

Pujso R.¹, Błach W.², Smaruj M.³, Adam M.³

¹ Studium Wychowania Fizycznego i Sportu, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz

² Katedra Metodyki Dyscyplin Sportowych AWF, Wrocław

³ Zakład Teorii Sportu, AWF, Gdańsk

Corresponding author: Pujso Ryszard Ph.D.

Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland

e-mail; rychu54@interia.pl

Wydolność fizyczna beztlenowa a kontrola postawy ciała kobiet

Anaerobic physical capacity and control of posture in women

Streszczenie.

Obserwacje autorów podczas zawodów sportowych, podczas treningów wyczynowych sportowców, jak również w trakcie intensywnych zajęć rekreacyjnych pozwalają stwierdzić wpływ zmęczenia fizycznego na pracę systemu kontroli postawy ciała.

W niniejszych badaniach postanowiono sprawdzić jak mocno zakłóca kontrolę postawy ciała (równowagę) standardowy (Wingate15s.) wysiłek beztlenowy aplikowany na ergometrze rowerowym Monark 834E. Jednocześnie podjęto próbę znalezienia związku pomiędzy wydolnością fizyczną beztlenową, powysiłkowym wskaźnikiem restytucji tętna, a poziomem kontroli postawy ciała (równowagi) zakłóconym właśnie przez beztlenowy wysiłek fizyczny. Stwierdzono istotny związek pomiędzy wysiłkiem beztlenowym, a zakłóceniem kontroli postawy ciała.

Abstract

Many observations during sporting events, during training as well as during intensive recreational activities can observe the impact of physical fatigue work posture control system. In the present study examined the level of distortion postural control by standard anaerobic exercise on a bicycle ergometer Monark 834E.

At the same time an attempt to find a correlation between anaerobic exercise capacity, post-workout restitution of pulse rate and the level of postural control (balance) is disturbed by the anaerobic exercise.

The research showed a significant relationship between anaerobic exercise and postural control disturbance.

Słowa kluczowe: kontrola postawy ciała, restytucja, wysiłek beztlenowy.

Key words: postural control, restitution, anaerobic exercise.

Wstęp

System kontroli postawy ciała jest w ostatnich latach przedmiotem intensywnych badań naukowych. Jednym ze sposobów jego badania jest analiza błędzenia centrum nacisku człowieka. Do rejestracji trajektorii ruchu używane są aparaty mierzące położenie centrum nacisku w zależności od czasu, np. posturograf lub platforma balansowa [1,8,10,12]. Wiadomo jest, że na działanie tegoż systemu ma wpływ wiele czynników, zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych: zmęczenie, zdenerwowanie, ciśnienie atmosferyczne, temperatura otoczenia, wysokość obserwacji i inne [6,7,8]. Wykazano również, że długotrwały trening bogaty w elementy zakłócające równowagę powoduje również trwałe zmiany w kontroli postawy ciała [9]. W badaniach wykazano również wpływ tlenowego wysiłku fizycznego na stopień zakłócenia równowagi oraz wykazano brak powiązania pomiędzy wartością wydolności tlenowej a wartością zakłócenia równowagi przez wysiłek fizyczny tlenowy [23]. Autorzy nie znaleźli publikacji mówiących czy dobra wydolność fizyczna beztlenowa poprawia kontrolę postawy ciała spowodowaną wysiłkiem beztlenowym oraz jak wpływa wysiłek beztlenowy na pracę systemu kontroli postawy ciała człowieka.

Prawidłowa kontrola postawy ciała konieczna przy uprawianiu wielu dyscyplin sportowych (gimnastyka, skoki, lotnictwo, sporty walki) jest również niezbędna w życiu codziennym, w celu bezpiecznego funkcjonowania całego organizmu [2,3,4,5,13,14,15,16].

