

Dr hab. Tomasz Halski

Opole, 19.09.2025

Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii

Politechnika Opolska

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pani mgr Kamili Kluczniok

**pt. „Wpływ treningu z ograniczonym przepływem krwi na siłę i hipertrofię mięśnia
czworogłowego uda oraz funkcję stawu kolanowego u osób po przebytej rekonstrukcji
władła krzyżowego przedniego z tenodezą boczną”**

Promotor pracy:

prof. dr hab. Krzysztof Ficek

Promotor pomocniczy:

dr Grzegorz Hajduk

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Kamili Kluczniok dotyczy zmian siły i trofiki mięśnia czworogłowego uda oraz funkcji stawu kolanowego pod wpływem treningu z ograniczonym przepływem krwi u osób po przebytej rekonstrukcji władła krzyżowego przedniego z tenodezą boczną.

Uszkodzenia władł kolanowych są często występującą kontuzją u osób aktywnych fizycznie i sportowców. Wśród nich zerwanie władła krzyżowego przedniego (ACL) jest nie tylko najczęściej występującym uszkodzeniem w obrębie stawu kolanowym, ale też najbardziej obciążającą pod kątem czasu powrotu do aktywności (6-12 miesięcy i tylko około 55% sportowców wraca do poprzedniego poziomu), ryzyka rozwoju choroby zwyrodnieniowej stawu kolanowego (50% pacjentów) oraz kosztowną (w 2012 około 10 mld dolarów) kontuzją. Należy zwrócić uwagę, że u kobiet uprawiających dyscypliny sportowe z dużym obciążeniem skokami (gimnastyka, biegi z przeszkodami) ryzyko uszkodzenia ACL jest aż ponad 5-krotnie wyższe niż u mężczyzn. Biorąc pod uwagę dane dotyczące ponownych uszkodzeń ACL (od kilku do ponad 20%) rola fizjoterapii w procesie rehabilitacji jest niezwykle istotna.

Te zagadnienia są tematem recenzowanej pracy doktorskiej na bardzo wysokim poziomie naukowym. Przedstawione w nich badania własne Doktorantki wzbogacają naszą wiedzę w tym zakresie w oparciu o zasady Evidence Based Medicine.

Układ pracy typowy. Spis piśmiennictwa liczy 113 najważniejszych prac z ostatnich kilku lat. Cytowanie wszystkich prac, których rok wydania jest poniżej 2010 roku jest uzasadnione merytorycznie i podkreśla znajomość tematyki przez Doktorantkę.

W pracy zamieszczono 22 ryciny i 15 tabel. Załączono wykaz skrótów oraz 4 załączniki.

Podsumowując ocenę pracy pod względem formalnym stwierdzam, że jest bardzo dobrze opracowana. Dlatego ocena pracy w tym obszarze jest pozytywna.

Ocena merytoryczna dysertacji

Pracę czyta się z dużym zainteresowaniem, poruszane zagadnienia są napisane w sposób logiczny i zrozumiały. Doktorantka w **rozdziale 1 „Wstęp”** porusza aspekty związane z epidemiologią, czynnikami ryzyka i mechanizmem uszkodzenia ACL. W dalszej części (rozdział 2 „Rekonstrukcja więzadła krzyżowego przedniego”) opisuje techniki rekonstrukcji ACL. Ostatnia część wstępu (rozdział 3 „Postępowanie fizjoterapeutyczne”) jest poświęcona fizjoterapii po zabiegu rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. Autorka skupiła się na zagadnieniach związanych z kształtowaniem siły mięśniowej, treningiem z ograniczonym przepływem krwi (BFRT) oraz zjawiskiem atrofii po rekonstrukcji ACL. Należy zwrócić uwagę, że BFRT, znany też jako KAATSU trening ma już ponad 50-letnią historię. Jednak analiza źródeł dokonana przez Doktorantkę wskazała ograniczoną liczbę doniesień na temat oceny efektywności tej metody wprowadzanej jako terapii u pacjentów kilka lat po rekonstrukcji ACL. Rozdział ten został zakończony bardzo dobrym podsumowaniem powyższych zagadnień z trafnym uzasadnieniem podjęcia się przez Doktorantkę problemu badawczego.

