

Gliwice, 08.05.2022r.

dr hab. inż. Robert Michnik, Prof. nzw PŚ
Katedra Biomechatroniki
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Biomedycznej
ul. Roosevelat 40
41-800 Zabrze
e-mail: Robert.Michnik@polsl.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Karol Lann Vel Lace

*pt.: „Wpływ różnych ustawień ortezy typu Walker
na parametry kinematyczne i kinetyczne chodu”*

1 Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji Uchwała Nr 34/2021/2022 Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa z dnia 22 lutego 2022 roku w sprawie: wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej magistra Karola Lann Vel Lace. W wyżej wymienionej uchwale zostałem wskazany jako jeden z recenzentów rozprawy doktorskiej mgr Karola Lann Vel Lace nt. „Wpływ różnych ustawień ortezy typu Walker na parametry kinematyczne i kinetyczne chodu”.

2 Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt.: " Wpływ różnych ustawień ortezy typu Walker na parametry kinematyczne i kinetyczne chodu " autorstwa Pana mgr Karola Lann Vel Lance. Opiniowana praca liczy łącznie z załącznikami oraz spisami: piśmiennictwa, tabel i rycin 209 stron i podzielona została na 6 głównych rozdziałów. Tematyka badawcza podjęta w rozprawie dotyczy badań mających na celu ustalenie wpływu różnych ustawień ortezy typu Walker na parametry kinematyczne i dynamiczne chodu. Tematyka podjętych w rozprawie badań jest niewątpliwie oryginalna, ze względu na niewielką ilość publikacji, w których analizowano funkcje lokomocyjne z ortezą typu Walker. Należy również podkreślić, że uzyskane wyniki badań mają bardzo duży aplikacyjny i praktyczny wymiar. Ortezy typu Walker są jednym z częściej używanych sprzętów zaopatrzenia ortopedycznego w przypadku wskazań do zmniejszenia zakresu ruchu lub unieruchomienia stawu skokowego oraz jego

odciążenia. Tego typu ortozy powszechnie stosowane są w przypadku leczenia urazów: stawu skokowego (skręcenia stawu skokowego), tkanek miękkich stopy (ścięgna Achillesa, ścięgna zginaczy i prostowników palców), kości stopy (stabilne złamania stopy). Kolejny obszar zastosowań to rekonwalescencja po zabiegach chirurgicznych stopy i dystalnych części podudzia, w których również wymagana jest stabilizacja i odciążenie stopy oraz częściowe lub całkowite ograniczenie ruchomości stawu skokowego. Biorąc pod uwagę obszerny katalog zastosowań ortozy typu Walker oraz dużą częstotliwość urazów w obrębie można pokusić się o stwierdzenie, że prawdopodobnie każdy z nas przynajmniej raz w życiu będzie miał wskazania terapeutyczne wymagające unieruchomienia stawu skokowego np. z wykorzystaniem ortozy typu Walker. Proces rekonwalescencji po urazach lub zabiegach chirurgicznych w obrębie stawu skokowego i stopy wymaga częściowego lub całkowitego ograniczenia ruchy w stawie skokowym, dzięki czemu możliwe jest odciążenie tego stawu. Jednakże należy mieć na uwadze, że będzie to wpływało na modyfikację kinematyki chodu. Unieruchomienie stawu skokowego powoduje zaburzenia kinematyki chodu, w szczególności w odniesieniu do ruchu w stawie skokowym i kolanowym. Tak więc minimum dwa z sześciu determinantów chodu prawidłowego są nie spełnione. W świetle uzyskanych przez autora badań chód z ortezą zaburza również kinematykę ruchów miednicy, do których odnoszą się trzy kolejne determinanty chodu. Dodatkowo analizując wyniki parametrów czasowo-przestrzennych wykazano, że jest to chód asymetryczny, bez zachowania izometrii i izochronii. Biorąc pod uwagę zaburzenia ruchu miednicy zapewne również jest to chód nie izotoniczny. Uwzględniając powyższe, zasadne jest stwierdzenie, że chód w ortezie jest niekorzystny dla narządu ruchu i może powodować zaburzenia w funkcjonowaniu narządu ruchu w postaci dolegliwości bólowych w obrębie stawów, miednicy i kręgosłupa. Tak więc znajomość kinematyki chodu w ortezach Walker oraz ich konsekwencji dla narządu ruchu ma niezwykle praktyczny wymiar. W tym kontekście uważam, że podjęte tematyka badań jest trafna, a uzyskane wyniki badań mają dużą wartość naukową i praktyczną.

