicy odprowadzającej wprowadza się dobrze dostosowaną kaniulę szklaną lub metalową, przywiązuje silnie, a następnie wstrzykuje się przy małem ciśnieniu masę zapomocą dobrej strzykawki szklanej lub metalowej, która powinna być dobrze doszlifowana do przywiązanej kaniuli. Gdy tylko masa zaczyna wypływać z żyły lub z żył odprowadzających, trzeba je podwiązać i ostrożnie zwiększyć jeszcze nieco ciśnienie, ażeby naczynia wypełnić całkowicie. Po nastrzyknięciu podwiązuje się tętnicę przed kaniulą i w celu utrwalenia wkłada się cały narząd najlepiej do 10%-ej formaliny. Wstrzykujemy masy płynne lub stałe. Najbardziej używaną masą płynną jest błękit berliński w nasyconym roztworze wodnym. Stałą masę otrzymuje się z niego, dodając żelatyny w sposób następujący: Moczy się kilka tabliczek najlepszej, bezbarwnej, francuskiej żelatyny w niewielkiej ilości wody destylowanej przez noc, wyciska się je dobrze, aby możliwie dokładnie usunąć wodę i rozpuszcza się je w większym kubku szklanym na łaźni wodnej. Następnie dodaje się równą objętość powyższego roztworu błękitu berlińskiego i odparowuje masę znowu na łaźni wodnej do połowy objętości. Masę tę należy rozgrzać przed użyciem do 38—40° i zapomocą ogrzanej strzykawki wstrzykuje się do ciepłych jeszcze lub ogrzanych poprzednio w ciepłej wodzie narządów.

Przyrządzenie masy czerwonej z karminu jest tak trudne, że nie radzimy próbować pracownikom początkującym. Wprawdzie można jej nabyć w niektórych handlach z przyrządami mikroskopowemi, ale przeważnie jest ona nic nie warta.

Odwapnianie.

Dodatkowo podamy tu jeszcze w krótkości sposób odwapniania kości i zębów. W celu usunięcia soli wapniowych z tworów twardych posługujemy się pewnemi kwasami. Z pośród nich polecamy dla początkujących pracowników *kwas azotowy* w 3—5%-ym roztworze wodnym. Narządy, które mają być odwapnione, powinny być wprzód dobrze utrwalone, najlepiej w płynie Zenkera lub Flem-

minga. Po wypłukaniu przenosi się wprost do 3—5%-go kwasu azotowego. Jak długo trzeba zostawić w nim kawałki, zależy to od ich wielkości oraz zawartości wapna. Dla kości mniejszych wystarczy 5—6 dni. Płyn należy zmieniać codziennie, a po skończonem odwapnieniu przenosi się kawałki kości do 5%-ego ałunu na 24 godzin celem zobojętnienia. Następnie płucze się je przez 24 godzin w wodzie bieżącej, odwadnia w zwykły sposób i zatapia najlepiej w celloidynie. Należy się wystrzegać tego, by nie przenieść kości z kwasu wprost do wody, gdyż wówczas tkanka klejodajna pęcznieje niezwykle silnie.

Technika mikroskopowa specjalna.

Badanie komórki.

Dla badania ruchu cyrkulacyjnego w plazmie nadają się doskonale pręciki i włoski pochewki liściowej rośliny *Tradescantia virginica*. Bierze się je i wkłada do kropli wody pod szkiełko przykrywkowe. Ruch rotacyjny widać doskonale w liściach *Elodea canadensis* i *Vallisneria spiralis*. Ruch pełzakowaty, amebowaty najlepiej można obserwować na amebach samych, które otrzymuje się w ten sposób, że się kładzie szkiełka podstawowe lub przykrywkowe na dno akwarjum, zawierającego wodę słodką lub morską. Po upływie paru godzin, wzgl. dni, prawie zawsze znajdzie się na nich ameby. Badanie odbywa się na kropli wody z akwarjum. Ażeby ameby zabić, należy na parę sekund przykryć szkiełkiem przedmiotowem flaszkę z kwasem osmowym tak, żeby zwierzęta znajdowały się na dolnej powierzchni szkiełka. Zamyka się je następnie w glicerynie. Oprócz tego można badać ruch amebowaty na limfocytach żaby, zwłaszcza jeżeli się rozporządza stolikiem do ogrzewania.

Dla badania struktury *jądra* i *komórki* nadają się przedewszystkiem duże komórki wątroby, nerki i jądra salamandry, traszki i aksolotla. Utrwala się w sublimacie z kwasem octowym, w płynie Zenkera lub Flemminga. Barwi się hematoksyliną żelazistą, safraniną lub fioletem metylowym.

Dla wykazania *ziarenek* Altmanna *(bioblastów)* nadaje się metoda podana przez Altmanna. Utrwala się możliwie świeże i małe kawałki narządów przez 24 godzin w mieszaninie równych części 5%-ego dwuchromianu potasowego i 2%-ego roztworu kwasu nadosmowego, płucze parę godzin w wodzie płynącej, odwadnia się szybko w alkoholach coraz silniejszych, począwszy od 70%-ego, i po przeprowadzeniu przez ksylol zatapia się w parafinie. Skrawki możliwie cienkie, poniżej 3 μ, nakleja się na szkiełka podstawowe zapomocą białka lub alkoholu 30%-ego i barwi fuksyną kwaśną, rozpuszczoną w wodzie anilinowej. (Rozpuszcza się 20 gramów fuksyny kwaśnej w 100 ccm wody anilinowej — patrz str. 528). Barwi się w ten sposób, że się nalewa pewną ilość roztworu fuksyny na szkiełko i ogrzewa tak długo, aż się nie okażą pary. Preparat oziębia się i opłukuje raz lub dwa razy w roztworze kwasu pikrynowego (1 objętość nasyconego roztworu kwasu pikrynowego w alkoholu absolutnym i 2 objętości wody); następnie ogrzewa się preparat lekko, tak, iż cała procedura trwa 30—60 sekund. Daje się na krótko do alkoholu absolutnego, ksylolu i zamyka w zgęszczonym balsamie kanadyjskim.

Godna polecenia modyfikacja powyższej metody, podana przez Kulla, polega na tem, że do różnicowania zamiast kwasu pikrynowego używa się thioniny i aurancji. Czynność cała odbywa się w ten sposób: 1) barwi się fuksyną kwaśną tak, jak przy metodzie Altmanna, 2) oziębia się i opłukuje w wodzie destylowanej, 3) barwi się albo nasyconym wodnym roztworem thioniny (1—2 min), albo 0,5%-ym roztworem wodnym błękitu toluidynowego, 4) opłukuje się wodą

destylowaną, 5) różnicuje pod mikroskopem (20—40 sekund) 0,5%-ym roztworem aurancji w alkoholu 70%-ym, 6) odwadnia w alkoholu 96%-ym i przez ksylol przeprowadza się do balsamu.

Dla wykazania *mitochondrjów* nadają się przedewszystkiem metody, które podał Benda i Regaud.

Metoda Bendy. Utrwala się możliwie małe kawałki świeżych tkanek przez 8 dni w płynie Flemminga. Po opłukaniu, trwającem godzinę, w wodzie destylowanej, zmienianej kilkakrotnie, wkłada się je na 24 godzin do mieszaniny równych części octu drzewnego, oczyszczonego (acetum pyrolignosum rectif.) i 1%-ego kwasu chromowego, a następnie na taki sam przeciąg czasu do 2%-go roztworu dwuchromianu potasowego. Następnie płucze się kawałki przez parę godzin w wodzie bieżącej, przeprowadza szybko przez alkohole o coraz wyższej koncentracji do ksylolu lub chloroformu i zatapia w parafinie. Przygotowany w ten sposób materjał kraje się możliwie cienko (cieniej niż 5 μ) i nakleja skrawki alkoholem 30%-ym lub wodą. Następnie zaprawia się skrawki przez 24 godzin w 4%-ym roztworze ałunu żelazowego, opłukuje w wodzie destylowanej i układa na 24 godzin do roztwo ruwodnego sulfonianu sodowego alizaryny (alisarinsulfosaures Natron), który się otrzymuje przez rozcieńczenie 1 ccm nasyconego roztworu wodnego 80—100 ccm wody. Po opłukaniu wodą destylowaną przenosi się preparaty do szkiełka zegarkowego z mieszaniną fioletu krystalicznego (Kristallviolett) i wody anilinowej (roztwór fioletu krystalicznego Bendy jest 30%-ym roztworem barwika w 70%-ym alkoholu, który zostaje rozcieńczony do połowy wodą anilinową) i ogrzewa się aż do parowania. W płynie ogrzanym pozostawia się preparaty przez 3—5 minut; potem oziębia się je 3—5 minut, osusza bibułą lub opłukuje wodą destylowaną i układa na 1—2 minut do 30%-ego kwasu octowego, poczem płucze dokładnie w wodzie płynącej. Po osuszeniu bibułą zanurza się na jedno mgnienie oka do alkoholu absol. i przenosi szybko przez olejek bergamotowy i ksylol do balsamu.

