

Dr hab. n. o zdrowiu Andrzej Szopa
Zakład Fizjoterapii
Wydziału Nauk o Zdrowiu w Katowicach
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Katowice 01 wrzesień 2023r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Iwony Sihinkiewicz

**pt. „Wpływ treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG na aktywność mięśniową,
równowagę i wybrane parametry chodu pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu”
napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Golec**

Niniejszą recenzję sporządzono w związku z pismem Przewodniczącej Rady Naukowej
Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie
Prof. dr hab. Anny Marchewki, z dnia 19.06.2023r.

Podstawę opracowania recenzji stanowi art. 190 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r., - Prawo o
szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.).

1. Struktura opracowania, zgodność treści z tematem.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy łącznie 159 stron, w tym praca właściwa 93 strony, a pozostałe elementy pracy wypełniają: wykaz skrótów, streszczenie w języku polskim i angielskim, piśmiennictwo, spis rycin i tabel oraz aneks z listą załączników tj. zgoda Komisji Bioetycznej na przeprowadzenie badań, formularz świadomej zgody pacjenta z klauzulą o ochronie danych osobowych, informacja dla pacjenta, karty badania pacjenta.

Niniejsze opracowanie posiada typowy układ charakterystyczny dla pracy eksperymentalnej. Praca zbudowana jest z 8 rozdziałów, na które składają się: Wstęp; Cel pracy; Materiał i metody badań; Analiza statystyczna; Wyniki; Dyskusja; Wnioski oraz Piśmiennictwo. W pracy zamieszczono 20 rycin i 21 tabel dokumentujących uzyskane wyniki. Układ oraz zawartość rozdziałów są odpowiednie.

Początkowe rozdziały obejmujące wprowadzenie do podejmowanych zagadnień oraz zdefiniowanie ogólnego i szczegółowych celów pracy wraz z postawionymi pytaniami badawczymi



obejmują ok. 26% objętości pracy właściwej. Cel pracy, materiał i metody badań oraz opis analiz statystycznych zajmują ok. 23% objętości pracy właściwej, podczas gdy prezentacja wyników obejmuje 41% pracy objętości pracy właściwej. Dyskusja i wnioski zajmują 10% objętości pracy właściwej. W strukturze pracy, po rozdziale piśmiennictwo zamieszczono spis rycin i spis tabel, a kompletny wykaz skrótów używanych w opracowaniu oraz streszczenie w języku polskim i angielskim zostało umieszczone na początku dysertacji tj. przed rozdziałem wstęp. Poszczególne sekcje obu streszczeń odpowiadają określonym rozdziałom pracy właściwej. Choć jest to – jak na pracę eksperymentalną – obszerne opracowanie (159 stron), to w mojej opinii zarówno struktura, jak i proporcje głównych części rozprawy są prawidłowe. Część empiryczna stanowi bowiem 2/3 jej objętości.

W rozdziale piśmiennictwo Autorka zamieściła 197 pozycji w tym 49% pozycji to opracowania z okresu od roku 2019 do chwili obecnej, a 51% sprzed 2019 roku. Najstarszy cytowany artykuł to pozycja nr 162 z 1995 roku autorstwa Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. Scand J Rehabil Med. 1995 Mar;27(1):27-36. Pozycje polskojęzyczne stanowią 18% piśmiennictwa, a pozostałe 82% to pozycje obcojęzyczne – głównie anglojęzyczne. Piśmiennictwo zostało prawidłowo dobrane i cytowane.

Tytuł rozprawy „Wpływ treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG na aktywność mięśniową, równowagę i wybrane parametry chodu pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu” w pełni odzwierciedla zawarte w rozprawie treści. Choć tytuł rozprawy odzwierciedla zawarte w niej treści to określenie *wybrane parametry chodu* obiecuje ocenę co najmniej kilku wybranych parametrów. Ponieważ ocenie poddano jedynie w prędkość chodu w teście 10 metrowym to w opinii Recenzenta w przypadku publikacji opracowania warto będzie rozważyć doprecyzowanie tytułu opracowania.

