

Gliwice, 23.08.2024r.

prof. dr hab. inż. Robert Michnik
Katedra Biomechatroniki
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Biomedycznej
ul. Roosevelta 40
41-800 Zabrze
e-mail: Robert.Michnik@polsl.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Agaty Matuszewskiej

pt.: „Wpływ ruchu kończyn górnych na dynamiczną równowagę ciała dorosłego człowieka”

1 Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi Rada Naukowej Instytutu „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecko” z dnia 10 czerwca 2024 r., w którym zostałem poinformowany o powołaniu mnie przez ww. Radę na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ ruchu kończyn górnych na dynamiczną równowagę ciała dorosłego człowieka” mgr inż. Agaty Matuszewskiej.

2 Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt.: „Wpływ ruchu kończyn górnych na dynamiczną równowagę ciała dorosłego człowieka” autorstwa Pani mgr inż. Agaty Matuszewskiej, w której promotorem była pani prof. dr hab. n. med. inż. Małgorzata Syczewska.

Opiniowana praca została przygotowana w formie publikacji zwartej liczącej łącznie z *Aneksami* 116 stron. Rozprawa została podzielona na 6 głównych rozdziałów, z zachowaniem typowego dla prac naukowych podziału na: Wprowadzenie, Hipotezy *badawcze oraz cele pracy*, *Materiał i metody*, *Wyniki*, *Dyskusja*, *Podsumowanie i wnioski*. Integralną częścią rozprawy jest *Streszczenie* (w języku polskim oraz angielskim), które zamieszczono na początku rozprawy oraz *Wykaz stosowanych skrótów*. Do napisania rozprawy wykorzystano 133 publikacje naukowe. Opiniowana praca koncentruje się na badaniach funkcjonowania

narządu ruchu podczas chodu w stosunkowo mało rozpoznanym aspekcie związanym z ruchem kończyn górnych. Badania chodu człowieka są jednym z częściej podejmowanych tematów badawczych. Najczęściej koncentrują się one jednak na pomiarach wielkości kinematycznych tylko kończyn dolnych oraz miednicy, rzadko kiedy badanie takie obejmują ruch tułowia i górnej części ciała. W literaturze związanej z biomechaniczną oceną chodu niewiele jest publikacji związanych z analizą ruchu kończyn górnych. Tak więc podjęta przez doktorantkę tematyka badań związanych z oceną wpływu ruchu kończyn górnych na dynamiczną równowagę dorosłego człowieka należy uznać za oryginalną i w mojej ocenie nie łatwą do zrealizowania. Stosunkowo niewielka liczba prac związanych z ruchem kończyn górnych podczas chodu, jak również kontekst prowadzonych badań związanych z stabilnością chodu bądź równowagi dynamicznej, przy braku jednoznacznych definicji tych wielkości i przede wszystkim standardowych, ilościowych narzędzi do ich oceny wymagał od doktorantki opracowania własnych, oryginalnych metod badawczych i analizy badanego zjawiska. Tak więc podjęta w rozprawie tematyka badań jest trafna, a uzyskane wyniki badań mają dużą wartość naukową, a w przyszłości mogą również przełożyć się na wiedzę praktyczną.

3 Ocena merytoryczna pracy

Rozprawa doktorska została podzielona na trzy części stanowiące odpowiednio wprowadzenie do prowadzonych badań, opis badań własnych oraz podsumowanie końcowe. W pierwszej części pracy, zawartej w rozdziale *Wprowadzenie*, doktorantka przedstawiła uzasadnienie podjęcia tematyki badań oraz przegląd metod badawczych wykorzystywanych do oceny stabilności ciała człowieka, w szczególności stabilności w warunkach dynamicznych podczas chodu. Rozdział ten kończy opis związany z rolą kończyn górnych procesie równowagi oraz przykłady badań i wielkości wykorzystywanych do oceny ruchu kończyn górnych. Pewien niedosyt pozostawia fakt, że autorka pracy nie zdecydowała się na podsumowanie tego rozdziału, w którym potwierdziłaby zasadność podjętej tematyki badań na podstawie przeprowadzonego i zaprezentowanego w pracy przeglądu literaturowego.

