

prof. dr hab. Krzysztof Kusy  
Zakład Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego  
kusy@awf.poznan.pl

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej autorstwa mgra Dawida Gawła,  
*Wpływ międzywysiłkowej okluzji tętniczej na moc mięśniową oraz właściwości biomechaniczne  
mięśni szkieletowych*

### Podstawa sporządzenia recenzji

Recenzję sporządzono w oparciu o treść przedłożonej rozprawy doktorskiej oraz z uwzględnieniem kryteriów określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1671 z późn. zm.), zgodnie z którym rozprawa doktorska powinna prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie, wykazywać umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

### Problem badawczy

Tematyka rozprawy dotyczy protokołu międzywysiłkowej okluzji tętniczej (M-AOP), a szerzej, międzywysiłkowego ograniczenia przepływu krwi (M-BFR). Problematyka ta wpisuje się w aktualny nurt badań obecny w naukach o kulturze fizycznej w aspekcie fizjologii wysiłku oraz praktycznych zastosowań w treningu sportowym, związanych z metodami ograniczenia przepływu krwi (BFR). Doktorant identyfikuje lukę badawczą. Literatura dość obficie opisuje długofalowe skutki treningu BFR, szczególnie w kontekście hipertrofii i wzrostu siły mięśniowej, jednak wpływ międzywysiłkowej okluzji tętniczej na bezpośrednie reakcje wysiłkowe, zwłaszcza prędkość ruchu i zdolności generowania mocy, pozostaje stosunkowo słabo rozpoznany. Podjęta problematyka ma nie tylko wymiar poznawczy, ale również znaczenie aplikacyjne dla sportu wyczynowego, treningu siły i mocy, a także potencjalnie dla fizjoterapii. Wybór tematu oceniam jako trafny i uzasadniony.

### Przegląd literatury

Wprowadzenie oraz przegląd piśmiennictwa zostały opracowane rzetelnie. Autor przedstawia mechanizmy fizjologiczne działania BFR, reakcje hemodynamiczne, metaboliczne i neurohormonalne, długofalowe adaptacje treningowe, charakterystykę podstawowych zmiennych w procedurach BFR, przegląd metod/technik BFR oraz aktualny stan badań dotyczących M-BFR i M-AOP.

Wstęp prezentuje logiczne przejście od stanu wiedzy do obszarów mniej eksplorowanych i sformułowania problemu naukowego. Doktorant wykazuje bardzo dobrą orientację w literaturze oraz umiejętność krytycznej analizy dostępnych doniesień. Część teoretyczna dysertacji świadczy o dobrej znajomości zagadnienia i spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

## Cele, pytania badawcze i hipotezy

Cel główny pracy został sformułowany jasno i jednoznacznie. Co do celów szczegółowych, pytań badawczych i hipotez – przedstawiam uwagi w dalszej części recenzji.

## Metodologia badań

Schemat badawczo-pomiarowy stanowi mocną stronę rozprawy. Na uwagę zasługuje wieloetapowa konstrukcja badań: pilotaż, sesje zapoznawcze, precyzyjnie zaplanowane protokoły rozgrzewkowe, dbałość o technikę wykonania ćwiczeń i standaryzację sprzętu (sztanga, „talerze”), modyfikacje protokołu badawczego na podstawie wcześniejszych wyników, randomizacja kolejności sesji, zastosowanie warunków kontrolnych, indywidualizacja ciśnienia okluzji, dokładne monitorowanie M-AOP przed kolejnymi cyklami oraz wykorzystanie uznanych, zwalidowanych narzędzi pomiarowych. Doktorant wykorzystał odpowiednią dla celów badań aparaturę, m.in. specjalistyczne mankiety pneumatyczne Fit Cuffs oraz urządzenie Edan SD3 Doppler w celu pełnej indywidualizacji ucisku, przetwornik Tendo TM Power Analyzer do pomiaru prędkości sztangi, platformę dynamometryczną ForceDecks do oceny wskaźników mechanicznych podczas testu CMJ czy miotonometr MyotonPRO do oceny lokalnych zmian biomechanicznych w mięśniach szkieletowych.

Doceniam zastosowanie szczegółowych kryteriów włączenia do lub wyłączenia z badań, które z jednej strony dobrze definiowały pożądaną grupę badaną, a z drugiej ograniczały ryzyko udziału osób z przeciwwskazaniami zdrowotnymi. Kluczowe było przyjęcie indywidualnego progu AOP, który mieścił się w granicach fizjologicznych dla badanych grup. Istotne było także nieinformowanie badanych o spodziewanych wynikach, co minimalizowało ryzyko świadomego wpływu badanych na przebieg pomiarów i ich rezultaty.

