

Pyskir Jerzy, Ratuszek-Sadowska Dorota, Pyskir Małgorzata, Pawlak-Osińska Katarzyna, Szymkuć-Bukowska Iwona, Hagner Wojciech. Ocena i porównanie wybranych parametrów stabilności postawy u pacjentów z zaburzeniami równowagi i osób zdrowych w badaniach stabilometrycznych = Assessment and comparison of selected parameters of posture stability in patients with balance disorders and healthy people by stabilometric analysis. Journal of Education, Health and Sport. 2016;6(12):230-242. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.198170> <http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/4048>

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 755 (23.12.2015).

755 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7

© The Author (s) 2016;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 22.11.2016. Revised 28.11.2016. Accepted: 09.12.2016.

Ocena i porównanie wybranych parametrów stabilności postawy u pacjentów z zaburzeniami równowagi i osób zdrowych w badaniach stabilometrycznych

Assessment and comparison of selected parameters of posture stability in patients with balance disorders and healthy people by stabilometric analysis

**Jerzy Pyskir¹, Dorota Ratuszek-Sadowska², Małgorzata Pyskir²,
Katarzyna Pawlak-Osińska³, Iwona Szymkuć-Bukowska², Wojciech Hagner²**

- 1. Katedra i Zakład Biofizyki, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**
- 2. Katedra i Klinika Rehabilitacji, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**
- 3. Katedra Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej, Zakład Patofizjologii Narządu Słuchu i Układu Równowagi, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

Streszczenie

Wstęp

Pionowa stabilna pozycja ciała człowieka jest możliwa dzięki pracy skomplikowanego systemu kontroli postawy, którego praca wymaga prawidłowego działania i współpracy kilku zmysłów. Praca tego układu jest utrudniona w podeszłym wieku, ale także może być zaburzona w wyniku przebytych chorób czy urazów. Istnieje wiele sposobów oceny

stabilności posturalnej, ale wypracowanie ogólnych norm różnicujących prawidłową od wadliwej pracy systemu kontroli postawy okazuje się być nadal dużym wyzwaniem.

Cel

Próba znalezienia takich wartości kilku mierzonych, podczas prostego, krótkiego badania, parametrów, których przekroczenie wskaże na ryzyko wystąpienia zaburzeń pracy systemu kontroli postawy.

Material i metody

W badaniach wzięło udział 50 pacjentów hospitalizowanych w Szpitalu Uniwersyteckim im. dr A. Jurasza oraz 50 zdrowych ochotników. Do badania wykorzystano posturograf firmy PROMED J. Otton. Rejestrowano błędzenie centrum nacisku (COP) na podłoże w czasie swobodnego stania przez 32 sekundy. Badanie obejmowało trzy próby – przy oczach otwartych, zamkniętych oraz samokontrolę.

Wyniki

Analizowano wartości pola powierzchni i długości statokinezyogramów w trzech sytuacjach pomiarowych oraz współczynniki Romberga i współczynnik koordynacji w badaniu samokontroli. Wszystkie analizowane parametry w grupie pacjentów znacznie różniły się od wyników uzyskanych przez osoby zdrowe. Uwagę zwraca szczególnie powierzchnia SKG przy oczach zamkniętych, współczynnik Romberga i współczynnik koordynacji.

Wnioski

Wartości pola statokinezyogramu przy oczach zamkniętych przekraczające 400mm^2 w czasie 30 sekund badania, jak również wartości współczynnik Romberga powyżej dwóch przy koordynacji wzrokowo – ruchowej na poziomie poniżej 70% powinny skłaniać do podjęcia bardziej szczegółowej diagnostyki systemu kontroli postawy.

Słowa kluczowe: stabilność postawy, system kontroli postawy, posturografia, badanie stabilometryczne, zaburzenia równowagi

Abstract

Introduction

Stable vertical position of the human body is possible thanks to the work complicated Postural Control System (PCS), whose operation requires proper cooperation of several

senses. Operation of this system deteriorates in the elderly, it also can be impaired as a result of illnesses or injuries. There are a lot of ways of postural stability assessment, but to develop magnitudes of measuring quantities that differentiate normal from malfunctioning PCS appears to be still a large challenge.