3 Ocena merytoryczna pracy

Podjęta w rozprawie doktorskiej tematyka badań poświęcona jest ocenie wielkości kinematycznych i kinematycznych chodu z ortezą typu Walker. Przeprowadzony w ramach pracy przegląd literatury związanej z tematyką doktoratu wykazał niewielką liczbę publikacji prezentujących wyniki badań chodu z tego typu ortezą. Autor pracy szczegółowo opisał znalezione prace i szczegółowo opisał zarówno metodykę badań oraz wnioski wynikające z przeprowadzonych badań. Szkoda, że przegląd literatury nie kończy się podsumowaniem z krytycznym odniesieniem do istniejącego stanu wiedzy. Pozwoliłoby to na lepsze uzasadnienie konieczności przeprowadzania badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej. Na podstawie przeprowadzonych badań literatury i zapewne własnych doświadczeń autor pracy

trafnie sformułował cel badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej oraz hipotezy badawcze. Celem poznawczym pracy było określenie wpływu różnych ustawień ortezy typu Walker na parametry kinematyczne i kinetyczne chodu. Pozytywnie oceniam również sformułowanie celu praktycznego pracy: zastosowanie wybranych wyników badań w praktyce klinicznej poprzez uświadamianie profesjonalistów i pacjentów o występowaniu możliwych kompensacji w stawach sąsiednich i zmianach wzorca chodu. Autor pracy sformułował trzy hipotezy badawcze:

- Chód 0 But wpływa normalizująco na parametry kinematyczne i kinetyczne chodu w odniesieniu do Chodu 0.
- Chód 15ZG (jako najmniej popularny – w pewnych aspektach porównywalny do chodu osób z mózgowym porażeniem dziecięcym) wywołuje największe zmiany parametrów kinematycznych i kinetycznych chodu w odniesieniu do chodu swobodnego.
- Chód 15 (podobny do chodu w butach narciarskich) wywołuje największe zmiany parametrów kinematycznych w stawie kolanowym.

Uważam, że hipotezy i pytania badawcze są poprawnie sformułowane i odnoszą się do różnych warunków codziennej eksploatacji ortezy Walker (różnych ustawień ortezy, użytkowania domowego lub outdoorowego). Weryfikacja tak postawionych hipotez ma niezwykle praktyczny wymiar, pozwala określić optymalne warunki użytkowania ortezy i minimalizację negatywnych konsekwencji ich używania.

Do realizacji sformułowanych celów oraz weryfikacji postawionych hipotez badawczych opracował oryginalną metodykę badań, w których rejestrował kinematykę chodu dla różnych ustawień ortezy Walker i następnie za pomocą opracowanych algorytmów dokonał analizy porównawczej w odniesieniu do chodu naturalnego. Autor badań trafnie dobrał metody badawcze do postawionego celu rozprawy. Zastosowanie do badań kinematyki systemu Vicon gwarantuje dużą dokładność i precyzję pomiarową zapewniającą wyznaczenie przebiegów kątów w stawach kończyn dolnych oraz miednicy. Bardzo pozytywnie oceniam rozszerzenie katalogu analizowanych wielkości o reakcje podłoża, wypadkowe momenty sił i moc w stawach kończyny dolnej. Uwzględnienie tych wielkości pozwoliło na analizę nie tylko kinematyki kończyn dolnych, ale również funkcjonowanie poszczególnych grup mięśniowych działających w obrębie kończyn dolnych. Niewątpliwie oryginalnym elementem pracy jest zastosowanie do analizy uzyskanych danych pomiarowych metody DTW (pozwalającej na cenę podobieństw wyznaczonych przebiegów kinematycznych i kinetycznych dla różnych wariantów badanych chodów) oraz metody SPM (umożliwiającej wyznaczenie przedziałów, w których występują różnice w wyznaczonych przebiegach). W ramach rozprawy przebadano łącznie 23 osoby, w pięciu wariantach chodu (chód naturalny oraz 4 warianty chodu z ortezą Walker). Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione w postaci licznych wykresów, starannie opisane oraz poddane analizie statystycznej. Ta część pracy jest najobszerniejsza. Wyniki badań zostały

przedstawione aż na 69 stronach. Autor pracy przeprowadził staranną obszerną analizę i dyskusję otrzymanych wyników badań, która pozwoliła na sformułowanie wniosków końcowych. Praca napisana jest poprawnym językiem. Nie zauważyłem w niej rażących błędów stylistycznych i interpunkcyjnych.

