

Małgorzata Pyskir¹, Ryszard Pujszo², Maciej Bosek¹, Bronisław Grzegorzewski¹, Wiesław Błach³

¹ Zakład Biofizyki, Akademia Medyczna, Bydgoszcz, Poland

² Studium Wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Bydgoska, Bydgoszcz, Poland

³ Katedra Metodyki Dyscyplin Sportowych, Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław, Poland

Correspondence: Pujszo Ryszard M.S
Akademia Bydgoska, Bydgoszcz, Poland
rychu54@interia.pl

WPLYW WYBRANYCH ĆWICZEŃ FIZYCZNYCH NA SYSTEM KONTROLI POSTAWY CZŁOWIEKA

INFLUENCE OF CHOSEN PHYSICAL EXERCISES ON HUMAN POSTURE CONTROL SYSTEM

Abstract

Background: Functioning of postural control system is important in practice of many sports discipline so, there is object of intensive research. In this paper the reaction of postural control system of students on physical fetch and exercises disturbing balance has been researched.

Material and methods: 22 students from I course AB were chosen. Test PWC170, test of anaerobic efficiency, rotary test and posturography tests were done.

Results: Posturography and sporting tests has been compared. There were founded two student groups with different reactions of postural control system for warm-up. Changes in postural control system after warm-up and disturbances of balance are presented.

Conclusions: Usefulness of posturography tests for sporting research has been show. Results of posturography tests have been compared with results of popular tests carried at athletes.

Key words: posturography, sport tests, pwc 170

Streszczenie

Tło: Funkcjonowanie systemu kontroli postawy jest ważne w praktyce wielu dyscypliny sportowych oraz jest przedmiotem intensywnych badań. W niniejszym artykule opisano reakcję systemu kontroli postawy studentek na wysiłek fizyczny i ćwiczenia zakłócające równowagę. *Material i metody:* 22 studentki I roku AB zostały przebadane testem PWC₁₇₀, testem wydolności beztlenowej, testem obrotowym, oraz testem posturograficznym.

Wyniki: Porównano wyniki testów sportowych oraz testów posturograficznych. Wyodrębniono dwie grupy studentek o różnych reakcjach systemu kontroli postawy ciała na rozgrzewkę. Przedstawiono zmiany reakcji systemu kontroli postawy ciała po rozgrzewce.

Wnioski: Wykazano przydatność testów posturograficznych w połączeniu z popularnymi testami sportowymi.

Słowa kluczowe: posturografia, testy sportowe, pwc 170

Wstęp

Zdolność utrzymywania równowagi ciała zarówno w spoczynku, jak i przy wykonywaniu dowolnych czynności ruchowych jest bardzo ważną cechą każdego człowieka decydującą często o możliwości wykonania określonego zadania ruchowego jak również o własnym bezpieczeństwie. Stwierdzić można więc, że powyższa cecha ma wymierny wpływ na pracę zawodową człowieka oraz na jego możliwości aktywnego wypoczynku. Pod względem fizycznym równowaga ciała człowieka jest to stan, w którym spełniane są warunki:

- suma sił zewnętrznych równa się zero $\Sigma F = 0$
- suma momentów sił równa się zero $\Sigma M = 0$

Jednocześnie rozróżnia się trzy stany równowagi

- stan stały – ciało po wytrąceniu z położenia równowagi wraca do niego po określonym czasie t_1
- stan obojętny – ciało po wytrąceniu z położenia równowagi wraca do niego po określonej zmianie położenia Δs
- stan chwiejny – położenia środka ciężkości ciała zmienia się w sposób ciągły wytracając energię potencjalną [1].

Człowiek utrzymuje równowagę ciała dzięki informacjom pochodzącym z trzech kierunków: receptorów wzrokowych, receptorów czuciowych oraz z układu przedsionkowego, w którym znajduje się właściwy zmysł równowagi. Zmysł ten dostarcza informacji o przyspieszeniach

liniowych i kątowych ciała ludzkiego oraz wyzwała odruchy mające na celu utrzymanie równowagi. Próg pobudliwości liniowej wynosi 15 cm/s^2 , natomiast pobudliwości kątowej odpowiednio od 0,3 do $0,8 \text{ rad/s}^2$ co świadczy o dużej czułości tego układu [2,3].