W zakresie statystyki postępowanie było poprawne, adekwatne do postawionych pytań badawczych. Przeprowadzono analizę mocy testu (G\*Power) przed realizacją badań, co nie zawsze ma miejsce w rozprawach doktorskich (uwagi w dalszej części recenzji). Zastosowano układ powtarzanych pomiarów, co jest metodologicznie korzystne przy niewielkich liczebnościach prób i zwiększa czułość analiz. Wykorzystano 2- i 3-czynnikowe modele ANOVA. Zastosowano testy *post hoc*, gdy wykazano efekty główne. Raportowano także wielkości efektu (Cohen's *d* oraz  $\eta_p^2$ ), co należy ocenić bardzo pozytywnie, gdyż doktorant nie ograniczył się wyłącznie do „zero-jedynkowej” wartości *p*. Takie podejście jest adekwatne do założonego i zrealizowanego projektu pomiarowego.

Cieszę się faktem, że doktorant ma świadomość i wskazuje ograniczenia zaprezentowanych badań. Są to:

- udział wyłącznie mężczyzn – rozumiem dominację ilościową mężczyzn w kombinacji norweskiej i skokach narciarskich (w proporcji ok. 3:1), a podobna sytuacja występuje „standardowo” w wielu innych dyscyplinach olimpijskich (zazwyczaj 30–50% kobiet), co przekłada się także na badania naukowe; trzeba jednak wciąż przypominać sobie, że włączając do eksperymentów i analiz tylko jedną płęć pomijamy efekty i mechanizmy fizjologiczne specyficzne dla drugiej, co ma istotne konsekwencje interpretacyjne (prędkość, siła, moc czy hipertrofia mięśniowa są szczególnie wrażliwymi aspektami); oczywiście równy

udział obu płci w badaniach z obszaru kultury fizycznej jest szerszym zagadnieniem, dotyczącym wszystkich specjalistów z naszej dziedziny, a nie jedynie doktoranta;

- przedstawione badania i wnioski dotyczą jedynie młodych, zdrowych osób o ponadprzeciętnej aktywności i sprawności fizycznej, mają więc ograniczone zastosowanie dla populacji ogólnej lub innych, specyficznych grup ludzkich (np. klinicznych wspomnianych we wstępie);
- brak obserwacji długoterminowej – niewątpliwie niezmiernie ciekawe byłoby ustalenie, czy zastosowana procedura M-AOP powoduje trwałe długofalowe adaptacje treningowe;
- brak analiz i metod mogących wyjaśnić mechanizmy obserwowanych zmian – badania pokazują bodziec i efekt z „czarną skrzynką” po drodze, której zawartości nie poznamy.

Ograniczenia badań nie są same w sobie niczym złym, trudno bowiem oczekiwać, aby w jednej analizie zawrzeć wszelkie możliwe grupy ludzkie czy warianty eksperymentalne. Jednak raportowanie ograniczeń jest kluczowe, ponieważ informuje o realnym zasięgu wnioskowania, a także może wskazywać kierunki dalszych dociekań.

## Wyniki

Wyniki zostały opisane tekstem i przedstawione w formie tabel (bliższe uwagi w dalszej części). Najważniejsze ustalenia badawcze wskazują, że M-AOP przy ciśnieniu 100% AOP zwiększa prędkość sztangi podczas przysiadów i wyciskania sztangi. Efekt ten występuje zarówno dla kończyn dolnych, jak i górnych i jest obserwowany niezależnie od rodzaju układu serii. Nie stwierdzono istotnych zmian parametrów CMJ i właściwości biomechanicznych mięśni mierzonych metodą miotonometrii. Wykazano znaczną zmienność AOP w trakcie kolejnych cykli wysiłku, co ma istotne znaczenie praktyczne.

Uzyskane rezultaty są interesujące poznawczo. Szczególnie wartościowe wydaje mi się wykazanie konieczności bieżącej kontroli wartości AOP, co może mieć wpływ na interpretację wcześniejszych badań korzystających ze stałej wartości ciśnienia, określanego jedynie przed rozpoczęciem sesji.

## Dyskusja

Doktorant na początku dyskusji syntetycznie podsumowuje badania. M-AOP100%, ustalana indywidualnie przed każdą serią ćwiczenia przy 3-minutowej okluzji i 1–1,5-minutowej reperfuzji, wiąże się z wyższą niż w warunkach kontrolnych prędkością średnią i szczytową sztangi podczas ćwiczeń oporowych, przy czym nie ma znaczenia rodzaj ćwiczenia (przysiad, wyciskanie), obciążane kończyny (dolne lub górne), schemat zastosowanych serii oraz progresja obciążenia zewnętrznego lub jej brak. Efekt był podobny dla zawodników wyczynowych i osób trenujących rekreacyjnie. Jednocześnie nie stwierdzono zmian wskaźników mechanicznych CMJ ani właściwości mechanicznych mięśni, co sugeruje, że zmęczenie neuromięśniowe nie narastało.

Dyskusja została przygotowana w odpowiednim standardzie merytorycznym. Interpretacja wyników jest generalnie poprawna i osadzona w literaturze naukowej. Autor odnosi wyniki do wcześniejszych badań, wskazuje zgodności i rozbieżności, proponuje możliwe mechanizmy obserwowanych zmian, analizuje znaczenie czasu okluzji i reperfuzji, identyfikuje ograniczenia własnych badań. Tak więc dyskusja nie ogranicza się do opisu uzyskanych danych, lecz ma charakter analityczny i interpretacyjny, co należy ocenić pozytywnie.

