

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Analiza porównawcza parametrów chodu na bieżni tradycyjnej i wielokierunkowej

Michał Stankiewicz¹, Marcin Konarzewski², Kamil Sybilski¹

¹Zakład Inżynierii Obliczeniowej i Biomedycznej

²Zakład Mechaniki i Konstrukcji Specjalnych

Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: michal.stankiewicz@wat.edu.pl, kamil.sybilski@wat.edu.pl, marcin.konarzewski@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: Powszechnie wykorzystywane bieżnie elektryczne pozwalają na realizację jedynie prostych zadań lokomotorycznych. Ich działanie opiera się na wymuszeniu ruchu człowieka poprzez zadanie określonej prędkości części roboczej bieżni. Takie rozwiązanie sprawia, że badana osoba nieświadomie stara się dopasować swój chód do bieżni zaburzając w ten sposób swój naturalny sposób poruszania się. W związku z tym wykorzystując bieżnie elektryczne możliwości bardzo dokładnego odwzorowania rzeczywistego ruchu badanego pacjenta. Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu jest wykorzystanie tzw. bieżni wielokierunkowej. Zasada jej działania umożliwia płynną zmianę prędkości ruchu przez samego badanego (nie ma fizycznego wymuszenia ruchu przez część roboczą bieżni). Ponadto możliwe jest płynne zmienianie kierunku ruchu w zakresie 360 stopni. Rozwiązanie to jest na rynku stosunkowo niedługo. Dlatego też niezbędne jest zbadanie w jakim stopniu ruch z wykorzystaniem bieżni wielokierunkowej odpowiada naturalnemu ruchowi człowieka. Oceny tej można dokonać poprzez porównanie parametrów biomechanicznych chodu z wykorzystaniem bieżni wielokierunkowej oraz bieżni konwencjonalnej do parametrów chodu uzyskanych bez ich zastosowania.

SŁOWA KLUCZOWE: chód, VR, Vicon, analiza chodu, bieżnia wielokierunkowa, KAT VR

1. Wytyczne ogólne

Zdolność człowieka do swobodnego poruszania się jest jedną z najważniejszych cech definiujących komfort jego życia. Z tego właśnie powodu zagadnienie to stanowiło podstawę wielu badań naukowych. Badania opisane w literaturze skupiały się w głównej mierze na analizie chodu w linii prostej, zarówno w przypadku osób zdrowych, jak i z różnego rodzaju patologiami ruchu, w różnych grupach wiekowych [1].

Niezmiernie istotnym parametrem związanym z poruszaniem się, jest zdolność do płynnej zmiany prędkości ruchu w zależności od otaczających człowieka czynników środowiskowych, takich jak np. sygnalizacja świetlna bądź innego rodzaju przeszkody występujące na drodze (m.in. progi, krawężniki, nierówności terenu). W związku z tym, aby poruszać się w sposób bezpieczny niezbędna jest zdolność do ciągłej zmiany prędkości i korekcji ułożenia kończyn w trakcie ruchu. Zdolność ta jest powiązana i uzależniona od szeregu czynników psychofizycznych danego człowieka, dzięki czemu może być również jednym ze wskaźników pozwalających na diagnostykę różnego rodzaju schorzeń.

Istnieje szereg metod rehabilitacyjnych pozwalających na częściowe zniwelowanie zaburzeń chodu człowieka. Najczęściej wykorzystywana opiera się na zastosowaniu tradycyjnej, elektrycznej bieżni, która pozwala na wielokrotne ćwiczenie cyklicznych ruchów nóg. Metoda ta cechuje się niewielkim zapotrzebowaniem na przestrzeń do rehabilitacji i możliwością sterowania prędkością ruchu w szerokim zakresie. Możliwe jest również zastosowanie systemów podtrzymujących badaną osobę, zmniejszających

obciążenie kończyn dolnych, aby w szczególnych przypadkach ułatwić proces rehabilitacji. Wykorzystanie elektrycznej bieżni nie jest jednak rozwiązaniem idealnym. Przede wszystkim taki ruch, ze względu na sposób działania bieżni, jest wymuszony przez samą bieżnię i w związku z tym nie pokrywa się w sposób idealny z ruchem w środowisku naturalnym. Ponadto utrudnione jest ćwiczenie w warunkach zmiennej prędkości ruchu [2-5].

