

Warszawa, 09.07.2026 roku

prof. dr hab. Miłosz Czuba

Katedra Podstaw Fizjoterapii

Wydział Rehabilitacji

Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr. Dawida Gawła pt.: „Wpływ międzywysiłkowej okluzji tętniczej na moc mięśniową oraz właściwości biomechaniczne mięśni szkieletowych”

Formalna struktura pracy

Dysertacja doktorska mgr. Dawida Gawła, przygotowana pod kierunkiem prof. dr hab. Michała Wilka w Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, liczy 110 stron. Na stronie 111 Doktorant załączył oświadczenie dotyczące wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji. Opracowanie ma formę monografii, której struktura odpowiada standardom przyjętym dla prac doktorskich w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej. Monografia zawiera 8 rycin oraz 13 tabel, a wykaz piśmiennictwa obejmuje 187 pozycji literaturowych.

Należy jednak zwrócić uwagę na niekonsekwencję w numeracji rozdziałów: zarówno „Dyskusja” jak i „Podsumowanie” oznaczone są w spisie treści numerem 7, natomiast rozdziały „Wyniki” oraz „Ograniczenia badawcze” mają przypisany numer 6. Zastrzeżenie formalne budzi również forma rycin przedstawiających schematy przebiegu poszczególnych etapów eksperymentu (ryc. 1–4). Podczas gdy cała praca, łącznie z podpisami pod rycinami, została napisana w języku polskim, wewnątrz samych schematów pojawiają się angielskie lub hybrydowe angielsko-polskie etykiety (np. „cuff”, „Pre-testy”, „Post-testy”, „1.5 min cuff + 3 min BFR + 1 min reperfuzji”), co stanowi niekonsekwencję edytorską. W pozostałym zakresie oceny formalnej nie mam większych zastrzeżeń – praca została przygotowana starannie.

Ocena merytoryczna

Temat pracy został sformułowany precyzyjnie i w pełni odzwierciedla zakres podjętych badań. We wprowadzeniu Doktorant w sposób wyczerpujący i uporządkowany przedstawia

mechanizmy fizjologiczne leżące u podstaw treningu w warunkach ograniczonego przepływu krwi (BFR), charakterystykę kluczowych zmiennych tej metody (ciśnienie ucisku opaski, czas trwania okluzji i reperfuzji, szerokość opaski) oraz przegląd dotychczasowych metod jej aplikacji. Zastrzeżenie budzi jednak sposób potraktowania zjawiska lokalnej hipoksji, które stanowi przecież bezpośrednią przyczynę opisywanych dalej reakcji hemodynamicznych, metabolicznych i neurohormonalnych. We wprowadzeniu pojęcie to pojawia się jedynie raz, w jednym zdaniu, bez szerszego wyjaśnienia jego znaczenia dla dalszego wywodu. Uważam, że zjawisko to wydaje się na tyle istotne dla całej metody, że zasługuje na odrębne, omówienie już na wstępie pracy. Poza tym mankamentem część teoretyczna świadczy o dobrym opanowaniu literatury przedmiotu oraz o umiejętności krytycznej analizy sprzecznych doniesień naukowych. Na szczególne uznanie zasługuje rozdział „Problematyka badawcza”, w którym Doktorant w sposób logiczny przedstawia lukę poznawczą uzasadniającą podjęcie badań, wskazując na rozbieżności w dotychczasowych protokołach międzywysiłkowego BFR (M-BFR) w zakresie ciśnienia ucisku, liczby cykli oraz czasu trwania reperfuzji.

Należy jednak zauważyć, że Autor wprowadza własny, autorski termin „międzywysiłkowa okluzja tętnicza” (M-AOP) na określenie procedury stosującej ciśnienie równe 100% AOP, odróżniając ją od opisywanej wcześniej przez ten sam zespół metody M-BFR. Zabieg ten, choć uzasadniony merytorycznie (pełne zamknięcie przepływu krwi jako odrębny bodziec fizjologiczny), bywa momentami mylący dla czytelnika z innego powodu: sam tytuł pracy konsekwentnie posługuje się już autorskim terminem „międzywysiłkowa okluzja tętnicza”, podczas gdy zdecydowana większość przeglądu literatury oraz cytowane prace (w tym prace własne Doktoranta) konsekwentnie posługują się terminami BFR i M-BFR. Proszę o wyjaśnienie na ile pojęcia te są tożsame, a na ile stanowią odrębne kategorie metodyczne.

