

## Ryszard Pujszo<sup>1</sup>, Wiesław Błach<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Studium Wychowania Fizycznego i Sportu, UKW Bydgoszcz

<sup>2</sup> Katedra Metodyki Dyscyplin Sportowych AWF Wrocław

### **Wpływ pory dnia i efektu adaptacji na pomiar kontroli postawy ciała**

Influence of the time of the day and the effect of adaptation on the control of body posture measurement

#### **Streszczenie**

Doświadczenia własne zdobyte podczas wieloletnich badań posturograficznych prowadzonych zarówno na sportowcach jak i osobach nie trenujących pozwoliły zaobserwować zjawisko uzyskiwania coraz lepszych wyników w następujących po sobie badaniach, bez widocznej dającej uzasadnić się przyczyny. Postanowiono sprawdzić czy osoby badane mimowolnie nie „uczą” się spokojnego stania w trakcie badania posturograficznego, czyli czy nie występuje efekt adaptacyjny w stopniu istotnym. Ze względu na to, że badania masowe prowadzone były o różnych porach dnia postanowiono sprawdzić czy i ten czynnik nie ma wpływu na otrzymywane wartości pomiarów posturograficznych.

#### **Abstract**

The authors' experience gained during many years of research conducted posturographic athletes and not exercisers people see the phenomenon of obtaining better results in successive trials, with no apparent justification giving a reason. It was decided to check whether the subjects were inadvertently not "learn" to stand quietly during the posturographic study, or whether there is an adaptive effect. Due to the fact that the tests were conducted at

different times of the day and it was decided to test if this agent has no effect on the measured posturographic values

**Słowa kluczowe:** kontrola postawy ciała, adaptacja, pory dnia.

## **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, temperatura otoczenia, wysokość obserwacji i inne [6,7,8,23]. Wykazano również, że długotrwały trening bogaty w elementy zakłócające równowagę powoduje również trwałe zmiany w kontroli postawy ciała [9].

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 latach wcześniejszych zaobserwowano zjawisko uzyskiwania coraz lepszych wyników w pomiarach kontroli podstawy ciała uzyskiwanych w trakcie powtarzających się dzień po dniu badań, które nie miały uzasadnienia treningowego. Jednym z możliwych wytłumaczeń mógł być wpływ pory dnia w której przeprowadzono badanie lub też zdolności adaptacyjne organizmu człowieka które to pozwalały bardzo szybko uczyć się stabilnego stania na posturografie, zarówno przed jak i po teście zakłócającym równowagę. Podjęto więc próbę znalezienia związku pomiędzy porą dnia, a pracą systemu kontroli postawy ciała oraz próbę zweryfikowania hipotezy o szybkiej adaptacji człowieka do zachowania stabilnej postawy na posturografie w wyniku wielokrotnych badań. Do badań zastosowano jedną z bardziej znanych i dokładniejszych technik pomiaru pracy systemu kontroli postawy ciała – posturografię. Pomiar polegał na rejestrowaniu położenia centrum nacisku człowieka (C.O.P.) na specjalną platformę, rejestrowanego przez 32s w wyniku czego otrzymywano tzw. statokineziogram [8,10].

Spośród wielu obliczanych parametrów do analizy wzięto wyłącznie pole powierzchni rozwiniętej tego stabilogramu, gdyż powszechnie uważa się, że im wyższe wartości przyjmuje ten parametr tym gorsza jest kontrola postawy ciała [3,4,5,7,12].

## Material i metody badań

W badaniach przeprowadzonych w miesiącu wrześniu 2006 roku, w trakcie obozów naukowych Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego wzięły udział łącznie 32 studentki. Badania składające się z dwu testów prowadzone były godzinach 10.00, 14.30. oraz 19.00. Badania prowadzono w dużym, wentylowanym pomieszczeniu zamkniętym o temperaturze ok. 20° C. W celu sprawdzenia hipotezy o szybkiej adaptacji systemu kontroli postawy ciała do zachowania stabilnej postawy na posturografie przeprowadzono test nr1, natomiast w celu sprawdzenie związku między porą dnia a stopniem zakłócenia pracy układu kontroli postawy ciała człowieka przeprowadzono test nr 2. W oparciu o wynik testu nr1 wprowadzono przerwę między pomiarami do testu nr 2.

