

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2024

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15–18 października 2024

Wyznaczanie relacji kinematycznej pomiędzy kręgosłupem a wymuszeniem zewnętrznym

Michał Stankiewicz¹, Kamil Sybilski¹, Szymon Saternus¹, Jerzy Małachowski¹, Jerzy Kwaśniewski²

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna
email: szymon.saternus@wat.edu.pl, michal.stankiewicz@wat.edu.pl, kamil.sybilski@wat.edu.pl, jerzy.malachowski@wat.edu.pl

²Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu, Akademia Górniczo Hutnicza
email: kwasniew@agh.edu.pl

STRESZCZENIE: W pracy omówiono proces wyznaczania relacji kinematycznych pomiędzy kręgosłupem a wymuszeniem zewnętrznym w trakcie terapii w podwieszeniu. Terapia ta jest metodą rehabilitacji, której celem jest m.in. odciążenie stawów, mięśni i tkanek. Jest powszechnie wykorzystywana przez fizjoterapeutów, ponieważ dzięki różnorodnym rodzajom podwieszów, możliwe jest uzyskanie m.in. trakcji i mobilizacji, co ma duże znaczenie w przypadku wielu jednostek chorobowych. Dodatkowo pozwala na indywidualne dopasowanie terapii do potrzeb każdego pacjenta. Badania realizowano na prototypowym urządzeniu, które w sposób automatyczny, pod nadzorem fizjoterapeuty, wymusza wzajemne ruchy poszczególnych segmentów ciała. Z uwagi na wymaganą wysoką dokładność pomiarów do ich realizacji wykorzystano optoelektroniczny markerowy system do analizy ruchu Vicon. System został odpowiednio zmodyfikowany, aby pozwolić na rejestrację i analizę ruchu kręgów kręgosłupa w pozycji leżącej. Wynikiem przeprowadzonych badań są charakterystyki przemieszczeń oraz rotacji poszczególnych części ciała, na podstawie których wyznaczono relację kinematyczną pomiędzy ruchem elementów wymuszających (siłowniki) a kręgosłupem. Otrzymane wyniki umożliwią dalszy rozwój prototypowego urządzenia do terapii w podwieszeniu oraz zwiększą precyzję terapii kręgosłupa.

SŁOWA KLUCZOWE: terapia w podwieszeniu, rotacja ciała, Vicon

1. Wstęp

Terapia w podwieszeniu to metoda rehabilitacji, której celem jest odciążenie stawów, mięśni i tkanek [1]. Metoda ta jest szeroko stosowana przez fizjoterapeutów, ponieważ dzięki różnym rodzajom podwieszów pozwala na uzyskanie trakcji i mobilizacji, co ma ogromne znaczenie w przypadku wielu jednostek chorobowych. Mechanika działania terapii w podwieszeniu opiera się na odciążeniu części lub całości masy ciała pacjenta, co pozwala na redukcję sił nacisku na stawy oraz zmniejszenie napięcia mięśniowego. W praktyce oznacza to, że pacjent może pracować nad poprawą zakresu ruchu, siły mięśniowej oraz koordynacji w bezpieczny i kontrolowany sposób. Terapia ta umożliwia rehabilitację osób, które z powodu bólu lub ograniczeń ruchowych nie byłyby w stanie uczestniczyć w tradycyjnych formach terapii ruchowej [2, 3]. W związku z brakiem bezpośredniego sprzężenia między siłownikami a kręgosłupem, którego dotyczy terapia, konieczne jest przeprowadzenie pomiarów aby sprawdzić, jak przemieszczenie siłowników o określoną wartość wpływa na rotację poszczególnych części ciała. Taka analiza pozwala na dokładniejszą kalibrację urządzenia w odniesieniu do potrzeb pacjenta oraz pozwoli określić zakresy ruchu ciała niezbędne do przeprowadzenia prawidłowej rehabilitacji.

2. Prototypowe urządzenie do terapii w podwieszeniu

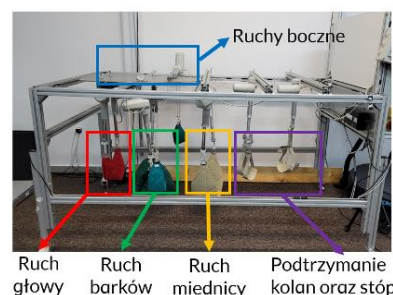
Pomiary zrealizowano na prototypowym urządzeniu do terapii w podwieszeniu, które w sposób automatyczny, pod nadzorem fizjoterapeuty, wymusza wzajemne ruchy

poszczególnych segmentów ciała (rys. 1). Pacjent podwieszony jest na specjalnych uprzężach obejmujących głowę, barki, miednicę, kolana oraz stopy, które są wprawiane w ruch za pomocą 7 siłowników elektrycznych umieszczonych w odpowiednich miejscach.



Rys. 1. Prototypowe urządzenie do terapii w podwieszeniu

Za pomocą panelu sterowania określa się zakres ruchów oraz poszczególne ich sekwencje działania, tak aby odpowiednio dostosować terapię pod pacjenta. W urządzeniu są dostępne ruchy m.in.: ruch głowy, ramion, miednicy oraz ruch boczny ciała (rys. 2).