Cel pracy, pytania badawcze oraz hipotezy zostały sformułowane poprawnie i w sposób pełni odzwierciedlający logikę prowadzonych badań. Materiał i metody badawcze oceniam wysoko – na szczególne podkreślenie zasługuje rygor metodologiczny: obliczenie wymaganej liczebności próby przy użyciu programu G*Power, precyzyjnie określone kryteria włączenia i wyłączenia, a także zastosowanie randomizacji i zaślepienia uczestników co do warunków badania. Na uznanie zasługuje również fakt, że protokół badawczy modyfikowano w sposób progresywny pomiędzy kolejnymi etapami na podstawie uzyskiwanych wyników, co świadczy o dojrzałości warsztatu badawczego Doktoranta.

Mam jednak zastrzeżenie dotyczące precyzji tytułu pracy, pytań badawczych oraz wniosków w odniesieniu do rzeczywiście zastosowanego protokołu ćwiczeń. We wszystkich etapach serie zasadnicze obejmowały wyłącznie po 2 powtórzenia, wykonywane z maksymalną prędkością w fazie koncentrycznej, przy obciążeniu zewnętrznym 60–80% 1RM. Tymczasem tytuł pracy, pytania badawcze i sformułowane wnioski odnoszą się ogólnie do „mocy mięśniowej” oraz „ćwiczeń oporowych”, bez zawężenia do protokołów o tak niskiej objętości serii. Co więcej, uzasadnienie wyboru zakresu obciążenia 60–80% 1RM pojawia się dopiero w dyskusji („w celu odwzorowania rzeczywistych schematów treningowych stosowanych w kształtowaniu siły i mocy mięśniowej”), a nie w rozdziale metodycznym. Podobnie w ogóle nie podano uzasadnienia wyboru liczby powtórzeń w serii (2) – najbliższym argumentem jest ogólna uwaga we wstępie pracy, że niska liczba powtórzeń (2–5) ogranicza zmęczenie obwodowe w protokołach BFR opisywanych w literaturze. Uważam, że tytuł, pytania badawcze i wnioski powinny precyzyjniej odzwierciedlać ten fakt, gdyż w protokołach o większej objętości (np. typowych dla treningu hipertroficznego, 8–15 powtórzeń wykonywanych blisko lub do upadku mięśniowego) akumulacja zmęczenia oraz interakcja z M-AOP mogą przebiegać odmiennie. Proszę o odniesienie się do tej kwestii oraz o wyjaśnienie przesłanek, które zadecydowały o wyborze liczby powtórzeń w serii oraz zastosowanych wartości procentowych obciążenia zewnętrznego. Podkreślam tę kwestię, gdyż recenzowana praca ma formę monografii, a nie artykułu naukowego ograniczonego limitem znaków – tym samym powinna udzielać wyczerpującego uzasadnienia kluczowych decyzji metodycznych.

Mam również kilka dalszych wątpliwości do tej części pracy. Po pierwsze, badaniem objęto wyłącznie mężczyzn o zróżnicowanym poziomie wytrenowania (zawodnicy kadry narodowej w etapach I–II oraz osoby trenujące rekreacyjnie w etapach III–IV) – proszę o komentarz, na ile wyniki uzyskane w tak niejednorodnych grupach mogą być ze sobą porównywane i uogólniane. Po drugie, do analizy statystycznej wykorzystano program Statistica w wersji 9.1, wydanej ponad piętnaście lat temu – proszę o wyjaśnienie wyboru tak archaicznego oprogramowania. Po trzecie, w pracy świadomie zrezygnowano z korekty dla wielokrotnych porównań, co Doktorant uzasadnia w rozdziale „Ograniczenia badawcze” chęcią minimalizacji błędu II rodzaju – jest to podejście dyskusyjne, aczkolwiek transparentnie zakomunikowane.