Wiadomo również, że zmysł równowagi wrażliwy jest na wiele czynników zewnętrznych i wewnętrznych (zmęczenie, zdenerwowanie, temperatura ciała, ciśnienie atmosferyczne i inne) jak również na związki chemiczne przedostające się do ustroju drogą pokarmową (alkohol, narkotyki, leki psychotropowe, uspokajające i inne) [3].

Równowaga ciała niezbędna jest również w wielu dyscyplinach sportowych, jak: akrobatyka, gimnastyka, sporty samolotowe, skoki (narciarskie, o tyczce, do wody), w wielu konkurencjach lekkoatletycznych oraz sportach walki. Z powyższych względów badaniem wpływu różnego rodzaju zakłóceń wpływających na układ równowagi zajmują się zarówno przedstawiciele nauk medycznych jak również trenerzy i badacze z zakresu kultury fizycznej. Pomimo uwarunkowania genetycznego praca systemu kontroli ciała jest cechą możliwą do poprawienia przez trening sportowy [4]. Pomiaru równowagi dokonuje się przy pomocy technik podzielonych na dwie grupy:

- techniki instrumentalne – bardzo dokładne lecz wymagające wyspecjalizowanej i drogiej aparatury z oprogramowaniem komputerowym (posturometry, platformy)
- testy równowagi – proste i dobre narzędzie pracy trenera jednak kosztem dokładności (Eurofit, Test obrotowy, Test Starosty)

Powyższy system pomiarowy stwarza możliwości sprawdzenia pracy systemu kontroli postawy w stanie spoczynku jak również jego reakcji na pobudzenie bodźcami obrotowymi lub innymi w celu wykrycia ewentualnych upośledzeń w populacji ludzkiej lub też wrażliwości na elementy obrotowe w populacji sportowców [6].

Jak dotychczas nie opracowano jeszcze ogólnopolskich norm dotyczących poziomu równowagi. W prezentowanych badaniach starano się porównać pomiar posturograficzny opisany oryginalnym własnym programem komputerowym [5], z popularnym testem równowagi [4].

Przeprowadzono również analizę potencjalnego wpływu niektórych parametrów fizjologicznych na równowagę ciała.

Material i metody badań

W badaniach przeprowadzonych w styczniu 2004 roku wzięły udział 22 osoby wybrane losowo spośród studentek I roku Akademii Bydgoskiej objętych obowiązkiem wychowania fizycznego i nietreningujących. Jednocześnie z badań wyłączono studentki kierunku wychowanie fizyczne. Badania składały się z czterech pomiarów, przy czym dwa wykonywano pierwszego dnia oraz kolejne dwa w dniu następnym. Testy wykonywano w pomieszczeniu zamkniętym, wentylowanym w temperaturze 19°C w godzinach popołudniowych. W obu dniach ciśnienie zewnętrzne było takie samo i wynosiło 1015 hPa. Osoby badane deklarowały dobrą dyspozycję psychiczną i niezakłócony stan fizjologiczny.

W pierwszym dniu przeprowadzono:

* test PWC₁₇₀ na ergometrze wioślarskim typu Concept II wykonując dwa 5 minutowe submaksymalne wysiłki o wzrastającej mocy. Poprzedzone one zostały 5 minutową rozgrzewką przy zachowaniu 5 minutowej przerwy. W czasie wysiłku następował pomiar tętna przy użyciu Polar Sport Testera.

Wartość PWC₁₇₀ znajdowano na podstawie zależności między mocą wysiłku, a pomiarem tętna przez ekstrapolację do wartości 170 uderzeń/ min [2].

* test 30'' wydolności beztlenowej również na ergometrze Concept II z użyciem programu "e – Row" odnotowując uzyskaną moc maksymalną.