Podsumowując powyższe, recenzent nie zgłasza innych uwag dotyczących formalnej strony niniejszej pracy.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Przechodząc do szczegółowej oceny merytorycznej, można stwierdzić, że Doktorantka osiągnęła postawiony cel badawczy. Ogólna merytoryczna ocena rozprawy jest więc pozytywna. Wartość rozprawy pomniejszają jednak pewne jej drobne niedostatki, na które chciałbym w dalszej kolejności zwrócić uwagę, odnosząc się do treści zawartych w poszczególnych rozdziałach.

Wstęp

Starannie przygotowana część wstępna została podzielona na 5 podrozdziałów, w których Autorka poza wprowadzeniem kolejno: 1) zdefiniowała etiologię i patomechanizm udarów mózgu; 2) przedstawiła epidemiologię udarów mózgu; 3) zdefiniowała obraz kliniczny pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu; 4) przedstawiła klasyczne i nowoczesne metody fizjoterapii po udarze mózgu.

W części wstępnej – w oparciu o zebrane piśmiennictwo – Autorka udokumentowała, że udarze mózgu jest jedną z głównych przyczyn niepełnosprawności. Jest chorobą o ogromnym znaczeniu dla zdrowia, mającą konsekwencje ekonomiczne i społeczne. Przedstawiła także, że po udarze u osób dorosłych występują deficyty neurologiczne w postaci zaburzeń funkcji motorycznych, które współwystępują z zaburzeniami czucia somatosensorycznego. Deficyty ruchowe w dużej mierze łączą się z upośledzeniem kontroli motorycznej tułowia, która ma wpływ na prawidłowe położenie środka ciężkości, ruchy selektywne oraz zdolności czuciowo ruchowe. Udowodniła także, że powszechnymi problemami pacjentów po udarze mózgu są ograniczenia motoryczne nie tylko w postaci zaburzeń chodu, ale także zaburzeń kontroli posturalnej w pozycji stojącej. Analizując literaturę przedmiotu Autorka wykazała ogromny wpływ klasycznych metod usprawniania w postaci specjalistycznych treningów ruchowych na poprawę wielu funkcji u osób dorosłych po udarze mózgu. Wskazała równocześnie konieczność wykorzystywania obiektywnych metod pomiarowych jako niezbędne narzędzie w monitorowaniu zmian stanu pacjenta i zwiększeniu efektywności leczenia w fizjoterapii neurologicznej. Stosowanie ilościowych i instrumentalnych metod oceny kontroli motorycznej może sprzyjać tworzeniu skutecznych interwencji terapeutycznych, dostosowanych indywidualnie, aby zmaksymalizować możliwość powrotu funkcji motorycznych. Autorka wykazała, że rehabilitacja z wykorzystaniem systemów robotycznych może w sposób istotny uzupełniać klasyczną fizjoterapię i wpływać na poprawę funkcji kończyn dolnych pacjenta po udarze mózgu. Kluczowym aspektem w skuteczności terapii z wykorzystaniem robotów rehabilitacyjnych jest interakcja robota z pacjentem, którą można kierować i ulepszać poprzez biologiczne sprzężenie zwrotne oparte na wskaźnikach EMG. Robot Luna EMG jest urządzeniem medycznym, wykorzystującym w terapii reaktywną elektromiografię, zaprojektowanym głównie do kompleksowej rehabilitacji pacjentów ze schorzeniami neurologicznymi, zmagającymi się z osłabieniem siły mięśniowej, zaburzeniami motorycznymi oraz problemami z lokomocją.