Test nr1. wykonywany przez 5 kolejnych dni oraz po 1 dniu przerwy wykonywano pomiar szósty w godzinach 10.00., 14.30., 19.00. 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 18 s i następnie ponownym zdjęciu stabilogramu [9].

Test nr 2. wykonywany przez 4 dni przedzielone co najmniej 1 dniem przerwy wykonywany w godzinach 10.00., 14.30., 19.00. 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 18 s i następnie ponownym zdjęciu stabilogramu [9].

Osoby badane deklarowały dobrą dyspozycję psychiczną, niezakłócony stan fizjologiczny oraz brak wcześniejszych urazów neurologicznych i narządów ruchu. Wszystkie pomiary dokonane zostały przy oczach otwartych na urządzeniu platforma tensometryczna – posturograf (prod. Wojskowe Zakłady Medycyny Lotniczej), ze standardowym oprogramowaniem. Do analizy zmian zachodzących w pracy systemu kontroli postawy ciała zaproponowano  $S_i$  – pole powierzchni rozwiniętej stabilogramu,  $i = 0, 1$ .

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

$i = 1$  - pole powierzchni po zakłóceniu przewrotami.

Obliczono również względną zmianę pola powierzchni stabilogramu, zwaną dalej stopniem zakłócenia kontroli postawy ciała  $Z_1$

$$Z_1 = \frac{S_1 - S_0}{S_0}$$

Wyniki opracowano metodami statystycznymi z użyciem programu *Statistica*. Podstawowe dane antropometryczne badanej grupy przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Dane antropometryczne badanych studentek.

Liczność grupy	Wiek (lata)	Zakres (lata)	Wysokość (m)	Zakres (m)	Masa (kg)	Zakres (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Zakres (kg/m <sup>2</sup> )
n=32	22,75	20,25-24,25	1,68	1,58-1,78	61,42	50,0-71,5	21,62	18,1-26,4

## Wyniki

W tabeli nr 2 przedstawiono średnie wartości pomiarów pola powierzchni statokinezygramu wstaniu spokojnym  $S_0$  i po zakłóceniu przewrotami  $S_1$  oraz średnie wartości stopnia zakłócenia kontroli postawy  $Z_1$  ciała uzyskane w teście nr 1.

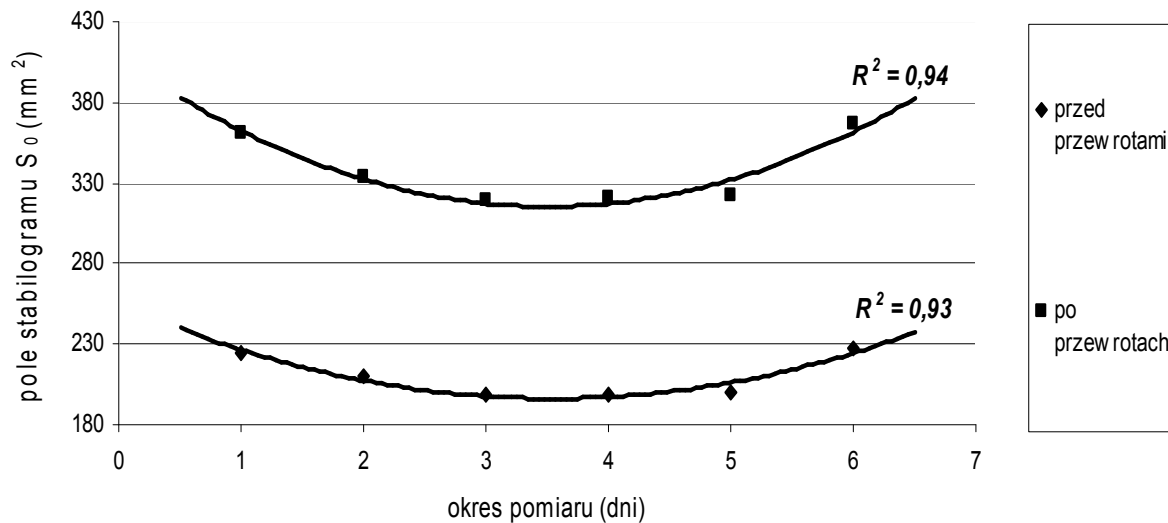
Na rys 1. przedstawiono zmiany pola powierzchni statokinezygramu w kolejnych dniach otrzymane w stanie spokojnym  $S_0$  i po zakłóceniu przewrotami  $S_1$  w teście nr 1.