Zapomocą tej metody jądra, archoplazna i struktury nitkowate cytoplazmy zostają zabarwione na kolor brunatno-czerwony, mitochondrja natomiast na intensywnie fioletowy.

Metoda Regauda. Z wielu metod tego autora modyfikacje E i F dają najlepsze rezultaty.

Metoda E. Utrwala się w 10%-ym formolu 1—5 dni, poczem zaprawia się materjał przez 2—4 tygodni w 3%-ym dwuchromianie potasowym i płucze 24 godzin w wodzie bieżącej.

Metoda F. Utrwala się w mieszaninie 80 części 3%-ego dwuchromianu potasowego i 20 części formolu; w mieszaninie tej, którą należy często zmieniać, pozostawia się preparaty przez 2—4 dni, a następnie przenosi do 30%-ego dwuchromianu potasowego na 1 tydzień i płucze przez 24 godzin w wodzie płynącej.

Skrawki, otrzymane jedną z tych metod, barwi się hematoksyliną żelazistą Heidenhaina lub hematoksyliną Regaud (1 g hematoksyliny rozpuszcza się w 10 ccm alkoholu absolutnego i do roztworu tego dodaje się 10 ccm. gliceryny i 80 ccm wody destylowanej).

Mitozy znajduje się w wielkiej ilości w młodych salamandrach. Należy postarać się w maju o ciężarną samicę, zabija się ją przez obcięcie głowy i po otwarciu brzucha wypreparowuje się ostrożnie poruszające się już młode. Umieszcza się je najlepiej w białem naczyniu porcelanowem z wodą rzeczną lub wodociągową i daje się dużo roślin wodnych. Następnego dnia wrzuca się najpierw małą ilość pokarmu w postaci dafnij i pcheł wodnych, które zwierzątka pożerają odrazu. Wodę należy zmieniać codziennie. Po 3—4 dziennem karmieniu znajduje się bardzo liczne mitozy. Zabija się zwierzęta przez włożenie do płynu utrwalającego (Flemminga

lub Z e n k e r a). Gdy zwierzątka zginą otwiera się im brzuchy i wkłada z powrotem do płynu utrwalającego na 24 godzin. Można zatopić i krajać zwierzątka w całości, lub też ze zwierząt, znajdujących się w słabym alkoholu, zdejmuje się rogówkę lub kawałki naskórka. Podobnież spotykamy liczne mitozy w krajanych podłużnie płucach. Barwi się hemalaunem lub hematoksyliną żelazistą.

Bardzo dogodne dla badań karjokinezy są komórki roślinne. Umieszcza się zwykle cebulę na wąskim słoiku szklanym (w jakim chowa się hiacynty) z wodą i po upływie 2 dni obcina korzonki, które przez ten czas wyrosły i mają około 2 ccm długości. Po utrwaleniu w mieszaninie 15 ccm nasyconego rozczynu wodnego kwasu pikrynowego, 15 ccm formaliny, 15 ccm skoncentrowanego rozczynu sublimatu i 5 ccm kwasu octowego otrzymujemy bardzo piękne obrazy rozmaitych stadjów podziału mitotycznego.

Do badania rozmaitych stadjów zapłodnienia nadaje się doskonale glista końska (ascaris megalocephala), którą można dostać w rzeźni końskiej. Osobniki żeńskie rozpina się igiełkami, otwiera, wyjmuje jajowody i utrwala je w sublimacie z kwasem octowym lub w płynie C a r n o y. Im grubszy jest jajowód, tem późniejsze zawiera stadja dojrzewania jajek i zapłodnienia. Odcinek końcowy zawiera jajka zapłodnione i znajdujące się w stadjum pierwszego podziału. Zatapiać należy bardzo ostrożnie; skrawki barwi się hematoksyliną żelazistą. Można także małe kawałki jajowodu przebarwiać w hemalaunie lub bismarkbraunie, a następnie jajka badać i przechowywać w glicerynie.

W celu wykazania aparatu siateczkowego G o l g i e g o w komórkach zwojowych, K o p s c h utrwala zwoje międzykręgowe w 2%-ym kwasie osmowym przez 5—8 dni, S j ö v a l l natomiast przez 8 godzin w 10%-ym roztworze formolu przy 7° C., opłukuje następnie wodą i poddaje działaniu 2%-ego kwasu osmowego przez 2 dni w temperaturze 35° C.

Badanie tkanki nabłonkowej.

Niektóre nabłonki można badać na świeżo w ten sposób, że łopatką lub oczyszczoną opuszką palca przesuwa się po powierzchni danej błony śluzowej i przenosi masy komórek, które przylgnęły, do kropelki fizjologicznego roztworu soli kuchennej. W ten sposób np. można otrzymać płaskie komórki nabłonkowe z powierzchni własnej jamy ustnej. Można przenieść te komórki wprost do kropli rozcieńczonego hemalaunu; po upływie paru minut przykrywa się je szkiełkiem przykrywkowem i z jednej strony szkiełka przykrywkowego daje kroplę wody destylowanej. Jeżeli z przeciwległej strony trzyma się kawałek bibuły, wówczas przez ssące działanie bibuły powstaje prąd wody, który usuwa zbyteczny barwik. W miejsce wody wprowadza się następnie w ten sam sposób kroplę gliceryny i otrzymuje preparat stały.

Do badania nabłonka walcowatego i komórek kubkowych przewodu pokarmowego należy się posługiwać alkoholem R a n v i e r a w podany powyżej sposób.

Linie kitowe najlepiej dadzą się wykazać zapomocą metody srebrzenia. Rozpościera się ostrożnie krezkę żaby lub kawałek krezki jakiegoś nowonarodzonego zwierzęcia w dużem szkiełku zegarkowem suchem i zapomocą pipety daje się na to kroplami 0,75%-ego roztworu wodnego azotanu srebra. Po paru minutach usuwa się azotan srebra przez ostrożne opłukanie wodą destylowaną i umieszcza się szkiełko z preparatem na płaskim, białym talerzu porcelanowym, napełnionym wodą destylowaną. Po wystawieniu na działanie światła słonecznego redukcja występuje bardzo szybko, w rozprószonem świetle dziennem trwa to nieco dłużej. Podbarwia się hemalaunem i zamyka w glicerynie. Linie kitowe wychodzą czarno, jądra jasno-niebiesko.

W celu wykazania *listewek granicznych* utrwala się gruczoły, błonę śluzową jelita i in. w płynie Zenkera i barwi skrawki parafinowe w wyżej opisany sposób hematoksyliną żelazistą.

Badanie tkanek łącznych.

Tkanka galaretowata bardzo typowa znajduje się w brzeżku pletwy kijanek żaby. Wrzuca się kijanki po prostu do płynu Müllera, rozcieńczonego dwu- lub trzykrotnie wodą. Po 2—3 dniach można usunąć ostrożnie naskórek z ogona zapomocą pędzelka. Odcina się ogon, płucze przez parę godzin w wodzie płynącej, barwi w hemalaunie i zamyka w glicerynie. Pępowinę młodszych zarodków utrwala się w płynie Zenkera i skrawki parafinowe barwi według metody van Giesona.

Do badania składników *tkanki łącznej włóknistej* poleca się przedewszystkiem metodę sztucznego obrzęku, podaną przez Ranviera. Zapomocą strzykawki Pravaza wstrzykuje się 1—2 ccm fizjologicznego roztworu soli kuchennej do tkanki podskórnej pod wygoloną skórę królika, szczura lub myszy. Tworzy się obrzęk w kształcie kuli. Usuwa się z niego ostrożnie skórę i zapomocą ostrych, zakrzywionych nożyczek wycina się z odsłoniętego, kulistego obrzęku małe, płaskie kawałki, które się następnie kładzie pod szkiełko przykrywkowe. Ażeby włókna sprężyste i jądra komórek tkanki łącznej wystąpiły wyraźnie, daje się pod szkiełko przykrywkowe parę kropli 2% kwasu octowego na kilka minut.