## Oryginalność i wkład do nauk o kulturze fizycznej

W mojej opinii najważniejsze oryginalne aspekty rozprawy obejmują:

- opracowanie i empiryczną weryfikację własnego protokołu M-AOP przy pełnej okluzji tętniczej (100% AOP),
- wykazanie korzystnego wpływu M-AOP na prędkość sztangi w ćwiczeniach oporowych,
- udokumentowanie zmienności wartości AOP podczas kolejnych cykli wysiłkowych,
- zaproponowanie praktycznych rekomendacji dotyczących stosunku czasu okluzji do reperfuzji,
- poszerzenie wiedzy o bezpośrednich efektach stosowania metod okluzyjnych w treningu siły i mocy.

Rozprawa wnosi więc nową wiedzę i posiada cechy oryginalnego rozwiązania problemu naukowego.

## Uwagi i pytania

W tej części przekazuję uwagi krytyczne i polemiczne. Dla jasności – pod pojęciem krytyki rozumiem konstruktywne informacje zwrotne w oparciu o fakty i rzeczowe argumenty, co pozwala na spojrzenie na dany problem z nowej perspektywy, sugerowanie rozwiązań i poprawę jakości. Chciałbym, w miarę mojej wiedzy, doświadczenia i spostrzegawczości, pomóc doktorantowi w dążeniu do naukowej doskonałości, bo zawsze jest coś do poprawy, o czym sam wiem doskonale. I najzwyczajniej – tak rozumiana krytyka jest nieodłączną częścią naukowej dyskusji. Poniższe uwagi i pytania są podane w zgodzie z chronologią manuskryptu. Numeruję poruszane kwestie dla porządku i wygody. Uprzejmie proszę o ustosunkowanie się do nich podczas obrony. Proszę możliwie największą część wyjaśnień, poprawek lub uzupełnień uwzględnić w treści prelekcji i prezentacji przygotowywanej na obronę – będą one od razu widoczne i nie będzie konieczności powrotu do pewnych kwestii podczas otwartej dyskusji.

- [1] Tytuł dysertacji zawiera termin „moc mięśniowa”. Co pod tym pojęciem rozumie doktorant i dlaczego nie pojawia się ono w celach i hipotezach?
- [2] Na str. 8 i 13 mowa o treningu z zastosowaniem BFR u osób starszych – w rekonwalescencji po urazach i w leczeniu populacji klinicznych. Jakie są bezwzględne lub warunkowe przeciwwskazania do użycia BFR w takich grupach?
- [3] Na stronie 11 pada stwierdzenie, poparte literaturą, że zachodzi konieczność łączenia BFR z wysiłkiem fizycznym, aby skutecznie stymulować hipertrofię mięśniową. Pytanie – czy w dotychczasowych badaniach próbowano oddzielić w jakiś sposób działanie wysiłku od działania BFR? Czy byłoby możliwe skonstruowanie eksperymentów, w których zastosowano by rodzaj placebo (symulację BFR)?
- [4] Na stronie 13 użyto sformułowania *dobrowolny upadek mięśniowy* (str. 13, wiersz 19) oraz *upadek mięśniowy* (str. 13 wiersz 24). Stosuje się takie terminy w rodzimej w praktyce treningowej jako skutek kalki językowej. Uznaję to za dość bezkrytyczne tłumaczenie angielskich fraz *voluntary muscle failure* oraz *muscle failure*. Angielskie słowo *failure* ma dość szeroki zakres znaczeniowy i może oznaczać *niepowodzenie, awarię, porażkę, fiasko, klęskę* czy – podobnie brzmiącą, ale znaczącą coś całkiem innego niż upadek – *upadłość*. Dla mnie