Tabela 2. Średnie wartości pomiarów pola powierzchni stabilogramu, oraz stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała w teście nr 1 w grupie badanych kobiet.

liczność n	dzień	$S_0$ (mm <sup>2</sup> )		$S_1$ (mm <sup>2</sup> )		$Z_1$	
		x	sd	x	sd	x	sd
32	1	224,72	105,34	360,98	155,66	0,61	0,27
		*		*			
	2	209,65	103,31	333,26	150,22	0,59	0,31
		*		*			
	3	199,07	112,15	319,31	144,82	0,60	0,28
		*		*			
	4	198,58	108,22	320,88	146,27	0,62	0,32
	5	200,02	107,25	322,76	138,24	0,61	0,31
	6	227,70	106,25	366,12	157,31	0,61	0,29
		*		*			

\* różnice w kolumnie istotne statystycznie na poziomie  $p < 0,05$ .

Ryc. 1. Zmiany pola powierzchni stabilogramu w kolejnych dniach otrzymane w staniu spokojnym  $S_0$  i po zakłóceniu przewrotami  $S_1$  w teście nr 1 w grupie badanych kobiet.



Wartości pola statokinezygramu uzyskane w kolejnych dniach zmieniają się zarówno w przypadku pomiarów w staniu spokojnym jak i pomiarów po zakłóceniu równowagi przewrotami w sposób podobny co przedstawiają linie trendu dla obu wykresów punktowych. Współczynnik determinacji  $R^2 = 0,93$  i  $R^2 = 0,94$  jest w obu przypadkach bardzo wysoki co świadczy o dużej sile związku pomiędzy zmiennymi.

Wstępna analiza otrzymanych wyników wykazała:

- pole stabilogramu  $S_0$  otrzymane w pomiarze w staniu spokojnym maleje przez pierwsze 3 dni badań a różnice są istotne statystycznie.
- pole stabilogramu  $S_1$  otrzymane w pomiarze po zakłóceniu przewrotami maleje przez pierwsze 3 dni badań a różnice są istotne statystycznie.
- pole stabilogramu stabilizuje się na obniżonym poziomie w 4-tym i 5-tym dniu pomiaru zarówno w staniu spokojnym  $S_0$  jak i po zakłóceniu przewrotami  $S_1$ .
- pole stabilogramu po 1 dniu przerwy wzrasta w sposób istotny statystycznie zarówno w staniu spokojnym  $S_0$  jak i po zakłóceniu przewrotami  $S_1$ .
- stopień zakłócenia kontroli postawy ciała  $Z_1$  nie zmienia się w sposób istotny statystycznie we wszystkich pomiarach a jego wartość podobna była do uzyskiwanej w innych badaniach na osobach nie trenujących.

- Maksymalna zmiana pola stabilogramu wynosi 11,63% dla pomiaru w stanie spokojnym oraz 11,54% przy zakłóceniu przewrotami.

W Tabeli nr 3 przedstawiono średnie wyniki pomiarów pola powierzchni stabilogramów i średnie wartości stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała uzyskane w teście nr 2.

Na Ryc. 2 - 3. przedstawiono zmiany pola powierzchni stabilogramu w kolejnych dniach otrzymane w stanie spokojnym i po zakłóceniu przewrotami w teście nr 2.

Tabela 3. Średnie wyniki pomiarów pola powierzchni stabilogramu, oraz stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała w teście nr 2 badanej grupy kobiet.