Rozdział Wyniki został przedstawiony w sposób przejrzysty, z wykorzystaniem czytelnych tabel obejmujących średnie, odchylenia standardowe, przedziały ufności oraz wielkość

efektu, co oceniam bardzo pozytywnie. Wyniki wskazują na brak istotnego efektu M-AOP w etapie I oraz istotny, powtarzalny wzrost średniej i szczytowej prędkości sztangi w etapach II–IV, przy jednoczesnym braku wpływu na zmienne testu CMJ oraz pozostałych badanych zmiennych. Za wartościowy poznawczo element pracy uważam wykazanie zmienności rzeczywistego ciśnienia całkowitej okluzji tętniczej (AOP100) w kolejnych cyklach M-AOP w obrębie tej samej sesji. Proszę jednak o doprecyzowanie, w jaki sposób technicznie dokonywano ponownego pomiaru i regulacji ciśnienia opaski przed każdą kolejną serią oraz jaki był rzeczywisty czas tej procedury w odniesieniu do deklarowanego czasu aplikacji opasek (1–1,5 minuty).

Dyskusja została napisana w sposób dojrzały i wnikliwy. Doktorant zestawia uzyskane wyniki z dostępną literaturą, wskazuje możliwe mechanizmy fizjologiczne leżące u podstaw obserwowanych efektów. Otwarcie wskazuje elementy pozostające w sferze spekulacji z uwagi na brak bezpośrednich pomiarów biochemicznych i hemodynamicznych. Jedno z proponowanych wyjaśnień budzi jednak moje wątpliwości natury fizjologicznej. Doktorant sugeruje, że wzrost prędkości sztangi w kolejnych seriach M-AOP może wynikać z „efektywniejszej resyntezy zasobów energetycznych z wykorzystaniem systemu fosfagenowego” w czasie reperfuzji. Argument ten wydaje się niespójny z dwóch powodów. Po pierwsze, przy zastosowanym protokole (2 powtórzenia w serii, wykonywane z maksymalną prędkością) trudno zakładać istotne zubożenie zasobów fosfokreatyny w obrębie pojedynczej serii – deficyt tego typu ujawnia się przede wszystkim przy dłuższych wysiłkach zbliżonych do upadku mięśniowego, nie przy dwóch eksplozywnych powtórzeniach. Po drugie, resynteza fosfokreatyny jest procesem tlenowym, ściśle zależnym od przepływu krwi. Klasyczne badanie Harrisa i wsp. (1976) wykazało, że pełna okluzja krążenia mięśnia całkowicie znosi resyntezę fosfokreatyny, która wznowia się dopiero po zwolnieniu ucisku. Oznacza to, że w warunkach M-AOP przez ok. 3 minuty pełnej okluzji tętniczej resynteza PCr praktycznie nie zachodzi, a swobodny przepływ krwi jest dostępny jedynie w fazie reperfuzji (1–1,5 minuty). W próbie kontrolnej, mięsień dysponuje natomiast pełnymi 5–6 minutami nieograniczonego przepływu na regenerację między seriami. Co więcej, dane Bogdanisa i wsp. (1995) wskazują, że półokres resyntezy PCr wynosi ok. 57 sekund, a już po niespełna 4 minutach nieograniczonego przepływu krwi po znacznie bardziej wyczerpującym wysiłku (30-sekundowy sprint maksymalny) PCr było odtworzone do ok. 79% wartości spoczynkowej i nadal rosło. Przy protokole obejmującym jedynie 2 eksplozywne powtórzenia deficyt PCr powinien być wyraźnie mniejszy niż po maksymalnym sprincie, a