W trakcie badań przeprowadzonych w 2004 roku na zawodniczkach judo w warunkach walki startowej odkryto kilka pojedynczych przypadków dużego zakłócenia kontroli postawy ciała spowodowanego (prawdopodobnie) skrajnym wyczerpaniem fizycznym (walką). Ze względu jednak na inny cel badań przypadki te pozostawiono bez komentarza [19].

W związku z tym postanowiono sprawdzić czy u osób nie trenujących wysiłek fizyczny powoduje zakłócenie kontroli postawy ciała oraz w jakim stopniu w porównaniu z innymi czynnikami. Równocześnie podjęto próbę znalezienia związku pomiędzy wydolnością fizyczną beztlenową a kontrolą postawy ciała.

Zastosowano jedną z bardziej znanych i dokładniejszych technik pomiaru pracy systemu kontroli postawy ciała – posturografię. Pomiar polegał na analizie położenia centrum nacisku człowieka (C.O.P.) na specjalną platformę, rejestrowanego przez 32s (8,10). Spośród wielu obliczanych parametrów do analizy wzięto wyłącznie pole powierzchni rozwiniętej tego statokineziogramu gdyż powszechnie uważa się, że im wyższe wartości przyjmuje ten parametr tym gorsza jest kontrola postawy ciała [3,4,5,7,12].

W trakcie testu na ergometrze rowerowym notowano moc maksymalną oraz bezpośrednio po wysiłku i w trakcie stania na posturografie tętno powysiłkowe do zakończenia całości pomiaru.

Materiał i metody badań

W badaniach przeprowadzonych w miesiącu wrześniu 2007 roku, w trakcie obozów naukowych Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego wzięło udział 21 kobiet. Badania prowadzone były w godzinach rannych 10-12 – test nr 1 o zwiększonej prędkości wykonywanych przewrotów oraz w godzinach popołudniowych 16-18 m – test nr 2 zakłócający kontrolę postawy ciała wysiłkiem beztlenowym. Badania prowadzono w dużym, wentylowanym pomieszczeniu zamkniętym o temperaturze ok. 20° C.

Test nr 1 zakłócający pracę systemu kontroli postawy ciała polegał na:

- zdjęciu statokineziogramu w stanie spokojnym,
- wykonaniu przez osobę badaną 6-ściu przewrotów w przód do pozycji stojącej z obrotem przez to samo ramię w czasie 12 s i następnie ponownym wykonaniu statokineziogramu (9).

Test nr 2 zakłócający pracę systemu kontroli postawy ciała wysiłkiem beztlenowym ciała polegał na:

- wykonaniu statokineziogramu w stanie spokojnym,
- wykonaniu przez osobę badaną przejazdu na ergometrze rowerowym w czasie 15 sekund przy wykorzystaniu swoich maksymalnych możliwości, a następnie natychmiast wykonaniu statokineziogramu. W trakcie wykonywania stabilogramu następował pomiar tętna co 2 sekundy, aż do zakończenia stabilogramu.

Wszystkie pomiary dokonane zostały przy oczach otwartych na urządzeniu: platforma tensometryczna – posturograf (prod. Wojskowe Zakłady Medycyny Lotniczej), ze standardowym oprogramowaniem. Osoby badane deklarowały dobrą dyspozycję fizyczną,

niezakłócony stan fizjologiczny i brak wcześniejszych urazów neurologicznych i narządów ruchu.

Do analizy zmian zachodzących w pracy systemu kontroli postawy ciała zaproponowano

S_i – pole powierzchni rozwiniętej statokinezyjogramu, $i = 0, 1, 2$.

$i = 0$ - pole powierzchni w stanie spokojnym,

$i = 1$ - pole powierzchni po zakłóceniu przewrotami, test 1,

$i = 2$ - pole powierzchni po zakłóceniu wysiłkiem beztlenowym, test 2.

Obliczono również względną zmianę pola powierzchni statokinezyjogramu, zwaną dalej stopniem zakłócenia kontroli postawy ciała Z_1, Z_2 .

