

dr hab. Ida Wiszomirska prof. AWF
Wydział Rehabilitacji
Akademia Wychowania Fizycznego
Józefa Piłsudskiego w Warszawie

Warszawa 21.07.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Anety Ferenc w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o zdrowiu pt. „Wpływ siły wybranych mięśni kończyn dolnych na utrzymanie równowagi w płaszczyźnie czołowej”, przygotowaną pod kierunkiem promotora dr hab. n. o zdr. Anny Hadamus

Stabilność posturalna stanowi fundamentalną kompetencję motoryczną, której zaburzenie na dowolnym etapie transmisji sygnału nerwowego może prowadzić do dysfunkcji układu równowagi. Pomimo pozornej prostoty utrzymania pozycji stojącej, czynność ta opiera się na wysoko zorganizowanej i dynamicznej współpracy wielu układów obejmujących między innymi układ nerwowy i mięśniowo-szkieletowy. Dopiero w sytuacji wystąpienia zakłóceń, wynikających m.in. z urazów, procesów chorobowych, starzenia się organizmu czy osłabienia kontroli motorycznej, ujawnia się złożoność oraz kluczowe znaczenie kontroli posturalnej.

W świetle dostępnej literatury przedmiotu wskazuje się na ponad sto potencjalnych czynników etiologicznych utraty równowagi, co znacząco komplikuje proces diagnostyczny w warunkach klinicznych i jednoznacznie akcentuje potrzebę dalszych, pogłębionych badań w tym obszarze.

Pomimo znacznego rozwoju technologii pomiarowej i analitycznej, kompleksowa ocena kontroli równowagi nadal stanowi istotne wyzwanie diagnostyczne, głównie z uwagi na jej wieloczynnikowy charakter oraz zmienność zależną od kontekstu testowania. Wobec tego pogłębienie wiedzy dotyczącej roli poszczególnych grup mięśniowych w mechanizmach utrzymania równowagi staje się nie tylko przedmiotem zainteresowania nauk podstawowych, ale również ma znaczenie aplikacyjne w praktyce klinicznej i fizjoterapeutycznej.

Niniejsza rozprawa doktorska stanowi próbę oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, którego celem było określenie zależności pomiędzy aktywnością mięśni odwodzicieli stawu biodrowego, ocenianą w warunkach izometrycznych i izokinetycznych u osób zdrowych, a możliwością do utrzymania równowagi w warunkach statycznych.

Formalna ocena pracy: recenzowana dysertacja doktorska mgr Anety Ferenc, liczy łącznie 236 stron, posiada typowy układ dla prac empirycznych z dyscypliny nauk o zdrowiu. Dysertację rozpoczyna; Wstęp do problemu badawczego, składającego się z 2 obszernych podrozdziałów: 1. Równowaga ciała człowieka - wybrane zagadnienia – liczy 18 stron, 2. Wybrane elementy biomechaniki układu mięśniowego w mechanizmie utrzymywania równowagi – opisany na 33 stronach. Kolejnymi rozdziałami są: Podrozdział 3. Uzasadnienie wyboru projektu badawczego i cele pracy – 3 strony. Rozdział 4 (12 stron) - Materiał i metody, w którym znalazły się cztery podrozdziały (4.1 Materiał; 4.2. Metody pomiarowe, 4.3. Zgoda komisji bioetycznej oraz 4. Analiza statystyczna). Rozdział 5 – Wyniki (30 stron), który składa się z 6 podrozdziałów (5.1 - Analiza normalności rozkładu danych antropometrycznych 5.2 - Ocena równowagi, 5.3 - Pomiary siły mięśniowej 5.4 - Analiza korelacji parametrów równowagi z parametrami siłowymi i czasowymi, 5.5 - Analiza wpływu parametrów siłowych i czasowych na wartość współczynnika stabilności, 5.6 - Podsumowanie uzyskanych wyników). Rozdział 6 – Dyskusja, który podzielono na 7 części – 27 stron (6.1 - Ocena równowagi, 6.2 - Ocena siły mięśniowej w warunkach izokinetycznych, 6.3 - Ocena siły mięśniowej w warunkach izometrycznych, 6.4 - Analiza korelacji pomiędzy wynikami testów równowagi i siły mięśniowej, 6.5 - Wpływ parametrów antropometrycznych i aktywności fizycznej na wartość współczynnika stabilności, 6.6 - Wpływ parametrów siłowych na wartość współczynnika stabilności, 6.7 - Wpływ parametrów czasowych na wartość współczynnika stabilności). Po dyskusji znalazł się rozdział 7 tj. Ograniczenia a potem 8. Wnioski – 3 strony. Autorka zamieściła także, Piśmiennictwo - 31 stron. Spis tabel – 3 strony, Spis rycin – 1 strona i Załączniki – na 34 stronach pracy.