Rys. 2. Podział siłowników na odpowiednie segmenty ciała

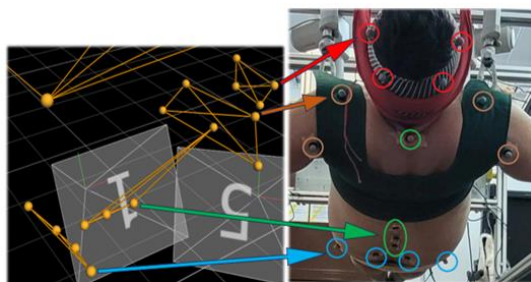
3. Stanowisko pomiarowe

Ze względu na wymaganą wysoką dokładność pomiarów, wykorzystano optoelektroniczny system do analizy ruchu Vicon. Składa się on z 10 kamer na podczerwień. Kamery umieszczono na specjalnej ramie wokół urządzenia, na którym leżał pacjent (rys. 3). System zmodyfikowano tak, aby umożliwić rejestrację i analizę ruchu kręgów kręgosłupa w pozycji leżącej.



Rys. 3. Stanowisko pomiarowe

W charakterystycznych punktach ciała każdej z badanych osób umieszczono markery umożliwiające systemowi odpowiednią lokalizację ich w przestrzeni oraz pozwalające na utworzenie modelu 3D badanej osoby (rys. 4). Markery określały podział na odpowiednie segmenty takie jak: głowa, barki, kręgosłup oraz miednica. Badano 6 zdrowych dorosłych osób (2K, 4M), dla których analizowano relacje kinematyczne między siłownikami a poszczególnymi segmentami ciała. Sprawdzano zależność między rotacją uzyskaną podczas pracy elementów wymuszających a rotacją zmierzoną dla każdego z segmentów ciała. Dodatkowo sprawdzano zakresy, dokładność oraz powtarzalność ruchów uzyskanych na urządzeniu.



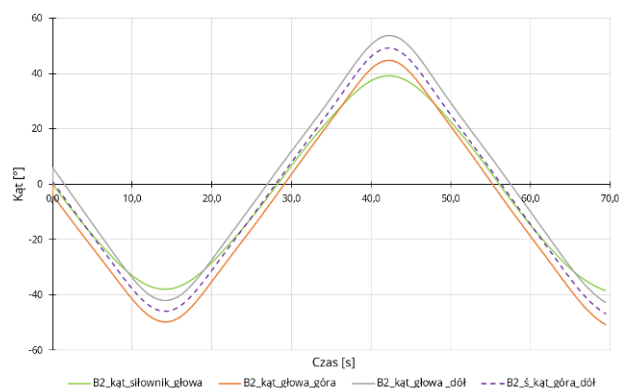
Rozmieszczenie markerów:
Głowa, Ramiona, Kręgosłup, Miednica

Rys. 4. Rozmieszczenie markerów na ciele pacjenta

4. Wyniki badań

Zmierzono ruch ciała pacjenta podczas terapii w podwieszeniu dla różnych sekwencji ruchu takich jak ruch głową, barkami, miednicą oraz ruchy naprzemienne krzyżowe: głowa-barki oraz barki-miednica. Dla każdej z wymienionych sekwencji uzyskano dane, które przetworzono za pomocą skryptu w oprogramowaniu Excel. Obliczono przemieszczenia oraz rotacje poszczególnych części ciała oraz poddano analizie zależności kinematyczne pomiędzy siłownikami a ciałem. Opracowano odpowiednie wykresy porównawcze umożliwiające ocenę analizowanych parametrów. Na rys. 5 przedstawiono przykładowy wykres zmian kąta rotacji

głowy w relacji kąta pracy siłowników sterujących ruchem głowy.



Rys. 5. Rotacja głowy

W tabeli 1 przedstawiono wyniki średnie uzyskane dla wszystkich badanych opracowane dla rotacji głowy z uwzględnieniem zmiennych statystycznych informujących o odchyleniu standardowym oraz o wartości p dla progu istotności $\alpha = 0,05$. Zauważono większą rotację głowy (zmiana o $10^\circ - 28\%$) w stosunku do rotacji wynikającej z pracy siłowników.

Tabela 1. Uzyskane wyniki dla rotacji głowy

	Średnia	SD	p
Kąt siłownika [°]	36	1.46	<0,005
Kąt głowy [°]	46	1.2	
Różnica	10	0.6	
Zmiana %	28	2.5	

5. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych prac obejmują wyznaczone relacje kinematyczne występujące pomiędzy kręgosłupem a wymuszeniem zewnętrznym a także charakterystyki przemieszczeń oraz rotacji poszczególnych segmentów ciała. W kolejnym etapie badań opracowane dane zaimportowano do oprogramowania Anybody, w którym przeprowadzono analizy ruchu kręgosłupa ze szczególnym uwzględnieniem ruchu poszczególnych kręgów. Uzyskane wyniki pozwolą określić zależności kinematyczne między urządzeniem a ruchem poszczególnych kręgów w kręgosłupie i ułatwią dalszy rozwój prototypowego urządzenia.

Praca została wykonana w ramach projektu nr Rzeczy są dla ludzi/0080/2020.

Literatura

- [1] Nasb M., Li, Z.L., *Sling Suspension Therapy Utilization in Musculoskeletal Rehabilitation* Open Journal of Therapy and Rehabilitation, vol 4, pp. 99-116, 2016, <http://dx.doi.org/10.4236/ojtr.2016.43009>
- [2] Jing Liu, et al, *Effects of sling exercise therapy on balance, mobility, activities of daily living, quality of life and shoulder pain in stroke patients: a randomized controlled trial*, European Journal of Integrative Medicine, Vol. 35, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101077>.
- [3] Suhn-Yeop Kim, Chang-Man, *Effects of sling-based manual therapy on cervicothoracic junction in patients with neck pain and forward head posture: A randomized clinical trial*, Journal of Bodywork & Movement Therapies, Vol 27 pp. 447- 454, 2021