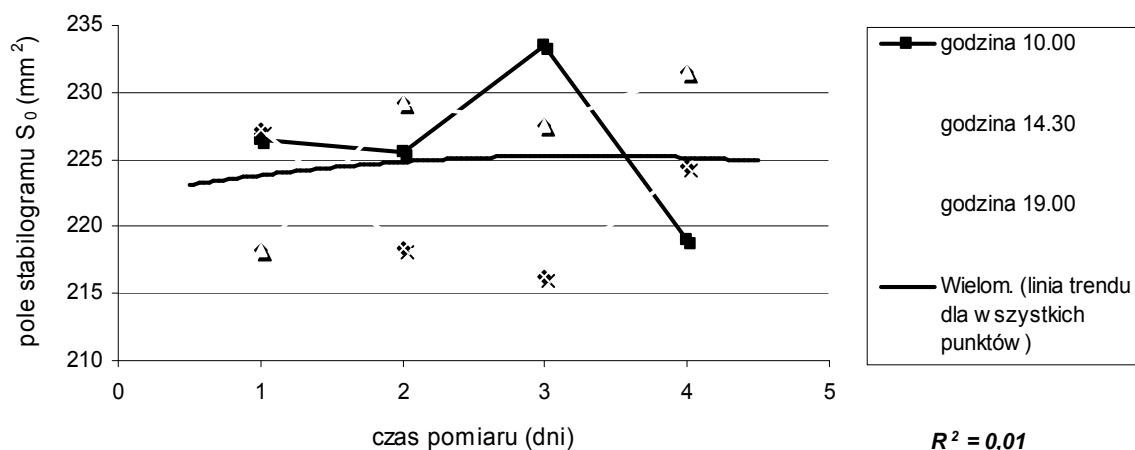
godzina 10.00							
liczność	dzień	$S_0$		$S_1$ (mm <sup>2</sup> )		$Z_1$	
		(mm <sup>2</sup> )					
n		x	sd	x	sd	x	sd
32	1	226,40	108,00	364,00	145,28	0,61	0,35
	2	226,38	110,12	357,41	144,11	0,58	0,34
	3	233,42	116,38	371,28	150,16	0,59	0,30
	4	219,00	104,87	351,00	146,44	0,60	0,32
godzina 14.30							
liczność	dzień	$S_0$		$S_1$ (mm <sup>2</sup> )		$Z_1$	
		(mm <sup>2</sup> )					
n		x	sd	x	sd	x	sd
32	1	218,28	102,86	350,00	142,26	0,60	0,33
	2	229,24	110,56	366,11	150,28	0,60	0,31
	3	227,48	115,32	367,55	149,66	0,62	0,34
	4	231,47	116,27	371,00	152,78	0,60	0,32
godzina 19.00							
liczność	dzień	$S_0$		$S_1$ (mm <sup>2</sup> )		$Z_1$	
		(mm <sup>2</sup> )					
n		x	sd	x	sd	x	sd
32	1	227,20	111,20	365,66	150,26	0,61	0,36
	2	218,35	107,32	348,12	146,35	0,59	0,32
	3	216,26	108,10	351,12	148,41	0,62	0,35
	4	224,50	115,21	354,25	146,35	0,58	0,31

Żadne różnice pomiędzy polami stabilogramu  $S_0$  nie są istotne statystycznie.

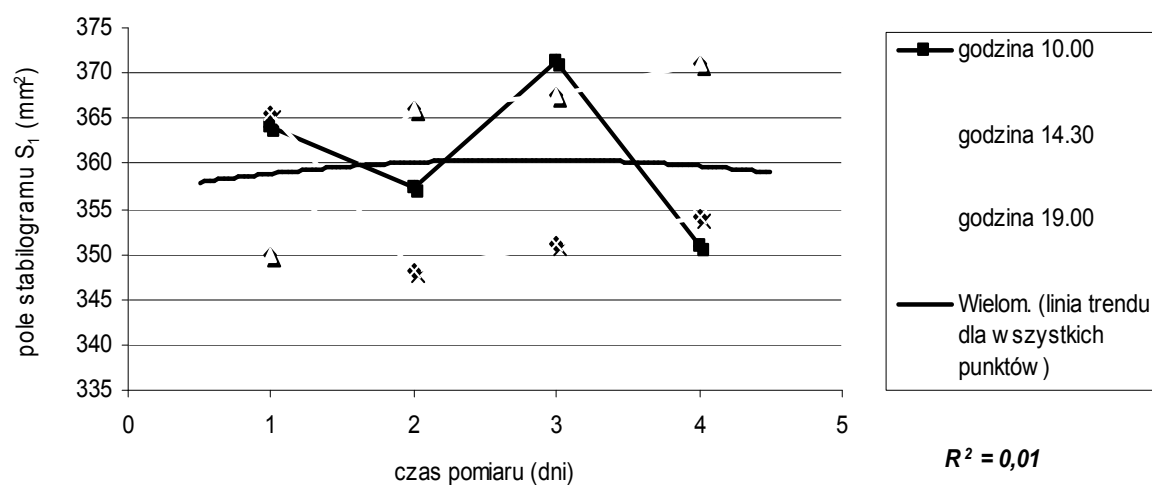
Żadne różnice pomiędzy polami stabilogramu  $S_1$  nie są istotne statystycznie.

