

**Dominik KOWALCZYKOWSKI¹, Katarzyna JOCHYMCZYK-WOŹNIAK²,
Andrzej BIENIEK², Piotr WODARSKI²**

Koło Naukowe „BIOKRETYWNI”, Politechnika Śląska
Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Zabrze

WYZNACZANIE WPLYWU ZABURZEŃ WIZUALNYCH NA ZDOLNOŚĆ UTRZYMANIA RÓWNOWAGI

Streszczenie: Ocena wpływu zaburzeń wizualnych na zdolność utrzymywania równowagi może stanowić niezwykle cenny aspekt w kontekście zastosowania Technologii Wirtualnej Rzeczywistości w procesie rehabilitacji. Artykuł porusza zagadnienia związane z metodyką określania wpływu zaburzeń wizualnych na zdolności utrzymania równowagi. W ramach badań wyznaczono wielkości stabilograficzne takie jak: długość ścieżki w osi strzałkowej oraz w osi poprzecznej, pole deltoиду wyznaczonego przez COP, a także stosunek przekątnej deltoиду w osi strzałkowej do przekątnej deltoиду w osi poprzecznej, podczas badań, gdy na osobę badaną nie działały żadne zaburzenia wizualne oraz gdy osoba badana była poddawana wybranym zaburzeniom. Wyniki pozwalają na przeprowadzenie dyskusji w zakresie oceny wpływu zadawanych bodźców wizualnych na wyznaczone wielkości.

Słowa kluczowe: stabilografia, granica stabilności, posturografia, wirtualna rzeczywistość

1. WSTĘP

Każdy człowiek posiada własną, indywidualną granicę stabilności, tj. takie wychylenie COP w dowolnym kierunku, z którego powrót do naturalnej postawy odbywa się bez odrywania stóp od podłoża. Aby wyznaczyć granicę stabilności rejestruje się maksymalne wychylenia w osi strzałkowej oraz poprzecznej w obu kierunkach. Następnie na podstawie otrzymanych punktów wyznacza się odległości pomiędzy maksymalnymi wychyleniami. Tak otrzymane wyniki służą do oceny granicy stabilności. Badania stabilograficzne obejmują rejestrację oraz analizę sił nacisku stóp osoby badanej na płaszczyznę platformy stabilograficznej [1]. Badania te można wykorzystywać np. do oceny postępów rehabilitacji osób po endoprotezoplastyce stawu biodrowego, analizując czy osoba badana w równym stopniu obciąża stronę, po której był wymieniany staw biodrowy jak i stronę zdrową [2]. Człowiek odczuwa zmiany położenia swojego ciała poprzez tzw. czucie głębokie, błędnik, dotyk czy wzrok [1]. Ocena wpływu udziału każdego z tych zmysłów na prawidłowość utrzymywania równowagi jest niezwykle trudna, czasem wręcz niemożliwa, gdyż trudno wygenerować bodziec oddziałujący wyłącznie na jeden z tych zmysłów. Najłatwiej jest stymulować zmysł wzroku częściowo odseparowując

pacjenta od zewnętrznych bodźców np. poprzez założenie okularów 3D lub umiejscowienie osoby badanej w Systemie Wirtualnej Jaskini 3D.

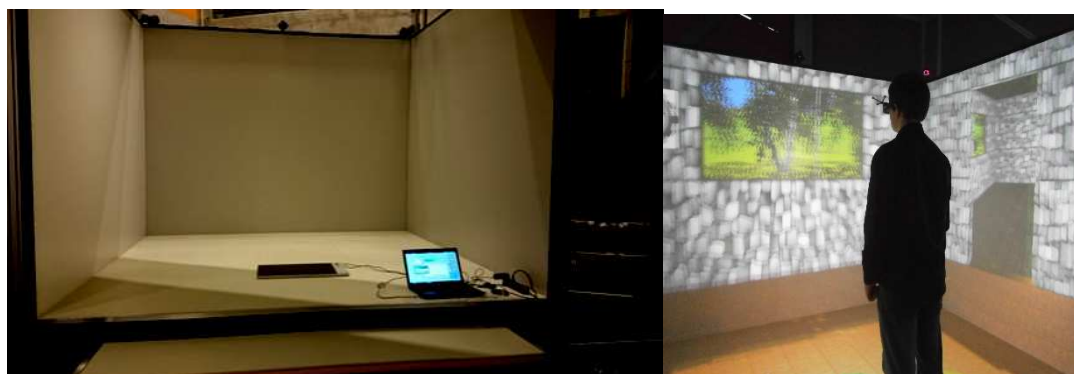
Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu zaburzeń wizualnych na zdolność utrzymania równowagi człowieka, gdzie zdolność tą oceniano na podstawie mierzalnych wielkości stabilograficznych, takich jak maksymalne wychylenia w śródka nacisku w osi strzałkowej i poprzecznej oraz wartości długości ścieżki wyznaczanej przez ruch COP podczas badania.