Względny 32 sekundowy spadek powysiłkowego tętna - wskaźnik restytucji R_1 obliczano wg wzoru

$$Z_1 = \frac{S_1 - S_0}{S_0} \quad , \quad Z_2 = \frac{S_2 - S_0}{S_0} \quad , \quad R_1 = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\max}} \quad \text{Eqn.1-3}$$

W celu dokładniejszej analizy podzielono pole statokinezyjogramu po wysiłku fizycznym na 16 dwusekundowych przedziałów i porównano zmiany pola statokinezyjogramu ze zmianami tętna po wysiłku beztlenowym.

Wyniki opracowano metodami statystycznymi z użyciem programu *Statistica 5.0*.

Podstawowe dane antropometryczne badanej grupy przedstawiono w Tabeli 1.

Wyniki

Tabela 1. Dane antropometryczne badanej grupy kobiet.

Liczność grupy	Wiek (lata)	Zakres (lata)	Wysokość (m)	Zakres (m)	Masa (kg)	Zakres (kg)	BMI (kg/m ²)	Zakres (kg/m ²)
n=21	23,25	20,25-29,00	1,68	1,58-1,74	58,4	50,0-69,4	20,77	18,1-23,3

W Tabeli 2 przedstawiono średnie wyniki pomiarów pola powierzchni statokinezyjogramów i średnie wartości stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała testem nr 1 i testem nr 2.

Tabela 2. Średnie wartości pomiarów pola powierzchni statokinezyogramów, oraz stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała w testach nr 1 i 2.

Liczn ość grupy	S ₀ (mm ²)	Zakres S ₀ (mm ²)	S ₁ (mm ²)	Zakres S ₁ (mm ²)	Z ₁	Zakres Z ₁	S ₂ (mm ²)	Zakres S ₂ (mm ²)	Z ₂	Zakres Z ₂
n= 21	223,3*	80-498	476,6	198-886	1,07*	-0,18- 3,73	856,6*	355- 2320	3,41*	0,49- 12,58

* poziom istotności różnic p<0,001

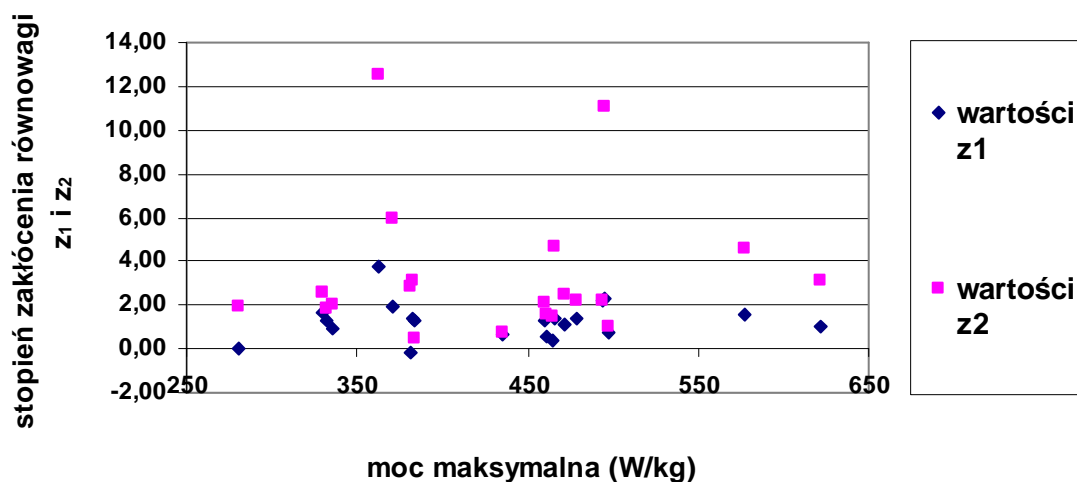
Tabela 3. Średnie wartości pomiarów mocy maksymalnej, mocy maksymalnej / kg masy ciała i wskaźnika restytucji w teście 2.

