

dr hab. Michał Wilk  
prof. AWF Katowice

**Recenzja pracy doktorskiej mgr Aleksandry Kisilewicz zatytułowanej  
„Powysiłkowa zmiana sztywności mięśnia czworobocznego grzbietu w ocenie  
miotonometrycznej i elastograficznej”.**

Ilościowy pomiar sztywności mięśni jest nowatorskim i istotnym wskaźnikiem w obiektywizacji kompleksowej oceny narządu ruchu. Pomiar taki daje możliwość zrozumienia faktycznego stanu napięciowego tkanki zarówno mięśniowej jak i ścięgnistej. Badania wykorzystujące metody miotonometryczne i elastograficzne są stosunkowo proste w zastosowaniu, więc mogą być wykorzystane nie tylko w badaniach naukowych, ale także w analizie i ocenie poziomu przygotowania sprawnościowego sportowców różnych dyscyplin sportowych. Co więcej deficyty strukturalne i funkcjonalne w obrębie tkanki mięśniowej, mogą być związane z nieprawidłowym treningiem lub przebytymi urazami (Raiteri i wsp. 2016). Dlatego też prezentowana dysertacja doktorska ma wartość zarówno naukową jak i praktyczną dla sportu, rekreacji oraz rehabilitacji.

**Ocena tytułu pracy**

Tytuł pracy odpowiada treściom zawartym w prezentowanej rozprawie. Przedmiotem badań jest powysiłkowa zmiana sztywności mięśnia czworobocznego grzbietu w ocenie miotonometrycznej i elastograficznej.

**Ocena układu pracy**

Opracowanie liczy 94 stron tekstu, w tym tabele, ryciny, wykresy. Układ formalny pracy jest prawidłowy i klasyczny dla opracowań o charakterze empirycznym, a struktura pracy jest logiczna i przejrzysta. Istotna uwaga dotyczy braku zamieszczenia na końcowych stronach rozprawy odpowiedzi na wcześniej zawarte pytania badawcze, co wymaga uzupełnienia. Ponadto muszę zwrócić uwagę na ostatni rozdział wstępu: „Wymiar aplikacyjny“ pracy, który powinien być poprzedzony, bądź połączony z rozdziałem lub akapitami dotyczącym aktualnego

stanu wiedzy w zakresie badań wykorzystujących pomiar sztywności mięśniowej. Ostatni rozdział wstępu powinien zawierać informację dotyczące wszystkich aspektów mających wpływ na sztywność mięśniową, takich jak np.: płeć, wiek, pora dnia podczas której wykonywano pomiar, znaczenie punktu pomiarowego, czasy pomiarów, pozycje zarówno ciała badanego jak i kąty ustawienia stawowego. Wszystkie te informacje powinny być tak opisane aby czytelnik był świadom tego jakie czynniki osobnicze, środowiskowe mają wpływ na ostateczny wynik pomiarowy. Dodatkowo biorąc pod uwagę, że istotą rozprawy jest ocena zmiany sztywności poprzez wykorzystanie miotonometrycznej i elastograficznej oceny, należałoby zastanowić się nad zmianą kolejności podrozdziałów w sekcji dyskusja. Strona 47 – rozdział: **Związek między wysiłkiem fizycznym o charakterze ekscentrycznym, a zespołem opóźnionej bolesności mięśniowej**. Uważam że rozdział ten nie powinien być pierwszym w dyskusji ponieważ ocena DOMS nie jest głównym celem rozprawy. Tym samym proponuję rozdział ten połączyć razem z rozdziałem: **Związek między wystąpieniem opóźnionej bolesności mięśniowej i powysiłkowymi zmianami sztywności, a siłą mięśniową i zakresem ruchu**. W ten sposób dyskusja rozpocznie się od właściwego celu pracy.

### **Ocena formalna i merytoryczna pracy**

Pomimo niezaprzeczalnego uznania istotności badań z wykorzystaniem miotonometrycznej i elastograficznej oceny wiele kwestii związanych z opisywanym tematem wymaga dalszych badań, dlatego już na wstępie uznać należy dysertację za tematycznie w pełni zasadną. Uzasadnieniem podjęcia eksperymentu była niewielka liczba badań wykorzystujących opisane metody badawcze, ale co szczególnie istotne brak badań porównujących pomiędzy sobą ocenę miotonometryczną i elastograficzną.