2. METODYKA BADAŃ

Badaniu poddano grupę 27 studentów w wieku od 19-23 lat. Wszystkie osoby badane były zdrowe, nie stwierdzono u nich żadnych dysfunkcji w obrębie układu szkieletowego, mięśniowego, nerwowego czy wzrokowego. Stanowisko pomiarowe (Rys. 2) składało się z: platformy stabilograficznej ZEBRIS FDM-S (Rys. 1) oraz komputera. Osoba badana miała za zadanie wejść bez butów na platformę stabilograficzną, następnie wychylić się maksymalnie w osi strzałkowej oraz w osi poprzecznej dla obu kierunków bez odrywania stóp od podłoża. Takie wychwiania były wykonywane dla 6 różnych prób.



Rys.1. Platforma stabilograficzna



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe i przebieg badań

Podczas przeprowadzonych pomiarów, dla każdej osoby badanej zostały wyznaczone maksymalne wychylenia COP w przód, w tył oraz na boki. Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono odległość pomiędzy maksymalnymi wychyleniami zarówno w osi X jak i Y. Oś X- są to wychylenia w osi poprzecznej, oś Y- wychylenia w osi strzałkowej. Następnie na podstawie tych parametrów zostało wyznaczone pole powierzchni wyznaczonego deltoidu oraz stosunek odległości pomiędzy maksymalnymi wychyleniami w osi strzałkowej oraz

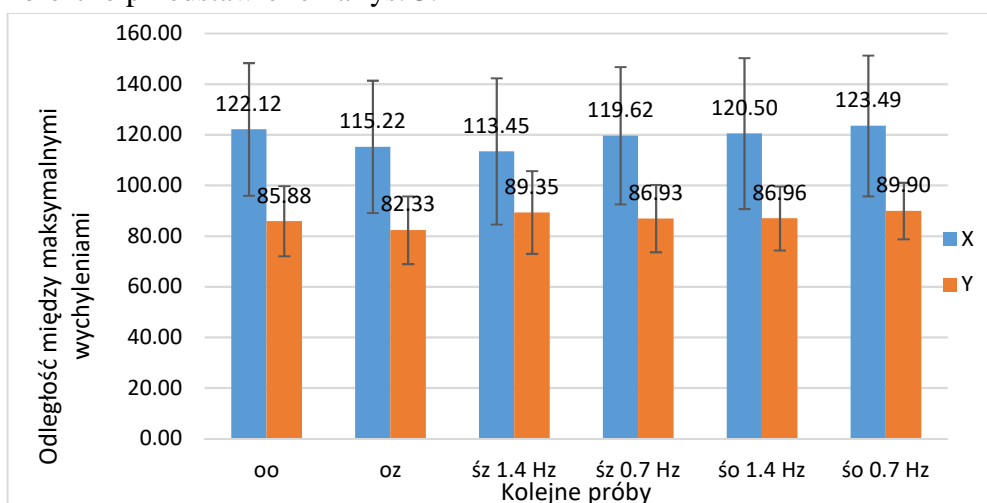
poprzecznej. Dzięki temu parametrowi, możliwe było określenie długości boków deltoиду, co z kolei obrazuje w jakim kierunku osoby badane cechują się większą granicą stabilności. W następnym kroku na prezentowanej scenerii wywołano zaburzenia wizualne i powtórzono wszystkie pomiary. Zaburzeniami wizualnymi były oscylacje symulowanego obrazu w jaskini wirtualnej rzeczywistości. Symulowano dwa rodzaje środowisk: zamknięte oraz otwarte, natomiast oscylacje miały częstotliwość 1.4 Hz oraz 0.7 Hz dla obu środowisk. Badanie obejmowało pomiar odległości pomiędzy maksymalnymi wychyleniami położenia COP (Center of Pressure) osoby badanej w osi strzałkowej oraz osi poprzecznej, dla oczu otwartych, zamkniętych, a także dla symulowanych środowisk i częstotliwości.

W celu obliczenia parametrów istotnych statystycznie, podobnie jak w innych pracach traktujących o stabilności, przeprowadzono analizę statystyczną otrzymanych wyników wielkości stabilograficznych w programie Statistica 12.5 [3,4]. W pierwszej kolejności wykonano test normalności sprawdzający czy otrzymane wartości posiadają rozkład normalny dla długości ścieżki pomiędzy maksymalnymi wychyleniami w osi strzałkowej oraz osi poprzecznej, pola wykreślonego deltoиду przez maksymalne wartości odległości między maksymalnymi wychyleniami w osi strzałkowej oraz osi poprzecznej, oraz stosunku odległości między maksymalnymi wychyleniami w osi strzałkowej oraz osi poprzecznej dla wszystkich 6 warunków tj. oczu otwartych, oczu zamkniętych, środowiska zamkniętego oraz otwartego z zaburzeniami o częstotliwości 1.4 Hz oraz 0.7 Hz dla każdego ze środowisk.