Liczność grupy	moc maks. (W)	od. stand (W)	moc max/masa (W/kg)	s.d. (W/kg)	praca całkowita (J)	s.d. (J)	wskaźnik restytucji (%)	s.d. (%)
n = 21	430,1	87,08	7,34	0,99	10606,7	2156,1	13,29	4,21

Wstępna analiza danych wykazała:

- stopień zakłócenia kontroli postawy ciała testem nr 1 o podwyższonej prędkości przewrotów (12-sekundowy) okazał się bardzo zbliżony do wyników uzyskanych tym samym testem w trakcie innych badań (23) a jednocześnie istotnie wyższy niż uzyskiwany w teście 18 sekundowym (23).
- stopień zakłócenia kontroli postawy ciała testem nr 2 okazał się zdecydowanie wyższy niż w teście nr 1 na poziomie istotności p<0,001.
- wartość mocy maksymalnej w przeliczeniu na kilogram masy ciała była zbliżona do uzyskiwanej w innych badaniach przez kobiety nie trenujące.
- wartości pracy całkowitej była zbliżona do uzyskiwanej w innych badaniach przez kobiety nie trenujące i nie wykazywała korelacji z żadną inną zmienną.

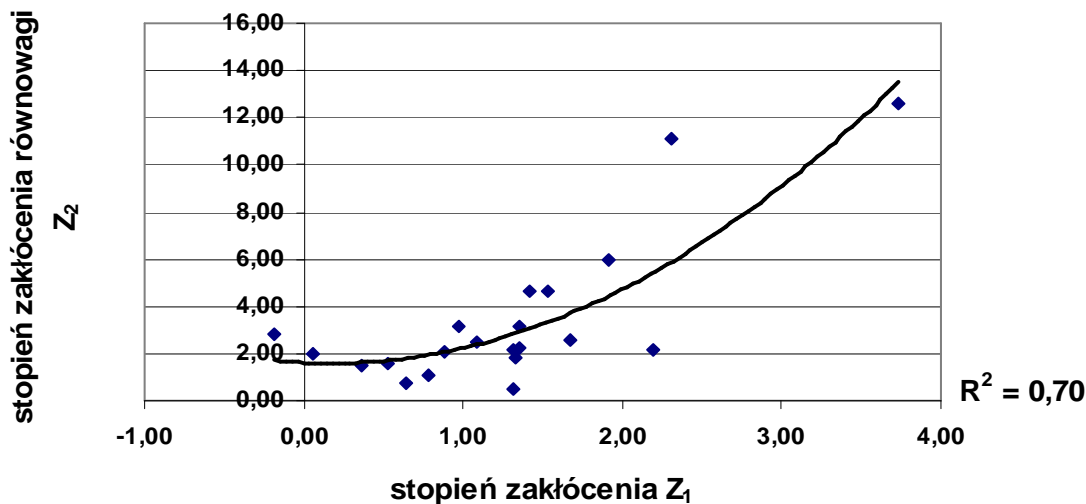
Zależność między wartością mocy maksymalnej uzyskanej w teście nr 2, a wartością wskaźnika zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) przedstawiono na Ryc.1



Ryc.1. Wartość wskaźników Z_1 i Z_2 zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) w funkcji mocy maksymalnej przeliczanej na kilogram masy ciała.

Wykres przedstawia całkowicie przypadkowy rozkład punktów co wskazuje na brak zależności pomiędzy zmiennymi. Wskaźniki determinacji linii trendu $R^2=0,02$ i $R^2=0,07$ są bardzo niskie.