W rozdziale 4 w sposób jasny, klarowny i logiczny określono cel badań, zadano pytania badawcze i postawiono hipotezy badawcze. Jednak w konfrontacji z wnioskami wydaje się konieczne zweryfikowanie pytań badawczych. Konstrukcja pytań „Czy i w jaki sposób...” sugeruje, że odpowiedź powinna zawierać wyjaśnienie mechanizmu zachodzących zmian (odpowiedź na „...w jaki sposób...”).

Opis uczestników badań zawarto w rozdziale **„Charakterystyka uczestników i metody badań”**. Precyzyjnie określono kryteria włączenia i wyłączenia ze szczególnym naciskiem na przeciwwskazania do wdrożenia treningu z ograniczonym przepływem krwi. Na uwagę zasługuje podrozdział 5.7 Charakterystyka procesu badawczego, w którym dokładnie opisano proces randomizacji, protokół treningowy, pomiar AOP (ciśnienie konieczne do zamknięcia przepływu krwi tętniczej), pomiar 1RM (jedno powtórzenie maksymalne) oraz procedury i narzędzia badawcze. Opisy elementów procesu badawczego zostały wzbogacone zdjęciami, co dodatkowo zwiększa jego wartość edukacyjną. Zarówno ilość, jak i jakość zastosowanych metod i technik badawczych może świadczyć o dużej wiedzy Doktorantki

w zakresie metodologii badawczej oraz w obszarze tematycznym badań. Dodatkowo w tym rozdziale załączono zgodę Komisji Bioetycznej.

Rozdział ten zamyka prezentacja zastosowanych metod statystycznych. Dobór metod został prawidłowo uzasadniony.

„**Wyniki badań**” jako rozdział jest przede wszystkim wzbogacony o tabele i ryciny, które Autorka wykorzystała przy prezentacji wyników. Dzięki temu stosunkowo dużą ilość uzyskanych wyników w poszczególnych grupach i ich porównania wewnątrz grup i pomiędzy nimi udało się klarownie usystematyzować i czytelnie przedstawić.

W rozdziale „**Dyskusja**” Doktorantka weryfikuje wyniki uzyskane w swoich badaniach na tle wyników badań innych autorów. Bardzo dobrze napisany najważniejszy rozdział pracy naukowej. Przedstawiany w nim stan wiedzy w oparciu o dobrze dobraną, najnowszą literaturę był konfrontowany z obrazem badań własnych. Zastosowane uporządkowanie analizy tematycznej dotyczyło następujących kwestii:

- wpływu treningu z ograniczonym przepływem krwi na maksymalny moment siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego
- wpływu treningu z ograniczonym przepływem krwi na obwód uda oraz grubość mięśni obszernego bocznego oraz prostego uda
- wpływu treningu z ograniczonym przepływem krwi na stabilność przednią
- wpływu treningu z ograniczonym przepływem krwi na subiektywną ocenę funkcji stawu kolanowego oraz podejmowaną aktywność fizyczną

Taka konstrukcja dyskusji pozwoliła w klarowny sposób sformułować wnioski i odpowiedzieć na pytania badawcze. Ważną częścią tego rozdziału jest ostatni podrozdział 7.6, w którym Doktorantka wskazuje na słabe strony swoich badań. Należą do nich przede wszystkim niska liczebność uczestników badań, wysoka liczba jednostek treningowych, jak i znaczna rozpiętość czasu, który upłynął od zabiegu rekonstrukcji ACL pomiędzy poszczególnymi uczestnikami badań. Wskazano też na uzasadnione dodanie w przypadku kontynuacji badań trzeciej grupy badanych bez interwencji treningowej. Doktorantka w tym rozdziale uwypukliła również mocne strony swoich badań. I rzeczywiście do nich należy randomizacja, która jest jedną z najważniejszych metodologicznie naukową cechą tego badania, a opis w pracy procedury zaślepienia jest dokładny i zasługuje na uwagę czytelnika jako wzorcowy. Najsilniejszą zaletą tego badania jest możliwość wdrożenia zastosowanego protokołu ćwiczeń w eksperymencie do postępowania fizjoterapeutycznego u pacjentów po zabiegu rekonstrukcji ACL, co podkreśla również sama Autorka. Wdrożenie do praktyki wyników badań jest cechą współczesnych, innowacyjnych badań naukowych.

Wnioski przedstawione w ostatnim rozdziale dysertacji autorstwa mgr Kamili Kluczniok sformułowane na podstawie wyników są prawidłowe i weryfikują wszystkie 4 hipotezy badawcze.