Do badania *tkanki łącznej zbitej (ukształtowanej)* nadają się doskonale małe ścięgna ogona myszy. Odcina się kawałki ogona długości około 1 ccm. Gdy się uciska na skórę, wówczas z wolnych końców wysuwają się małe ścięgna. Można je badać świeże w fizjologicznym roztworze soli kuchennej lub też wkłada się je na 24 godzin do skoncentrowanego roztworu kwasu pikrynowego. Dają się one potem łatwo rozskubać. Albo też wkłada się ścięgna na 2—4 tygodni do karminu ałunowego lub hemalaunu. Stają się one zupełnie miękkie, a jednocześnie *komórki ścięgna* barwią się bardzo ładnie. Zamyka się je w glicerynie.

Do zabarwienia *włókien sprężystych* na skrawkach parafinowych najlepiej nadaje się następująca metoda Weigerta. Rozpuszcza się 2 g czerwieni magenty w 100 ccm wody destylowanej oraz 4 g rezorcyny w takiej samej ilości wody. Miesza się oba roztwory i mieszaninę ogrzewa w miseczce emaljowanej. Gdy roztwór zacznie kipieć, dodaje się 25 ccm *liquor ferri sesquichlorati* i gotuje jeszcze przez kilka minut. Po oziębieniu filtruje się, przesącz wylewa, a sączek z pozostałością wkłada z powrotem do używanej poprzednio miseczki, dodaje się 200 ccm 95%-ego alkoholu i ogrzewa na łaźni wodnej ostrożnie, dopóki nie zaczną wytwarzać się bańki. Następnie zlewa się ostudzony roztwór z ponad osadu na dnie leżącego, dolewa alkoholu 95%-go do 200 ccm i dodaje 4 ccm skoncentrowanego kwasu solnego. W roztworze tym barwi się skrawki z alkoholu przez 15—20 minut, a następnie płucze dokładnie w alkoholu 95%-ym. Włókna sprężyste wychodzą ciemno-niebiesko-czarne. Można także najpierw zabarwić jądra hemalaunem, opłukać wodą, a następnie w opisany powyżej sposób barwić włókna sprężyste i po opłukaniu w alkoholu 95%-ym przenieść do pikrofuksyny van Giesona. Otrzymuje się wówczas jądra brunatno-fioletowe, protoplazmę i włókna mięsne żółte, włókna klejodajne czerwone, a sprężyste czarne.

Do badania *tkanki tłuszczowej* nadaje się najlepiej sieć i krezka królika lub świnki morskiej. Utrwala się w 10%-ej formalinie, wypłukuje w wodzie i barw hemalaunem. Po wypłukaniu należy rozprostować w szkiełku zegarkowem i polać alkoholem 50%-ym. Po 5 minutach przenosi się preparaty do skoncentrowanego roztworu sudanu lub szkarłatu (Scharlachrot) w alkoholu 80%-ym. Barwi

się przez 15 minut, następnie wymywa się w wodzie i zamyka w glicerynie. Jądra są zabarwione na niebiesko, tłuszcz na szkarłatno-czerwono.

Do badania *chrząstki szklistej* nadają się chrząstki żebrowe dzieci lub młodych zwierząt. Utrwalanie w formalinie, barwienie skrawków, otrzymanych zapomocą brzytwy do golenia, w hematoksylinie lub hemalaunie. *Chrząstki sprężyste* z małżowiny usznej lub z nagłośni utrwala się w alkoholu absolutnym i barwi, ewentualnie po zatopieniu w parafinie lub celloidynie, według metody van Giesona w związku z powyżej opisaną metodą Weigerta. *Chrząstkę włóknistą* znajdujemy w tarczach międzykręgowych lub w miejscach przyczepu *lig. teres femoris*. Utrwalanie w płynie Zenkera, barwienie według van Giesona.

Do badania budowy kości i zębów służą przedewszystkiem cienkie szlify, które się otrzymuje w sposób następujący. Dobrze zmacerowane kości lub zęby przepiłowywa się zapomocą piłeczki (laubzegi) na 1—2 mm grube skrawki, a następnie szlifuje się z obu stron najpierw na papierze szmirglowym, a następnie na płytce szklanej matowej, posypanej pumeksem. Od czasu do czasu daje się do proszku parę kropel wody. Gdy skrawek jest tak cienki jak papier, poleruje się go na kamieniu do ostrzenia brzytwy, płucze dokładnie w wodzie i suszy. Wyschnięte skrawki kładzie się pod szkiełko przykrywkowe, nic nie dodając, i oblepia brzegi kitem. W takich szlifach wszystkie wolne przestrzenie są wypełnione powietrzem i w świetle przepuszczonem przedstawiają się czarno.

Jeszcze piękniejsze obrazy *przestrzeni wolnych w kości* otrzymujemy, jeżeli te przestrzenie wypełni się barwikiem. Cienkie skrawki, otrzymane piłeczką, gotuje się ostrożnie na łaźni piaskowej przynajmniej godzinę w nasyconym roztworze fioletu metylowego i fuksyny w alkoholu absolutnym. Gotuje się tak długo, dopóki wszystek alkohol nie wyparuje, wyjmuje się skrawki z zagęszczonego barwika, suszy przez 24 godzin na termostacie i szlifuje na sucho na papierze szmirglowym, następnie na matowej płytce szklanej ze sproszkowanym pumeksem, do którego co jakiś czas dodaje się po parę kropel ksylolu. Następnie wygładza się skrawki na kamieniu do ostrzenia, również w ksylolu, opłukuje się ksylolem i zamyka w balsamie. Należy unikać zetknięcia skrawków z alkoholem lub wodą.

Badanie tkanki mięsnej.

Włókna mięsne prążkowane można rozszczepiać na świeżo w roztworze soli kuchennej lub też sieka się je na sucho, o ile możności poprzecznie, ostrą brzytwą, przykrywa szkiełkiem przykrywkowem, nic nie dodając, i oblepia. W celu wykazania jąder dodaje się parę kropel 2%-ego kwasu octowego. Do izolowania włókien służy 33,5%-owy ług potasowy. Ażeby wyizolować *w ókienka* wkłada się małe kawałki mięśni do alkoholu Ranviera na 24 godzin, lub do 0,1%-ego wodnego roztworu kwasu chromowego i rozszczepia bardzo dokładnie. Do badania *poprzecznego prążkowania* nadają się przedewszystkiem mięśnie rozmaitych chrząszczów wodnych. Bada się mięśnie na świeżo lub utrwalone w alkoholu; rozszczepia się i zamyka w glicerynie.

Do izolowania *komórek mięśni gładkich i mięśnia sercowego* służy 33,5% ług potasowy. Poddaje się jego działaniu małe kawałki przez 20 minut, a następnie przenosi do szkiełka zegarkowego z 50%-ym kwasem octowym i porusza, ażeby zobojętnienie było dokładne. Wymywa się potem wodą destylowaną, barwi przez kilka godzin w karminie ałunowym, a wreszcie rozskubuje w glicerynie i zamyka.

W celu otrzymania skrawków utrwala się w płynie Zenkera i barwi według van Giesona lub w hematoksylinie żelazistej.

Badanie tkanki nerwowej.

Komórki nerwowe izolowane otrzymuje się w sposób następujący. Tarczki grubości 0,5—1 ccm z rdzenia szyjnego lub lędźwiowego konia albo wołu maceruje się przez parę dni w alkoholu Ranviera. Po upływie tego czasu wydłubuje się zapomocą skalpelu małe kawałeczki z rogów przednich, barwi się rozcieńczonym hemalaunem lub karminem ałunowym i rozskubuje w glicerynie.

Do utrwalenia *komórek nerwowych* używa się materjału zupełnie świeżego i utrwala w alkoholu absolutnym lub jeszcze lepiej w płynie Carnoy. Zatapia się w parafinie, barwi się skrawki w hematoksylinie żelazistej lub też w roztworze 1,5 g błękitu metylenowego i 0,7 g mydła weneckiego w 400 ccm wody destylowanej. Skrawki przenosi się do tego barwika i barwi się przez 15—20 minut w szczelnie przykrytem naczyniu w termostacie i różnicuje w mieszaninie 9 części alkoholu 95%-ego i 1 część aniliny. Istota biała powinna się zupełnie odbarwić. Anilinę należy dobrze wypłukać w ksylolu.

W celu wykazania włókienek komórek nerwowych utrwala się (według Ramón y Cajala rdzeń, mózg lub zwoje obwodowe młodych zwierząt przez 24 godzin w dużej ilości alkoholu absolutnego, do którego dodaje się na 100 ccm 3—4 krople amoniaku. Następnego dnia opłukuje się w wodzie destylowanej wkłada na 3—5 dni do 2%-ego wodnego roztworu azotanu srebra, który wstawia się do nasady termostatu. Następnie opłukuje się wodą i przenosi na 24 godzin do roztworu 2 g kwasu pyrogallusowego w 5 ccm formaliny i 95 ccm wody destylowanej. Opłukuje się wodą, odwadnia i zatapia w parafinie. Naklejone skrawki parafinowe przenosi się do ksylolu i zamyka w balsamie.