Zaproponowany układ pracy jest obszerny ale poprawny. Walorami pracy są – szczegółowa ale przejrzysta struktura, właściwa metodologia badań, poprawne cytowanie bogatego piśmiennictwa (402 pozycje).

Analiza treści

Rozdział I – Wstęp

Zadaniem tej części pracy winno być przedstawienie podstawowych zagadnień związanych z analizowanym problemem badawczym. Szczególnie istotne jest rzetelne i przekonujące uzasadnienie istotności naukowej planowych badań. Argumenty te powinny mieć oparcie w oryginalnych pracach naukowych, które pozwalają na określenie brakujących w piśmiennictwie, a przydatnych z punktu widzenia nauki, danych. Umożliwiają potwierdzenie przydatności planowanych do wykorzystania metod i narzędzi diagnostycznych. Z tej roli

Autorka wywiązuje się właściwie, rozpoczynając tę część pracy od wyjaśnienia pojęć związanych z równowagą człowieka. W tej części doktorantka właściwie przedstawiła różne podejścia i zagadnienia związane z kontrolą równowagi cytując często sprzeczne pozycje literaturowe, które dobrała właściwie. Autorka przedstawiła też etiologię zaburzeń równowagi omawiając je na różnych poziomach uszkodzenia. Po tym podrozdziale doktorantka opisuje „Wybrane elementy biomechaniki układu mięśniowego w mechanizmie utrzymywania równowagi”. Ta część jest też właściwie i obszernie napisana. Wiele treści moim zdaniem mogłoby być pominięte w tej części, ponieważ jest to ogólna wiedza akademicka dostępna w podręcznikach tak jak np. skurcz mięśnia, rodzaje mięśni czy dźwignie. Z punktu widzenia pracy najważniejszą częścią tego podrozdziału jest „Rola mięśni w procesie utrzymywania równowagi”. Ta część jest też bardzo rozbudowana i podzielona na poszczególne stawy. Sądzę, że z punktu kontroli równowagi ważna jest analiza mięśni w całych łańcuchach kinematycznych a nie rozbijanie funkcji mięśni na poszczególne stawy. Podczas stania na jednej kończynie w łańcuchu zamkniętym mięśnie wywierają siły na odległe stawy a także przenoszą się te działania poprzez powięzie i inne elementy łącznotkankowe. Oczywiście obszerny opis nie jest konieczny ale potwierdza przygotowanie doktorantki i umiejętność analizy bardzo trudnego zadania, ponieważ w aktualnej najnowszej literaturze jest bardzo dużo przeciwstawnych odkryć i wyników, bez zrozumienia zjawiska trudno jest się poruszać w tym gąszczu odkryć, działań mięśni itp. autorka dobrze sobie z tym poradziła.