Aim

The aim of this research was trying to find such the values of some measured parameters which indicate the risk of a failure operation of the postural control system.

Materials and methods

The study involved 50 patients hospitalized in the Dr Antoni Jurasz University Hospital No.1 in Bydgoszcz and 50 healthy volunteers. The PROMED J. Olton company stabilometric platform was used. It was recorded movement center of pressure (COP) on the ground while the free stand for 32 seconds. Each examination included three trials - with eyes open, eyes closed and feedback.

Results

The values of the area and length of the COP path measured in three trials, Romberg coefficient and the feedback coefficient were compared in both groups. All analyzed parameters in patients group differ significantly from the results obtained by healthy individuals. Special attention should be paid to the COP area with closed eyes, Romberg coefficient and the feedback coefficient.

Conclusions

The area of sways with eyes closed exceeding 400mm^2 in 30 seconds tests, as well as the Romberg coefficient bigger than 2 and the feedback coordination coefficient less than 70% should encourage to take a more detailed diagnosis of postural control system.

Key words: posture stability, Postural Control System (PCS), posturography, stabilometric analysis, balance disorders

Wstęp

Pionowa postawa ciała wyróżnia człowieka w świecie ssaków. Jest ona możliwa między innymi dzięki odbiorowi, koordynacji i interpretacji bodźców odbieranych z różnych narządów. Ten złożony system kontroli postawy (PCS – postural control system) zapewnia człowiekowi prawidłową orientację w przestrzeni, przyjmowanie odpowiedniej postawy,

przeciwstawianie się siłom zewnętrznym i wykonywanie złożonych czynności ruchowych. [2,6,8,11]. System kontroli postawy kształtuje się od pierwszych dni życia i pracuje nieprzerwanie w czasie jego trwania.

Dotychczasowe badania wykazały, że sprawność pracy tego skomplikowanego układu pogarsza się u osób starszych, szczególnie po 50 roku życia [1,3,5,14,17,18]. Może być także zaburzona podaniem różnych substancji chemicznych [7]. Wykazano także, że odpowiednie ćwiczenia lub uprawianie wielu dyscyplin sportu poprawiają stabilność posturalną [9,12,13,15,16,19,20]. Można zatem przez odpowiedni zestaw ćwiczeń pracować nad utrzymaniem prawidłowego funkcjonowania PCS.

Wśród wielu dostępnych metod badań pracy systemu kontroli postawy [1,4,6,8,10] jedną z prostszych metod jest posturografia statyczna. Badanie polega na rejestracji ruchu centrum nacisku ciała na podłoże podczas swobodnego stania. Na rynku istnieje cały szereg urządzeń umożliwiających rejestrację danych wraz z odczytem podstawowych parametrów.

Problemem w analizie wyników jest duże zróżnicowanie otrzymywanych wartości oraz mnogość czynników, które mogą mieć wpływ na wynik badania. Dla wielu urządzeń brak jest wartości różnicujących prawidłową i wadliwą pracę systemu kontroli postawy. Dlatego podjęto próbę wybrania wielkości, która w najprostszym pomiarze wskaże na ryzyko wystąpienia zaburzeń pracy PCS i konieczność ewentualnego uszczegółowienia diagnostyki i podjęcia rehabilitacji.

Cel

Celem tej pracy jest próba znalezienia parametru różnicującego osoby zdrowe i osoby z zaburzeniami stabilności posturalnej oraz takiej jego wartości, której przekroczenie podczas prostego badania stabilometrycznego wskazywałoby na konieczność podjęcia dalszej diagnostyki i ewentualnych ćwiczeń poprawiających stabilność posturalną.