Włókna nerwowe rdzenne rozskubuje się na świeżo w rozstworze soli kuchennej.

W celu utrwalenia przywiązuje się bardzo ostrożnie wypreparowane nerwy in situ do cienkiego pręcika szklanego, odcina się poza podwiązkami i wkłada pręciki szklane z nerwami na 24 godzin do 0,5%-ego kwasu osmowego lub płynu Flemminga. Po opłukaniu i odwodnieniu w alkoholu odcina się nerwy, barwi się przez 24 godzin w safraninie, różnicuje w alkoholu absolutnym, przenosi się do olejku goździkowego i rozskubuje w nim na szkiełku podstawowem. Jądra osłonki Schwanna wychodzą czerwono, osłonki rdzenne czarno. Można także w powyższy sposób utrwalone i wypłukane nerwy barwić przez 2—3 dni w 2%-ym roztworze wodnym fuksyny kwaśnej, odwadniać przez 24 godzin i zatopić przez chloroform w parafinie. Na przekrojach poprzecznych i podłużnych występują bardzo ładnie włókienka zabarwione na czerwono.

Włókna nerwowe bezrdzenne spotyka się w większej ilości w *nervus vago-sympathicus* psa i kota.

W celu otrzymania *krzyżów* Ranviera wkłada się przywiązane w powyższy sposób nerwy rdzenne na całą noc do 0,75%-ego wodnego roztworu azotanu srebrowego, płucze się w wodzie destylowanej, odwadnia, rozskubuje w ksylolu i zamyka w balsamie.

Badanie krwi.

Pierwszym warunkiem przy badaniu krwi jest zachowanie bezwzględnej czystości szkiełek przykrywkowych i podstawowych. Krew bierze się z opuszki palca, dobrze wymytej eterem. Po nakłuciu opuszki czystą igiełką odrzuca się pierwszą kroplę krwi, która z niej wypłynie, a dopiero następną daje się na szkiełko przykrywkowe. Kładzie się ono stroną, zwilżoną krwią, na szkiełko podstawowe, zupełnie nie naciskając, i bada się najpierw krew świeżą, nic do niej nie dodając. Na preparatach cienkich można badać izolowane składniki krwi, na grubszych

tworzenie się ruloników, nitek włóknika itd.; ewentualnie można badania te przeprowadzać przy użyciu stolika ogrzewanego. Następnie można dodawać do takich preparatów silnego rozczynu soli kuchennej, kwasu octowego, wody destylowanej itd. i badać, jaki wpływ na ciałka krwi wywierają.

Jeśli się chce otrzymać *trwałe preparaty czerwonych i białych ciałek krwi*, należy postępować w sposób następujący: daje się kroplę krwi z nakłutego palca na szkiełko przykrywkowe, przykrywa się drugiem szkiełkiem, a następnie ściąga się je tak, aby krew rozpostarła się warstewką cienką i równomiernie.

Wyschnięty na powietrzu preparat *utrwala się* albo w termostacie przy 120—125° C lub w alkoholu absolutnym i eterze $\overline{aa}$ przez 10—30 minut, albo też w alkoholu absolutnym około 15 minut, lub wreszcie w absolutnym alkoholu metylowym przez 3—5 minut.

Dopiero następnie można przystąpić do *barwienia*, używając do tego rozmaitych metod. Do zabarwienia jąder najlepszą jest hematoksylina, np. przefiltrowana hematoksylina Delafielda przez 1—15 minut. Eozyna (z Höchst albo francuska) w ½%-ym roztworze wodnym lub alkoholowym barwi przez 1 do 3—5 minut czerwone ciałka krwi i komórki eozynochłonne. Dahlia w roztworze alkoholowym barwi po 4—6 godzinach ziarnistości komórek szpikowych na fioletowo. Ziarnistości obojętnochłonne (neutrofilne) występują przy użyciu skombinowanych mieszanin barwików, jak triacid Ehrlicha (orange, fuksyna kwaśna, zieleń metylowa) lub błękit metylenowy z eozyną (Jenner, May-Grünwald).

W celu otrzymania dobrych obrazów przeglądowych używa się: 1) barwienia triacidem lub 2) mieszaniną eozyny z błękitem metylenowym według Jennera lub May-Grünwalda. Pierwsze barwi doskonale ziarenka obojętnochłonne, ale ma tę złą stronę, że komórki szpikowe nie barwią się i występują jako obrazy negatywne. Ostatnie ma obok tego, że barwi jednocześnie wszystkie elementy krwi, jeszcze tę zaletę, iż zawierając alkohol metylowy, czyni zbytecznem utrwalanie poprzednie preparatów na szkiełku przykrywkowem.

Roztwór triacidu Ehrlicha przygotowuje się w sposób następujący: 13—14 ccm roztworu orange G., 6—7 ccm roztworu fuksyny kwaśnej, 15 ccm wody destylowanej, 15 ccm alkoholu absolutnego, 15,5 ccm zieleni metylowej, 10 ccm alkoholu, 10 ccm gliceryny. Wszystkie trzy barwiki bierze się w roztworze nasyconym wodnym. Musi się przed użyciem pozostawić przez czas dłuższy, aby się ustały i wyjaśniły. Odmierza się je w podanym powyżej porządku w jednej i tej samej menzurce i wstrząsa dokładnie.

Po utrwaleniu preparatów w 120° C, barwi się je przez 5 minut, opłukuje dokładnie wodą destylowaną i osusza bibułą. Zatapia się w balsamie kanadyjskim.

Błękit metylenowy z eozyną według Jennera, zmodyfikowany przez May-Grünwalda, przyrządza się jako proszek w sposób następujący: 1,25%-owy roztwór wodny eozyny i 1%-owy roztwór wodny błękitu metylenowego (medicinale) miesza się z sobą, wstrząsa i pozostawia otwarty przez 24 godzin. Osad, który się tworzy, płucze się na sączku i suszy. 1 g tego błękitu metylenowego z eozyną rozpuszcza się w 100 ccm alkoholu metylowego i 50 ccm gliceryny.

Preparaty utrwalone w temperaturze 120° C barwi się przez parę minut; dalsze postępowanie jak przy barwieniu poprzedniem.

Barwienie według zmodyfikowanej metody Pappenheima polega na kombinacji barwienia roztworem May-Grünwalda i Giemsy.[1])

[1]) Roztwór *Giemsy* zawiera azur metylenowy, błękit metylenowy i eozynę w glicerynie alkoholu metylowym · można dostać gotowy u Grüblera.

Autor utrwala krew rozpostartą na szkiełku przez 3 minuty w roztworze Jennera lub May-Grünwalda, następnie daje na preparat na szkiełku przykrywkowem około 20 kropel wody destylowanej i pozostawia tę mieszaninę przez 1 minutę. Potem zlewa się płyn i daje rozcieńczony płyn Giemsy (15 kropel na 10 ccm wody destylowanej). W tym płynie pozostawia się preparat przez 12—14 minut; poczem opłukuje się barwik wodą i preparat suszy, lecz nie nad płomieniem.

W celu wykazania płytek krwi daje się kroplę 1%-ego kwasu osmowego na dobrze oczyszczoną opuszkę palca i nakłuwa igiełką przez tę kroplę skórę. Wypływająca krew miesza się z kwasem osmowym i zostaje odrazu utrwalona. Kroplę taką daje się na szkiełko podstawowe i przykrywa szkiełkiem przykrywkowem.

Zamiast kwasu osmowego można używać również fizjologicznego roztworu soli kuchennej, do którego dodaje się na 100 ccm 1 ccm 1%-ego wodnego roztworu fioletu metylowego.

Badanie narządów krążenia.

Drobne naczynia krwionośne i włosowate najlepiej badać na oponie miękkiej mózgu. Wycina się brzytwą z powierzchni świeżego mózgu cienką tarczkę i kładzie ją powierzchnią zewnętrzną na dół na szkiełka podstawowe. Zapomocą igiełki, łopatki i pędzelka usuwa się masę mózgową tak, by na szkiełku pozostała tylko opona miękka, i opłukuje się dokładnie wodą zapomocą pipetki, by usunąć wszystkie resztki substancji mózgowej. Barwi się następnie hemalaunem i zamyka w glicerynie.