Pojawia się jednak kilka kwestii niejasnych, które prosiłabym o wyjaśnienie:

1. Strona 30 autorka pisze „Pozostałe nieskrzyżowane włókna drogi korowo-rdzeniowej przedniej tworzą jądra nerwów czaszkowych”. Czy zdanie jest poprawnie napisane? Proszę o wyjaśnienie czy chodziło o drogę korowo-rdzeniową przednią czy drogę korowo-jądrową?
2. Jaka jest właściwa polska nazwa mięśnia *tensor fasciae latae* – bo w pracy są dwie nazwy, która jest prawidłowa?
3. Str. 67 autorka napisała „Ponadto działa synergistycznie z mięśniem pośladkowym średnim, zapobiegając nadmiernym pochyleniu bocznemu i rotacjom miednicy [171]” proszę o wyjaśnienie ruchu „pochyleniu bocznemu i rotacjom miednicy” i co to za ruch, w jakich stawach zachodzi? Autorka powołuje się na literaturę z 1989 roku. Kolejne na stronie 67 „W działaniu na staw biodrowy głowa długa jest prostownikiem, a przy ustalonym udzie unosi miednicę” chodzi o m. dwugłowy uda - co to za ruch unoszenia miednicy? Kolejne strona 67 „Dzięki takiemu połączeniu powstaje łańcuch

mięśniowy, w którym głowa krótka obniża miednicę, natomiast głowa długa ją unosi. Kontrolowanie obniżania miednicy, zapobiega jej nadmiernym ruchom bocznym i przednio-tylnym oraz stabilizuje dolną część ciała w pozycji stojącej”.

Reasumując: Rozdziały I i II, stanowiące wprowadzenie do problematyki badawczej, prezentują przemyślaną i merytorycznie uzasadnioną strukturę treści, osadzoną w obszernym przeglądzie literatury przedmiotu. Sposób opracowania materiału dowodzi solidnego przygotowania merytorycznego Autorki, jej dobrej orientacji w podejmowanej tematyce oraz umiejętności krytycznego i świadomego korzystania ze źródeł naukowych. Opis mechanizmów utrzymania równowagi oraz metod jej oceny należy uznać za wystarczający i zgodny z aktualnym stanem wiedzy. Zwracam uwagę na potrzebę większej precyzji językowej, zwłaszcza w zakresie stosowanego nazewnictwa specjalistycznego, co wpłynęłoby korzystnie na klarowność i profesjonalizm wypowiedzi naukowej.

Kolejnym rozdziałem III jest: „Uzasadnienie wyboru projektu badawczego i cele pracy” w którym autorka podkreśla złożoność procesu kontroli równowagi. Wieloaspektowość i złożoność procesu utrzymania równowagi potwierdza potrzebę ciągłego rozwoju badań ale także uświadamia badaczy o skomplikowaniu jej kontroli oraz plastyczności układu nerwowego (kompensacji uszkodzeń innymi elementami wchodzącymi w skład kontroli równowagi). Dlatego badania te są niezwykle trudne do interpretacji i wymagają wieloaspektowego podejścia. Celem badań było określenie zależności pomiędzy aktywnością mięśni odwodzących staw biodrowy, ocenianymi w warunkach izometrycznych i izokinetycznych u osób zdrowych, a możliwością utrzymania równowagi w warunkach statycznych.

Ten rozdział jest prawidłowo napisany, Autorka opisała celowość podjętych badań i sprecyzowała trafne cele szczegółowe.

Proszę o wyjaśnienie dlaczego w pracy skupiono się na mięśniach odwodzących udo a nie uwzględniono mięśni antagonistycznych do tego ruchu. Z punktu widzenia kinezyologii, czy nie powinno się analizować oba zespoły mięśniowe działające wokół tej samej osi ruchu w stawie?

Rozdział IV, Materiał i metody

Podrozdział 1. Materiał, badaniem objętych zostało 96 osób, kwalifikacja do badania odbywała się na podstawie kwestionariusza wypełnianego przez osobę badaną. Autorka opisała kryteria włączenia i wyłączenia osób z badań. Określono też częstotliwość aktywności ruchowej.

Ten rozdział jest dobrze opisany, zwraca jednak uwagę na duży rozrzut wieku badanych.

Podrozdział 2. Metody pomiarowe zawierają prawidłowy opis wykorzystanych narzędzi badawczych i procedury badania w postaci: ankiety – wywiadu, kwestionariusz Waterloo, oceny równowagi na platformie posturograficznej Biodex Balance System w różnych warunkach, pomiary siły mięśniowej, przy pomocy aparatu Humac Norm.

Podrozdział 3 to zgodna komisji bioetycznej a 4 to analiza statystyczna.