zastosowane tłumaczenie jest zbyt dosłowne i nienaturalne, tworzy niejasne pojęcie, a także nie odpowiada zakresowi znaczeniowemu polskiego słowa *upadek*, które oznacza „nagłą, niezamierzoną zmianę czyjejś pozycji pionowej na poziomą, spadnięcie z góry na dół” (wyobraźmy sobie tak „upadający” mięsień) albo upadek w sensie metaforycznym, np. moralny (<https://sjp.pwn.pl/slowniki/upadek.html>). W terminologii medycznej polskim odpowiednikiem pojęcia *failure* jest *niewydolność*, z tym że przyczyny są tu patologiczne, więc *niewydolność mięśniowa* sugerowałaby jakiś stan chorobowy i do obszaru sportu słowo to niekoniecznie pasuje. Ale mamy przecież *wyczerpanie* i taki termin mógłby być użyty. Dobrym, a może nawet lepszym, tłumaczeniem byłoby *załamanie* („nagłe pogorszenie lub zahamowanie jakichś procesów”, <https://sjp.pwn.pl/slowniki/za%C5%82amanie.html>). Termin *załamanie mięśniowe* oddaje gwałtowność zjawiska, a jednocześnie nie kłóci się ze standardowym zakresem znaczeniowym użytego rzeczownika. Jednak pytanie, czy nie powinniśmy mówić tu po prostu o (skrajnym) zmęczeniu mięśniowym (obwodowym). Czy termin typu *upadek/wyczerpanie/załamanie mięśniowe* wnosi nowe znaczenie i definiuje zjawisko różne od *zmęczenia* lub je w istotny sposób doprecyzowuje? Mam też wątpliwość co do słowa *dobrowolny* (bez przymusu, z wolnej woli) – użyłbym raczej bardziej precyzyjnego słowa *wolicjonalny* (zależny od woli, determinacji). Powyższe uwagi terminologiczne mogą wydawać się nazbyt drobiazgowo, jednak to właśnie naukowcy-specjaliści w danej dziedzinie powinni tworzyć i korygować aparat pojęciowy, dbając o jego funkcjonalność i precyzję, do czego zachęcam. Nie pozostawiamy kształtowania terminologii wyłącznie praktyce potocznej. Już Norwid wzywał, aby „Odpowiednie dać rzeczy słowo!” Wprawdzie odnosił się do dziedziny poezji, ale to zawołanie i wymóg wpisuje się znakomicie w obszar nauki.

- [5] Strona 15 i pytanie od osoby mniej zorientowanej w metodzie BFR. Jeśli 100% AOP oznacza całkowite ustanie przepływu krwi, jaki cel i skutek ma zastosowanie ciśnienia równego 150% AOP? Przepływu krwi już bardziej zatrzymać się nie da, czy zatem fizyczny/mechaniczny ucisk na tkanki ma znaczenie? Jakie?
- [6] Na stronie 21 doktorant pisze, że „w obszarze badań z zakresu BFR istnieje luka naukowa w kontekście jego wpływu na poziom mocy mięśniowej” i analiza M-BFR jest tu zasadna. W akapicie poniżej znajduję jednak informację: „Literatura naukowa związana z M-BFR w głównej mierze dotyczy oceny jego wpływu na przejawy mocy mięśniowej”. Narzuca się kluczowe dla dysertacji pytanie – czy jest wspomniana „luka naukowa”, czy jej nie ma?
- [7] Rozdział „4.1 Cel pracy” ma objętość ponad dwóch stron gęstego maszynopisu – moim zdaniem za dużą, ponieważ ilość nie przeszła w jakość (komunikacyjną). Rozumiem zapobiegliwość doktoranta i chęć bardzo szczegółowego przedstawienia zasadniczych elementów metodologicznych (cele → pytania → hipotezy), ale natłok informacji, a tak naprawdę powtórzenie tego samego przekazu w kilku różnych wersjach, nie ułatwia czytelnikowi percepcji. Nie wiem, czy zdołałbym w pełni pojąć intencje badacza, gdybym miał do dyspozycji jedynie ten rozdział. Zwięzłość i prostota to badacza cnota (*Simplicity and brevity are the researcher's equity*) – że pozwolę sobie zaproponować wszystkim naukowcom jako motto tę spontanicznie ułożoną przeze mnie rymowaną (z okrutną świadomością, że daleko mi do Norwida, a do Shakespeare’a jeszcze dalej). W pełni czytelny jest cel główny. Wynika z niego – jasno – że badany jest wpływ M-AOP100% (zmienna

niezależna) na zmienne mechaniczne ćwiczeń oporowych i CMJ oraz właściwości biomechaniczne mięśni szkieletowych (zmienne zależne) w zróżnicowanych protokołach treningowych i przy zmianach AOP w cyklach (zmienne moderujące). Być może wystarczyło w celach szczegółowych doprecyzować poszczególne zmienne zależne i moderatory, które w celu głównym występują grupowo i na tym poprzestać. Zapisane w rozdziale „cele szczegółowe” to dla mnie raczej „zadania/etapy badawcze”, które są opisane w metodzie – i tam właśnie ich miejsce. W tym kontekście postawione „pytania badawcze” zamieniłbym na inaczej brzmiące „cele szczegółowe”. I na tym poprzestałbym. Hipotezy sformułowane w dysertacji nie przekonują mnie metodologicznie. Po pierwsze, hipotezy stawia się generalnie przy testowaniu jakiejś konkretnej teorii lub jej fragmenty, czyli przy próbie falsyfikacji (wg Poppera) pewnego założonego konstruktu teoretycznego powiązań/mechanizmów, starając się go podważyć w odpowiednio przygotowanym empirycznym układzie eksperymentalnym. Przedstawione w dysertacji badania mają zasadniczo charakter eksploracyjny, mimo *designu* pomiarowego typowego dla eksperymentu (warunki M-BFR i kontrolne etc.). Jednak doktorant nie testuje konkretnego mechanizmu fizjologicznego, lecz poszukuje odpowiedzi na pytanie „co się stanie, jeśli zastosuję M-AOP 100%”, ponieważ mało kto tego dociekał, a są przesłanki wskazujące na sensowność podjęcia takiej próby. Po drugie, hipotezy 2–5, negujące wpływ/związek („nie różnicuje”), są nienaukowe w tym sensie, że za pomocą zastosowanej w dysertacji metodologii nie da się „udowodnić”, że wpływ/związek „nie istnieje” (a teoria/hipoteza musi być falsyfikowalna – Popper). W przypadku standardowych analiz statystycznych brak tzw. istotności (w tym wypadku  $p > 0.05$ ) nie jest dowodem „nieistnienia” badanego zjawiska, lecz sygnalizuje jedynie, że nie udało się go stwierdzić (w tej konkretnej próbie, przy tej liczebności przypadków, w danych warunkach itp.). Nie należy przy tym mylić hipotezy naukowej w sensie merytorycznym ze statystyczną hipotezą zerową, będącą jedynie technicznym założeniem matematycznym. Nie mam obiekcji co do eksploracyjnego charakteru wykonanych badań – są one bardzo potrzebne – nie uważam też sposobu sformułowania rozdziału 4.1 za sprzeczny z kolejnymi rozdziałami pracy, zwracam jedynie uwagę na właściwy dobór i porządek pojęć (znów Norwid nam się kłania).