Żadne różnice stopnia zakłócenia kontroli postawy ciała  $Z_1$  nie są istotne statystycznie.

Ryc. 2. Zmiany pola powierzchni stabilogramu w kolejnych dniach otrzymane w stanie spokojnym w teście nr 2 badanej grupy kobiet.



Ryc. 3. Zmiany pola powierzchni stabilogramu w kolejnych dniach otrzymane po zakłóceniu przewrotami w teście nr 2 badanej grupy kobiet.

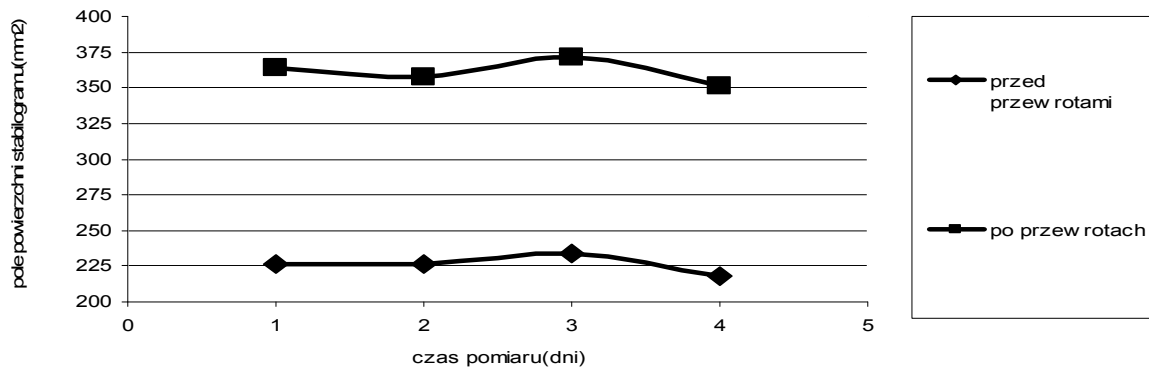


Współczynniki determinacji  $R^2 = 0,01$  przedstawiony na Rys. 2 oraz  $R^2 = 0,01$  przedstawiony na Ryc. 3 wskazują, że nie istnieje między zmiennymi istotny statystycznie związek, a rozkład punktów należy uznać za chaotyczny.

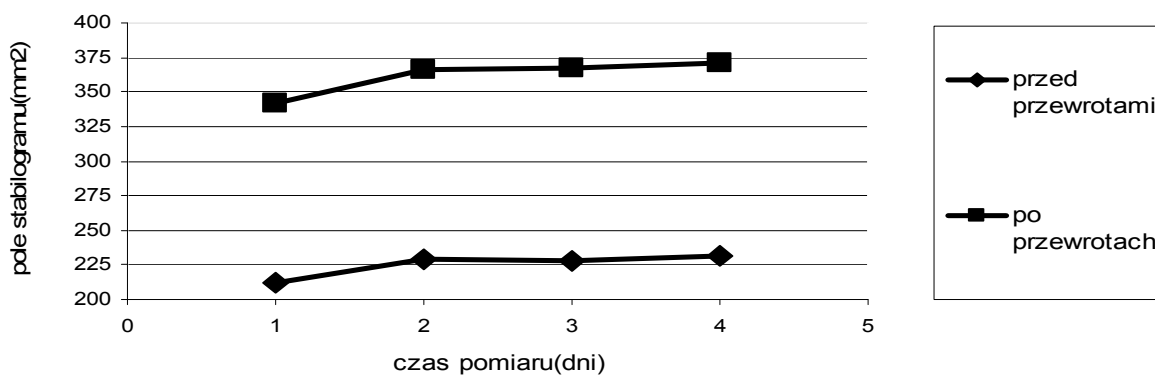
Również linie łączące wartości pola stabilogramów uzyskane w tych samych godzinach w różnych dniach nie wykazują żadnej prawidłowości, a ich układ ma charakter przypadkowy.