Wprowadzenie teoretyczne jest prawidłowo napisane i w sposób klarowny przedstawia istotę problemu badawczego, wykorzystując przy tym odpowiednio krajową i światową literaturę. Należy jedynie uzupełnić wprowadzenie o informacje dotyczące wpływu różnych czynników osobniczych, środowiskowych na poziom sztywności mięśniowej. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze są także właściwie sformułowane. Można zwrócić uwagę jedynie na fakt, że trzecie pytanie dotyczące DOMS powinno w swojej treści także zawierać aspekt sztywności mięśniowej. Kolejny rozdział związany z materiałem i metodami badawczymi nie budzi większych zastrzeżeń.

Oceniając rozdział „Dyskusję“ należy stwierdzić, że jest to najlepsza część pracy przedstawiona do recenzji. Poza wcześniej opisana sugestią dotyczącą zmiany kolejności podrozdziałów dyskusji całość jej treści wyczerpuje badaną tematykę. Doktorantka dokonała

prawidłowej konfrontacji uzyskanych wyników badań na tle istniejącej literatury przedmiotu. Warto podkreślić, iż Doktorantka powołuje się w tym rozdziale głównie na światową literaturę, cytując często prace autorów z ostatnich kilku lat, co znacząco podnosi ocenę recenzowanej dysertacji. W rozdziale tym, w ocenie recenzenta, Doktorantka ujawniła swoje największe atrybuty, a mianowicie zdolność interpretacji danych empirycznych oraz ich przeniesienie na grunt praktyki treningu sportowego i fizjoterapii.

Pracę kończy rozdział, wnioski i aplikacje praktyczne, w którym Doktorantka powinna oprócz zawartej treści bezpośrednio odpowiedzieć na wcześniej postawione pytania badawcze.

### **Szczegółowe komentarze:**

Strona 9 – „...szacowała i opisywała ten parametr w sposób pośredni, jako wzrost sztywności wynikający ze wzrostu napięcia biernego..” **zdanie niezrozumiałe, co oznacza szacowała?**

Strona 10 - Jednakże liczba artykułów naukowych odnoszących się do wykorzystania i popularyzacji tych technologii w sporcie pozostaje niewielka – **proszę dodać pozycje literatury.**

Strona 12 – kilkakrotnie zdania rozpoczyna się od słowa: „Jest ona” – **proszę zmienić na konkretne słowo, którego to zdanie dotyczy.**

Strona 13 – „męczliwość”, – **co oznacza męczliwość – poziom zmęczenia?**

„Zwiększone napięcie mięśniowe ogranicza dopływ krwi, co powoduje większą męczliwość mięśni i spowalnia ich regenerację” **proszę dodać źródło cytowania lub zmienić treść tego zdania, dopływ czy przepływ krwi? Męczliwość?**

Strona, 16 – „Choć w początkowym etapie treningu...” **treningu oporowego? Jeśli tak proszę dodać.**

„...to przy jego kontynuacji głównego znaczenia nabiera zjawisko hipertrofii.” – **proszę dodać źródło cytowania.**

Polega ono na przeroscie włókien mięśniowych i zwiększeniu ogólnej masy mięśniowej – **uważam, że na poziomie dysertacji doktorskiej nie ma potrzeby wyjaśniania, czym jest hipertrofia mięśniowa.**

Strona 17 – doktorantka często posługuje się pojęciem „siły skurczu” – **jednakże należy rozważyć zmianę tego określenie na – poziomu siły mięśniowej, lub poziomu/ wielkości aktywności mięśniowej.**

Podczas wysiłku fizycznego na poziomie maksymalnym i submaksymalnym, w wyniku aktywacji beztlenowych przemian energetycznych i akumulacji jonów wodorowych, dochodzi

do silnego obniżenia pH, zwolnienia tempa produkcji ATP; a tym samym zmniejszenia ilości energii uzyskanej z hydrolizy ATP oraz zużycia zasobów fosfokreatyny i glikogenu – **proszę dodać źródło cytowania**

**Określenie „zakwaszenie” jest potoczne**

**Określenie „Intensywny wysiłek” – jest także określeniem potocznym – proszę zmienić na np.: wysiłek o wysokiej intensywności. Dotyczy zmiany w całej rozprawie doktorskiej, ponieważ to określenie jest używane stosunkowo często.**