Wyniki tego testu zdeterminowały wybór kolejnego testu jakim był test kolejności par Wilcoxon. Wykonanie testu Wilcoxon pozwoliło na porównanie wyników otrzymanych w próbie dla oczu otwartych z wynikami dla prób przeprowadzonych z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości tj. symulowanych zaburzeń dla dwóch opisanych środowisk. Przy pomocy tego testu można oceniać, czy pomiędzy próbami występują różnice istotne statystycznie.

3. WYNIKI

Wyniki stanowią średnie wartości długości ścieżki dla wychyleń w osi strzałkowej oraz poprzecznej dla każdej z 6 prób dla badań z zaburzeniami wizualnymi w różnych sceneriach. Wyniki zbiorczo przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3 Zestawienie średnich wartości długości ścieżki dla wychyleń w osi strzałkowej (X) oraz poprzecznej (Y)

Legenda:

- oo - pomiar prowadzony przy oczach otwartych osoby badanej,
- oz - pomiar prowadzony przy oczach zamkniętych osoby badanej,
- śz 1.4 - pomiar prowadzony dla symulowanego środowiska zamkniętego, generowane zaburzenia o częstotliwości 1.4 Hz,
- śz 0.7 - pomiar prowadzony dla symulowanego środowiska zamkniętego, generowane zaburzenia o częstotliwości 0.7 Hz,
- śo 1.4 - pomiar prowadzony dla symulowanego środowiska otwartego, generowane zaburzenia o częstotliwości 1.4 Hz,
- śo 0.7 - pomiar prowadzony dla symulowanego środowiska otwartego, generowane zaburzenia o częstotliwości 0.7 Hz.

Wyniki testu Wilcoxona, który pozwala na sprawdzenie czy pomiędzy określonymi danymi występują istotne różnice statystyczne przedstawiono w tabeli 1 i tabeli 2.

Tabela 1. Zestawienie wyników testu Wilcoxona dla wartości odległości między maksymalnymi wychyleniami w osi poprzecznej

Para zmiennych	N-ważnych	T	Z	p
oo & oz	27	83,00	2,5400	0,0100
oo & śz 1.4	27	57,00	3,1700	0,0015
oo & śz 0.7	27	151,00	0,9129	0,3612
oo & śo 1.4	27	165,00	0,5766	0,5642
oo & śo 0.7	27	175,00	0,3363	0,7366

Tabela 2. Zestawienie wyników testu Wilcoxona dla wartości odległości między maksymalnymi wychyleniami w osi strzałkowej

Para zmiennych	N-ważnych	T	Z	p
oo & oz	27	92,00	2,3304	0,0197
oo & śz 1.4	27	109,00	1,9220	0,0546
oo & śz 0.7	27	179,00	0,2402	0,8101
oo & śo 1.4	27	167,00	0,5285	0,5971
oo & śo 0.7	27	110,00	1,8979	0,0577

4. DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

Na podstawie wykresu na rys. 3 można zauważyć, że osoby z grupy badanej cechowały się większą stabilnością w osi poprzecznej (wychylenia COP w prawo i w lewo) niż w osi strzałkowej (wychylenia COP w przód i w tył) dla wszystkich przeprowadzanych pomiarów podobnie jak u [5][6]. Wprowadzenie zaburzeń wizualnych nie wpłynęło na zmianę wartości wychyleń w osi poprzecznej. Nieco inną sytuację odnotowano dla osi podłużnej. Wywołanie zaburzeń wizualnych dla częstotliwości 1,4Hz wpłynęło na obniżenie stabilności, szczególnie

dla scenerii zamkniętej. Dla scenerii tej średnie wychylenia są zbliżone dla wartości uzyskanych dla oczu zamkniętych, gdzie uzyskane średnie były najmniejsze.

Analiza statystyczna wskazuje, że na podstawie uzyskanych wyników (Tab. 1, 2) podczas przeprowadzonego testu Wilcoxon, można zauważyć, że pomiędzy kilkoma parami zmiennych występują różnice istotne statystycznie. Takimi parami zmiennych dla wychyleń w osi poprzecznej jest para oo & oz oraz oo & sz 1.4. W obu tych przypadkach wartość parametru „p” jest znacznie mniejsza od granicznej wartości 0,05.

Dla wychyleń w osi strzałkowej jedyną parą, dla której występują różnice istotne statystycznie jest para oo & oz.