- [8] Na str. 29 znajduje się informacja o obliczeniu minimalnej wielkości próby dla poszczególnych etapów badania oraz o założeniach tych obliczeń. Założono wielkość efektu  $d$  Cohena na poziomie 0.83–0.88 na bazie wcześniejszych badań. Mam z tym problem taki, że wskaźnik  $d$  Cohena jest przeznaczony do porównywania różnic pomiędzy dokładnie dwiema średnimi (dwie grupy w jednym punkcie czasowym), a tu mamy do czynienia z projektowaniem 2- lub 3- czynnikowej analizy ANOVA z powtarzanymi pomiarami. Wskaźnik  $d$  Cohena można przeliczyć na  $f$  Cohena, który jest miarą wielkości efektu dla testów  $F$  w analizie wariancji i używa się go przy szacowaniu mocy statystycznej. Jaka była procedura? Proszę o wyjaśnienie.
- [9] W nawiązaniu do kwestii wielkości próby – a także wcześniej omawianego braku istotności – pewne wątpliwości budzić może stosunkowo mała liczebność poszczególnych prób (zwłaszcza etap pilotażowy), mimo ewentualnego spełnienia założeń statystycznych. Pozwól sobie zauważyć, że uzyskane w dysertacji wartości  $d$  Cohena były, upraszczając, średnio dwa razy niższe niż te zakładane optymistycznie na podstawie wcześniejszych badań (0.83–0.88), co wskazuje, że liczebność okazała się w praktyce za mała dla celów statystycznych.

- Oczywiście specyfika badań, prowadzonych wśród sportowców kadry narodowej Polski w narciarstwie w bardzo wąskich specjalizacjach, powoduje „z natury” ograniczoną rekrutację. W ramach dygresji odnotuję, że Międzynarodowy Komitet Olimpijski (MKOl) w komunikacie z 7.07.2026 ogłosił usunięcie kombinacji norweskiej z programu Zimowych IO w 2030 r., argumentując to bardzo niską oglądalnością i zainteresowaniem kibiców, ograniczoną uniwersalnością dyscypliny (medale zdobywają zawodnicy z kilku państw), brakiem konkurencji kobiet w programie olimpijskim (MKOl dąży do pełnej równości płci) oraz strategią promowania bardziej atrakcyjnych i globalnych dyscyplin.
- [10] Na stronach 34–42 doktorant opisuje m.in. dobór parametrów ćwiczeń – liczby serii i powtórzeń, %1RM, czasu odpoczynku, czasu aplikacji opasek, czasu BFR, czasu reperfuzji itd. Liczba kombinacji tych parametrów może być ogromna. Dlaczego wybrano właśnie te opisane w dysertacji? Czy z literatury i własnych doświadczeń doktoranta wyłania się jakaś kombinacja parametrów, którą można uznać za potencjalnie najskuteczniejszą lub najbardziej uniwersalną w treningu oporowym? Czy jest to okluzja trwająca 3 min i reperfuzja trwająca 1 min lub stosunek okluzja/reperfuzja w przedziale 2/1 – 3/1, jak zasugerowano w dyskusji? Czy też, jak najczęściej mówią naukowcy, „to zależy”?
- [11] Strona 42 i opis wykonania ćwiczeń. Czy zadaniem uczestników badania było wykonanie przysiadów i wyciskanie sztangi w najszybszym możliwym tempie? Czy wartości prędkości średniej odnoszą się do ruchu sztangi w całym cyklu dwóch powtórzeń w serii – zarówno podczas uginania, jak i prostowania kończyn? Czy prędkość szczytowa dotyczy dowolnej fazy ruchu (w dół lub w górę)?
- [12] Str. 48 – informacja o użyciu programu Statistica 9.1. Prawdopodobnie nie miało to znaczenia dla analizy danych, ponieważ użyto standardowych metod statystycznych, ale warto uzmysłowić sobie, że wersja 9.1 tego pakietu oprogramowania została opublikowana 17 lat temu (2009), a najnowsza ma oznaczenie 14.4 (2026 r.). Ponadto właścicielem jest od 2017 r. firma TIBCO Software. Sugeruję, dla bezpieczeństwa i skuteczności analiz, używanie najnowszych wersji tak ważnych narzędzi.
- [13] Na stronach 48–50 znajduje się opis procedury statystycznej z użyciem analizy ANOVA z powtarzanymi pomiarami (2- lub 3-czynnikowej). Warunkiem zastosowania takiej analizy jest nie tylko normalność rozkładu (test Shapiro-Wilka), ale także homogeniczność wariancji i tzw. sferyczność plus ewentualne poprawki. Czy i w jaki sposób sprawdzano lub korygowano te warunki?
- [14] Na stronie 50 podano interpretację  $d$  Cohena. Brak analogicznej interpretacji dla cząstkowego eta-kwadrat ( $\eta_p^2$ ), a ta miara efektu jest regularnie (i słusznie) raportowana w rozdziale „Wyniki”. Czy i ewentualnie jaką interpretację przyjęto?
- [15] Rozdział „Wyniki”. Zapytam wprost – dlaczego doktorant nie zilustrował swoich wyników graficznie? Polecam specjalistyczne publikacje dotyczące „opowiadania historii za pomocą danych” (nie miejsce tu, by reklamować konkretne opracowania). „Jeden obraz jest wart więcej niż tysiąc słów” – nie ma pewności, kto jest autorem tej sentencji (na pewno nie Norwid), ale niewątpliwie ów ktoś miał absolutną rację. Doktorant z jakichś powodów zrezygnował z ilustrowania wyników, szkoda. Zamiast solidnych, przejrzystych rycin użył jedynie setek cyferek poukładanych rządkami w tabelach, w towarzystwie wieloliterowych