Nowoczesne podejście do rehabilitacji coraz częściej zakłada wykorzystanie systemów do wirtualnej rzeczywistości (VR). Systemy takie pozwalają na prowadzenie rehabilitacji w środowisku mogącym w pewnym stopniu odzwierciedlić rzeczywiste warunki środowiskowe, a także na wprowadzanie elementów rywalizacji dodatkowo zwiększających motywację. Sprawiają, że dla pacjenta żmudne ćwiczenie w sali rehabilitacyjnej może zmienić się w zagadnienie ciekawsze i bardziej angażujące, a co się z tym bezpośrednio wiąże efekty takiego ćwiczenia są znacząco lepsze niż w metodach tradycyjnych. Obecnie systemy VR do treningu składają się z wyświetlacza (np. ekranu na który obraz jest wyświetlany przez rzutnik) połączonego z bieżnią, bądź stosuje się komercyjnie dostępne systemy w formie gogli VR (np. HTC Vive lub Oculus Rift). Największym ograniczeniem jest obecnie wykorzystywanie bieżni elektrycznych, które nie pozwalają na zmianę kierunku ruchu podczas chodu i wymuszają stałą prędkość ruchu. Z tego też powodu w ostatnich latach starano się opracować tzw. bieżnie wielokierunkowe pozwalające nieposiadające tych ograniczeń. Od niedawna takie systemy są już dostępne na rynku komercyjnym.

Bieżnia wielokierunkowa w połączeniu z systemem VR pozwala na sprzężenie ze sobą wrażeń wizualnych (generowanych przez system VR) oraz ruchu człowieka. Zastosowanie bieżni wielokierunkowej sprawia, że pacjent jest w stanie zapomnieć, że tak naprawdę porusza się w miejscu [6]. Dzięki temu jego reakcje na przeszkody, sposób zmiany prędkości i kierunku ruchu są znacznie bardziej naturalne i zbliżone do poruszania się w warunkach rzeczywistych. Niezbędne jest, jednakże przeprowadzenie szeregu badań, które pozwolą na określenie w jakim stopniu ruch na bieżni wielokierunkowej jest tożsamy z ruchem naturalnym i jak różni się w stosunku do ruchu na bieżni tradycyjnej. Zagadnienie to jest niezmiernie ważne w celu zapewnienia optymalnego przeniesienia korzyści z treningu przeprowadzanego z wykorzystaniem tych systemów na warunki rzeczywiste oraz zwiększenia świadomości fizjoterapeutów wykorzystujących tego typu urządzenia. Wiąże się z tym konieczność wyznaczenia szeregu parametrów biomechanicznych ruchu człowieka oraz przeprowadzenia analiz porównawczych.

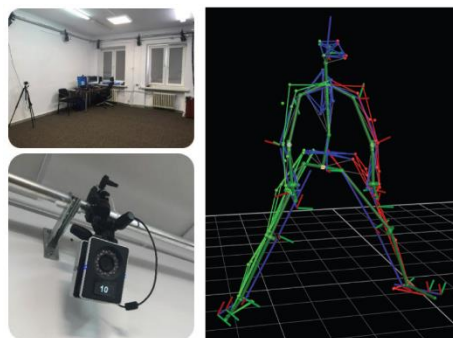
2. Opis badania

Do badań wykorzystano bieżnię wielokierunkową Kat VR (rys. 1), system do wirtualnej rzeczywistości HTC Vive Pro Eye oraz bieżnię standardową z możliwością regulacji nachylenia od 0 do 12 stopni. Do wykonania analizy ruchu wykorzystano optyczny system markerowy Vicon, w skład którego wchodzi 10 kamer na podczerwień oraz dwie kamery FullHD (rys. 2). Na każdą badaną osobę przyklejono znaczniki odbłaskowe w formie kulek o średnicy 14 mm z wykorzystaniem setu markerów tzw. lower body (markery są umieszczane na stopach, nogach oraz biodrach badanej osoby).