Material i metody

W latach 2015 i 2016 wykonano pomiary stabilometryczne w grupie 50 pacjentów: 20 osób z Katedry i Kliniki Rehabilitacji CM UMK po udarze mózgu oraz 30 osób diagnozowanych w Katedrze Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej CM UMK, w Zakładzie Patofizjologii Narządu Słuchu i Układu Równowagi z powodu szumów usznych i zawrotów głowy. Podobne badania wykonano także w grupie zdrowych osób, które zgłosiły się na badania jako ochotnicy. Razem w grupie kontrolnej jest także 50 osób. W badanej

grupie pacjentów było 25 kobiet i 25 mężczyzn, wśród osób zdrowych było 26 kobiet i 24 mężczyzn. Dane antropometryczne badanych przedstawiono w Tabeli I.

Tabela I. Dane antropometryczne pacjentów i osób z grupy kontrolnej.

		WIEK (lata)	MASA CIAŁA (kg)	WZROST (cm)
PACJENCI	MIN	23	49	156
	MAX	85	112	186
	ŚREDNIA	57,5	80,3	169,6
	ST. DEV.	13,8	14,3	7,8
GRUPA KONTROLNA	MIN	19	50	157
	MAX	55	105	195
	ŚREDNIA	28,3	71,6	174,2
	ST. DEV.	11,4	13,7	10,3

Osoby z grupy kontrolnej są młodsze od badanych pacjentów. Jednak ze względu na fakt, że w grupie kontrolnej są wyłącznie ochotnicy zgłaszający się do udziału w badaniach, nie udało się uzyskać porównywalnych średnich wieku. Dlatego na początku analizy wyników sprawdzono korelacje badanych parametrów z wiekiem badanych, co zostanie omówione w dalszej części pracy.

Wszystkim pacjentom oraz ochotnikom z grupy kontrolnej wykonano badanie na platformie posturograficznej wyprodukowanej w Polsce przez PRO-MED J. Olton. Wykonywano test przy oczach otwartych, następnie przy oczach zamkniętych. Trzecią próbę stanowił pomiar, podczas którego zadaniem pacjenta było śledzenie ruchu i korygowanie położenia kwadratu odpowiadającego położeniu COP (sprzężenie zwrotne). Każdy z pomiarów trwa 32 sekundy po 4 sekundach przygotowania. Jako wynik każdego z badań stabilometrycznych otrzymywano statokinezygramy i stabilogramy ruchu w kierunkach AP i ML. Oprogramowanie podaje pole powierzchni rozwiniętej statokinezygramu i długość tej krzywej, a także średni promień i prędkość ruchu COP (centrum nacisku ciała na podłoże) oraz ich odchylenia standardowe. Ponadto odczytywano, jaki procent czasu każdego z pomiarów badana osoba przebywała w poszczególnych ćwiartkach układu współrzędnych. Wyznaczono stosunek pól i długości statokinezygramów przy oczach zamkniętych i

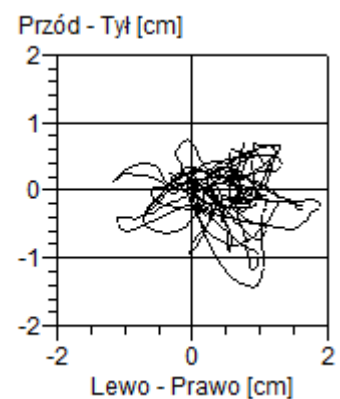
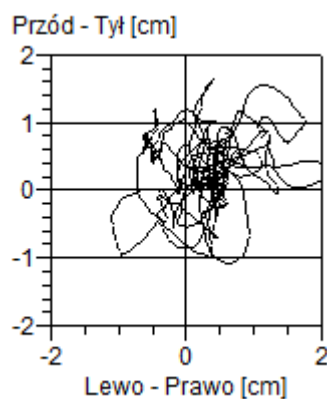
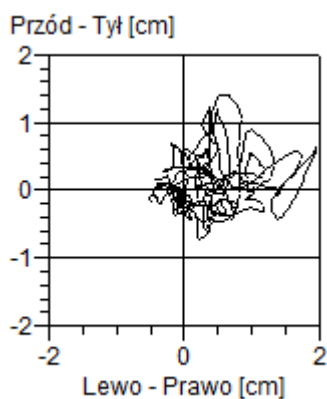
otwartych. Jako parametr opisujący wynik trzeciej próby podano procent czasu pomiaru, w jakim badana osoba utrzymała COP w zadanym polu.