W drugim dniu przeprowadzono:

* test obrotowy (wg Kalina M.R. i współpracownicy) polegający na wykonaniu 6 wyskoków w górę połączonych z obrotem o 360° na przemian przez lewe i prawe ramię w czasie 12 s. Odnotowywano dokładność lądowania stopami na linię wyznaczoną na podłożu i oceniano w skali degresywnej od 0 do 18 pkt. (0-3 pkt./skok). Po całkowitym odpoczynku (ok. 1 godziny) wykonano:

* pomiary posturograficzne na posturografie firmy PROMED – Janusz Otton. Urządzenie to rejestrowało wychylenie centrum nacisku ciała na platformę siłową w kierunku przód tył (oś Y) oraz niezależnie w kierunku bocznym (oś X). W czasie testu badana osoba stała nieruchomo na posturografie, w postawie wyprostowanej, z luźno spuszczonej rękoma. Stopy badanej ustawione były pod kątem 30°, ze złączonymi piętami.

Badania powtarzano wg poniższej procedury:

1. Test posturograficzny przed rozgrzewką
2. Test posturograficzny po wykonaniu rozgrzewki na poziomie ok. 120 uderzeń/ min.
3. Test posturograficzny po wykonaniu próby zakłócającej równowagę (osoba badana wykonywała 6 przewrotów w przód z pozycji stojącej z obrotem przez to samo ramię w czasie 12 s)
4. Test posturograficzny po 30 s odpoczynku.

Wszystkie pomiary dokonane zostały przy oczach otwartych.

W analizie stabilogramów przyjęto model opisany już w literaturze [5]. W wyniku analizy danych z posturografu otrzymuje się współczynnik D_r , który jest miernikiem aktywności systemu kontroli postawy [5,11]. Dokonano obliczeń wartości tego współczynnika w każdym z wykonanych testów dla wszystkich badanych osób. Obliczenia wykonano przy użyciu własnego programu.

Wykonano również obliczenie stopnia zakłócenia równowagi wg wzoru:

$$S_z = \left(\frac{D_{rp} - D_{rs}}{D_{rs}} \right) \quad \text{Eqn.1}$$

oraz stopnia restytucji D_r po zakłóceniu stanu równowagi przewrotami wg wzoru:

$$S_r = \left(\frac{D_{rz} - D_{r32}}{D_{rz} - D_{rs}} \right) \cdot 100\% \quad \text{Eqn.2}$$

gdzie:

S_z – wartość zmienności D_r

D_{rs} – wartość parametru D_r przed rozgrzewką

D_{rz} – wartość parametru D_r w pierwszym teście po przewrotach

D_{r32} – wartość parametru D_r w drugim teście po przewrotach

Wyniki opracowano podstawowymi metodami statystycznymi (dla prób zależnych) z użyciem programu Statistica.

Ze względu na brak standardów ogólnopolskich dotyczących wyników uzyskiwanych na ergometrze wiosłarskim otrzymane wartości można jedynie oszacować korzystając z badań

wioślarzy i badań porównawczych prowadzonych na różnego rodzaju ergometriach [7, 8, 9]. Podstawowe dane antropometryczne grupy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe dane antropometryczne.

Liczność grupy	Wiek (lata)	Zakres (lata)	Wysokość (cm)	Zakres (cm)	Masa (kg)	Zakres (kg)	BMI (kg/m ²)	Zakres (kg/m ²)
n=22	20,4±0,8	20-22	1,63±0,7	1,47-1,77	59,4±8	45-75,5	22,3±2,2	17,1-27,2

Wyniki badań

Średnie wyniki pomiarów aktywności systemu kontroli postawy (D_r), parametrów S_r oraz S_z przedstawiono w tabeli 2; średnie wyniki testów przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Średnie wyniki pomiarów równowagi.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
liczność grupy n	r- spocz mm ² /s	zakres mm ² /s	r- po rozgrz mm ² /s	zakres mm ² /s	r-po przewr otach mm ² /s	zakres mm ² /s	r-po 30`` odpocz	Zakres mm ² /s	S _r stopień restytucji %	zakres	S _z stopień zakłócenia	zakres
n=22	5±2,42	0,98-11,39	6,75±3,37	2,55-14,01	10,37±6,22	3,76-28,19	6±3,03	1,8-13,85	81,4±83,9	6,5-411,5	1,1±1,5	-0,15-3,83

Tabela 3. Średnie wyniki testów.