Na Ryc. 4-6. przedstawiono zmiany pola powierzchni stabilogramu przed wykonaniem testu z przewrotami i po wykonaniu testu z przewrotami w kolejnych dniach badawczych, oraz w kolejnych porach dnia pomiarowych.

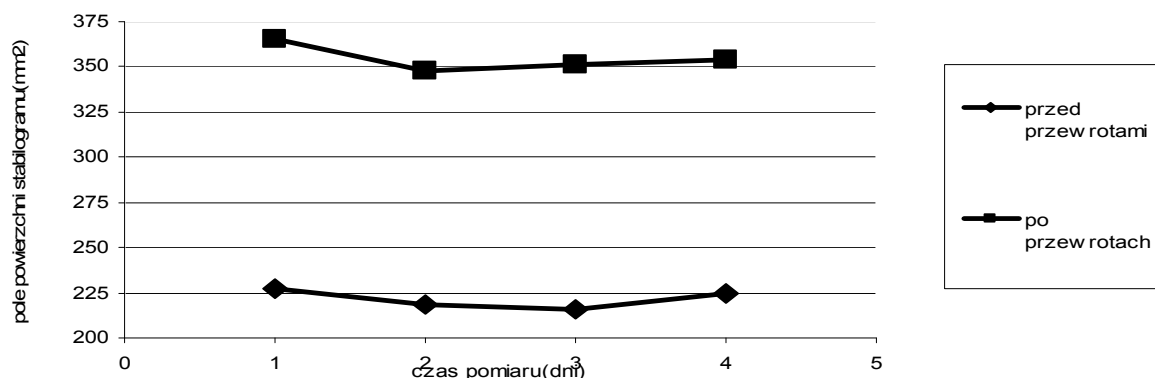
Ryc. 4. Zmiany pola powierzchni stabilogramu o godzinie 10.00 w kolejnych dniach pomiarowych w badanej grupie kobiet.



Ryc. 5. Zmiany pola powierzchni stabilogramu o godzinie 14.30 w kolejnych dniach pomiarowych w badanej grupie kobiet.



Ryc. 6. Zmiany pola powierzchni stabilogramu o godzinie 19.00 w kolejnych dniach pomiarowych w badanej grupie kobiet.



Na wykresach przedstawionych na Ryc.4-6. ujawnia się w sposób wyraźny proporcjonalność zmian pola powierzchni stabilogramu pomiędzy pomiarami wykonanymi w stanie spokojnym i po zakłóceniu równowagi przewrotami w każdej godzinie pomiarowej.

Powoduje to, że istnieje ujawniony w tabeli 3 efekt utrzymywania się stopnia zakłócenia równowagi  $Z_1$  na stałym poziomie.



## 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].

Badanie prowadzone na osobach trenujących sporty bogate w liczne stymulowane zakłócenia równowagi wykazały, że organizm ludzki uodparnia się na te zakłócenia czyli podlega klasycznemu treningowi. Opisywano to u tancerzy, wołyżerki, a nawet u zawodniczek trenujących amatorsko samoobronę [2,17], a także u zawodniczek judo [19]. Inne badania wskazywały na związki zakłócenia kontroli postawy ciała wraz ze wzrostem natężenia dźwięku [20], zmiany wysokości położenia środka ciężkości [21], oraz z wydolnością tlenową [22].

Ze względu na to, że badania posturograficzne mają często charakter masowy (więc pomiary robione są wielokrotnie), jak również wykonywane są w bardzo różnych porach dnia postanowiono sprawdzić czy często wykonywane pomiary nie powodują nawet krótkotrwałego efektu adaptacji do badania (uczenia się) a następnie sprawdzić czy pora dnia w której wykonywany jest pomiar nie ma wpływu na jego wartość. Ponieważ we wcześniejszych badaniach notowano istotny wpływ „efektu placebo” zakładano, że inne efekty (np. uczenia się) mogą również wystąpić przy pomiarach kontroli postawy ciała [23].

W niniejszych badaniach wykazano, że istnieje trwały efekt adaptacyjny (uczenia się) w pomiarze posturograficznym i dotyczy zarówno pomiaru w stanie spokojnym jak również pomiaru po zakłóceniu kontroli postawy ciała przewrotami.