Wyniki

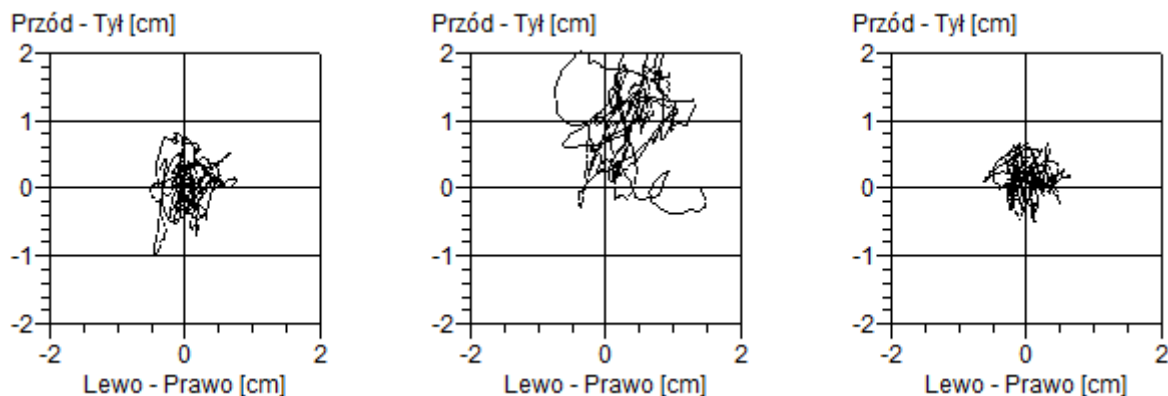
Ze względu na różnice w wieku pacjentów oraz osób z grupy kontrolnej w pierwszej kolejności poszukiwano korelacji wartości wyników pomiarów z wiekiem, masą i wzrostem pacjentów oraz osób zdrowych. Z danych literaturowych wiadomo, że w wieku 50+ pogarsza się praca systemu kontroli postawy, wychwiania COP rosną, co skutkuje wzrostem wartości parametrów mierzonych podczas badania stabilometrycznego. W grupie kontrolnej nie znaleziono zależności analizowanych wielkości od wieku, masy i wzrostu badanych. Być może powodem jest fakt, że w tej grupie było niewiele osób powyżej 50 roku życia. W grupie pacjentów również nie znaleziono korelacji żadnej z mierzonych wielkości z wiekiem. Poszukiwanie korelacji parametrów posturograficznych z danymi antropometrycznymi dało negatywne wyniki, dlatego pomimo różnic masy i wieku, można porównywać wyniki pomiarów uzyskane przez obie grupy.

Poniżej zamieszczono przykładowe statokinezygramy uzyskane przez pacjenta i osobę z grupy kontrolnej.

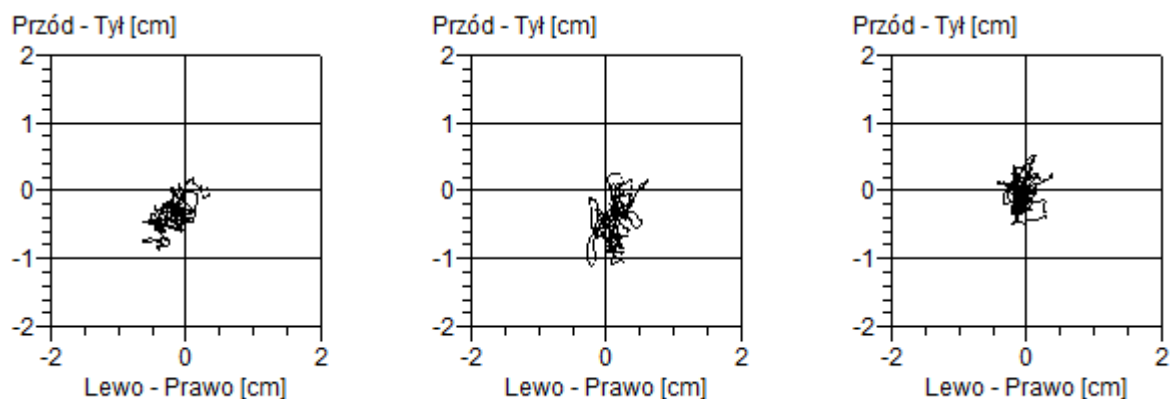
A)