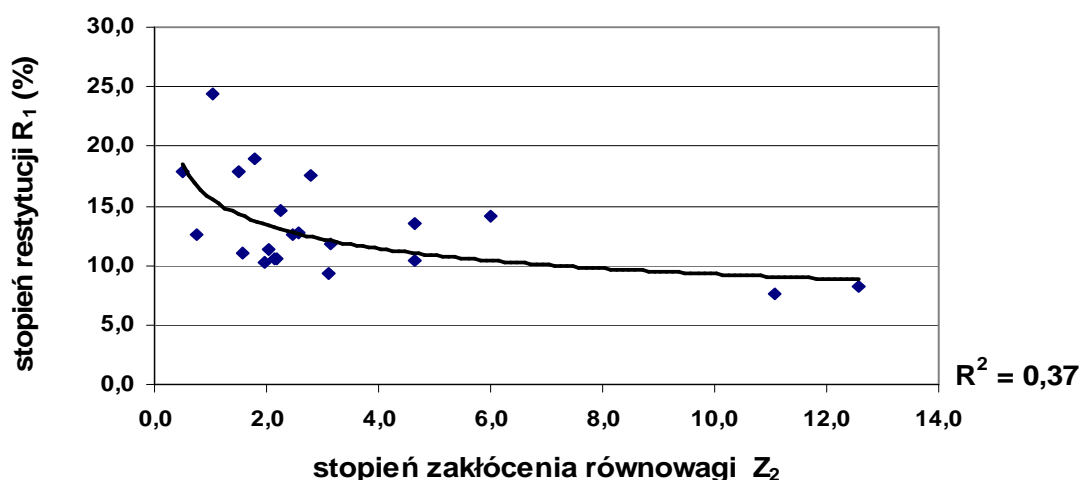
Na Ryc. 2 przedstawiono zależność pomiędzy stopniami zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) Z_1 a Z_2 .



Ryc.2. Wartość wskaźnika Z_2 zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) w funkcji wskaźnika Z_1 .

Wykres przedstawia wysoką zależność pomiędzy zmiennymi. Wskaźnik determinacji $R^2=0,70$ linii trendu jest bardzo wysoki.

Zależność między wartością wskaźnika restytucji R_1 a wartością wskaźnika zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) Z_2 przedstawiono na Ryc.3.



Ryc. 3. Wartość wskaźnika restytucji R_1 w funkcji stopnia wskaźnika zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) Z_2 .

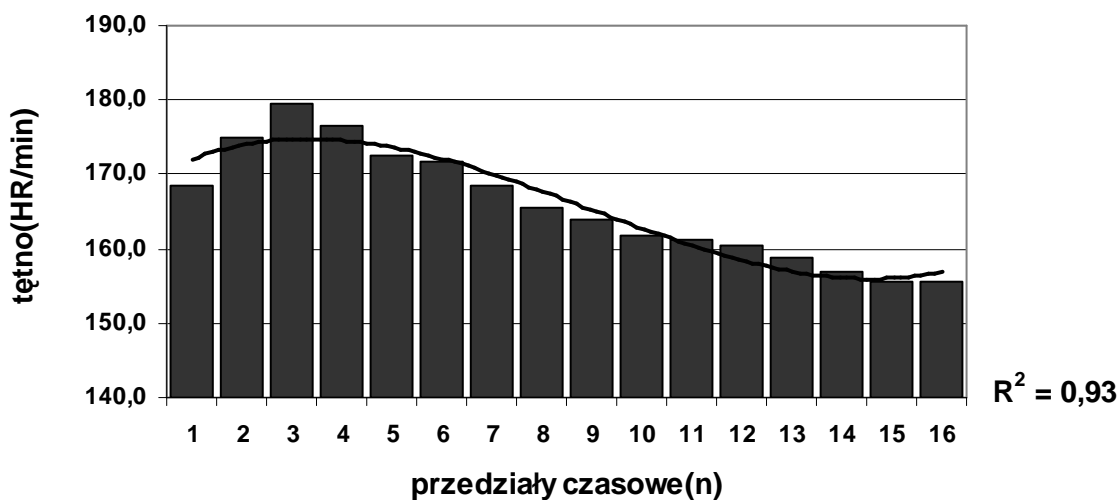
Wykres na Ryc. 3 przedstawia zależność między wskaźnikiem restytucji powysiłkowej, a stopniem zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) wywołanym przez wysiłek beztlenowy. Siła związku wyrażana przez współczynnik determinacji $R^2=0,37$ jest istotna statystycznie ($p<0,05$).