- „tajemnych” skrótów w nagłówkach kolumn i w tytułach wierszy. Uzupełnił tabele wypisaną w tekście listą wartości testów statystycznych, co prawdopodobnie miało podkreślać kompletność prezentacji danych, jednak utrudniło ich odbiór. Dodatkowo tabele 8 i 12 zostały rozdzielone pomiędzy sąsiadujące strony, co stanowi dodatkową przeszkodę dla czytelnika. To nie tylko kwestia gustu. Doktorant wybrał najmniej przyjazną dla odbiorcy wersję prezentacji wyników. Przepraszam za porównanie, ale zapoznavanie się z treścią przypominało przedzieranie się przez dżunglę, gdzie każde literowo-liczbowe zdanie przypominało splątane liany, a tabele gęste zarośla. Analiza wyników wymagała znacznego wysiłku z mojej strony z uwagi na sposób przekazu danych. Rozumiem dążenie do skrupulatności i oczywistą konieczność udokumentowania wyników badań, ale można było to zorganizować inaczej, a detale zamieścić dodatkowo się w aneksach lub załącznikach.
- [16] Przy tym domniemana skrupulatność nie była kompletna, ponieważ w tekście brak danych dotyczących efektu głównego ANOVA dla kolejnych serii ćwiczeń, nie ma więc informacji, czy była istotna tendencja zmian MV i PV (i in. zmiennych zależnych) z serii na serię (podane są tylko efekty interakcji i grupy). Dlaczego? Czy można liczyć na te dane podczas obrony?
- [17] Zalecam także ograniczanie liczb po przecinku do niezbędnego minimum (setne części nie mają znaczenia przy 3- lub 4-cyfrowych liczbach, zwłaszcza przy braku istotności statystycznej). I jeszcze drobiazg na str. 60. Podane są tam wyniki etapu IV, czyli – wg opisu w metodzie – pomiarów wyciskania sztangi, a w tekście widzę „5 serii przysiadów ze sztangą”. To zapewne zwykła pomyłka, ale mogąca dezorientować.
- [18] Strona 51, etap I. Raportowany jest brak istotności efektów głównych oraz interakcji w ANOVA dla MV i PV, jednak wartości efektu  $\eta_p^2$  są duże (0.19 i 0.41). Analogicznie dla parametrów skoku CMJ (str. 52). Podobnie na stronie 61, gdzie 3-czynnikowa ANOVA dla częstotliwości oscylacji (T) i sztywności dynamicznej (S) nie wykazała istotnego zróżnicowania ( $p=0.35$  i  $0.41$ ), jednak wielkości efektu  $\eta_p^2$  są szalenie wysokie (0.82 i 0.79). Jak to wytłumaczyć?
- [19] Na stronie 65. jest zdanie: „Sugeruje to, że mechanizm M-AOP w wyciskaniu leżąc wywołuje mniejszą reakcję funkcjonalną w zakresie MV niż w przypadku przysiadów (etapy II–III), gdzie wielkość efektu była umiarkowana lub duża ( $d$  Cohena w przedziale 0.40–0.81).” Ta interpretacja wydaje mi się po części życzeniowa, ponieważ umiarkowany efekt zaczyna się od  $d$  Cohena=0.5, a – jak wynika z tabeli 6 – w etapie II ten wskaźnik efektu nie osiągnął w żadnej parze pomiarowej wartości 0.5 (zakres 0.07–0.44), pozostaje więc w kategorii „słaby”. W etapie III  $d$  Cohena przekroczył wartość 0.8 („duży efekt”) tylko jednorazowo dla MV i PV (co ciekawe, w bardzo oddalonych od siebie seriach 2. w i 5), a w 1. serii był „słaby”. Byłbym ostrożny i konserwatywny w interpretacji wyników na bazie  $d$  Cohena – globalny efekt wydaje się co najwyżej umiarkowany. Oczywiście odrębne pytanie o efekt kliniczny/praktyczny/sportowy – czy te zarejestrowane, niedostrzegalne gołym okiem, różnice w prędkościach mogą przekładać się na lepsze adaptacje treningowe i wynik sportowy?
- [20] Ciekaw jestem, dlaczego doktorant nie interpretuje wielkości efektu głównego określonego za pomocą  $\eta_p^2$  dla czynnika „grupa”, który okazał się istotny. W interpretacji ANOVA odczyt i interpretacja efektów głównych to ustalenie pierwotne, chronologiczne pierwsze, a raportowanie tzw. testów *post-hoc* jest wtórnym doszczegółowieniem. Wartości  $\eta_p^2$  dla MV