zatem w warunku kontrolnym, dysponującym pełnym, nieprzerwanym przepływem krwi przez 5–6 minut, zasoby PCr powinny być praktycznie w pełni odtworzone przed kolejną serią bez jakiegokolwiek pomocy ze strony okluzji. Oznacza to, że warunek M-AOP dysponuje mniejszą, a nie większą ilością czasu na tlenową resyntezę fosfokreatyny w porównaniu z warunkiem kontrolnym, co czyni przywołany mechanizm trudnym do pogodzenia z uzyskanym kierunkiem efektu (przewaga M-AOP nad CONT). Szerszy problem dotyczy nie tylko resyntezy PCr, lecz całej grupy przywoływanych w dyskusji mechanizmów reperfuzyjnych. W protokole badawczym urządzenie dopplerowskie wykorzystano wyłącznie do potwierdzania utrzymania pełnej okluzji tętniczej, natomiast w pracy nie wykonano żadnych pomiarów przepływu włóściukowego, saturacji mięśniowej oraz równowagi kwasowo-zasadowej. W związku z tym „reperfuzja” funkcjonuje w niniejszej dysertacji wyłącznie jako moment zwolnienia ucisku opaski, a nie jako zweryfikowany stan fizjologiczny, natomiast wszystkie przywoływane mechanizmy reperfuzyjne pozostają domniemaniem przeniesionym z wcześniejszych badań, a nie wynikiem zweryfikowanym na własnym materiale badawczym. W konsekwencji, wobec braku jakichkolwiek pomiarów biochemicznych i hemodynamicznych, całą próbę wyjaśnienia mechanizmów zachodzącego zjawiska w dyskusji należy traktować jako spekulację. W mojej opinii korzystniejsze dla wartości poznawczej pracy byłoby ograniczenie liczby realizowanych etapów eksperymentu na rzecz włączenia analizy wybranych parametrów biochemicznych lub hemodynamicznych. Taka modyfikacja projektu badania pozwoliłaby na faktyczną weryfikację proponowanych mechanizmów fizjologicznych stojących za obserwowanym zjawiskiem.

Rozdział „Ograniczenia badawcze” jest napisany rzetelnie i samokrytycznie, obejmując zarówno ograniczenia doboru próby, jak i ograniczenia metodologiczne. Podsumowanie oraz pięć wniosków w pełni odpowiadają wcześniej sformułowanym pytaniom i hipotezom badawczym, a wnioski potwierdzające hipotezy zerowe należy uznać za wartościowe z punktu widzenia praktyki treningowej.

Podczas obrony proszę Doktoranta o odniesienie się do następujących kwestii: (1) czy zaobserwowany wzrost prędkości sztangi w warunkach M-AOP ma w Jego opinii realne przełożenie na długofalowe zmiany poziomu siły i mocy mięśniowej; (2) jakie mechanizmy mogą tłumaczyć całkowity brak wpływu M-AOP na właściwości biomechaniczne mięśni szkieletowych, skoro sama procedura okluzji istotnie zmienia lokalne warunki hemodynamiczne; (3) czy metoda M-AOP, wymagająca precyzyjnego, powtarzalnego

pomiaru AOP przed każdą serią za pomocą urządzenia dopplerowskiego, jest w opinii Doktoranta realistyczna do wdrożenia w warunkach typowego klubu sportowego.

Konkluzja końcowa

Reasumując, recenzowana dysertacja stanowi wartościowe, oryginalne opracowanie naukowe, które w istotny sposób poszerza wiedzę na temat mechanizmów działania międzywysiłkowej okluzji tętniczej w wysiłku oporowym. Praca cechuje się wysokim rygiorem metodologicznym, wieloetapowym schematem badawczym oraz krytyczną dyskusją uzyskanych wyników. Sformułowane uwagi krytyczne mają charakter porządkujący i mają na celu doprecyzowanie wybranych kwestii, nie podważają jednak wartości naukowej pracy. Przedstawiona rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane tego typu opracowaniom, określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jedn. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) Dlatego wnioskuję do Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach o dopuszczenie Pana mgr. Dawida Gawła do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Oryginał dokumentu podpisał:

prof. dr hab. Miłosza Czuba (09.07.2026 r.)