

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Wpływ bodźców dźwiękowych na stabilność postawy ciała

Justyna Romanek¹, Marta Chmura¹, Grzegorz Gruszka¹, Piotr Wodarski¹, Jacek Jurkojc¹

¹Katedra Biomechaniki, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Śląska
email: justyna.romanek@polsl.pl, marta.chmura@polsl.pl, grzegorz.gruszka@polsl.pl
piotr.wodarski@polsl.pl, jacek.jurkojc@polsl.pl

STRESZCZENIE: W czasie badań sprawdzono jaki jest wpływ szumu na stabilność postawy człowieka w środowisku wirtualnym oraz rzeczywistym. Grupa badawcza składała się z 18 osób (10 kobiet i 8 mężczyzn, średni wiek $31 \pm 7,7$ lat, wzrost 172 ± 9 cm, masa 74 ± 12 kg). Wszystkie badane osoby deklarowały, że są zdrowe i nie mają żadnych problemów z układem ruchu. Ich stabilność postawy oceniano przy użyciu platformy stabilograficznej. Badanie składało się z dziewięciu prób doświadczalnych, z których każda trwała 60 sekund. Podczas próby poproszono uczestników o stanie nieruchomo w pozycji wyprostowanej z oczami otwartymi lub zamkniętymi. Pierwsza część badań opierała się na próbie Romberga przeprowadzanej w ciszy, a następnie z dodaniem szumu białego o głośności 60 dB. Druga część badań polegała na zanurzeniu pacjenta w świecie wirtualnej rzeczywistości i przeprowadzeniu podobnych pomiarów w ciszy i w szumie białym z wykorzystaniem scenarii statycznej oraz ruchomej. Przeprowadzone analizy wykazały, że zastosowanie szumu inaczej oddziaływało na badane osoby gdy przebywały w środowisku rzeczywistym i wirtualnym.

SŁOWA KLUCZOWE: stabilizacja postawy, kontrola postawy ciała, szum, wirtualna rzeczywistość, wrażliwość akustyczna

1. Wprowadzenie

Zachowanie stabilnej pozycji pionowej jest jedną z najważniejszych ról układu ruchu i jest ono możliwe dzięki koordynacji nerwowo-mięśniowej, która jest związana z ciągłymi ruchami korygującymi [1]. Utrzymanie równowagi oraz prawidłową orientację ciała w przestrzeni umożliwiają informacje docierające z układu przedsionkowego, narządu wzroku oraz receptorów czucia głębokiego [2].

Do oceny stabilności postawy wykorzystuje się m.in. platformę stabilometryczną. Stabilografia to metoda pomiarowa oceniająca stabilność układu równowagi. Badanie polega na analizie przemieszczania się środka nacisku stóp (COP) w czasie stania na platformie stabilograficznej. Do najczęściej analizowanych parametrów w stabilometrii należą: długość ścieżki podparcia, średnia prędkość ruchu COP oraz zakres ruchu w kierunku przednio-tylnym A-P i bocznym M-L.

Na stabilność postawy mogą mieć wpływ różne czynniki zewnętrzne takie jak np. dźwięki, które są nieodłącznym elementem naszego środowiska naturalnego. Niektóre z nich mogą mieć pozytywny wpływ na zdolność utrzymywania równowagi. Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów Polechoński wraz ze swoim zespołem wykazał, że biały szum oraz oklaski kibiców o określonym natężeniu (60, 80, 100 dB) skracają długość ścieżki podparcia [3]. Również w badaniach przeprowadzonych przez Mańdziuk z zespołem wykazano, że muzyka przy ustalonym widmie ma wpływ na niektóre parametry stabilności takie jak np. długość ścieżki podparcia, średnią prędkość ruchu COP [2].

Ciekawym tematem badań naukowych jest również wirtualna rzeczywistość. Jej zastosowanie może bowiem

powodować odmienne doświadczenia niż w środowisku rzeczywistym. Jak wykazano w czasie badań na Politechnice Śląskiej, wyświetlanie wirtualnej scenarii może działać destabilizująco w porównaniu do świata rzeczywistego zmieniając strategię utrzymywania równowagi, co uwidacznia się w zmianach wartości wielu analizowanych wielkości [4]. Niewiele jest jednak analiz, które opisywałyby jak zmiany parametrów dźwiękowych otoczenia wpływają na te wartości.

Celem badań opisanych w niniejszej pracy było określenie jaki jest wpływ szumu na stabilność postawy człowieka w środowisku wirtualnym w odniesieniu do rzeczywistego.

2. Metodyka prowadzonych pomiarów

W eksperymencie wzięło udział 18 osób (10 kobiet i 8 mężczyzn, średni wiek $31 \pm 7,7$ lat, wzrost 172 ± 9 cm, masa 74 ± 12 kg). Wszyscy badani deklarowali, że są zdrowi i nie mają żadnych problemów z układem ruchu. Podczas pomiarów poproszono uczestników o stanie nieruchomo w pozycji wyprostowanej na platformie stabilograficznej z oczami otwartymi lub zamkniętymi. Szum odtwarzany był przy pomocy dwóch głośników umieszczonych na podłodze przed platformą. Każda z prób trwała 60 sekund, przy czym w analizie uwzględniano środkowy pomiar 30 sekund.