Ażeby uwydatnić *nabłonek naczyń*, zabija się królika przez wypuszczenie krwi i wstrzykuje się mu przez aortę zstępującą 0,5%-owy roztwór azotanu srebra. Następnie wystawia się na działanie światła sieć większą lub kawałki krezki w wodzie destylowanej. Po zabarwieniu hemalaunem zamyka się w glicerynie. *Krążenie krwi* daje się najlepiej obserwować u niezbyt dużych kijanek. Przenosi się kilka tych zwierzątek do małego naczyńka z około 200 ccm wody i wpuszcza się 10—20 kropel 5%-ego roztworu kokainy. Gdy zwierzątka przestają się poruszać, przenosi się je do dużego naczynia ze świeżą wodą. Przez dłuższy czas nieruchome zwierzątka można brać na szkiełko podstawowe i oglądać ogon przy stałem powiększeniu. Jeśli się chce badać dokładniej, można przykryć wolny koniec ogonka szkiełkiem przykrywkowem, ale należy podłożyć pod nie również kawałeczek bibuły lub coś podobnego, by nie spowodować zbytniego ucisku szkiełkiem.

W celu otrzymania preparatów przeglądowych z *serca* utrwala się w płynie Zenkera serce jakiegoś małego ssaka i po zatopieniu w parafinie lub celloidynie robi się skrawki czołowe i poprzeczne. Barwienie według van Giesona lub Heidenhaina.

Naczynia krwionośne najlepiej utrwalać w alkoholu absolutnym i skrawki parafinowe barwić metodami, podanemi dla tkanki sprężystej.

Do otrzymania obrazów przeglądowych z gruczołów limfatycznych nadają się najlepiej małe gruczoły szyi lub krezki młodych kotów lub psów. Utrwalenie w Zenkerze, barwienie skrawków parafinowych według van Giesona.

W celu wykazania *siateczki* (reticulum) wkłada się małe gruczoły limfatyczne na kilka dni do mieszaniny równej objętości wody destylowanej i skoncentrowanego wodnego kwasu pikrynowego. Sporządza się z nich cienkie skrawki zapomocą brzytwy lub mikrotomu do zamrażania i usuwa się limfocyty albo na szkiełku podstawowem zapomocą pędzelka lub też, co jest lepsze, przez wstrząsanie w probówce w niewielkiej ilości wody.

Śledzionę, grasicę, gruczoł tarczykowy i nadnercze najlepiej badać na skrawkach parafinowych organów, utrwalonych w Zenkerze lub Flemmingu. W celu wykazania komórek phäochromowych utrwala się nadnercze w płynie Müllera z dodatkiem 10% formaliny.

Badanie narządów trawienia.

Z *zębami* postępuje się tak, jak z kośćmi.

Błona śluzowa jamy ustnej, język i migdałek bada się na skrawkach parafinowych. Utrwalanie w Zenkerze, barwienie według van Giesona.

Do utrwalania *ślinianek* nadaje się najlepiej, obok sublimatu z kwasem octowym, Zenker.

Barwienie według Heidenhaina. W celu wykazania śluzu barwi się mucikarminem lub w sposób następujący: Barwi się 15—20 minut w roztworze czerwieni magenta w wodzie anilinowej (patrz wyżej), najlepiej w termostacie. Następnie płucze się dokładnie wodą i przenosi na 5 minut do roztworu, który zawiera 1 g indygokarminu, rozpuszczonego w 300 ccm nasyconego wodnego roztworu kwasu pikrynowego. Po zabarwieniu opłukuje się alkoholem 70%-ym i przeprowadza się do balsamu. Jądra i śluz barwią się na ciemno-czerwono, protoplazma na żółto-zielono, tkanka łączna na ciemno-niebiesko-zielono.

Przełyk człowieka i większych zwierząt utrwala się w płynie Zenkera rozcięty, mniejszych zaś w całości. Barwi się tak, jak ślinianki lub według van Giesona.

Z *żołądka* lub *jelit* można utrwalać tylko małe kawałki, które najlepiej rozpiąć kolcami jeża na płytkach woskowych. Utrwalanie w Zenkerze. Kiedy kawałki są w silnym alkoholu, wycina się z nich brzytwą kawałki odpowiednie do zatopienia. Barwi się tak, jak ślinianki, lub w hemalaunie z eozyną lub z orangem.

Dobre preparaty przeglądowe z trzustki można otrzymać z trzustki człowieka, kota i psa. Utrwala się w Zenkerze lub w sublimacie z kwasem octowym, barwi według van Giesona. Do badania delikatniejszej budowy komórek trzustki nadaje się doskonale trzustka salamandry. Utrwala się w sublimacie z kwasem octowym lub płynie Flemminga, barwi hematoksyliną żelazistą.

Wątrobę utrwala się w płynie Zenkera lub sublimacie z kwasem octowym. Barwienie według van Giesona. Do okazania przegród międzyzrazikowych bierze się wątrobę świni domowej, do badania naczyń żółciowych włosowatych wątrobę salamandry lub aksolotla. Utrwala się w sublimacie z kwasem octowym, barwi hematoksyliną żelazistą. Naczynia żółciowe włosowate można nastrzykać błękitem berlińskim z przewodu żółciowego. Można go także wypełnić indygokarminem w sposób następujący: Żywej, świeżo złapanej żabie przecina się skórę na grzbiecie na długości 1—2 cm i daje się do worka limfatycznego szczyptę siarkanu sodowego indyga (indigschwefelsaures Natron) w proszku. Rankę zaszywa się kilku szwami i umieszcza zwierzę w wilgotnym mchu. Następnego dnia zabija się żabę, ucinając głowę, i zawiesza się wątrobę pociętą na niezbyt małe kawałki w dużej ilości alkoholu absolutnego. Po odwodnieniu przeprowadza się przez ksylol i zatapia w parafinie. Skrawki grubości 20—50 μ przenosi się do naczynia z ksylolem, by rozpuścić parafinę, a następnie zamyka na szkiełku podstawowem w balsamie. Cała sieć kanalików żółciowych zostaje wypełniona niebieskim barwikiem. Do wykazania kanalików żółciowych może także służyć metoda Golgiego, którą podajemy przy układzie nerwowym. Do wykazania tkanki łącznej śródzrazikowej nadaje się doskonale metoda srebrzenia Biel-

schowskiego. Wątrobę, utrwaloną w formalinie, kraje się na mikrotomie do zamrażania na skrawki grubości 10—20 μ. Skrawki wkłada się na 2—3 dni do 2%-ego roztworu azotanu srebra i po opłukaniu wodą na ½—1 godziny do następującego amoniakalnego roztworu azotanu srebrowego: do 5 ccm 5%-ego wodnego roztworu azotanu srebra dodaje się, wstrząsając mocno, 5 kropel 40%-ego ługu sodowego. Osad wodorotlenku srebra, który się przytem tworzy, rozpuszcza się za dodaniem kroplami amoniaku stężonego. Potrzeba mniej więcej 10—15 kropel amoniaku o ciężarze gatunkowym 0,9. Płyn ten rozcieńcza się 15—20 ccm-ami wody destylowanej. Po upływie godziny opłukuje się 2 lub 3 razy wodą destylowaną i przenosi do mieszaniny równej ilości formaliny i wody. Odwadnia się i zamyka w balsamie.

Naczynia wątroby daje się najlepiej nastrzykać z żyły wrotnej.

Badanie narządów oddechowych.

Krtań i tchawicę dzieci lub młodych zwierząt utrwala się w płynie Zenkera. Skrawki parafinowe barwi się według van Giesona w związku z metodą Weigerta dla tkanki sprężystej (str. 534).

Płuca nastrzykuje się alkoholem absolutnym przez lejek szklany, wprowadzony do tchawicy. Zatapia się w parafinie i barwi tak, jak krtań. W celu wykazania nabłonka oddechowego wstrzykuje się zamiast alkoholu, 0,5%-wy rozczyn wodny azotanu srebra, wycina małe kawałki i umieszcza je w ciemności w tym płynie. Następnie opłukuje się powierzchownie wodą destylowaną i kraje na mikrotomie do zamrażania na skrawki grubości 20—50 μ. Skrawki wystawia się na światło słoneczne i następnie podbarwia hemalaunem.

Naczynia krwionośne płuc nastrzykuje się z tętnicy płucnej.

Badanie narządów moczowych.

Do izolowania *kanalików moczowych* używa się kwasu solnego w sposób opisany powyżej (str. 518).

W celu izolowania *komórek nabłonkowych kanalików moczowych* wkłada się cienkie skrawki nerki szczura, uzyskane zapomocą brzytwy, na 24 godzin do 5%-ego wodnego roztworu chromianu amonowego. Rozskubuje się w glicerynie.

Do robienia skrawków utrwala się małe kawałeczki nerki w płynie Carnoy lub Flemminga. Barwienie skrawków parafinowych w hematoksylinie żelazistej.