1	2	3	4	5	6	7
Liczność grupy	PWC ₁₇₀ /masa (W/kg)	zakres (W/kg)	30`` test mocy P _{max} /masa (W/kg)	zakres (W/kg)	test obrotowy (n)	zakres (n)
n=22	1,48±0,25	1,2-2,2	4,6±0,9	3-6,2	7,05±2,63	1-10

Wstępna analiza statystyczna tabeli 2 i tabeli 3 wykazała korelację pomiędzy następującymi pomiarami:

* w tabeli 2

pozycja	2 x 6	c.d.	0,67
Pozycja	6 x 8	c.d.	0,69
pozycja	4 x 8	c.d.	0,71
pozycja	2 x 8	c.d.	0,74

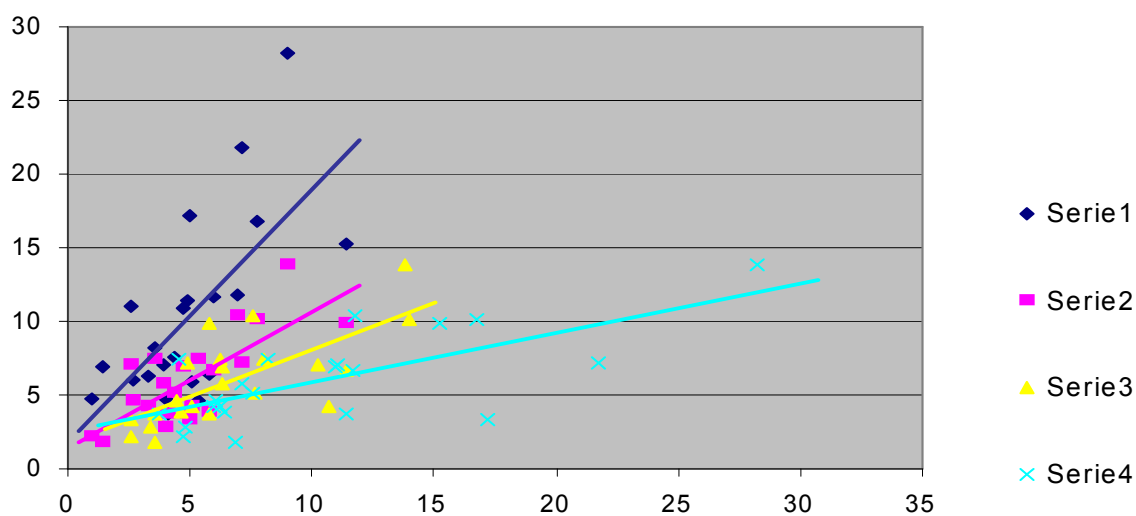
* w tabeli 3

pozycja	4 x 6	c.d.	-0,71
pozycja	2 x 4	c.d.	0,63

Pozostałe wartości korelacji są zbyt niskie by mówiły o istotnej sile związku jak również nie wykazano żadnej istotnej korelacji międzytabelarycznej. Przedstawione wyniki mówią o największym uzależnieniu parametru D_r po 30'' odpoczynku (3 powiązania), w następnej kolejności aktywność systemu kontroli postawy w spoczynku i po przewrotach (2 powiązania) oraz D_r po rozgrzewce (1 powiązanie).

Krzywe regresji obrazujące poszczególne stany równowagi przedstawiono na wykresie 1, odnotowując również współczynniki korelacji (c.d.)

Wykres 1. Krzywe regresji dla różnych stanów równowagi.