B)



C)



Rys. 1. Przykładowe statokinezygramy otrzymane podczas badania pacjenta (A i B) i osobę z grupy kontrolnej (C). Po stronie lewej – przy oczach otwartych, w środku – przy oczach zamkniętych, po stronie prawej – w badaniu sprzężenia zwrotnego.

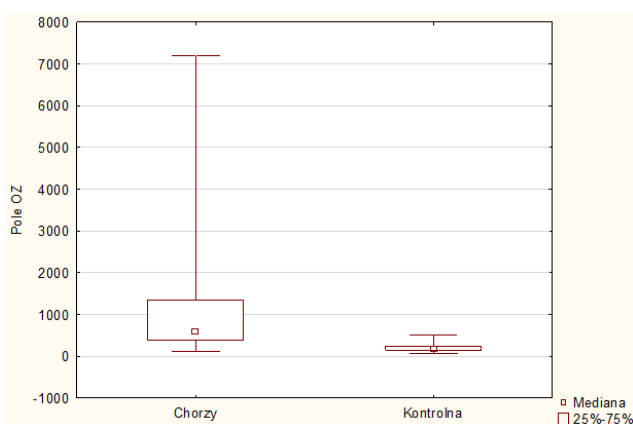
W Tabeli II przedstawiono wartości średnie powierzchni i długości statokinezygramów w obu badanych grupach oraz współczynniki Romberga - ilorazy wartości parametrów uzyskanych przy oczach zamkniętych do odpowiednich wartości uzyskanych przy oczach otwartych. Sprzężenie zwrotne w tabeli oznacza procent czasu pomiaru w trzeciej wykonywanej próbie, w którym badana osoba utrzymała COP w zadanym obszarze.

Tabela II. Porównanie wyników badań stabilometrycznych w obu grupach

	KONTROLNA				PACJENCI			
	Min	Max	Średnia	St.dev.	Min	Max	Średnia	St.dev.
POLE SKG / mm²								
Oczy otwarte	59	354	159	80	73	1489	396	329
Oczy zamknięte	70	498	211	107	119	7205	990	1140
Sprężenie zwrotne	50	337	160	70	107	3309	501	582
DŁUGOŚĆ SKG / mm								
Oczy otwarte	138	398	211	52	144	688	309	126
Oczy zamknięte	165	561	274	89	196	1462	533	271
Sprężenie zwrotne	156	461	256	59	184	1183	380	182
Pole OZ/OO	0,51	2,59	1,41	0,43	0,52	17,3	3,0	2,8
Długość OZ/OO	0,98	1,81	1,3	0,2	0,59	4,36	1,8	0,7
Sprężenie zwrotne	62,8	99,5	86,8	9,4	9,0	98,7	60,2	24,5

Sprawdzono, że rozkłady badanych wielkości nie są rozkładami normalnymi, dlatego do analizy porównawczej grup pacjentów i osób zdrowych wykorzystano nieparametryczne testy dla grup niezależnych. Istotność różnic sprawdzono testami U Manna-Whitneya oraz Kołmogorowa-Smirnowa. Różnice istotne statystycznie między średnimi wartościami w grupie pacjentów i kontrolnej stwierdzono dla wszystkich przedstawionych parametrów.

Analizując powyższą tabelę należy zwrócić uwagę na różnice między średnimi wartościami pola SKG rejestrowanymi przy oczach zamkniętych. W grupie pacjentów wartość ta jest ponad czterokrotnie wyższa od średniej w grupie kontrolnej. Maksymalne pole zakreślone podczas badania w grupie kontrolnej stanowi połowę wartości średniej pacjentów. Efekt bardzo wyraźnie widoczny jest na wykresie – rysunek 2.