Naczynia krwionośne nerki nastrzykuje się z tętnicy nerkowej lub z tętnicy głównej (aorty) zstępującej.

Badanie narządów rozrodczych.

Celem uzyskania preparatów przeglądowych utrwala się całe jądro noworodka w Zenkerze.

Do badania delikatniejszych stosunków jego struktury wkłada się najpierw całe jądra myszy lub szczura do płynu Zenkera lub Flemminga i przekrawa się je po upływie 1—2 godzin. Komórki śródmiąższowe (interstycjalne) występują najlepiej w jądrze myszy lub szczura. Barwienie: po Zenkerze hematoksyliną żelazistą, po Flemmingu safraniną.

Plemniki wydostaje się z przyjądrza myszy i szczura i obserwuje się w płynie Ringera. W celu sporządzenia preparatów trwałych daje się kroplę nasienia na szkiełko podstawowe i miesza się odrazu z kroplą 1%-ego kwasu osmowego. Następnie rozpościera się tę mieszaninę w cienkiej warstwie i suszy. Gdy preparat

wyschnie na powietrzu, przeciąga się go dwa lub trzy razy nad płomieniem spirytusowym, stroną powleczoną nasieniem ku górze i barwi fioletem metylowym (patrz „Barwienie").

Świeże *jaja* otrzymuje się przez wypreparowanie dużych pęcherzyków Graafa jajników krowy lub świni i przez nakłucie ich na szkiełku podstawowem. Wraz z płynem pęcherzykowym wypływa także jajko.

Jajniki zwierząt mniejszych, najlepiej niestarych królików, utrwala się w płynie Zenkera lub Flemminga. Skrawki parafinowe barwi się albo według van Giesona albo hematoksyliną - eozyną, albo też hematoksyliną żelazistą. Do uwidocznienia tkanki łącznej jajnika nadaje się doskonale metoda srebrzenia Bielschowskiego, opisana przy wątrobie (str. 540).

Macicę utrwala się w Zenkerze. Barwi się według van Giesona w połączeniu z metodą Weigerta na tkankę sprężystą (str. 534). To samo dotyczy pochwy.

Badanie narządów ruchu.

Czerwony szpik kostny otrzymuje się z kości ramieniowej lub udowej jakiegokolwiek młodego zwierzęcia. Odpiłowywa się kawałek trzonu kości i ściska w śrubsztaku, wówczas szpik wypływa z nadciętej jamy szpikowej. Utrwala się w płynie Zenkera, barwi hematoksyliną - eozyną lub hematoksyliną żelazistą. Można też z wyciśniętego szpiku robić preparaty w podobny sposób, jak z krwi, przez rozpostarcie elementów na szkiełku nakrywkowem.

Do badania *rozwoju kości* nadają się doskonale falangi zarodków ludzkich z 4—5-ego miesiąca. Utrwalanie w Zenkerze, odwapnianie w kwasie azotowym. Zatapianie w parafinie lub celloidynie, barwienie hemalaunem - eozyną. Rozwój kości z zawiązków łącznotkankowych bada się na kości czołowej i ciemieniowej zarodków.

Do *przekrojów ścięgien* nadaje się doskonale ogon szczura. Utrwalanie w Zenkerze, odwapnianie w kwasie azotowym, zatapianie w celloidynie, barwienie według van Giesona.

Do badania połączenia mięśni ze ścięgnami utrwala się całą tylną nogę żaby, odartą ze skóry, w płynie Zenkera. W alkoholu 95%-ym oddziela się dolną część mięśnia brzuchatego łydki *(m. gastrocnemius)* wraz ze ścięgnem Achillesa i zatapia w celloidynie. Skrawki podłużne barwi się według van Giesona.

Badanie układu nerwowego.

Wyjmuje się w wiadomy sposób *mózg* w połączeniu z rdzeniem z jamy czaszki wzgl. z kanału kręgowego i przenosi do dużej ilości 10%-ego wodnego rozczynu formaliny. Najlepiej nadaje się do tego szerokie i wysokie naczynie walcowate, którego dno jest wyłożone watą na wysokość dłoni. Mózg umieszcza się na dole, a koniec rdzenia przymocowywa się sznurkiem do przykrywki. Mózg powinien przylegać ściśle do waty, aby całość nie uległa żadnemu naruszeniu. Po 2 dniach płucze się przez 2—3 godziny w wodzie płynącej i wtedy dopiero można bez uszkodzenia pokrajać mózg i rdzeń na odpowiednie kawałki, zależnie od kierunku, w jakim chce się sporządzić skrawki. Kawałki przenosi się na 4—6 tygodni do dużej ilości płynu Müllera, który początkowo należy często zmieniać.

W celu wykazania *kształtu i rozmieszczenia komórek nerwowych* w istocie szarej płucze się w wodzie kawałki grubości 0,5—1 cm, otrzymane w powyżej opisany sposób, płucze się pobieżnie w wodzie i przenosi natychmiast do 1%-ego wodnego roztworu karminianu sodowego na 2—4 dni. Potem płucze się przez kilka godzin wodą i zatapia w parafinie lub celloidynie.

Do wykazania *włókien rdzennych* służy najlepiej metoda barwienia osłonek rdzennych podana przez Pala, a zmodyfikowana przez Weigerta. Kawałki narządu nerwowego ośrodkowego, grubości 1—2 cm, utrwalone w powyższy sposób, opłukuje się powierzchownie wodą, odwadnia w zwykły sposób i zatapia w celloidynie. Wszystkie te czynności najlepiej wykonywać w ciemności. Skrawki celloidynowe przenosi się z alkoholu do wody, a następnie na 2 dni do płynu Müllera, do którego dodaje się na 100 ccm 5 ccm 1%-ego wodnego kwasu chromowego, opłukuje się potem krótko wodą i przenosi do 1%-ego wodnego roztworu hematoksyliny. (Sposób przygotowania patrz hematoksylina żelazista str. 527). Zabarwione na czarno skrawki wkłada się na 24 godzin do mieszaniny 95 ccm wody destylowanej i 5 ccm skoncentrowanego roztworu wodnego węglanu litowego. Tu barwik zostaje wyciągnięty, a płyn zmienia się tak długo, dopóki warstwa celloidyny, otaczająca skrawki, nie stanie się zupełnie bezbarwna. Teraz różnicuje się skrawki w sposób taki: Przygotowuje się pięć dużych szkiełek zegarkowych z następującą zawartością: pierwsze zawiera wodę destylowaną, drugie 0,3%-owy roztwór wodny nadmanganianu potasowego, trzecie i czwarte zawierają tak zwaną mieszaninę kwaśną, t. j. rozczyn 1 g kwasu szczawiowego i 1 g siarczanu potasowego w 200 ccm wody destylowanej; piąte i ostatnie szkiełko zawiera wodę wodociągową. Każdy skrawek przeprowadza się zosobna na łopatce przez wszystkie pięć szkiełek i pozostawia w każdem z nich przez ½—1 minuty. W nadmanganianie skrawek brunatnieje, w mieszaninie kwaśnej wyjaśnia się, a istota biała, zabarwiona na kolor ciemno-niebieski, odcina się wyraźnie od jaśniej zabarwionej istoty szarej. Jeżeli efekt ten nie wystąpi po jednorazowem przeprowadzeniu skrawka, wówczas należy całą procedurę powtarzać tak długo, aż się osiągnie odpowiedniego stopnia zróżnicowania. Skrawki zróżnicowane płucze się przez noc w często zmienianej wodzie, odwadnia w alkoholu 95%-ym i przenosi przez karbolksylol i ksylol do balsamu kanadyjskiego.