i PV wynosiły, odpowiednio, 0.67 i 0.66 w etapie II, 0.46 i 0.67 w etapie III oraz 0.40 i 0.50 w etapie IV. Proszę na bazie tych danych o uzupełnienie interpretacji zawartej w dyskusji.

[21] Na stronach 67–68 doktorant sugeruje szereg potencjalnych mechanizmów mogących stać za efektem zwiększenia prędkości sztangi. Są to mechanizmy związane z resyntezą zasobów energetycznych (nie pomijałbym systemu aerobowego, bo łączny czas serii ćwiczeń z przerwami jest jednak dość długi i ten system w naturalny sposób się uaktywnia), proces usuwania metabolitów, uwalnianie tlenu azotu w powiązaniu z relaksacją mięśniówki gładkiej naczyń krwionośnych, wychwytem tlenu i aktywacją receptorów adenozynowych, otwarcie kanałów potasowych, udział mechanoreceptorów, zjawisko poaktywacyjnego zwiększenia sprawności (PAPE), temperatura mięśnia, poziom nawodnienia komórek mięśni, wzrost kąta natarcia włókien mięśniowych w stosunku do połączenia mięśniowo-ścięgnistego (popularna zwężła nazwa to: „kąt pierzastości”). Sporo tego, bo i organizm ludzki skomplikowany. Doktorant pisze, że „udział tych mechanizmów pozostaje w sferze teoretycznych rozważań nad uzyskanym efektem wzrostu prędkości sztangi”. A gdyby doktorant miał w tym zakresie nieograniczone możliwości i fundusze na badania – które mechanizmy najchętniej sprawdziłby i w jaki sposób?

[22] Strona 70. Zdanie: „W etapie II, gdzie stosowano zmienne (progresywnie zwiększane) obciążenie zewnętrzne zarówno w warunku kontrolnym, jak i eksperymentalnym poziom MV i PV liniowo spadał.” Na jakiej podstawie stwierdzono (istotny) spadek prędkości? Jakim testem statystycznym się posłużono?

[23] Na tej samej stronie jest mowa o „efekcie wzrostu prędkości sztangi”. Prędkość spadała w etapie II, a w etapach III i IV raczej utrzymywała się w kolejnych seriach na podobnym poziomie – zarówno w warunkach eksperymentalnych, jak i kontrolnych (szacuję jedynie, gdyż testów statystycznych nie przedstawiono). Bezpieczniej i trafniej mówić po prostu o większej prędkości w warunkach M-BFR. Podobnie potencjalnie mylące frazy sugerujące „efekt wzrostu prędkości” (w seriach) pojawiają się w innych miejscach dyskusji. Proszę o precyzję wypowiedzi.

[24] Strona 71 i ważna kwestia zmian AOP100% w kolejnych cyklach. Cytat: „...odnotowano wzrost bezwzględnego progu AOP100 w kolejnych cyklach M-AOP.” Czy chodzi o dane z rycin 5–8? W jaki sposób stwierdzono (istotny) wzrost tego progu? Jakim testem statystycznym go uwiarygodniono? Danych statystycznych dotyczących zmian AOP100% w rozdziale „Wyniki” nie dostrzegam. Na rycinach widać jakieś różnice w wysokościach kolejnych słupków (brak liczb), ale są też różnice w odchyleniach standardowych. Należałoby wykonać stosowne statystyki, aby wykazać istotne tendencje (np. ANOVA dwuczynnikowa, efekty główne dla serii i kończyny + efekt interakcji). Czemu tego nie uczyniono? Podanie jednostkowego przykładu różnicy 71 mmHg między pomiarem początkowym a 3–4 serią (także str. 73) nie jest wiarygodne, bo wartości średnie tak dużych różnic nie wykazywały, więc podana wartość jest po prostu wartością odstającą (*outlier*).