Dalsza analiza danych wyjściowych pozwala podzielić populację na dwie grupy:

- grupa bardziej stabilna po rozgrzewce (6 osób) – A
- grupa mniej stabilna po rozgrzewce (16 osób) – B

Wyniki badań posturograficznych oraz testów dla obu grup przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Tabela 4. Wyniki badań posturograficznych i testów dla grupy bardziej stabilnej po rozgrzewce (A).

liczność grupy	D _r -spocz. mm ² /s	D _r -po rozgrz mm ² /s	D _r -po przewrotach mm ² /s	D _r -po 32`` odpoczynku mm ² /s	S _r %	S _z	test obrotowy	30`` test mocy P _{max} /masa (W/kg)	PWC ₁₇₀ /masa
n=6 (27,3%)	6,21 ±2,79	4,15 ±1,17	11,53 ±7,53	5,11 ±2,76	120,9 ±100,6	0,86 ±1,7	7,5 ±2,3	4,37 ±0,7	1,37 ±0,1

Tabela 5. Wyniki badań posturograficznych i testów dla grupy mniej stabilnej po rozgrzewce (B).

liczność grupy	D _r -spocz. mm ² /s	D _r -po rozgrz mm ² /s	D _r -po przewrotach mm ² /s	D _r -po 32`` odpoczynku mm ² /s	S _r %	S _z	test obrotowy	30`` test mocy P _{max} /masa (W/kg)	PWC ₁₇₀ /masa
n=16 (72,7%)	4,52* ±2,18	7,72 ±3,43	9,94* ±5,87	6,34* ±3,14	66,4* ±73,9	1,2* ±1,7	6,9 ±2,8	4,63 ±0,9	1,53 ±0,3

* Różnica istotna statystycznie na poziomie $p < 0,05$ – wartości w tych samych kolumnach tabel 4 i 5.

Z tabel 4 i 5 widać wyraźne różnice w przebiegu zmian aktywności systemu kontroli postawy w trakcie badań, jak również różny stopień zmian współczynnika D_r i stopień restytucji, który w przypadku grupy A osiąga poziom superkompensacji natomiast w przypadku grupy B osiąga jedynie nieco ponad 66% stanu spoczynkowego.

Przebieg zmian stanów aktywności systemu kontroli postawy występujących w grupach A i B przedstawiono na wykresie 2.

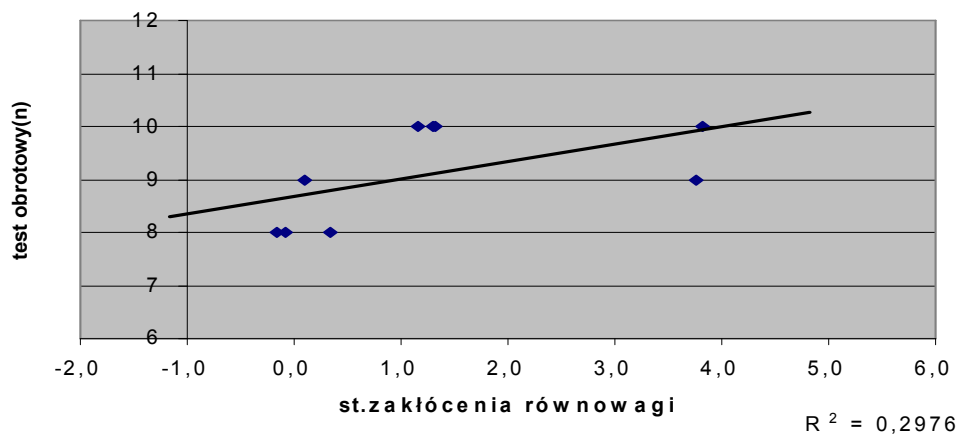
Wykres 2. Przebieg zmian stanów aktywności systemu kontroli postawy występujących w grupach A i B.