Rys. 1. Bieżnia wielokierunkowa KAT VR [7]

Przebadano grupą osób w różnym wieku. W pierwszym etapie badań wykorzystano bieżnię standardową do określenia podstawowych parametrów biomechanicznych chodu takich jak: naturalna prędkość chodu, kąty zgięcia w stawie skokowym, kolanowym, biodrowym oraz kąt nachylenia tułowia. Parametry te mierzono podczas chodu po bieżni o nachyleniu pasa 0 stopni oraz dodatkowo mierzono, jak zmieniają się te parametry przy nachyleniach 3, 6, 9 oraz 12 stopni. Każdy uczestnik badań posiadał przymocowany na piersiach pulsometr. Rejestrowany puls jest wyznacznikiem do obliczenia wydatku energetycznego osiąganego podczas chodzenia po bieżni. Wydatek ten porównano z wydatkiem na bieżni wielokierunkowej.



Rys. 2. System VICON [opracowanie własne]

W kolejnym etapie badań osoby biorące udział w eksperymencie zapoznali się z bieżnią wielokierunkową. Przez pierwszą godzinę uczyli się obsługi bieżni oraz specyfiki chodzenia po niej, a także zapoznali się z goglami do wirtualnej rzeczywistości i obsługą kontrolerów umożliwiających interakcję ze światem wirtualnym. Po przeprowadzonym szkoleniu poddano analizie parametry biomechaniczne chodu analogiczne jak w pierwszym etapie badań. Analizowano także wydatek energetyczny uzyskiwany podczas chodu na bieżni wielokierunkowej. Badane osoby przechodziły odpowiednio zaprojektowany tor, utworzony w wirtualnej rzeczywistości, który jest taki sam dla wszystkich badanych. Ostatnim etapem badań jest analiza wyników otrzymanych podczas pomiarów.

3. Podsumowanie

Przeprowadzona w badaniach analiza porównawcza pozwoliła, określić parametry biomechaniczne chodu człowieka na wielokierunkowej bieżni. Dodatkowo wyznaczono wydatek energetyczny badanych osób oraz określono przydatność bieżni wielokierunkowej z wirtualną rzeczywistością do procesu rehabilitacyjnego.

Praca powstała w ramach realizacji uczelnianego grantu badawczego nr UGB 22-765/2022.

Literatura

- [1] Martellia D., Xiaa B., Sunil A., Agrawalab A., *Gait adaptations during overground walking and multidirectional oscillations of the visual field in a virtual reality headset*, Gait & Posture, Volume 67, pp. 251-256, 2019.
- [2] Lameira G., et al., *Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease*, NeuroRehabilitation, vol. 42, no. 4, pp. 473-480, 2018.
- [3] Riley P., Della G., Croceab K., Payloa W., Kerrigana C., *A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects*, Gait & Posture Volume 26, Issue 1, pp. 17-24, 2017.
- [4] Stolzea H., Kuhtz-Buschbecka J., Mondwurfa C., Boczek-Funckea A., Jöhnka K., *Gait analysis during treadmill and overground locomotion in children and adults*, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Electromyography and Motor Control, Volume 105, Issue 6, pp. 490-497, 1997.
- [5] *Acute and Long-Term Effects of Multidirectional Treadmill Training on Gait and Balance in Parkinson Disease*, PM&R, Volume 8, Issue 12, pp. 1151-1158, 2016.
- [6] Jochymczyk-Woźniak K., Nowakowska K., Polechoński J., Ślądzyk S., Michnik R., *Physiological Gait versus Gait in VR on Multidirectional Treadmill-Comparative Analysis*, Medicina 2019, 55, 517.
- [7] <https://www.kat-vr.com/> (dostęp 07.2022).