W celu lepszego zobrazowania zależności stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) testem beztlenowym od zmian tętna powysiłkowego podzielono wyniki końcowe pola statokinezyjogramów na 16 dwusekundowych odcinków czasowych i jednocześnie w tych samych odcinkach czasowych odnotowano powysiłkowe zmiany tętna.

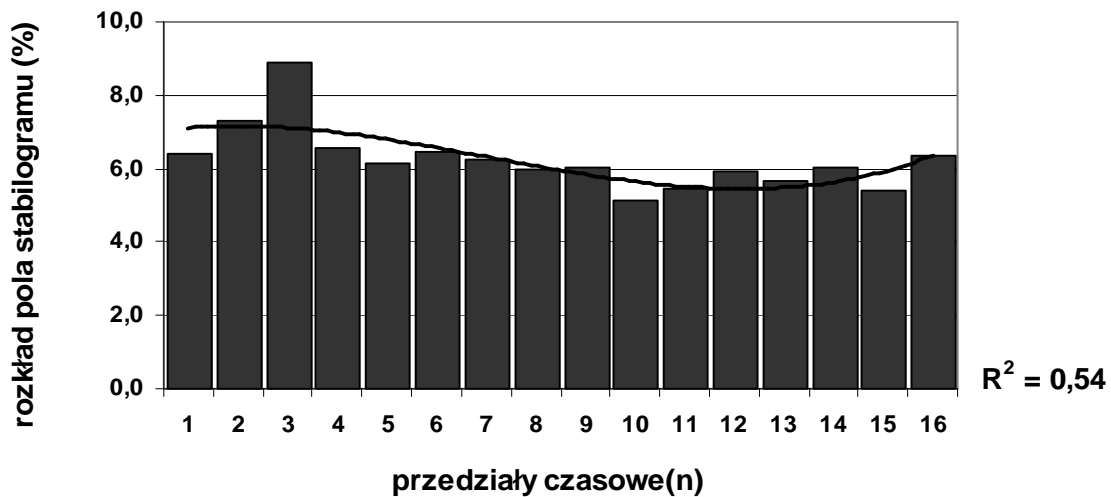
Dane przedstawiono w Tabeli 4 oraz na Ryc. 4-5.

Tabela 4. Procentowe wartości pola statokinezyjogramu i wartości powysiłkowego tętna w 16 przedziałach pomiarowych.

przedziały czasowe co 2 sek.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
% rozkład pola statokin.	6,41	7,28	8,87	6,58	6,15	6,44	6,25	5,98	6,03	5,14	5,47	5,95	5,64	6,04	5,38	6,37
rozkład powysiłkowe go tętna	168	175	179	177	173	172	169	166	164	162	161	160	159	157	156	156



Ryc. 4. Zmiana wartości tętna powysiłkowego w 16 przedziałach czasowych.



Ryc. 5. Zmiana procentowego rozkładu pola statokinezyjogramu w 16 przedziałach czasowych.

Oba wykresy wykazują podobny przebieg z wyraźnym wzrostem funkcji w trzecim przedziale czasowym.

Oba wskaźniki determinacji $R^2=0,93$ i $R^2= 0,54$ są wysokie i wskazują na istotną zależność pomiędzy zmiennymi opisywanymi przez obie linie trendu.

Dyskusja i wnioski

Zakłócenie pracy układu kontroli postawy ciała człowieka może odbywać się na wiele sposobów. Jednym z nich najbardziej powszechnym jest zakłócenie równowagi błędnika wskutek ruchu obrotowego z prędkością minimum 0,8 Radiana/sek [6]. Zjawisko jest dobrze znane i opisane w literaturze w tym również w doniesieniach dotyczących badań na sportowcach [1,2,4,5].

Z badań prowadzonych na osobach trenujących sporty bogate w liczne stymulowane zakłócenia równowagi wynika, że organizm ludzki uodparnia się na te zakłócenia czyli podlega klasycznemu treningowi. Opisywano to zjawisko u tancerzy, zawodniczek judo, woltyżerki, a nawet u zawodniczek trenujących amatorsko samoobronę [2, 17, 19].