Procedura badawcza składała się z następujących prób, których kolejność ulegała zmianie:

1. **OO** – pomiar w ciszy z otwartymi oczami,
2. **OZ** – pomiar w ciszy z zamkniętymi oczami,
3. **OOS** – pomiar w białym szumie o natężeniu 60 dB z oczami otwartymi,

4. **OZS** – pomiar w białym szumie o natężeniu 60 dB z oczami zamkniętymi,
5. **VRN** – pomiar w ciszy z otwartymi oczami w środowisku wirtualnym przy nieruchomej scenerii,
6. **VRNS** – pomiar w białym szumie o natężeniu 60 dB z oczami otwartymi w środowisku wirtualnym przy nieruchomej scenerii,
7. **VRR1** – pomiar w ciszy z otwartymi oczami w środowisku wirtualnym przy scenerii poruszającej się z częstotliwością 0,7 Hz,
8. **VRR2** – powtórzenie pomiaru w ciszy z otwartymi oczami w środowisku wirtualnym przy scenerii poruszającej się z częstotliwością 0,7 Hz,
9. **VRRS** – pomiar w białym szumie o natężeniu 60 dB z oczami otwartymi w środowisku wirtualnym przy scenerii poruszającej się z częstotliwością 0,7 Hz.

Na rysunku 1 przedstawiono wykorzystaną do badań scenerię pokoju. Zaimplementowanie w aplikacji naprzemiennych ruchów do przodu i do tyłu całego otoczenia umożliwiło przeprowadzenie pomiaru w warunkach konfliktu bodźców sensorycznych. Amplituda tego ruchu wynosiła 30 cm.



Rys. 1. Sceneria wykorzystana do badań

3. Wyniki

Na rysunku 2 przedstawiono otrzymane z badań wartości średnie długości ścieżek podparcia dla każdej z prób. Aby ocenić czy różnice pomiędzy dwoma próbami są istotne statystycznie wykorzystano test Wilcoxon. Różnice istotne statystycznie odnotowano tylko pomiędzy próbami VRR2 i VRRS, gdzie zanotowano wzrost długości ścieżki w próbie z szumem.



Rys. 2. Wykres średnich długości ścieżki podparcia w zależności od próby

Rysunek. 3 prezentuje wartości średnie zakresu ruchu w kierunku przednio-tylnym w zależności od próby. W tym przypadku również jedynie różnica pomiędzy próbami VRR2 a VRRS okazała się istotna statystycznie. Tu również większy zakres ruchu odnotowano w badaniu z szumem.

Przeanalizowano również wartości współczynnika asymetrii (tab. 1), wyznaczonego na podstawie wartości długości ścieżki COP dla kończyny lewej i prawej, obliczony zgodnie ze wzorem:

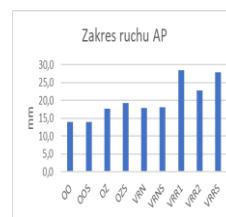
$$W_a = \frac{(S_p - S_l) \cdot 100}{\max(S_p, S_l)}$$

To co można zaobserwować to odwrócone proporcje osób, u których nastąpił wzrost i spadek tego współczynnika. W przypadku pomiarów z VR u większości

osób zauważalny jest spadek wartości współczynnika po wprowadzeniu szumu, co pokazuje, że ruch ciała był przy szumie rozłożony bardziej równomiernie na obie kończyny. Podobnej zależności nie zaobserwowano w analizie współczynnika asymetrii wyznaczonego w oparciu o wartości obciążenia pod lewą i prawą kończyną.

Tabela 1. Liczba osób, u których nastąpił wzrost lub spadek współczynnika asymetrii wyznaczonego na podstawie długości ścieżki COP obliczonego osobno dla prawej i lewej kończyny

	OO/OOS	OZ/OZS	VRN/VRNS	VRR2/VRRS
WZROST	14	12	7	6
SPADEK	4	6	11	12



Rys. 3. Wykres średnich wartości zakresu ruchu w kierunku przednio-tylnym w zależności od próby

4. Dyskusja

Z badań przedstawionych w niniejszej pracy nie wynika istotna statystycznie różnica pomiędzy pomiarami stabilności postaci w ciszy i w szumie w środowisku rzeczywistym. Odbiega to od pomiarów Polechońskiego i Mańdziuk [2, 3]. Zmiany istotne statystycznie zaobserwowano natomiast w przypadku pomiarów z ruchomym VR, gdzie wystąpił wzrost ścieżki. Może on świadczyć, że po wprowadzeniu szumu osoba uspokoiła swój ruch i równocześnie stała się bardziej podatna na ruch scenerii, za którym to ruchem podąża całe ciało. Za taką interpretacją przemawia też fakt wzrostu zakresu ruchu COP w kierunku AP, jak również zmniejszona u większości osób asymetria pomiędzy ruchem COP pod lewą i prawą kończyną. Wymaga to jednak pogłębionej analizy, na przykład z wykorzystaniem obliczeń w dziedzinie częstotliwości.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że wprowadzenie szumu inaczej oddziaływało na badane osoby gdy przebywały one w środowisku wirtualnym i rzeczywistym. Przedstawione w pracy wnioski wymagają dalszych badań i analiz przy dźwiękach o innych parametrach.

Literatura

- [1] J. W. Błaszczyk, Kontrola stabilności postawy ciała, Kosmos, Vol. 42, No. 2, pp. 473-486, 1993.
- [2] M. Mańdziuk, B. Martowska, M. Krawczyk-Suszek, K. Kubicka, P. Szpunar, K. Kołodziej, J. Bednarski, *The impact of sound on a fixed spectrum and intensity on selected parameters of stability*, Journal of Health Study and Medicine 2020, no. 1, pp. 71-91, 2020.
- [3] J. Polechoński, J. Błaszczyk, *The effect of acoustic noise on postural sway in male and female subjects*, Journal of Human Kinetics, Vol. 15, pp. 37-52, 2006.
- [4] M. Chmura, P. Wodarski, G. Gruszka, J. Jurkojc, *Ocena zmian wybranych wielkości stabilograficznych na skutek oddziaływania wirtualnej rzeczywistości*, Aktualne Problemy Biomechaniki, Vol. 20, pp. 29-36, 2020.