Jako podsumowanie:

Komentarze krytyczne:

1. W tytule pracy zamiast „hipertrofię” proponuję „trofikę” bez wskazywania kierunku zmian. Zasada ta jest zastosowana w przypadku siły, gdzie nie wskazano jej zwiększenia czy zmniejszenia.
2. W wykazie skrótów brak rozwinięcia oznaczeń M, CI, przy uwzględnieniu w wykazie skrótów innego skrótu „statystycznego” SD.
3. Pytania badawcze powinny być zweryfikowane. Na przykładzie pierwszego pytania badawczego, sformułowanego następująco „Czy i w jaki sposób trening z zastosowaniem ograniczonego przepływu krwi wpływa na maksymalny moment siły mięśni prostowników stawu kolanowego?” udzielono odpowiedź w rozdziale Wnioski „Proponowany sześciotygodniowy mezocykl treningowy wykonywany metodą ciągłą treningu z ograniczonym przepływem krwi prowadzi do zwiększenia maksymalnego momentu siły mięśni prostowników stawu kolanowego.” Taka odpowiedź jest tylko odpowiedzią na część pytania „Czy”. Na drugą część „w jaki sposób” nie ma odpowiedzi, ponieważ nie ma opisu mechanizmu wywołującego efekt zwiększenia maksymalnego momentu siły. Przykładem odpowiedzi na tak postawione pytanie (Czy i w jaki sposób) może być odpowiedź – „Proponowany sześciotygodniowy mezocykl treningowy wykonywany metodą ciągłą treningu z ograniczonym przepływem krwi prowadzi do zwiększenia maksymalnego momentu siły mięśni prostowników stawu kolanowego. Efekt ten związany jest z nasilonym stresem metabolicznym, zwiększoną rekrutacją jednostek motorycznych oraz pobudzeniem procesów hipertrofii mięśniowej.”. Ale taka odpowiedź byłby możliwa jedynie w przypadku uwzględnieniu w eksperymencie identyfikacji i badaniu mechanizmów powodujących zaobserwowane zmiany.
4. W charakterystyce osób badanych brak podziału na płeć (Tabela 1). Nasuwa się przy okazji pytanie: czy autorka podejmowała próbę analizy wyników ze względu na płeć badanych?
5. Niektóre zdania są zbyt złożone, co powoduje stylistyczne drobne błędy. Na przykład zdanie „Porównanie maksymalnych momentów sił generowanych przez mięsień

czworogłowy przy prędkości kątowej 60°/s (Δ po-przed Kończyna operowana Peak Torque 60°/s - EX[Nm]) przez uczestników GB i GK wykazało istotny statystycznie wzrost siły mięśni prostowników stawu kolanowego w przypadku zastosowania treningu z ograniczonym przepływem krwi ($p(GB;GK) = 0,013$) w porównaniu do grupy kontrolnej.”(str.63) można uprościć stylistycznie. Proponowana zmiana „Porównanie maksymalnego momentu siły mięśnia czworogłowego przy prędkości kątowej 60°/s (Δ po-przed Kończyna operowana Peak Torque 60°/s - EX[Nm]) u uczestników grupy GB i GK wykazało istotny statystycznie wzrost siły mięśni prostowników stawu kolanowego w przypadku zastosowania treningu z ograniczonym przepływem krwi ($p = 0,013$; GB vs GK).”

Wniosek końcowy

Doktorantka wykazała się doskonałym przygotowaniem metodologicznym. Bardzo dobrze zaprojektowała badania, w sposób rzetelny je przeprowadziła i przy zastosowaniu metod badawczych oraz właściwie dobranych metod statystycznych prawidłowo zinterpretowała uzyskane wyniki. Potrafi przeprowadzić dyskusję naukową i formułować właściwe wnioski.

Należy zwrócić uwagę, że mgr Kamila Kluczniok jest współautorką kilku publikacji w takich czasopismach jak Applied Sciences, Medical Science Puls, Rehabilitacja w Praktyce.

W mojej ocenie przedłożona do oceny rozprawa doktorska przygotowana przez mgr Kamili Kluczniok spełnia warunki określone stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 poz. 724).

W związku z powyższym, wnioskuję do Wysokiej Rady Naukowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach o dopuszczenie mgr Kamili Kluczniok do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Tomasz Halski prof. PO