W analizie wyników wykorzystane zostały właściwe testy statystyczne parametryczne i nieparametryczne.

Podsumowując: Rozdział IV koncentruje się na zagadnieniach związanych z metodologią badań naukowych i został opracowany w sposób rzetelny oraz spójny. Dobór grupy badawczej został przeprowadzony w sposób adekwatny do założeń pracy. Zastosowane metody oceny oraz procedury analizy statystycznej są właściwie dobrane i odpowiadają charakterowi zgromadzonych danych, co dowodzi solidnego przygotowania Autorki w zakresie planowania i realizacji procesu badawczego.

Rozdział V – Wyniki zawiera 6 podrozdziałów

Wyniki zostały opisane bardzo szczegółowo i przedstawione w wielu rycinach i tabelach. Za różnice istotne statystycznie przyjęto wartości na poziomie $p < 0,05$.

W badanej grupie nie odnotowano powtarzalnych zależności między dominacją kończyny a parametrami równowagi. Zarówno w analizie jednoczynnikowej, jak i wieloczynnikowej zaobserwowano, że wyższy wiek wiąże się z pogorszeniem równowagi ($\beta = 0,06$, $p = 0,018$), natomiast wyższa masa ciała również w analizie wieloczynnikowej) wiązała się z lepszą równowagą ($\beta = -0,07$, $p < 0,001$). Trening siłowy pozytywnie wpływał na utrzymanie równowagi we wszystkich warunkach wykazując u tych osób niższy indeks stabilności, czyli lepszą równowagę (zamknięte oczy, stabilne podłoże: $\beta = -1,17$, $p = 0,005$; otwarte oczy, niestabilne podłoże: $\beta = -1,66$, $p = 0,007$; zamknięte oczy, niestabilne podłoże: $\beta = -1,86$, $p = 0,007$). Parametry siłowe jawiły się jako istotne najczęściej w przypadku skurczów koncentrycznych i prędkości $60^\circ/\text{s}$. Istotny i większy wpływ na równowagę odnotowano dla parametrów czasowych. Dla wszystkich warunków badania istotne były parametry czasowe uzyskiwane przy skurczach ekscentrycznych. Wyniki istotne dla skurczów koncentrycznych pojawiały się jedynie w najtrudniejszych warunkach badania. W analizie wieloczynnikowej istotne wyniki badania izokinetycznego oraz izometrycznego odnotowano jedynie dla niektórych parametrów czasowych i tylko w utrudnionych warunkach badania (oczy zamknięte lub niestabilne podłoże). Zaobserwowano, że dłuższy czas zaniku siły, zwłaszcza

przy skurczach ekscentrycznych, łączył się z niższą wartością analizowanego indeksu stabilności, czyli lepszą równowagą (zamknięte oczy, stabilne podłoże: $\beta = -6,65$, $p = 0,031$; zamknięte oczy, niestabilne podłoże: $\beta = -10,61$, $p = 0,040$). W najtrudniejszych warunkach badania zaobserwowano również, że dłuższy czas potrzebny na zmianę kierunku ruchu podczas skurczu ekscentrycznego, wiązał się z wyższą wartością indeksu stabilności, a więc gorszą równowagą ($\beta = 8,26$, $p = 0,040$).

Podsumowując: Zastosowane procedury analizy statystycznej, rzetelne opracowanie materiału empirycznego oraz szczegółowa prezentacja wyników dowodzą wysokiego poziomu przygotowania merytorycznego Autorki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Rozdział VI - Dyskusja

Dyskusja wyników przeprowadzona w niniejszej pracy doktorskiej świadczy o wysokim poziomie analitycznym Autorki oraz dobrej znajomości zagadnień z zakresu kontroli posturalnej. Przedstawiona interpretacja uzyskanych wyników została osadzona w kontekście aktualnego stanu wiedzy i odniesiona do wyników badań innych autorów, co pozwala na wyciągnięcie trafnych i umiarkowanie ostrożnych wniosków. Szczególnie cenne jest zwrócenie uwagi na ograniczoną siłę korelacji między siłą mięśni odwodzących udo w stawie biodrowym a zdolnością utrzymania równowagi w płaszczyźnie czołowej, zwłaszcza u osób młodych, co znajduje potwierdzenie w literaturze. Trafnie zidentyfikowano potencjalnie istotniejszą rolę parametrów czasowych aktywacji mięśniowych, podkreślając konieczność ich dalszej eksploracji w przyszłych badaniach.