Wykres uwidacznia wyraźnie różny przebieg zmian parametru D_r dla obu grup. Jednocześnie z tabeli 3 widać wysoką wartość korelacji między testem obrotowym a maksymalną mocą beztlenową (c.d. = - 0,71). Dlatego też postanowiono potraktować ją jako zmienną grupującą i ponownie przeprowadzić analizę pomiędzy w/w zakresami. Wyniki przedstawiono na wykresach 3 i 4 rozgraniczając grupę na dwie:

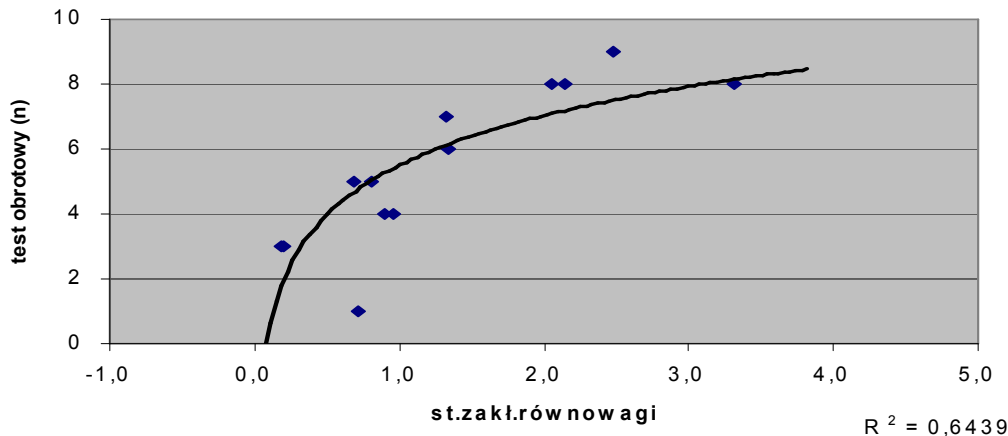
- zmniejszonej wydolności beztlenowej $P_{\max}/\text{masa} < 4,2$ (n = 9)
- normalnej wydolności beztlenowej $P_{\max}/\text{masa} > 4,2$ (n = 13)
-

Wykres 3. Wykres regresji dla grupy o zmniejszonej wydolności beztlenowej $P_{\max}/\text{masa} < 4,2$



Z wykresu widać, że mała zmiana aktywności systemu kontroli postawy nie przekłada się na dobry wynik w teście obrotowym. Jednocześnie widoczna jest niewielka korelacja (c.d. = 0,55).

Wykres 4. Wykres regresji dla grupy o normalnej wydolności beztlenowej $P_{\max}/\text{masa} > 4,2$.



Z wykresu widać, że niski stopień zmian aktywności systemu kontroli postawy przekłada się na dobry wynik w teście obrotowym, przy czym korelacja jest wysoka ($R^2 = 0,64$).

Dyskusja

Pomiar parametru opisującego aktywność systemu kontroli postawy w przydatność różnych sytuacjach testowych wykazał przydatność metody pomiaru posturometrycznego wraz z nowym oprogramowaniem zarówno do badań systemu kontroli postawy, jak i powrotu do stanu wyjściowego. Jednocześnie wyniki korelacji pomiędzy poszczególnymi pomiarami wykazały największą siłę związku pomiędzy poziomem D_r po 32 sekundach wypoczynku, a stanem spoczynkowym, pracą systemu kontroli postawy po rozgrzewce i po zakłóceniu przewrotami. Wyniki testów przedstawione w tabeli 3 $PWC_{170}/\text{masa} = 1,48$ (W/kg) i testu obrotowego $n = 7,05$ pkt. są wartościami charakterystycznymi dla osób nie trenujących zgodnymi z wcześniejszymi doniesieniami [4,10]. Wynik $P_{\max}/\text{masa} = 4,6$ (W/kg) jest na razie nieweryfikowalny ze względu na brak ogólnopolskich standardów. Wzajemne korelacje wyników z tabeli 3 potwierdzają jedynie losowość doboru grupy gdyż pokazują, że "osoby trochę sprawniejsze" mają lepsze wyniki we wszystkich testach, więc nie występuje zjawisko specjalizacji charakterystyczne dla sportu wyczynowego.