Inne badania dotyczące koncentracji uwagi [20], natężenia fali akustycznej [21], jak również wysokości położenia ciała ludzkiego [22] wskazywało, że wiele różnych czynników fizycznych powoduje także zakłócenie kontroli postawy ciała na poziomie zbliżonym do wywoływanego ruchem obrotowym.

W niniejszych badaniach (tab.2) autorzy potwierdzili istotny zakłócający wpływ, krótkotrwałego lecz o maksymalnej intensywności beztlenowego wysiłku fizycznego na pracę systemu kontroli postawy ciała oraz wykazali, że wartość tego zakłócenia jest wysoka. Jest wyższa niż w dotychczas stosowanych testach w tym również istotnie wyższa jak w teście o podwyższonej szybkości przewrotów (test nr 2).

Nie stwierdzono zależności pomiędzy maksymalną wydolnością fizyczną beztlenową a kontrolą postawy ciała (równowagą) (Ryc.1), należy więc domniemywać, że osoby o lepszej wydolności beztlenowej nie posiadają równocześnie lepszej kontroli postawy ciała lecz mogą do niej szybciej powracać po wysiłku beztlenowym (Ryc.3).

Z wykresu na Ryc.2 wynika istotna zależność pomiędzy zakłóceniem równowagi testem z przewrotami a zakłóceniem wywołanym beztlenowym maksymalnym wysiłkiem fizycznym. Zjawiska tego autorzy nie odnotowali w przypadku badań nad wpływem wysiłku tlenowego na poczucie równowagi [23].

Wykresy na Ryc.3-5 potwierdzają zależność pomiędzy maksymalnym wysiłkiem beztlenowym a zakłóceniem równowagi człowieka oraz stopniem restytucji powysiłkowej.

Analiza otrzymanych wyników pozwala na poniższe sformułowanie wniosków:

1. Wysiłek fizyczny o charakterze beztlenowym w sposób istotny zakłóca kontrolę postawy ciała a stan fizjologiczny organizmu wpływa na stopień zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi).
2. Nie stwierdzono zależności pomiędzy poziomem wydolności fizycznej beztlenowej a poziomem zakłócenia kontroli postawy ciała (równowagi) wywołanym tym wysiłkiem fizycznym.
3. Zakłócenie kontroli postawy ciała przez maksymalny wysiłek beztlenowy jest wysoce skorelowane z zakłóceniem kontroli postawy ciała przez serię przewrotów (ruch obrotowy) co może sugerować identyczny mechanizm zakłócania pracy błędnika.
4. Rozkład powysiłkowego tętna i procentowy rozkład powysiłkowego pola statokinezyjogramu mają podobny przebieg i wysoką zależność między zmiennymi opisywanymi przez linie trendu, co potwierdza wniosek 1.
5. Restytucja po maksymalnym wysiłku beztlenowym jest wysoce skorelowana ze stopniem zakłócenia kontroli postawy ciała przez maksymalny wysiłek beztlenowy co oznacza, że zmiany fizjologiczne zachodzące w organizmie po wysiłku beztlenowym wpływają w sposób istotny na zmiany zachodzące w kontroli postawy ciała (równowagi). Potwierdza to pośrednio wniosek 1.

References

- [1]. Błach W. Amplituda maksymalnych swobodnych wychyleń ciała zawodników dżudo i studentów AWF w płaszczyźnie strzałkowej. *Człowiek i Ruch - Human Movement* 2001;2(4):82-6.
- [2]. Leśniewicz B. Znaczenie badania narządu równowagi u sportowców wyczynowych. *Medycyna sportowa* 1988;4:10-13.
- [3]. Witkowski K., Stefaniak T., Kuźmiński J. Ocena równowagi ciała u chłopców trenujących judo. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 2004;6(1).