Wysoko należy ocenić próbę wskazania klinicznej użyteczności wyników poprzez postulat opracowania ukierunkowanych programów treningowych opartych na analizie czasowej aktywności mięśniowej. Jest to istotne z punktu widzenia fizjoterapii oraz prewencji zaburzeń równowagi w różnych populacjach.

Rozdział VII dotyczący ograniczeń badania, został opracowany w sposób przejrzysty i krytyczny, z zachowaniem naukowej rzetelności. Autorka trafnie identyfikuje ograniczenia wynikające z doboru próby badanej, w tym brak symetrycznego rozkładu wiekowego oraz nierównomierny udział obu płci. Wskazanie trudności w uwzględnieniu wszystkich istotnych zmiennych, takich jak BMI, poziom aktywności fizycznej czy preferencje kończyny podporowej, świadczy o świadomości metodologicznej i znajomości wyzwań związanych z planowaniem i realizacją badań empirycznych. Słusznie zauważono również, że dominacja kończyny dolnej nie została jednoznacznie uwzględniona w analizie, co mogło nieznacznie

wpłynąć na interpretację wyników, chociaż aktualna literatura nie dostarcza jednoznacznych dowodów na istotne różnice siły mięśniowej lub równowagi zależnie od lateralizacji.

Na szczególną uwagę zasługuje refleksja nad ograniczoną możliwością odniesienia wyników do innych badań z uwagi na niewielką liczbę publikacji łączących ocenę parametrów izokinetycznych, izometrycznych oraz czasowych. Postulat rozszerzenia analiz o ocenę strategii odzyskiwania równowagi oraz zastosowanie metod analizy ruchu jawi się jako istotny kierunek rozwoju przyszłych projektów badawczych.

Podsumowując: Sposób prowadzenia dyskusji przez Panią mgr **Anetę Ferenc** świadczy o dobrej znajomości problematyki badawczej. Osadzenie wyników badań własnych na tle wielu badań innych autorów stanowią niewątpliwy atut dyskusji. W rozdziale 7 zamieszczono ograniczenia pracy. Definiując je dobrze, autorka wskazuje dalsze kierunki badań.

Rozdział VII – Wnioski

Wnioski zawarte w pracy są przemyślane, logiczne i dobrze osadzone w kontekście przeprowadzonych badań. Autorka wykazała umiejętność właściwej interpretacji wyników oraz odniosła je do aktualnego stanu wiedzy, wskazując zarówno istotne implikacje praktyczne, jak i potencjalne kierunki dalszych badań.

Pierwszy wniosek, dotyczący pogorszenia równowagi przy zakłóceniach sensorycznych i potrzeby treningu multisensorycznego, wskazuje na dobre zrozumienie mechanizmów kontroli posturalnej. To praktyczna konkluzja, która może mieć zastosowanie w programach rehabilitacyjnych niezależnie od wieku pacjentów.

Drugi i trzeci wniosek odnoszą się do dominacji kończyny dolnej oraz jej wpływu na równowagę i siłę mięśniową. Są one dobrze uargumentowane i opierają się na danych własnych Autorki, jak również na aktualnych doniesieniach naukowych. Wnioski te są istotne klinicznie i mogą wpłynąć na decyzje dotyczące planowania symetrycznych programów treningowych i diagnostycznych.

Czwarty wniosek, odnoszący się do krótszego czasu zaniku siły podczas skurczów ekscentrycznych, jest cenny i wskazuje na istotne, choć nieczęsto analizowane zjawisko w badaniach. Trafnie sformułowane zalecenie dotyczące potrzeby dalszych badań pokazuje naukową ostrożność i świadomość ograniczeń interpretacyjnych.