Druga część pracy, prezentująca wyniki własnych badań, składa się z czterech rozdziałów: *Hipotezy badawcze i cele pracy*, *Materiał i metody*, *Wyniki*, *Dyskusja*. Ta część pracy rozpoczyna się sformułowanymi na podstawie przeglądu literatury dwoma hipotezami badawczymi:

1. *Dobrze skoordynowana praca kończyn górnych i kończyn dolnych, wsparta odpowiednimi ruchami tułowia, jest kluczowym elementem dla zachowania stabilnej postawy ciała podczas lokomocji.*
2. *Nie istnieje jeden poprawny wzorzec, który opisywałby ruch kończyn górnych podczas chodu i zapewniał stabilność dynamiczną. Jednakże opracowanie miary, która pozwoliłaby liczbowo zmierzyć koordynację między-kończynową przyczyni się do poszerzenia wiedzy w zakresie równowagi ludzkiego ciała i bezpiecznej lokomocji.*

Hipotezy te zostały uzupełnione pytaniem badawczym w brzmieniu:

Jaki jest ilościowy udział ruchu kończyn głównych w okresie kontroli równowagi u ludzi w trakcie poruszania się?

Za główny cel przeprowadzonych badań doktorantka postawiła sobie *opracowanie metody do ilościowej oceny ruchu kończyn górnych oraz zidentyfikowanie wzorców ruchu kończyn górnych powiązanych z wysoką stabilnością dynamiczną u ludzi.*

Główny cel pracy został doprecyzowany poprzez sformułowane następujące cele szczególne:

- 1) *Weryfikacja istniejących oraz opracowanie własnych parametrów do oceny stabilności ciała w warunkach dynamicznych z uwzględnieniem ruchu kończyn górnych*
- 2) *Opracowanie wartości wzorcowych dla parametrów opisujących ruch kończyn górnych, które będą odzwierciedlać wysoką stabilność dynamiczną*
- 3) *Określenie wpływu koordynacji międzykończynowej na stabilność ciała*
- 4) *Określenie warunków zachowania stabilnej postawy i niepodatności na czynniki destabilizujące podczas chodu wykonywanego w różnych warunkach.*

Do realizacji sformułowanych celów oraz weryfikacji postawionych hipotez badawczych doktorantka opracowała oryginalną metodykę badań pozwalającą na ocenę zarówno stabilności funkcji lokomocyjnych, jak również oceny koordynacji pacy kończyn górnych. Opracowany protokół badawczy zakładał rejestrację kinematyki ciała badanych osób podczas chodu z trzema różnymi prędkościami, chodu do tyłu, chodu tandemowego oraz chodu z przeszkodami. W trakcie badań kolekcjonowane były dane kinematycznych poszczególnych punktów antropometrycznych (zgodnie z protokołem *Plug-in-Gait Full Body*) oraz wyznaczane były reakcje podłoża. Całość badań zrealizowano z wykorzystaniem systemu VICON składającego się z 12 kamer oraz dwóch platform dynamometrycznych KISTLER. Uzyskane w trakcie badań dane pomiarowe zostały wykorzystane do wyznaczenia trzech wskaźników, na podstawie których określona została stabilność chodu oraz koordynacja pracy kończyn górnych. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane w rozdziale *Wyniki*, w postaci licznych zestawień tabelarycznych, wykresów oraz poddane analizie statystycznej. W rozdziale *Dyskusja* doktorantka przedstawiła szczegółową analizę otrzymanych wyników oraz przeprowadziła obszerną dyskusję otrzymanych wyników badań, z licznymi odniesieniami do wyników innych autorów. Finalnie w rozdziale *Podsumowanie i wnioski*, autorka pracy na podstawie przeprowadzonych analiz i dyskusji wyników, odniosła się do zakładanych hipotez i celów badawczych, formułując trafne wnioski końcowe. Całość pracy napisana jest poprawnym językiem. Nie zauważyłem w niej rażących błędów stylistycznych i interpunkcyjnych.

Recenzowaną pracę oceniam pozytywnie, zarówno pod względem merytorycznym jak i edycyjnym. Struktura pracy nie budzi zastrzeżeń, a układ rozdziałów jest czytelny. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury precyzyjnie sformułowano cel pracy

i postawiono hipotezy badawcze, do których dobrano odpowiednie metody badawcze umożliwiające zrealizowanie celu badań i weryfikację przyjętych hipotez badawczych.

4 Najważniejsze osiągnięcia pracy

Niewątpliwie, dużym atutem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest podjęcie i zrealizowanie oryginalnego tematu badawczego. Badania kinematyki kończyn górnych oraz ich roli w koordynacji i stabilizacji ruchu są dosyć skąpo udokumentowane w literaturze.