Efekt adaptacyjny (uczenia się) w pomiarze w stanie spokojnym oraz identycznie po zakłóceniu przewrotami wykazano przy 6 pomiarach posturograficznych dziennie przez 3 dni po których następowała stabilizacja. Badania sugerują również, że efekt ten ma charakter krótkotrwały gdyż po 1 dniu przerwy pomiar powrócił do wartości początkowych (uczenie się zostało zapomniane). Efekt adaptacyjny wynosił 11,63% dla pomiarów w stanie spokojnym oraz 11,54% dla pomiarów po zakłóceniu równowagi przewrotami i w każdym przypadku był istotny statystycznie.

Równocześnie wykazano, że współczynnik zakłócenia  $Z_1$  kontroli postawy ciała nie ulegał zmianom.

Badanie wpływu pory dnia na wartość wykonywanych pomiarów wykazało, że wpływ taki nie istnieje. Dokonywane o różnych porach wartości pomiarów posturograficznych w stanie spokojnym  $S_0$  osiągały o różnych porach zbliżone wartości, a różnice okazały się nieistotne statystycznie.

Również wartości pomiarów posturograficznych po zakłóceniu równowagi przewrotami  $S_1$  dokonywane o różnych porach osiągały zbliżone wartości, a różnice okazały się nieistotne statystycznie.

Współczynnik zakłócenia kontroli postawy  $Z_1$  ciała nie ulegał zmianom istotnym statystycznie.

Analiza otrzymanych wyników pozwala na poniższe sformułowanie wniosków:

- Efekt adaptacyjny występuje przy wielokrotnych pomiarach posturograficznych i dotyczy zarówno pomiarów w stanie spokojnym jak i pomiarów po zakłóceniu równowagi.
- Efekt adaptacyjny ma charakter nietrwały z tendencją do stabilizacji po trzecim dniu.
- Efekt adaptacyjny ma wartość liczbową ok. 11,5% zarówno dla pomiarów w stanie spokojnym jak i dla pomiarów po zakłóceniu równowagi jest więc proporcjonalny.
- Efekt adaptacyjny nie dotyczy wartości przeliczeniowych (np.  $Z_1$ ) ze względu na swoją proporcjonalność.
- Pora dnia dokonywania pomiarów posturograficznych nie ma istotnego wpływu na uzyskiwane wartości.

## References

- [1]. Błach W. Amplituda maksymalnych swobodnych wychyleń ciała zawodników dzudo i studentów AWF w płaszczyźnie strzałkowej. Człowiek i Ruch- Human Movement 2001;2(4);82-86.
- [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, nr 5-6.

- [5]. Samołyk A., Wierzbicka-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 13-14.11.2003.
- [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):247-253.
- [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;95:308-318.
- [11]. Kochanowicz K. Badania diagnostyczne w procesie doboru i selekcji. *Trening* 2001;3.
- [12]. Kowalska S. i wsp. Zastosowanie statokinezyometrii do oceny stanu narządu równowagi. *Medycyna Pracy* 1990;41; 397-402.
- [13]. Kubickowa J. Rola posturografii w medycynie lotniczej. *Medycyna Lotnicza*, 1998;3: 301-309.
- [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;35:119-136.
- [15]. Perrin P., Deviterne D., Hegel F., Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture*, 2002;15:187-194.
- [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., Pujszo R., Pyskir M., Marek A. Body posture control of female judo competitors after tournament fights. *Research yearbook: studies in the theory of physical education and sport*, 2005;11:30-36.

- [20]. Marek A, Laskowski R. Pujszo 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.
- [21] Pujszo R., Błach W., Pyski M., Skorupa H., Szymański T., Wpływ zmiany wysokości położenia ciała na kontrolę postawy człowieka [Influence of height change on human body posture control], *Medycyna Sportowa*, 2006, nr (22) 1, 17-22
- [22] Pujszo R., Skorupa H, Smaruj M, Adam M Wydolność fizyczna a kontrola postawy ciała nie trenujących kobiet // *Research Yearbook Research Yearbook - studies in physical education and sport*, 2008;14:20-26.
- [23] Pujszo 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, s. 77-83.