Biorąc pod uwagę fakt, że zaburzenia równowagi oraz nieprawidłowy chód osób po udarze mózgu mogą stanowić podłoże trudności w wykonywaniu aktywności dnia codziennego oraz stanowić przyczynę ograniczenia samodzielności, a przez to restrykcje dotyczące udziału w ży-

ciu społecznym tych osób wdrożenie skutecznych programów usprawniających opartych o systemy robotyczne dla osób po udarze mózgu nabiera tu szczególnego znaczenia. Odpowiednio dobrane programy treningowe mogą bowiem odgrywać znaczącą rolę w przywróceniu satysfakcjonującego poziomu aktywności w życiu codziennym i uczestnictwa w życiu społecznym osób po udarze mózgu.

Autorka podjęła zatem badania dotyczące obiektywnej oceny wpływu treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG na aktywność mięśniową, równowagę i chód u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu.

Całość rozważań zawarta w części wstępnej, jak również niewystarczająca ilość badań z zakresu obiektywnej oceny wpływu treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG na aktywność mięśniową, równowagę i chód pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu, stanowi nowe ujęcie problemu oceny parametrów treningowych tych osób oraz całkowicie uzasadnia oryginalność przedmiotowych badań.

Cel pracy

Głównym celem przedstawionej do recenzji pracy była ocena wpływu treningu bezpośrednio zajętej kończyny dolnej z wykorzystaniem robota Luna EMG na aktywność mięśniową, równowagę i prędkość chodu pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu. Tak postawiony cel jest spójny z tytułem dysertacji i prawidłowo sformułowany.

Dodatkowo Autorka sformułowała 5 pytań badawczych, będących w opinii recenzenta uszczegółowieniem podstawowego celu podjętych badań, które dotyczą oceny wpływu treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG na: 1) aktywność mięśnia dwugłowego uda i mięśnia prostego uda, 2) równowagę i 3) prędkość chodu pacjentów, 4) siłę mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego oraz 5) zakres ruchu w stawie kolanowym kończyny dolnej bezpośrednio zajętej pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu. Następnie Autorka postawiła 5 hipotez badawczych stanowiących zdublowanie tych pytań poprzez zmianę trybu na twierdzący. W przypadku publikacji opracowania, gdzie trzeba będzie uwzględnić często obowiązujące w wydawnictwach ograniczenia objętości manuskryptu, warto będzie dokonać wyboru jednej formy uszczegółowienia celu pracy w postaci postawienia pytań badawczych, albo sformułowania 5 hipotez badawczych bez powielania treści.

Materiał i metody

W powyższym celu Doktorantka przeprowadziła badania w grupie 150 pacjentów oddziału rehabilitacji neurologicznej NZOZ „Rehstab”. Kryteria włączenia do badań spełniły jednak tylko

62 osoby. Były to osoby obojga płci, w wieku od 65 do 86 lat po przebytych udarach niedokrwiennym mózgu. Badanych podzielono na 2 grupy: A) 31-osobową grupę eksperymentalną poddaną 4-tygodniowemu treningowi z wykorzystaniem robota Luna EMG dla kończyny dolnej bezpośrednio zajętej oraz powszechnie stosowanemu programowi usprawniania po przebytych udarach mózgu oraz B) 31-osobową grupę kontrolną poddaną jedynie 4-tygodniowemu powszechnie stosowanemu programowi usprawniania po przebytych udarach mózgu. Badania przeprowadzono dwukrotnie: pierwsze badanie – przed przystąpieniem do programu, drugie badanie – w po jego zakończeniu. Badania składały się z ośmiu części i obejmowały:

- 1) Ocenę aktywności i napięcia mięśnia (sEmg) kończyny bezpośrednio zajętej podczas:
 - czynnego ruchu wyprostowania m. prostego uda
 - skurczu izometrycznego mięśnia prostego uda
 - czynnego ruchu zgięcia w stawie kolanowym m. dwugłowego uda
 - skurczu izometrycznego mięśnia dwugłowego uda.
- 2) Ocenę równowagi statycznej i dynamicznej z wykorzystaniem skali równowagi Berg Balance Scale (BBS) oraz Postural Assessment Scale for Stroke (PASS)
- 3) Skalę niedowładów tułowia (Trunk Impairment Scale – TIS)
- 4) Test „wstań i idź” (Up&Go Test)
- 5) 10-metrowy test chodu (10 Metre Walk Test)
- 6) Ocenę siły mięśniowej prostowników i zginaczy stawu kolanowego bezpośrednio zajętej kończyny z wykorzystaniem skali Medical Research Council (MRC)
- 7) Ocenę czynnego zakresu ruchu wyprostowania i zgięcia w stawie kolanowym bezpośrednio zajętej kończyny za pomocą goniometru
- 8) Ocenę napięcia mięśniowego wg zmodyfikowanej skali Ashworth (Modified Ashworth Scale - MAS)

Ocenę aktywności i napięcia mięśnia (sEmg) kończyny bezpośrednio zajętej przeprowadzono z wykorzystaniem robota rehabilitacyjno diagnostycznego Luna EMG firmy EgzoTech. Badanie przeprowadzono w pozycji siedzącej z podpartymi plecami oraz ustabilizowaną na stopniu kończyną pośrednio zajętą. Do odczytu sygnału elektromiograficznego z mięśnia dwugłowego i prostego uda użyto elektrod jednorazowego użytku firmy SORIMEX, które umieszczono na wybranym mięśniu zgodnie z zaleceniami SENIAM (elektrodę referencyjną przyklejono w okolicy kłykcia bocznego kości udowej). Oceniano minimalną amplitudę EMG, maksymalną amplitudę EMG, średnią amplitudę EMG oraz tonus.

W tej części pracy Autorka przedstawiła także postępowanie usprawniające przeprowadzone w obu badanych grupach w ciągu 4 tygodni pomiędzy początkowym i końcowym badaniem, tj.

treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG oraz powszechnego programu ćwiczeń, na tyle szczegółowo, aby niniejszy eksperyment mógł zostać powielony w kolejnym badaniu. Wartość tej części opracowania podnoszą fotografie prezentujące oba treningi usprawniające, a rzetelność badań fakt, że program ćwiczeń w obu badanych grupach był opracowany w oparciu o najnowsze opracowania naukowe, a oba programy usprawniające zostały przeprowadzone przez Autorkę. Na zakończenie wyczerpująco przedstawiono metody analizy statystycznej.

Reasumując, zarówno materiał, narzędzia badawcze, jak również metody analizy statystycznej nie budzą zastrzeżeń i są właściwie dobrane. Szkoda jednak, że nie podano tu informacji w jaki sposób wyodrębniono grupę eksperymentalną. Szkoda również, że ocenę MAS wykorzystano jedynie na potrzeby kwalifikacji do badań (kryterium włączenia). Obserwacja zmiany w zakresie stopnia spastyczności pod wpływem dwóch różniących się programów usprawniania mogłaby pokazać interesujące wyniki.