Rys. 2. Porównanie wartości pola powierzchni statokinezygramu w grupie pacjentów i kontrolnej podczas próby przy oczach zamkniętych.

Przeprowadzono także analizę rozkładu czasu przebywania w poszczególnych ćwiartkach w badaniu ze sprzężeniem zwrotnym. Zaobserwowano większą symetrię rozkładu położenia COP w tej sytuacji pomiarowej w porównaniu z pierwszymi dwoma próbami. Śledzenie wzrokiem punktu symbolizującego położenie centrum nacisku pozwala na kontrolę i bardziej równomierny rozkład nacisku na podłoże, co sprzyja stabilizacji postawy. W badaniach bez feedbacku niektórzy pacjenci utrzymywali COP przez 100% czasu pomiaru w jednej z ćwiartek układu współrzędnych. Maksymalny procent czasu przebywania pacjenta w każdej z ćwiartek układu współrzędnych w badaniu ze sprzężeniem zwrotnym wynosi od 48% w tylnej lewej prawej do 70% w lewej przedniej. Podobny efekt uzyskano w grupie kontrolnej, tu także w badaniu ze sprzężeniem zwrotnym obserwowano większą symetrię rozkładu ruchu COP niż w pierwszych dwóch próbach.

Pacjenci uzyskali istotnie mniejsze wartości współczynnika korelacji w badaniu ze sprzężeniem zwrotnym niż osoby z grupy kontrolnej. Zaburzenia stabilności postawy, bez względu na to, czy przyczyną jest przebyty udar, czy szum w uszach i zawroty głowy wiążą się z trudnościami z koordynacją wzrokowo – ruchową, przez co pacjentom nie jest łatwo śledzić i korygować ruch COP.

Niemal wszyscy pacjenci po wykonaniu próby ze sprzężeniem zwrotnym sygnalizowali, że był to dla nich duży wysiłek, takiego komunikatu nie zgłaszały osoby z grupy kontrolnej. Jednocześnie pacjenci odbierali ostatnią z prób jako dobre ćwiczenie, które chętnie by powtarzali.

Dyskusja

Analiza wyników otrzymanych w pomiarze przy oczach zamkniętych sugeruje, że pomiar ten może być bardzo dobrym wskaźnikiem występowania początkowych etapów zaburzeń stabilności postawy. Średnia wartość tego parametru w grupie pacjentów jest ponad czterokrotnie wyższa niż średnia w grupie kontrolnej. Tylko cztery osoby z grupy pacjentów, w tym nikt po udarze, uzyskały wartość pola SKG przy oczach otwartych na poziomie niższej bądź średniej z grupy kontrolnej. 70% badanych pacjentów przy oczach zamkniętych określiło pole powyżej 400mm^2 , podczas gdy taki wynik w grupie kontrolnej uzyskało tylko 5 osób z grupy kontrolnej – byli to mężczyźni w wieku 19-20 lat. Podsumowując wyniki badań można stwierdzić, że uzyskanie podczas badania stabilometrycznego przy oczach zamkniętych pola powierzchni stabilogramu przekraczającego wartość 400mm^2 w czasie 30 sekund badania powinno skłaniać badaną osobę do podjęcia bardziej szczegółowej diagnostyki stabilności posturalnej, szczególnie osoby poniżej 50 roku życia. Dla osób w wieku powyżej 50 lat trzeba by wykonać więcej badań w grupie kontrolnej, być może wartość graniczna w tej grupie wiekowej będzie nieco wyższa.

W grupie pacjentów były osoby, u których w badaniu przy oczach otwartych pole SKG było porównywalne z wartościami średniej z grupy kontrolnej, natomiast po zamknięciu oczu wartość pola SKG znacznie przekraczała wyniki uzyskiwane przez osoby zdrowe. Tę zależność pokazują wyraźnie wartości współczynnika Romberga, będącego ilorazem pól statokinezyogramów OZ/OO. U 80% pacjentów współczynnik ten jest większy niż średni w grupie kontrolnej, a u połowy pacjentów większy od maksymalnego uzyskanego w grupie kontrolnej (2,59), w której tylko 5 osób (10% badanych) przekracza wartość 2.