- [4]. Kochanowicz K., Taniewski M. Badanie układu równowagi młodocianych gimnastyków. *Sport Wyczynowy* 1999;5-6.
- [5]. Samołyk A., Wierzbička-Damska I., Witkowski K. The influence of judo training on posture control in quiet standing. University School of Physical Education in Wrocław, Department of Physiology – materiały pokonferencyjne Bratysława 2003;13-14.
- [6]. Jaskólski A. Anatomia fizjologii wysiłku fizycznego. AWF Wrocław 2002.
- [7]. Błaszczyk J. W., Lowe D. L., Hansen P. D. Ranges of postural stability and their changes in the elderly. *Gait & Posture* 1994;2:11-17.
- [8]. Winter D. A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* 1995;3:193-214.
- [9]. Bosek M, Pujszo R, Pyskir M, Grzegorzewski B, Błach W. Wpływ wybranych ćwiczeń fizycznych na system kontroli postawy człowieka. *Medycyna Sportowa* 2004;20(5):247-53.
- [10]. Colins J.J., De Luca C.J., Open-loop and closed-loop control of posture: random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Experimental brain research*, 1993;95:308-18.
- [11]. Kochanowicz K. Badania diagnostyczne w procesie doboru i selekcji. *Trening* 2001;3;22-5
- [12]. Kowalska S. i wsp. Zastosowanie statokinezyometrii do oceny stanu narządu równowagi. *Medycyna Pracy* 1990;41:397.
- [13]. Kubiczkowa J. Rola posturografii w medycynie lotniczej. *Medycyna Lotnicza*, 1998;3: 301-9.
- [14]. Perrot C., Deviterne D., Perrin Ph. P. Influence of training on postural and motor control in a combative sport. *Journal Human Movement Studies*, 1998;35:119-36.
- [15]. Perrin P., Deviterne D., Hegel F., Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture*, 2002;15:187-94.
- [16]. Perrot C., Mur J. M., Mainard D., Barrault D., Perrin Ph. P. Influence of truma induced by judo practice on postural control. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2000;10:292-297.
- [17]. Mesure S., Cremieux J. The effect of judo training on postural control assessed by accelerometry. In: Brandt Th, editor. *Proceeding of the X th International Symposium on Disorders of Posture and gait*. New York: Stuttgart. 1992;302-306.
- [18]. Jarvis Matt *Psychologia sportu*. GWP Gdańsk 2003.

- [19]. Błach W., Pujso R., Pyskir M., Adam M. Kontrola postawy ciała zawodniczek judo
Research Yearbook 2005;11:30-6.
- [20]. Pujso R., Skorupa H., Smaruj M., Sybilski Z., Wolska B. Koncentracja uwagi i efekt
placebo w Kontroli postawy ciała // W: Człowiek – jego bioelektroniczna konstrukcja
a percepcja muzyki / Praca zbiorowa pod red. Adama Adamskiego. Kęty, 2006;77-83.
- [21]. Adam M., Laskowski R., Pujso R., Smaruj M., Wolska B., Sybilski Z. Natężenie
dźwięku i odporność na stres a kontrola postawy ciała //W: Człowiek – jego
bioelektroniczna konstrukcja, a percepcja muzyki. Praca zbiorowa pod red. Adama
Adamskiego Kęty, 2006;85-9.
- [22]. Pujso R., Błach W., Pyski M., Skorupa H., Szymański T. Wpływ zmiany wysokości na
kontrolę Postawy ciała. Medycyna Sportowa – 2006;1:17-22.
- [23]. Pujso R., Skorupa H., Smaruj M., Adam M. Wydolność fizyczna a kontrola postawy
ciała nie trenujących kobiet. Research Yearbook. 2008; 1:20-26.
- [24]. Dmitruk K., Cieślicka M., i in. Wpływ krótkotrwałego, intensywnego wysiłku na
zdolność utrzymywania pionowej postawy ciała” Ann. UMCS, Sect. D. Medicina. –
2007;62(18)7:48-51.