Badania wykazały różne reakcje na średnio intensywnej rozgrzewce ($t \cong 120$ uderzeń/min.) Spadek aktywności systemu kontroli postawy po rozgrzewce wystąpił u 27,3% ($n = 6$) grupy, natomiast wzrost u 72,7% ($n = 16$). Jednocześnie spadek parametru D_r po rozgrzewce nie wykazuje korelacji z żadnym innym parametrem, dlatego na tym etapie jedynym wytłumaczeniem wydaje się być wysoka pobudliwość nerwowa w tej grupie, która miała wpływ na wynik testu spoczynkowego i którą przysłonił średni wysiłek fizyczny. Pośrednio potwierdza to zjawisko superkompensacji występujące po 30 sekundowym wypoczynku. W grupie tej wystąpił również istotnie niższy stopień zmian parametru D_r ($S_z = 0,86$ wobec $S_z = 1,2$ w grupie drugiej). Podsumowując: "grupa bardziej nerwowa ulega niższemu zakłóceniu równowagi i lepszemu powrotowi do równowagi wyjściowej ze zjawiskiem superkompensacji".

Bezpośrednie porównanie stopnia zmian D_r z wynikiem testu obrotowego stało się czytelne dopiero po uwzględnieniu trzeciej zmiennej – wydolności beztlenowej. Sugeruje to istnienie pewnego krytycznego progu mocy beztlenowej, powyżej którego wyniki testu obrotowego są zgodne z posturometrycznymi pomiarami aktywności systemu kontroli postawy. Poniżej tego progu test obrotowy nie odzwierciedla faktycznego stanu aktywności systemu kontroli postawy. Wartość tego progu wynosząca w tych badaniach $P_{max}/masa \cong 4,2$ (W/kg) nie jest na razie weryfikowalna dlatego sugeruje się przeprowadzenie podobnych testów na ergometrze rowerowym ewentualnie z użyciem innych testów maksymalnej mocy beztlenowej.

Brak korelacji jakiegokolwiek parametru z testem PWC_{170} może sugerować, że przeprowadzona rozgrzewka, a później seria przewrotów nie wzmogły w sposób istotny ruchów klatki piersiowej bądź też zostały one w jakiś sposób skompensowane i nie zakłócały stanu równowagi.

References

- [1].Praca zbiorowa "Mała encyklopedia sportu" Sport i Turystyka Warszawa 1987
- [2].Jaskólski A. "Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego" AWF Wrocław 2002
- [3].Traczyk W. "Anatomia i fizjologia człowieka" PZWL 1986
- [4].Kalina M.R. "Sporty walki w edukacji dzieci i młodzieży – perspektywa metodyczna" Wydawnictwo Naukowe Novum Płock 2002
- [5].Bosek M., Grzegorzewski B., (2001). Analiza skal czasowych błędzenia centrum nacisku człowieka. W: XII Krajowa Konferencja Naukowa "Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna". 2001;1: 48-51

- [6].Kochanowicz K. "Badania diagnostyczne w procesie doboru i selekcji" w „Trening”
ISDN nr 3/2001
- [7].Klusiewicz A. i wsp. "Wydolność fizyczna polskich wioślarek i wioślarzy" Sport
Wyczynowy nr 9 – 10/1997
- [8].Klusiewicz A. i wsp. "The usefulness of PWC In assessing ergometer" Biology of Sport
1997
- [9].Bouckaert J I wsp. "Cardiorespiratory Response to Bicycle and Rowing Egometer
Exercisein in Oarsmen" Eur Journal of Apply Phisilogy nr 5/1983
- [10]. Pujszo R. "Wydolność fizyczna studentek I roku Akademii Bydgoskiej – 2002/2003"
Kultura Fizyczna nr 7-8/2004
- [11]. Collins J.J., De Luca C.J. "Open-loop and closed-loop control of posture: random-walk
analysis of center-of-pressuretrajectories" Experimental brain research 1993 vol. 95,
pp.308-318