Dodatkowo podkreślić trzeba, że w grupie kontrolnej najwyższe wartości współczynnika Romberga uzyskały cztery bardzo młode osoby, wieku 19-21 lat. Niestety nie wiadomo, czy przyczyna takiego wyniku nie było np. zmęczenie czy brak snu.

Sytuacja, w której przy oczach otwartych badana osoba dobrze kontroluje pionową postawę ciała a w badaniu przy oczach zamkniętych wartości badanych parametrów intensywnie rosną, powinna dawać wskazówkę, że osoba ta może mieć problemy ze stabilnością postawy. Wartości współczynnika Romberga powyżej 2 uzyskiwane w badaniach powinny skłaniać do przeprowadzenia bardziej szczegółowej diagnostyki systemu kontroli postawy.

W dalszej kolejności należy zwrócić uwagę na fakt, że osoby w grupie kontrolnej, u których wartości współczynnika Romberga przekroczyły wartość $R = 2$, w badaniu ze

sprężeniem zwrotnym uzyskały współczynnik koordynacji powyżej 80% . Takiej zależności nie zaobserwowano wśród pacjentów. Tylko 20% badanych pacjentów uzyskało wartość współczynnika korelacji większa niż 80%, przy czym osoby z wyższym wynikiem feedbacku uzyskiwały często niższe wartości współczynnika Romberga. Dotychczasowe wyniki nie upoważniają jednak do stwierdzenia, że istnieje ujemna korelacja między wartościami współczynników Romberga i koordynacji. Być może warto wykonać większą ilość pomiarów i bardziej szczegółowo przyjrzeć się tej zależności.

Niższe wyniki w grupie pacjentów uzyskiwane w badaniu koordynacji wzrokowo-ruchowej w porównaniu z grupą kontrolną skłaniają do zalecania osobom z zaburzeniami stabilności postawy samodzielnych systematycznych ćwiczeń. Uzyskiwanie przez pacjentów bardziej równomiernego rozkładu położenia COP w badaniu ze sprzężeniem zwrotnym sugeruje, że może to być dla nich bardzo dobre ćwiczenie pracy systemu kontroli postawy. Podczas pomiarów pacjenci sugerowali, że chętnie wykorzystywaliby takie ćwiczenie w domu. Warto rozważyć propozycję wprowadzenia do sprzedaży gry terapeutycznej, która pozwalałaby pacjentom na ćwiczenie stabilności. Możliwość wykonywania ćwiczeń w formie gry/zabawy z pewnością zmotywowałaby większą grupę osób do treningu stabilności posturalnej.

Wnioski

1. Wartości średnie wszystkich analizowanych parametrów uzyskiwane w statycznym badaniu posturoraficznym różnią się istotnie statystycznie pomiędzy grupą osób zdrowych a grupą pacjentów z zaburzeniami równowagi różnego pochodzenia.
2. Porównanie wartości pola powierzchni statokinezyogramów uzyskanych przy oczach zamkniętych w obu grupach sugeruje, że parametr ten może być wskaźnikiem zaburzeń pracy systemu kontroli postawy. Wynik wyższy niż 400mm² w czasie 30 sekund badania przy oczach zamkniętych powinien stanowić podstawę do podjęcia bardziej szczegółowej diagnostyki systemu kontroli postawy, szczególnie u osób poniżej 50 roku życia.
3. Wyniki pomiarów sugerują, że wartość współczynnika Romberga wyższa niż R=2, zwłaszcza przy jednoczesnym obniżeniu współczynnika koordynacji poniżej 70% jest wskaźnikiem pogarszania się stabilności posturalnej i powinna skłaniać do podjęcia ćwiczeń i szczegółowej diagnostyki.
4. Należy rozważyć propozycję upowszechnienia oprogramowania - gry terapeutycznej, która pozwalałaby pacjentom ze zdiagnozowanymi zaburzeniami posturalnymi oraz

osobom zdrowym, zwłaszcza w grupie wiekowej powyżej 40 roku życia na ćwiczenie koordynacji wzrokowo – ruchowej i poprawę stabilności postawy poza placówkami służby zdrowia.