Piąty i szósty wniosek dobrze oddają złożoność zależności między siłą mięśni odwodzących udo w stawie biodrowym a równowagą. Autorka trafnie zauważa, że pomimo słabych korelacji, siła mięśniowa może wspierać kontrolę posturalną, co uzasadnia jej trening w profilaktyce

i terapii zaburzeń równowagi. Te wnioski łączą wyniki badań z ich praktycznym zastosowaniem.

Siódmy wniosek, podkreślający znaczenie parametrów aktywacji mięśni (takich jak szybkość generowania siły czy czas reakcji), stanowi wartościowy wkład w rozwój diagnostyki funkcjonalnej i może stanowić punkt wyjścia do modyfikacji aktualnych testów klinicznych równowagi.

Ósmy wniosek jest szczególnie ważny, gdyż zwraca uwagę na niedostatecznie rozpoznany aspekt aktywności mięśniowej — parametry czasowe. Wskazanie na potrzebę ich uwzględniania w przyszłych badaniach oraz w treningach stanowi mocny i nowatorski akcent w pracy.

Dziewiąty wniosek dobrze podsumowuje ograniczenia pracy oraz przedstawia konkretne sugestie dotyczące przyszłych badań. Zwrócenie uwagi na potrzebę badań prospektywnych, zróżnicowanych pod względem wieku, płci, BMI oraz na analizę innych grup mięśniowych (staw skokowy, stopa) świadczy o szerokim spojrzeniu Autorki na problematykę i dużym potencjale badawczym.

Podsumowanie:

Wnioski przedstawione w pracy są trafne, dobrze udokumentowane i wykazują wysoki poziom merytoryczny. Treść wniosków mogłaby zostać bardziej zwięźle sformułowana. Wnioski zyskałyby na sile przekazu, gdyby zostały przedstawione w sposób bardziej syntetyczny i ukierunkowany na wyróżnienie innowacyjnych aspektów badań. Autorka wykazała się zarówno umiejętnością krytycznej analizy danych, jak i zdolnością do szerszego spojrzenia na znaczenie wyników w kontekście praktyki klinicznej oraz przyszłych badań. Ich konstrukcja jest spójna z przeprowadzonymi analizami, a postulaty są realistyczne i wartościowe dla rozwoju nauk o zdrowiu.

Pozostała część dysertacji to 402 pozycje piśmiennictwa, które jest prawidłowo cytowane w tekście rozprawy doktorskiej. Autorka poprawnie zamieściła zwięźłą informację dotyczącą celu dysertacji w streszczeniu i abstrakcie. W pracy zamieszczono też porwanie zredagowany spis tabel i rycin oraz rozbudowaną część załączników.

Ważnym aspektem, który należy uwzględnić podczas badań naukowych **wpływu siły wybranych mięśni kończyn dolnych na utrzymanie równowagi w płaszczyźnie czołowej** jest próba identyfikacji trudności związanych z doбором jednorodnych grup badanych — zarówno pod względem wieku, jak i parametrów antropometrycznych czy poziomu aktywności

fizycznej. Wskazanie potrzeby precyzyjnego doboru uczestników badań stanowi ważny element metodologicznej refleksji i przyczynia się do podnoszenia jakości projektowania przyszłych badań eksperymentalnych w tym obszarze.

Reasumując stwierdzam, że cel pracy został osiągnięty, a oceniając wysoko wartość merytoryczną i metodologiczną recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr Anety Ferenc, zgodnie z art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), stwierdzam, iż praca ta świadczy o opanowaniu przez autorkę szerokiej wiedzy teoretycznej z zakresu nauk o zdrowiu oraz potwierdza jej kompetencje w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz, że dysertacja zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Wnoszę więc do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauk o Zdrowiu Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego o dopuszczenie pracy do dalszych etapów w przewodzie doktorskim.

Recenzowana praca doktorska — zdaniem recenzenta — kwalifikuje Panią mgr Anetę Ferenc do nadania jej stopnia doktora nauk o zdrowiu.

Dr hab. Ida Wiszomirska prof. AWF