4 Najważniejsze osiągnięcia pracy

Do najważniejszych, oryginalnych osiągnięć badawczych przedstawionej pracy doktorskiej należy zaliczyć:

- trafne zidentyfikowanie problemu badawczego związanego z analizą chodu z ortezą Walker i wskazania praktycznego celu prowadzenia takich badań,
- sformułowanie oryginalnej metodyki badań i wprowadzenie własnych metod analizy danych kinematycznych i kinetycznych uzyskanych w badaniach chodu,
- trafny dobór metod badawczych pozwalający na osiągnięcie zakładanych celów pracy i weryfikację hipotez badawczych, zastosowanie nie tylko analizy kinematyki chodu, wyznaczenie momentów i mocy w stawach kończyn dolnych pozwalające na pogłębioną ocenę funkcjonowania układu mięśniowego,
- opracowanie i implementacja autorskich metod analizy danych pomiarowych (metoda DTW i SPM) znacznie rozszerzających możliwości powszechnie stosowanych metod analizy danych pomiarów kinematyki chodu,
- staranna i obszerna analiza oraz dyskusja wyników badań z wykorzystaniem metod analizy statystycznej.

5 Uwagi krytyczne i dyskusja materiału naukowego

Całość opiniowanej rozprawy doktorskiej oceniam pozytywnie. Struktura pracy nie budzi zastrzeżeń, a układ rozdziałów jest czytelny. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury sformułowano zagadnienie badawcze oraz dobrano odpowiednie metody badawcze do zrealizowania celu badań i weryfikacji hipotez badawczych. W kilku miejscach pracy pojawiły się drobne usterki edycyjne, nieścisłości lub nieprecyzyjne sformułowania. Uwagi szczegółowe, zarówno merytoryczne jak i redakcyjne zamieszczam poniżej.

1. W rozdziale 1.3 *Charakterystyka chodu swobodnego* opisano cykl chodu (GC) oraz podział na fazy. W opisie zamieszczono informację: „Faza podporu (ang. *stance phase*) obejmuje około 60% cyklu chodu, a faza przeniesienia (ang. *swing phase*) - 40% GC”. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że czas trwania fazy podporu i przeniesienia jest uzależniony od prędkości chodu. Wzrost prędkości chodu skutkuje zmniejszeniem czasu fazy podporowej. Przy niższych prędkościach faza podporowa się wydłuża. Informacja ta jest istotna w kontekście wyników przeprowadzonych badań i prezentowanych w rozdziale 4. *Wyniki*. W podrozdziale 4.1 *Parametry czasowo-przestrzenne* wykazano, że

chód w ortezie odbywa się z mniejszą prędkością niż chód swobodny, co wpływa również na wydłużenie czasu fazy podporowej.