Do wykazania *komórek nerwowych* posługiwano się dawniej przeważnie metodą chromowo-srebrową Golgiego; metoda ta jednak, chociaż czasami daje wspaniałe obrazy, jest tak niepewną, że nie polecamy jej pracownikom początkującym. Natomiast metoda Bielschowskiego impregnowania srebrem (str. 540) rzadko tylko zawodzi. Podajemy ją tu w krótkości. Należy używać materjału ze zwierząt lub ludzi bardzo młodych (najwyżej 3—4 tygodniowych) lub też, co jeszcze lepsze, układu nerwowego zarodków. Doskonale nadaje się rdzeń kręgowy i mózg młodych cieląt, nowonarodzonych psów i kotów, kilkodniowych myszy, 6—10 dniowych zarodków kur. U dwu ostatnich można krajać rdzeń razem z kręgosłupem. Wkłada się małe kawałki do mieszaniny 4 części 3,5%-ego wodnego roztworu dwuchromianu potasowego i 1 części 1%-ego kwasu osmowego na 2—7 dni i stawia na termostacie w temperaturze 25—30°. Bierze się niezamało płynu: na kawałek przynajmniej 10—15 ccm. Od czasu trwania działania zależy do pewnego stopnia rezultat: najpierw impregnują się elementy glejowe, następnie komórki nerwowe, a wkońcu włókna nerwowe z bocznicami. Potem osusza się nieco kawałki na bibule i przenosi na 1—3 dni do 0,75%-ego wodnego roztworu azotanu srebra. Następnie, nie opłukując, odwadnia się je w ciągu 1—2 dni, przenosi na taki sam przeciąg czasu do średnio gęstej celloidyny, nakleja na klocki drewniane i wkłada na kilka godzin do alkoholu 70%, by bloczki stwardniały. Kraje się z nich grube (50—100 μ) skrawki, przenosi do alkoholu 95%-ego, karbolksylolu i ksylolu. Przechowuje się je w balsamie, lecz nie należy ich przykrywać szkiełkiem przykrywkowem. Najlepiej umieścić je na szkiełku przykrywkowem w kropli balsamu; gdy balsam stwardnieje, odwraca się szkiełko, kładzie preparatem na dół na drewnianą podstawkę, opatrzoną odpowiedniem wycięciem, i przykleja lakiem Königa.

Do badania *przekrojów poprzecznych nerwu* nadaje się nerw kulszowy człowieka i dużych zwierząt. Utrwala się w płynie Müllera, barwi w karminianie sodowym (patrz powyżej), zatapia w parafinie i podbarwia skrawki kwasem pikrynowym z indygokarminem, — albo też utrwala się w płynie Zenkera i barwi skrawki według van Giesona.

Do wykazania komórek *zwojów międzykręgowych* nadaje się metoda impregnowania srebrem Bielschowskiego, a najlepiej metoda barwienia błękitem metylenowym in vivo, której technikę przytoczymy tu w krótkości. Uśpionemu mocno zwierzęciu, najlepiej królikowi, otwiera się klatkę piersiową i wypuszcza się całkowicie krew przez obcięcie koniuszka serca. Następnie wprowadza się przez lewą komorę do korzenia aorty kaniulę, wypełnioną fizjologicznym rozczynem soli kuchennej, i tam się ją podwiązuje. Aortę zstępującą podwiązuje się ponad przeponą. Teraz wstrzykuje się przy możliwie małem ciśnieniu ogrzany do temperatury ciała rozczyn 0,5 g błękitu metylenowego (najlepiej chemicznie czysty kryst. błękit metylenowy z fabryki w Höchst) w 200 ccm wody destylowanej, tak długo, dopóki język i spojówka nie staną się ciemno-niebieskie. Pozostawia się zwierzę przez ½ godziny, a następnie wycina się te części, które mają być badane, i wystawia na powietrze. Zwoje międzykręgowe przecina się podłużnie na pół ostrą brzytwą i umieszcza w wilgotnej komorze. Po ½—2 godzinach występuje zabarwienie. Utrwala się 12 godzin w 10%-owym wodnym roztworze molibdenianu amonowego, płucze 1—2 godzin w wodzie bieżącej, odwadnia przez parę godzin w alkoholu absolutnym oziębionym w lodzie, przeprowadza przez ksylol i zatapia w parafinie. Sporządza się grube skrawki, rozpuszcza parafinę w ksylolu i zamyka w balsamie.

Przejście komórek zwojów międzykręgowych dwubiegunowych w jednobiegunowe znajduje się u zarodków kury 10—15 dniowych. Stosuje się metodę Golgiego (str. 542), Ramón y Cajala (str. 536) lub Bielschowskiego (str. 540).

Ciałka końcowe nerwowe bada się na materjale utrwalonym w 0,5%-owym kwasie osmowym lub w Flemmingu. Do badania ciałek dotykowych Merkla poleca się skórę ryja świni, do badania ciałek Grandryego i Herbsta woskówkę dzioba kaczki, do ciałek Meissnera skórę z opuszki palca człowieka, do ciałek Paciniego krezkę kota, do badania kolb końcowych Krausego spojówkę twardówkową. Do wszystkich *zakończeń nerwowych obwodowych* stosuje się następującą metodę złocenia Ranviera: 8 części 1%-ego wodnego rozczynu chlorku złota i 2 części kwasu mrówkowego ogrzewa się do wrzenia w zlewce szklanej. Do tej mieszaniny oziębionej wkłada się małe kawałeczki i umieszcza na godzinę w ciemności. (Należy unikać zetknięcia rozczynu złota z instrumentami metalowemi). Następnie opłukuje się krótko w wodzie destylowanej i redukuje przez 24—48 godzin w mieszaninie 1 części kwasu mrówkowego i 4 części wody destylowanej na świetle. Gdy kawałki nabiorą barwy ciemniofioletowej, odwadnia się je w alkoholu i zatapia w celloidynie. Również opisana powyżej metoda błękitu metylenowego oddaje świetne usługi; nerwy języka, spojówki, rogówki, błony woskowej dzioba kaczki wychodzą doskonale i nadzwyczaj wyraźnie. Barwienie to ma jeszcze tę dobrą stronę, że skrawki można ostrożnie podbarwiać np. karminem ałunowym.

Jeszcze goręcej można polecić do zakończeń nerwowych następujące, bardziej proste barwienie błękitem metylenowym: ciepłe jeszcze, mniej więcej na 1 mm grube, skrawki skóry, błony śluzowej itp. barwi się na szkiełku podstawowem w $^1/_{12}$%-ym roztworze błękitu metylenowego w fizjologicznym roztworze soli kuchennej przez 1½ godziny. Utrwala się przez 24 godzin w 10%-ym roztworze

wodnym molibdenianu amonowego, płucze przez 2 godziny w wodzie bieżącej. Odwadnia się w ciągu 1½ godziny w często zmienianym alkoholu absolutnym. W ksylolu trzyma się 2 godziny, w parafinie 1 godzinę i zatapia się.

Do *zakończeń nerwowych ruchowych* nadaje się również doskonale metoda barwienia błękitem metylenowym. Wybiera się królika i bada przedewszystkiem mięśnie oka, długie mięśnie szyjne, mięśnie międzyżebrowe, a zwłaszcza przeponę. W tym celu utrwala się nie w modlibdenianie amonowym, lecz przez 24 godzin w nasyconym roztworze wodnym pikrynianu amonowego. Zamyka się w glicerynie. Do złocenia nadają się przedewszystkiem mięśnie międzyżebrowe i przepona małych ssaków (myszy) oraz mięśnie wężów i jaszczurek. Według metody Bremera wkłada się przeponę myszy w całości, rozpiętą zapomocą kolców jeża na cienkiej płytce woskowej, do mieszaniny jednej części kwasu mrówkowego i trzech części wody destylowanej i trzyma w niej tak długo, dopóki nie stanie się przezroczysfą, dalej wkłada się na 15—20 minut do 1%-ego wodnego rozczynu chlorku złota w ciemności, a następnie również w ciemności z powrotem do 25%-ego kwasu mrówkowego. Następnego dnia zmienia się 25%-wy kwas mrówkowy na 50%-wy, a trzeciego dnia na mieszaninę 4 części gliceryny i jednej części kwasu mrówkowego. Tu pozostawia się je przez 2—3 tygodni, poczem można je zamknąć w glicerynie.

Badanie skóry.

Na preparaty przeglądowe utrwala się skórę w alkoholu absolutnym lub w płynie Zenkera. Zatapia się w celloidynie. Jeżeli się chce zatapiać w parafinie, należy brać, o ile możności, małe kawałki i trzymać w alkoholu absolutnym nie dłużej jak 12 godzin, w chloroformie zaś 2—3 godzin. Do parafiny twardej dodaje się nieco parafiny miękkiej. Do zabarwienia nadaje się przedewszystkiem metoda van Giesona lub hematoksylina żelazista z podbarwieniem eozyną. Na włókna sprężyste kombinuje się barwienie Weigerta z metodą van Giesona w sposób opisany na str. 534.

Na podłużne i poprzeczne przekroje włosów utrwala się świeżą skórę z głowy w alkoholu absolutnym. Zatapia się w celloidynie. Barwienie hemalaunem-eozyną lub lepiej najpierw hemalaunem, następnie 24 godzin safraniną lub czerwienią magenta w anilinie (patrz str. 528), opłukuje się krótko w alkoholu 95%-ym i podbarwia 3—5 minut mieszaniną indygokarminu i kwasu pikrynowego. Jądra barwią się na fioletowo, protoplazma i mięśnie przywłośne na żółto, wewnętrzna pochewka włosa na ciemno-czerwono, tkanka łączna na niebiesko-zielono.