Praca była współfinansowana z działalności statutowej BS 448/2016 CM UMK

Bibliografia

1. Accornero N., Capazza M., Rinalduzzi S., Manfredi G.W.: Clinical multisegmental posturography: age-related changes in stance control. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 1997, 105: 213-219.
2. Allum J.H.J., Bloem B.R., Carpenter M.G., Hulliger M., Hadders-Algra Honegger F.: Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait and Posture* 1998, 8: 214–242.
3. Błaszczyk J.W., Lowe D.L., Hansen P.D.: Ranges of postural stability and their changes in the elderly. *Gait Posture* 1994, 2 (1): 11–17.
4. Błaszczyk J.W., Bacik B., Juras G.: Clinical Assessment of Postural Stability. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* 2003.
5. Błaszczyk J.W., Michalski A.: Ageing and postural stability. *Studies in Physical Culture and Tourism* 2006, Vol. 13, Supplement: 11-14.
6. Bosek M., Grzegorzewski B., Kowalczyk A.: Two-dimensional Langevin approach to the human stabilogram. *Human Movement Science* 2004, 22: 649-660.
7. Bosek M., Pyskir M., Pufal E., Sykutera M., Grzegorzewski B., Kała M., Piekoszewski W., Śliwka K.: Posturograficzna ocena zaburzeń równowagi osób poddanych działaniu alkoholu lub chloropromazyny. *Z Zagadnień Nauk Sądowych* 2003, 56: 5-15.
8. Collins J.J., De Luca C. J.: Open-loop and closed-loop control of posture: random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp. Brain. Res.* 1993, 95: 308-318.
9. Dmitriuk K., Klawe J., Tafil-Klawe M., Jeżewska J., Łukowicz M.: Wielokość parametrów posturograficznych w procesie utrzymywania równowagi u tancerzy. *Fizjoter. Pol.* 2004, 4 (1): 47-51.
10. Held-Ziółkowska M.: Metody oceny równowagi posturalnej – próby kliniczne na sprawność postawy i chodu. *Magazyn Otolaryngologiczny* 2006, tom V, z. 2 (18).
11. Held-Ziółkowska M.: Organizacja zmysłowa i biomechanika układu równowagi. *Magazyn Otolaryngologiczny* 2006, tom V, z. 2 (18).

12. Howell D. et al.: Assessment of the Postural Stability of Female and Male Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2016.
13. Kochanowicz K., Taniewski M.: Badania układu równowagi młodocianych gimnastyków. *Sport Wyczyn.* 1999, 5-6: 72-75.
14. Maraz M., Maraz M., Sipko T., Anwajler J., Dąbrowska G., Skrzek A.: Ocena koordynacji ruchowej w utrzymaniu równowagi ciała osób młodych i starszych. *Inżynieria Biomed.* 2006, 12 (3).
15. Perrin P., Deviterne D., Hugel F., Perrot C.: Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture* 2002, 15: 187-194
16. Pyskir M., Pujszo R., Bosek M., Grzegorzewski B., Błach W.: Wpływ wybranych ćwiczeń fizycznych na system kontroli postawy człowieka. *Med. Sport.* 2004, 20 (5): 247-253.
17. Rossi C., Alberti A., Sarchielli P., Mazotta G., Capocchi G., Faralli M., Ricci G., Molini E., Altissimi G.: Balance disorders in headache patients: evaluation by computerized static stabilometry. *Acta Neurol. Scand.* 2005, 111: 407-413.
18. Skalska A., Ocetkiewicz T., Żak M., Grodzicki T.: The influence of age on the parameters of postural control measured by the computer balance platform. *New Medicine* 2004, 7: 12-19.
19. Skelton D.: Effect of physical activity on postural stability. *Age and Ageing* 2001; 30-S4: 33-39.
20. Somogyia E., Kapitány E., Kenyeres K., Donauerb N., Fagardc J., Kónya A.: Visual feedback increases postural stability in children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders* 2016, 29: 48–56.