Wyniki

Autorka przedstawiła tu wyniki przedstawiające kolejno: 1) różnice pomiędzy badaniem pierwszym i drugim w zakresie parametrów aktywności i napięcia mięśnia prostego uda w grupie eksperymentalnej i grupie kontrolnej; 2) różnice pomiędzy badaniem pierwszym i drugim w zakresie parametrów aktywności i napięcia mięśnia dwugłowego uda w grupie eksperymentalnej i grupie kontrolnej; 3) różnice pomiędzy badaniem wstępnym i końcowym w ocenie równowagi Berga w grupach badanych oraz pomiędzy grupami badanych (grupa eksperymentalna vs. kontrolna); 4) różnice pomiędzy badaniem wstępnym i końcowym w ocenie równowagi PASS w grupach badanych oraz pomiędzy grupami badanych (grupa eksperymentalna vs. kontrolna); 5) różnice pomiędzy badaniem wstępnym i końcowym skali niedowładów tułowia w grupach badanych oraz pomiędzy grupami badanych (grupa eksperymentalna vs. kontrolna); 6) różnice pomiędzy badaniem wstępnym i końcowym w ocenie testu „wstań i idź” w poszczególnych grupach badanych oraz pomiędzy grupami badanych (grupa eksperymentalna vs. kontrolna); 7) różnice pomiędzy badaniem wstępnym i końcowym w ocenie 10 m. testu chodu w grupach badanych oraz pomiędzy grupami badanych (grupa eksperymentalna vs. kontrolna); 8) różnice pomiędzy badaniem wstępnym i końcowym w ocenie zakresu ruchomości stawu kolanowego grupach badanych oraz pomiędzy grupami badanych (grupa eksperymentalna vs. kontrolna); 9) różnice pomiędzy grupą eksperymentalną a kontrolną w ocenie testów TUG, 10 MWT, BBS, PASS, TIS, MRC oraz pomiaru ruchomości w stawie kolanowym w podgrupie z niedowładem lewostronnym oraz niedowładem prawostronnym; 10) analizę związku pomiędzy wiekiem badanych a wielkością zmian parametrów w testach TUG, 10 MWT, BBS, PASS, TIS, MRC, pomiaru ruchomości



w stawie kolanowym oraz amplitudą EMG mięśnia prostego i dwugłowego uda kończyny niedoładnej bezpośrednio zajętej w grupie eksperymentalnej i kontrolnej; 11) różnice pomiędzy grupą kobiet a mężczyzn w ocenie testów TUG, 10 MWT, BBS, PASS, TIS, MRC oraz pomiaru ruchomości w stawie kolanowym w grupie eksperymentalnej i kontrolnej; 12) analizę związku pomiędzy czasem od wystąpienia udaru mózgu wynikiem pomiędzy badaniami pierwszym i drugim w grupie eksperymentalnej i kontrolnej.

Sekcja Wyniki jest obszerna. Wyniki przeprowadzonych badań zostały zawarte w 19 tabelach oraz na 12 rycinach w ramach rozdziału Wyniki.

Analiza uzyskanych wyników pozwoliła zauważyć, że w wyniku przeprowadzonego treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG uzyskano istotną statystycznie zmianę jedynie w zakresie tonusu m. prostego uda oraz minimalnej amplitudy EMG m. dwugłowego pomiędzy pierwszym i drugim badaniem w grupie eksperymentalnej. Zaobserwowano także korzystne zmiany tj. na poziomie istotności statystycznej parametrów w testach BBS, PASS, TIS, TUG, 10 MWT, MRC oraz pomiaru zakresu zgięcia w stawie kolanowym pomiędzy pierwszym i drugim pomiarem zarówno w grupie eksperymentalnej jak i kontrolnej. Jednak analiza parametrów aktywności i napięcia zarówno m. prostego jak i dwugłowego uda oraz parametrów w testach BBS, PASS, TIS, TUG, 10 MWT, MRC, pomiaru zakresu zgięcia i wyprostów w stawie kolanowym pomiędzy grupą eksperymentalną a kontrolną nie wykazała różnicowania na poziomie istotności statystycznej zarówno w badaniu pierwszym jak i drugim.

Próba oceny związku pomiędzy wystąpieniem udaru mózgu a udziałem w badaniach na wynik terapii w obydwu grupach wykazała jego istnienie jedynie z wynikami równowagi w teście BBS potwierdzając istotnie statystyczną ujemną korelację pomiędzy tymi dwiema zmiennymi.

Zaprezentowane i prawidłowo zinterpretowane wyniki przeprowadzonych badań udzieliły odpowiedzi na postawione na wstępie pytania badawcze, co stanowi dowód na to, że Autorka w całej rozciągłości zrealizowała postawiony cel.