Do badania *rozwoju włosów* nadaje się skóra z głowy cztero- do sześciomiesięcznych płodów ludzkich. *Gruczoły potne* znajdują się w skórze dłoni i pachy; doskonałym materjałem do ich badania jest także skóra łapy kociej. Utrwala się w płynie Zenkera lub Flemminga.

Naczynia krwionośne skóry ręki lub stopy nastrzykuje się z tętnicy łokciowej *(art. ulnaris)*, wzgl. z tętnicy piszczelowej tylnej *(art. tibialis posterior)*. Utrwala się w 10%-ej formalinie, zatapia w celloidynie i kraje się na mikrotomie na grube skrawki.

Preparaty przeglądowe z *gruczoła mlecznego* otrzymuje się z brodawki piersiowej z przylegającemi częściami gruczołu, utrwalonej w alkoholu absolutnym. Zatapia się w celloidynie. Do badania dokładniejszego budowy gruczoła mlecznego utrwala się małe kawałeczki gruczoła ciężarnej lub karmiącej świnki morskiej lub suki w płynie Flemminga. Zatapia się w parafinie, barwi safraniną.

Składniki mleka i siary *(colostrum)* można badać wprost, bez żadnych dodatków.

Metody badania oka.

Przygotowanie dobrych skrawków przeglądowych przez całą gałkę oczną jest rzeczą bardzo trudną. Postępujemy w sposób następujący: Całą nienaruszoną gałkę, nie nadcinając jej, podwiązuje się przy nerwie wzrokowym nitką jedwabną i zawiesza w odpowiednio szerokiem naczyniu szklanem, mającem 10 do 20 cm wysokości, którego dno jest pokryte warstwą kwasu osmowego 2%-ego, wysoką na 0,5 cm. Zamyka się szczelnie naczynie i wstawia na 1 cm głęboko do wody gorącej na tak długo, dopóki pary kwasu osmowego nie poczernią kompletnie oka. Wtedy zawiesza się je na 3—4 tygodni w dużem naczyniu z płynem Müllera, płucze się 24 godzin i odwadnia bardzo ostrożnie, wzmacniając koncentrację alkoholu codziennie o 5 %. Zatapia się w celloidynie w ten sposób, że już w celloidynie rzadkiej ścina się dwa równoległe odcinki gałki, a także usuwa się mały wycinek z rogówki, aby celloidyna mogła wniknąć do wszystkich przestrzeni wolnych.

Obraz negatywny szpar i kanalików rogówki otrzymujemy w sposób następujący: Bierze się rogówkę ze świeżego oka wołu, zdrapuje się nabłonek i wkłada rogówkę do 1%-ego rozczynu azotanu srebra na 3—6 godzin w ciemności. Następnie wystawia się cały kawałek w wodzie na działanie światła słonecznego. Gdy nastąpi redukcja, przeprowadza się przez alkohole o coraz wyższej koncentracji, przepaja celloidyną i robi skrawki równoległe do powierzchni. Układ kanalików występuje biało na tle brunatnem. Jeżeli się takie skrawki podbarwi hematoksyliną, wówczas wystąpią jądra komórek rogówki.

Do otrzymania *pozytywnych obrazów z rogówki* poleca się następującą metodę złocenia, podaną przez Ranviera. Rogówkę jakiegokolwiek zwierzęcia zdejmuje się brzytwą i, zależnie od grubości, wkłada na 5—10 minut do świeżo wyciśniętego i przefiltrowanego przez płótno soku cytrynowego, następnie opłukuje krótko wodą i przenosi na 15—30 minut do 1%-ego roztworu chlorku złota. Poczem znowu opłukuje się krótko wodą i wystawia na światło słoneczne w 0,5%-ym rozczynie kw. octowego. Gdy redukcja zostanie ukończona i rogówka zabarwi się na kolor fioletowo-czerwony, można ją odwodnić i zatopić w celloidynie. Robi się z niej skrawki poprzeczne i równoległe do powierzchni.

W celu badania dokładniejszej *budowy błon oka* przecina się świeżą gałkę oczną w równiku na przednią i tylną połowę. Utrwala się w płynie Flemminga, Zenkera lub Carnoy. Po usunięciu soczewki zatapia się w celloidynie i barwi dowolnie.

Do badania *siatkówki* na preparacie rozpostartym nadaje się następująca metoda barwienia błękitem metylenowym. Odcina się n. wzrokowy wraz z jego brodawką od gałki ocznej, zakrzywionemi nożyczkami, cięciem, przechodzącem przez wszystkie błony oka. Przez wstrząsanie w fizjologicznym roztworze soli kuchennej siatkówka daje się z łatwością oddzielić. Przenosi się ją na dużą płytkę szklaną, odpreparowywa, o ile się da, kompletnie przylegające do niej ciałko szkliste i daje się kroplami słaby roztwór błękitu metylenowego (1 ccm 1%-ego roztworu wodnego na 15—20 ccm fizjologicznego roztworu soli kuchennej). Przykrywa się preparat naczyńkiem szklanem i od czasu do czasu ogląda pod słabem powiększeniem. Po upływie 15—20 minut komórki i włókna zaczynają się barwić. Gdy osiągniemy maximum zabarwienia utrwala się w nasyconym roztworze wodnym pikrynianu amonowego i po 12 godzinach zamyka w glicerynie.

Do skrawków z *siatkówki* nadaje się metoda chromowo-srebrowa Golgiego (str. 542), a jeszcze bardziej metody srebrzenia Cajala (str. 536) i Bielschowskiego (str. 540).

Włókna soczewki dają się łatwo wyosobnić zapomocą maceracji soczewki przez 2—3 dni w alkoholu Ranviera. Wycina się równikowe części i barwi hemalaunem. Do skrawków utrwala się soczewkę w płynie Zenkera i zatapia w celloidynie.

Nerwy rogówki otrzymujemy jednocześnie z ciałkami rogówki po zastosowaniu podanej powyżej metody złocenia z kwasem cytrynowym lub po wstrzyknięciu błękitu metylenowego przez aortę (str. 548).

Powieki ustala się w płynie Zenkera, zatapia się w celloidynie lub w parafinie i barwi skrawki według van Giesona.

Badanie narządu słuchu.

Badanie narządu słuchu stanowi jeden z najtrudniejszych rodzajów techniki mikroskopowej. Naszkicujemy je tu tylko bardzo pobieżnie. Do badania ślimaka i narządu Cortiego wybiera się nowonarodzone świnki morskie lub 3—6 tygodniowe króliki. Wydostaje się kość skalistą z czaszki, otwiera się nożem *bulla ossea* i wkłada preparat na 8—14 dni do płynu Flemminga. Jeżeli przez ten czas płyn się zmieni, nie trzeba go już osobno odwapniać. Najlepiej zatapiać w celloidynie, lecz i zatapianie w parafinie, o ile przeprowadza się preparat ostrożnie, daje dobre rezultaty. Bardzo ważne jest tutaj należyte ustawianie. Kraje się równolegle do osi ślimaka, przez samą oś wypadają najładniejszę skrawki. Barwią się safraniną lub hematoksyliną żelazistą.

Przewód zewnętrzny ucha i trąbkę utrwala się w płynie Zenkera, zatapia w parafinie i barwi według van Giesona.

Metody badania nosa.

Do utrwalania *błony śluzowej nosa* nadaje się głównie płyn Flemminga i Zenkera. Komórki izoluje się w 1%-ym kwasie osmowym lub w alkoholu Ranviera. Nabłonek węchowy poznajemy po żółtem zabarwieniu. Można utrwalić całą muszlę górną, a następnie odwapnić. Z metod specyficznych poleca się metodę barwienia błękitem metylenowym za życia i metodę srebrzenia Bielschowskiego (str. 540).

Badanie narządu smaku.

Najbardziej poleca się brodawki liściaste królika. Wycina się je wraz z leżącemi pod niemi mięśniami i utrwala w płynie Flemminga lub też utrwala się język w całości w płynie Zenkera i wycina brodawki dopiero w alkoholu 95%-ym. Zatapia się w parafinie. Barwi się skrawki według van Giesona, a przedewszystkiem hematoksyliną żelazistą.

Nerwy kubków smakowych dają się doskonale wykazać zapomocą metody barwienia błękitem metylenowym (str. 543). Podbarwia się skrawki parafinowe karminem ałunowym. Czasem także metoda chromosrebrowa Golgiego (str. 542 daje dobre wyniki.

Indeks autorów.

Indeks rzeczy.

C.

D.

H.

I.

J.

K.

L.

Ł.

M.

N.

O.

P.

R.

S.

Ś.

T.

U.

V.

W.

Z.

Ż.