[25] Strona 74. Cytat: „W niniejszej pracy test CMJ wykonano w etapach I–III, ale nie podczas etapu IV, gdyż zastosowano tam ćwiczenie ukierunkowane na górne partie ciała.” Czy byłby możliwy odpowiednik CMJ dla kończyn górnych z użyciem platformy dynamograficznej?

- [26] Strona 76. „Należy zaznaczyć, że zależność ta wystąpiła...”. Wręcz odwrotnie – zależność ta NIE wystąpiła, skoro, jak wcześniej napisano, „nie odnotowano istotnych zmian w właściwościach biomechanicznych mięśni szkieletowych (T i S) w następstwie stosowania M-AOP w odniesieniu do warunków kontrolnych”. Dotyczy to całego akapitu.
- [27] Wnioski. Podobnie jak w przypadku negatywnych hipotez, jestem sceptyczny. Wnioski 2–5 tylko pozornie „potwierdzają” odpowiadające im hipotezy, ale jest to „potwierdzenie” naukowo niewiarygodne z powodów wcześniej wskazanych. Przedstawione na str. 80 „Podsumowanie” jest o wiele lepszym, przekonującym i czytelniejszym zestawem ustaleń i wniosków, adekwatnym do celu głównego – dla mnie byłoby to w zupełności wystarczające zakończenie.
- [28] Bibliografia. W wykazie brak 10 pozycji cytowanych w tekście głównym jako: Cook i wsp. (2018), Davids i wsp. (2023), Eltzschig i Eckle (2011), Fitschen i wsp. (2014), Fostiak i wsp. (2022), Maestroni i wsp. (2016), Manini i Clark (2009), Nielsen i wsp. (2014), Orange i wsp. (2020), Pruyn i wsp. (2016). Z kolei w tekście głównym brak 9 pozycji literatury znajdujących się w wykazie bibliografii: Bailey i wsp. (2012), Cristina-Oliveira i wsp. (2020), Cuthbert i wsp. (2021), Early i wsp. (2020), Neto i wsp. (2017), Reina-Ruiz i wsp. (2023), Słysz i wsp. (2016), Vinolo-Gil i wsp. (2023), Zeng i wsp. (2025). Ponadto w bibliografii występuje dwukrotnie ta sama pozycja literatury – Taber, Bellon, Abbott & Bingham (2016). Proszę o wyjaśnienie tej niekonsekwencji. Istnieją aplikacje wyspecjalizowane w bieżącym porządkowaniu i formatowaniu zapisu bibliograficznego literatury już na etapie pisania prac/artykułów. Warto z nich korzystać – tak jak z edytora tekstu, kalkulatora czy pakietu statystycznego.
- [29] Na koniec – nurtowało mnie pytanie, dlaczego doktorant nie opublikował swoich interesujących rezultatów badań w dobrym czasopiśmie naukowym? Zastosowana forma pracy doktorskiej – wprawdzie dopuszczalna ustawowo – jest coraz rzadziej stosowana w naszej dyscyplinie naukowej, szczególnie w obliczu dostępności do współczesnych nośników informacji i możliwości komunikowania swoich dokonań w sposób nieskrępowany fizycznymi czy terytorialnymi ograniczeniami (choć przyznać muszę, że finansowe bywają realne). Doktorant ma na koncie sporą liczbę publikacji zespołowych, w tym jako autor korespondencyjny, więc ta strona naukowego rzemiosła nie jest mu obca. Istota nauki w wymiarze społecznym sprowadza się do rozmowy, dialogu, dyskursu, polemiki, prowadzących do nowych pomysłów i podniesienia jakości badań. Czy doktorant byłby skłonny odsłonić kulisy wyboru formy dysertacji? Z perspektywy zmierzającej już do podsumowania recenzji sądzę, że przedstawione dzieło, mimo włożonej pracy i wielu niewątpliwych zalet, wymaga jeszcze sporo ulepszeń i na pewno w tej „surowej” formie nie mogłoby być złożone do publikacji. Mam nadzieję, że doktorant nie poprzestanie na manuskrypcie „do szuflady”. Życzę dobrej publikacji.

### **Podsumowanie recenzji**

Przedłożona rozprawa doktorska prezentuje odpowiednio wysoki poziom wiedzy teoretycznej autora w zakresie nauk o kulturze fizycznej, dowodzi umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych, zawiera wystarczająco poprawnie przeprowadzony proces badawczy, przedstawia oryginalne wyniki, stąd stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w rozumieniu art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

### **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że rozprawa doktorska pt. „Wpływ międzywysiłkowej okluzji tętniczej na moc mięśniową oraz właściwości biomechaniczne mięśni szkieletowych” spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i opiniuję ją pozytywnie. Wnoszę o dopuszczenie mgra Dawida Gawła do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej.

Oryginał dokumentu podpisał:

prof. dr hab. Krzysztof Kusy (14.07.2026 r.)