Dyskusja

Napisana dojrzałym językiem naukowym Dyskusja stanowi mocną stronę niniejszego opracowania. W tym rozdziale Autorka umiejscawia wyniki swoich badań w literaturze przedmiotu, interesująco omawia i prawidłowo interpretuje najistotniejsze wyniki, tak w zakresie wpływu zastosowanego programu usprawniania na aktywność i napięcie mięśni, równowagę statyczną i dynamiczną oraz zakresy ruchów i siły mięśniowej kończyny bezpośrednio zajętej pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu. Istotnym elementem poprowadzonej dyskusji jest próba porównania wyników własnych z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy zajmującymi się podob-

nymi zagadnieniami.

Zaprezentowane na zakończenie w 7 rozdziale wnioski są zgodne z celem pracy i odpowiadają na postawione w pracy pytania badawcze, lub weryfikują postawione na wstępie hipotezy badawcze. Na szczególną uwagę zasługują dwa wnioski aplikacyjne podkreślające użytkową wartość przeprowadzonych badań.

Piśmiennictwo

Autorka zebrała składający się ze 197 pozycji zbiór piśmiennictwa światowego. Choć większość pozycji pochodzi z ostatniej dekady, to zdarzają się także pozycje z ubiegłego stulecia, np.: pozycja 162, 164. Poza drobnymi brakami recenzent nie zgłasza innych zastrzeżeń dotyczących tak strony edytorskiej sekcji Piśmiennictwo, jak danych bibliograficznych tam zamieszczonych.

Podsumowanie

Udar mózgu jest jedną z głównych przyczyn zgonów i niepełnosprawności na całym świecie. Szacuje się, że każdego roku udar mózgu doświadcza 17 milionów ludzi na całym świecie. Istnieją różne podejścia terapeutyczne do rehabilitacji po udarze i toczy się szeroka debata na temat względnej skuteczności tych podejść w zakresie funkcji motorycznych po udarze. Intensywny trening z dużą liczbą powtórzeń tych skoordynowanych ruchów wymaga dużego wysiłku fizycznego i psychicznego ze strony terapeuty asystującego pacjentowi. Roboty rehabilitacyjne to maszyny wyposażone w zaawansowane techniki sterowania umożliwiające interakcję z użytkownikiem dodatkowo mogące odciążyć terapeutę. Ponieważ umożliwiają oferowanie wysoce powtarzalnej terapii przez dłuższy czas, zrobotyzowane urządzenia do leczenia kończyn górnych i dolnych są coraz częściej włączane do codziennej praktyki klinicznej.

Konwencjonalna rehabilitacja po udarze, obejmująca techniki terapii manualnej, terapię ruchową, trening polegający na powtarzaniu zadań czy terapię lustrzaną, wymaga od pacjentów częściowego lub pełnego wspomaganie ruchu pod okiem terapeutów. Czasochłonność i pracochłonność terapii konwencjonalnych ogranicza ich opłacalność. Terapia wspomagana robotem to nowatorskie podejście do rehabilitacji po udarze, które wykorzystuje roboty do zapewnienia pacjentom treningu motorycznego lub zadaniowego. Oprócz zapewniania powtarzalnych i bardzo intensywnych ćwiczeń, osoby po udarze mogą wykonywać niezależne treningi przy mniejszym nadzorze ze strony terapeutów, otrzymywać na czas informację zwrotną na temat swoich wyników od urządzeń zrobotyzowanych i osiągać lepsze wyniki.



Wniosek końcowy

Autorka wykazała się wystarczającą wiedzą teoretyczną i umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych, umiejętnością interpretacji i wnioskowania z uzyskanych wyników. W opinii Recenzenta Rozprawa doktorska Pani mgr Iwony Sihinkiewicz pt. „Wpływ treningu z wykorzystaniem robota Luna EMG na aktywność mięśniową, równowagę i wybrane parametry chodu pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w myśl ustawy określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2022r. poz. 574 ze zm.)

Wobec powyższego wnoszę do Rady Naukowej Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie o dopuszczenie Pani mgr Iwony Sihinkiewicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Andrzej Szopa
ul. Armii Krajowej 34
WWW.ZPZ: 089