2. W rozdziale 1.3 *Charakterystyka chodu swobodnego* opisano szczegółowo kinematykę chodu w poszczególnych fazach podając wartości kątowe w poszczególnych podfazach cyklu chodu. Szkoda, że w tym miejscu autor pracy nie zdecydował się na graficzną prezentację danych kinematycznych w postaci przebiegów poszczególnych kątów stawowych w cyklu chodu.
3. W rozdziale 1.4 *Problematyka chodu w ortezie typu Walker – dotychczasowy stan wiedzy* autor zestawiał publikacje naukowe związane z badaniami chodu w ortezie typu Walker. Brakuje w tym miejscu szczegółowych informacji w jaki sposób przeprowadzono badania literaturowe: z jakich baz publikacji korzystano, jakie słowa kluczowe wykorzystano do wyszukiwania artykułów oraz jakie były kryteria wyboru artykułów prezentowanych w pracy.
4. Przegląd literatury nie kończy się krytycznym ustosunkowaniem do aktualnego stanu wiedzy co pozwoliłoby na lepsze uzasadnienie podjęcia tematyki badań chodu z ortezą typu Walker.
5. W rozdziale 2 *Cel pracy, hipotezy i pytania badawcze* przedstawiono cele pracy, hipotezy badawcze oraz pytania badawcze. W hipotezach i pytaniach badawczych wprowadzono oznaczenia poszczególnych wariantów badanych chodów: *chód 0, chód) but, chód 15, chód 15ZG*. Jednakże wyjaśnienie zastosowanych skrótów znajduje się kilka stron dalej, po opisie grupy badanych oraz metodyki badań kinematyki.
6. Pozytywnie oceniam zastosowaną metodykę badań kinematyki chodu. Zastosowanie w tym celu optycznego systemu VICON gwarantuje dobrą dokładność pomiarową. Dużym mankamentem pracy jest brak opisu sposobu rozmieszczenia markerów na stopie kończyny prawej, na której umieszczona była orteza. W badaniach korzystano z optycznej metody analizy ruchu, w której wyznaczane są położenia przestrzenne markerów rozmieszczonych w charakterystycznych punktach antropometrycznych ciała człowieka. Na ich podstawie wyznaczane są położenia środków stawów, a następnie wyznaczane są kąty stawowe. Warto mieć na uwadze, że na dokładność wyznaczenia kątów stawowych wpływa prawidłowe rozmieszczenie markerów. W przypadku przeprowadzonych badań orteza uniemożliwiła umieszczenie markerów na stopie kończyny prawej. Tym samym można oczekiwać, że kąty w stawie skokowym i kolanowym będą nie prawidłowo wyznaczane. Tak więc zasadne jest pytanie w jaki sposób rozmieszczono markery na stopie z ortezą i w jaki sposób identyfikowano położenie stawu skokowego.
7. Dużym plusem zrealizowanych badań jest wykorzystanie zgromadzonych danych kinematycznych chodu do wyznaczenia wypadkowych momentów i mocy w stawach kończyny dolnej. Pozwala to na ocenę działania poszczególnych grup mięśniowych działających w obrębie poszczególnych stawów. Niestety autor pracy nie przedstawił metodyki wyznaczania momentów i mocy w stawach co jest sporym uchybień opisu metodyki badań.
8. Mam duże zastrzeżenia do analizowania momentów i mocy w stawie skokowym i kolanowym kończyny z ortezą. Brak poprawnej identyfikacji środków stawu skokowego i kolanowego (patrz uwaga 6) uniemożliwia prawidłowe wyznaczenie momentów i mocy w tych stawach.
9. Wyniki przeprowadzonych badań zostały dokładnie przeanalizowane z wykorzystaniem metod analizy statystycznej oraz obszernie skomentowane w rozdziale *Dyskusja*. Jednakże, moim zdaniem autor pracy nie wykorzystał w pełni potencjału przeprowadzonych analiz. W rozdziale *Wnioski* brakuje podsumowania

wyników badań, jednoznacznego wskazania który ze sposobów użytkowania ortozy oraz jej ustawień jest najmniej destruktywny dla narządu ruchu.

10. Pewien niedostatek pozostawia fakt braku wskazania kierunków dalszych badań.

6 Wnioski końcowe

Podsumowując, recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr Karola Lann Vel Lace nt. „Wpływ różnych ustawień ortozy typu Walker na parametry kinematyczne i kinetyczne chodu” wpisuje się w obszar badań nauk o kulturze fizycznej. Wysoko oceniam podjętą tematykę badań, jak również zastosowane metody badawcze. Podjęcie tematu analizy chodu z ortezą typu Walker jest niewątpliwie oryginalne zarówno pod kątem badań naukowych jak również o wymiarze niezwykle praktycznym. Autor pracy wykazał się dobrą umiejętnością prowadzenia badań literaturowych i trafnie zidentyfikował problem badawczy koncentrując się na ocenie różnic w parametrach chodu dla różnych warunków użytkowania ortozy. Wysoko oceniam zastosowane metody badawcze pozwalające na kompleksową ocenę badanych wariantów chodu. Autor pracy wykazał się bardzo dobrą znajomością doświadczalnych metod analizy ruchu oraz metod analizy wyników tych badań. Wyróżniającym się elementem pracy jest opracowanie i implementacja własnych algorytmów analizy danych pomiarowych, co świadczy o dużej biegłości w posługiwaniu się nowoczesnymi technikami prowadzenia obliczeń inżynierskich. Staranna analiza i dyskusja uzyskanych wyników badań są kolejnym mocnym atutem recenzowanej pracy.

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne, nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i pozytywnej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter porządkowy lub dyskusyjny.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty stwierdzam, że opiniowana praca doktorska spełnia wymagane Ustawą warunki, to jest art.13 ust.1 *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie mgr Karola Lann Vel Lace do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w szczególności do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.


dr hab. inż. Robert Michnik, prof. PŚ