Na podstawie przeprowadzonych badań, analiz następnie wygenerowanych wykresów oraz analizy statystycznej można stwierdzić, że nie wszystkie opisywane zaburzenia wizualne mają wpływ na zdolności utrzymania równowagi. Podobnych wniosków dostarczają badania Mary Young i współ. [7] oraz McAndrew i współ. [8]. Różnice w długości ścieżki dla wychyleń w osi poprzecznej i strzałkowej pomiędzy próbą z oczami otwartymi, a próbą sz 0.7, so 1.4, so 0.7 dla obu przypadków są zbyt małe, aby móc stwierdzić, że zaburzenia te mają wpływ na stabilność człowieka. Wskazują na to średnie wartości zamieszczone na rysunku nr. 3. Największymi różnicami w długości ścieżki pomiędzy maksymalnymi wychyleniami dla obu kierunków cechuje się para oo & oz oraz oo & sz 1.4. Różnice w otrzymanych wynikach są wystarczające, aby móc stwierdzić, że generowane zaburzenia wizualne o konkretnej amplitudzie oraz odpowiednie symulowane środowisko mają wpływ na stabilność człowieka. Zatem nie można jednoznacznie stwierdzić, czy zaburzenia wizualne wpływają na stabilność człowieka czy też nie.

Przeprowadzone badania posiadają charakter pilotażowy, gdyż poddana badaniom grupa nie była wystarczająco liczna, aby móc w pełni odpowiedzieć na postawione we wstępie pytanie. Należałoby przebadać grupę kilku krotnie liczniejszą charakteryzującą się większą różnorodnością pod względem wieku i stanu zdrowia.

Bardzo ciekawe badania opisali w swojej pracy Mańkowski R. i współ. [4]. Autorzy badali wpływ wibracji punktowej przyłożonej do mięśnia GA na parametry stabilograficzne postawy stojącej. Wyniki zamieszczone w pracy wyżej wymienionych autorów informują o tym, że wibracje przyłożone punktowo nie wpływają na parametry stabilograficzne człowieka co może korelować z otrzymanymi w niniejszej pracy wynikami.

Na podstawie wyników własnych badań oraz wyników badań Mańkowskiego R. i współ., można wysunąć hipotezę, że czynniki zewnętrzne w postaci zaburzeń wizualnych oraz zaburzeń mechanicznych nie wpływają znacząco na parametry stabilograficzne człowieka.

LITERATURA

- [1] Michnik R., Jurkojć J., Wodarski P., Gzik M., Jochymczyk-Woźniak K., Bieniek A.: The influence of frequency of visual disorders on stabilographic parameters. Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 18(1), 2016, p. 25-33.
- [2] Janusz W. Błaszczuk, Czerwosch L.: Stabilność posturalna w procesie starzenia. Gerontologia Polska, tom 13, nr 1, 2005, s. 37-47.
- [3] Wątroba J.: Wspomaganie statystycznej analizy wyników badań empirycznych, StatSoft Polska 2009.

- [4] Mańkowski R., Koźlik A.: Wpływ wibracji punktowej na parametry stabilograficzne postawy stojącej. *Aktualne Problemy Biomechaniki, Zeszyt nr 2*, 2008, s. 99-104.
- [5] Kasse C., Santana G., Scharlach R., Gazzola J., Barreiro Branco F., Doná F.: Results from the Balance Rehabilitation Unit in Benign Paroxysmal Positional Vertigo, *Braz J Otorhinolaryngol.*, vol. 76(5), 2010, p. 623-9.
- [6] Kessler N., Malavasi Ganança M., Freitas Ganança C., Freitas Ganança F., Chiogna Lopes S., Paula Serra A., Helena Caovilla H.: Balance Rehabilitation Unit (BRUTM) posturography in relapsing-remitting multiple sclerosis. *Arq Neuropsiquiatr*, vol. 69(3), 2011, p. 485-490.
- [7] Mary Young P.: Dynamic stability of human walking during perturbations and voluntary gait changes, Ph.D. Thesis, The University of Texas at Austin, May 2011.
- [8] McAndrew P., Dingwell J, Wilken J: Walking variability during continuous pseudo-random oscillations of the support surface and visual field, *J Biomech*, No. 28, vol. 43(8), 2010, p. 1470-1475.

DETERMINING OF A IMPACT OF VISUAL DISTURBANCES ON STABILITY OF BALANCE

Abstract: Determination of impact of visual disorders on stabilographic of human body make very important aspect according to using of Virtual Reality Technology in medicine. This article present results of determining of a impact of visual disturbances on stability of balance. During the study stabilographic parameters such as: path length in the sagittal axis and a transverse axis, the deltoid field defined by the COP as well as the diagonal point of the deltoid in the sagittal axis to the diagonal of the deltoid in the transverse axis were determined. The study was done with and without visual stimuli. The results allow for discussions on the assessment of the influence of visual stimuli on the determined values.