Jako kolejne istotne i najważniejsze oryginalne osiągnięcia badawcze recenzowanej rozprawy doktorskiej mogę wskazać: pracy doktorskiej należy zaliczyć:

1. Opracowanie metodyki badań pozwalającej na ocenę koordynacji ruchów kończyn górnych i stabilności chodu.
2. Przeprowadzenie szerokiego zestawu badań kinematyki funkcji lokomocyjnych w tym chodu z trzema różnymi prędkościami, chodu do tyłu, chodu tandemowego, chodu z przeszkodami.
3. Opracowanie autorskiego wskaźnika ruchów kończyn górnych AS_{IA} umożliwiającego ocenę zarówno koordynacji pracy kończyn górnych, jak również symetrii pracy kończyn górnych.
4. Utworzenie przebiegów wzorcowych analizowanych wielkości opisujących ruch kończyn górnych oraz stabilność różnych form lokomocji.
5. Pozytywnie oceniam również umieszczenie na początku pracy spisu oznaczeń i skrótów wykorzystanych w pracy. Obecnie nie jest to powszechną praktyką stosowaną w rozprawach doktorskich.

5 Uwagi krytyczne i dyskusja materiału naukowego

W kilku miejscach pracy pojawiły się drobne usterki edycyjne, nieścisłości lub nieprecyzyjne sformułowania. Uwagi szczegółowe zamieszczam poniżej.

1. W rozdziale *Wprowadzenie* autorka pracy przedstawiła przegląd literatury dotyczący tematyki rozprawy. Szkoda, że w tym rozdziale nie przedstawiono metodyki wyszukiwania artykułów oraz kryteriów ich doboru na potrzeby pracy.
2. Nie do końca jest jasne, dlaczego podając pierwszą hipotezę badawczą doktorantka odwołuje się do zasady zachowania momentu pędu, zwłaszcza że podczas weryfikacji tej hipotezy nie ma odniesień do zasady zachowania momentu pędu.
3. Uważam, że pierwszy cel badawczy nie został do końca zrealizowany w zakresie weryfikacji istniejących metod oceny stabilności chodu.
4. Minusem przeprowadzonych badań jest stosunkowo mało liczna grupa badanych, licząca tylko 19 osób, które na etapie analizy wyników podzielono na dwie podgrupy.

5. W opisie grupy badanych osób umieszczono informację o poziomie sprawności fizycznej, nie podano jednak informacji w jaki sposób określano poziom sprawności fizycznej.
6. W rozdziale *Metody pozyskiwania i analizy danych* nie przedstawiono zależności matematycznych na podstawie których wyznaczone były wskaźniki: ASIA, COP-COM, H.
7. W rozdziale *Wyniki* zaprezentowano również wyniki i analizę badań kinematyki ruchów w poszczególnych stawach kończyn górnych (rozdział 4.5). Uważam, że wynik te rozszerzają pozyskaną wiedzę, aczkolwiek należy zwrócić uwagę że, analizy kątów w stawach kończyny górnej nie uwzględniono w opisie metodyki badań.
8. Protokół badawczy zastosowany w pracy obejmował szeroki zestaw różnych rodzajów chodu. Moim zdaniem jednak autorka pracy nie w pełni wykorzystała potencjał zgromadzonych danych pomiarowych.
9. Pewien niedostatek pozostawia fakt braku wskazania kierunków dalszych badań.

6 Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska pt. „Wpływ ruchu kończyn górnych na dynamiczną równowagę ciała dorosłego człowieka” autorstwa mgr inż. Agaty Matuszewskiej, koncentruje się oryginalnej tematyce badań związanej z funkcjonowaniem i koordynacją narządu ruchu podczas wykonywania funkcji lokomocyjnych. Tym samym wpisuje się w obszar badań naukowych w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki medyczne. Prace badawcze przedstawione w rozprawie zostały zrealizowane na dobrym poziomie naukowym, z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi badawczych. Tym samym autorka pracy wykazała się bardzo dobrą znajomością wiadomości teoretycznych związanych z funkcjonowaniem narządu ruchu i dużą umiejętnością w zakresie praktycznego wykorzystania biomechanicznych badań doświadczalnych w analizie skomplikowanych i mało rozpoznanych zagadnień związanych z koordynacją pracy kończyn górnych w kontekście stabilności chodu. Rozprawa przygotowana jest na dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym.

Uwagi krytyczne, wymienione w punkcie 5 recenzji, mają charakter porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 poz. 595 z późn. zm.) oraz w artykule 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku prawo o szkolnictwie wyższym i nauce dziennik ustaw z 2018 roku pozycja 1668 za zmianami.

Wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Agaty Matuszewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w szczególności do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

prof. dr hab. inż. Robert Michnik