**Proszę zwrócić uwagę na cytowania, w większości akapitów jest jedno cytowanie np. Górski 2008, czyli odniesienie do książki, jednakże Górski tylko opisywał mechanizmy zbadane przez innych naukowców. Więc należy cytować konkretne zdania, opisy, a nie generalnie cały akapit.**

**Strona 18 – Doktorantka pisze – „Wiele badań” jednakże odnosi się do pojedynczego cytowania.**

**Strona 19 – intensywna praca mięśni – stwierdzenie potoczne proszę poprawić, zgodnie z wcześniejszymi komentarzami**

**Strona 20 – „wystąpi większa bolesność” – w porównaniu, do czego?**

**Co oznacza szybka adaptacji?**

**„przy kolejnym powtórzeniu wywołają już swoisty efekt ochronny, a bolesność nie wystąpi”.**

**Proszę o cytowanie lub usunięcie tego zdania**

**Strona 21 – proszę nie stosować potocznego określenie, jakim jest zakwaszenie chyba, że bezpośrednio dotyczy pH.**

**5c – tytuł – „...kończyny górnej” – chyba nie ma potrzeby takiego określenia.**

**Uwaga techniczna – cytowania raz są opisywane, jako „i wsp.” innym razem „wsp.,” a jeszcze innym razem, jako „i in.” – proszę ujednolicić w całej pracy.**

Strona 28 - Jednakże koszt niezbędnej aparatury pomiarowej oraz wymagana wiedza techniczna ograniczają szersze zastosowanie kliniczne elastografii (Feng i wsp. 2018). Dostęp do SWE może być ograniczony nawet w dużym szpitalu czy instytucie badawczym. Zakup zaawansowanego technologicznie aparatu ultrasonograficznego, posiadającego funkcję elastografii, jest przeważnie niezwykle trudny w realizacji, dla większości mniejszych klinik i gabinetów rehabilitacyjnych czy klubów sportowych. Wynika to z wysokiej ceny aparatu ultrasonograficznego oraz kosztów jego utrzymania. – **Jest to treść zbędna, sugeruje usunąć.**

**Rozdział 7 – wymiar aplikacyjny – należy go uzupełnić zgodnie z opinią z części ogólnej recenzji. Poza tym koszt aparatury nie powinien być argumentem w naukowej analizie opisywanego tematu.**

**Pytania badawcze nie powinny być w czasie przyszłym, – więc sugeruję zmienić na ...jaka jest różnica średnich ... jaka jest różnica odczuwania bolesności mięśnia.**

**Dodatkowo, ponieważ celem badania była ocena sztywności mięśniowej to uważam, że także trzecie pytanie powinno być związane z tym aspektem.**

**Strona 42 – dlaczego w 4 punktach – jaki czas badania, pora dnia itp.**

**Strona 44 – 24 godziny po wysiłku – czy pora dnia ma znaczenie, czy są różnice pomiędzy wynikami pomiaru rano i wieczorem – takich właśnie informacji brakuje w ostatnim akapicie wstępu, który powinien czytelnikowi wyjaśnić wszystkie istotne aspekty mogące lub niemające wpływ na zmiany sztywności mięśnia.**

**Wyniki – światowa literatura naukowa prezentuje wyniki z wykorzystaniem „ . ” a nie „ , ” więc proszę rozważyć zastosowanie 0.001 zamiast 0,001 itp.**

**Strona 53 – zarówno tytuł jak i zakres tego rozdziału nie jest nowatorski to raczej wiedza powszechna, poza tym prowadzone badanie nie oceniały rzeczywistych wskaźników (biochemicznych) mogących stanowić o DOMS. Osobiście uważam, że jeśli ten rozdział miałby pozostać to nie powinien być pierwszym rozdziałem dyskusji. Głównym celem badań była ocena sztywności mięśniowej z wykorzystaniem różnych urządzeń/metod pomiarowych.**

Strona 55

Co ciekawe powyższe badania wykazały również większe stężenie indykatorów stanu zapalnego w tkance łącznej otaczającej mięsień (omięśnej zewnętrznej) dla osób, u których wystąpiła silniejsza powysiłkowa bolesność mięśni. – **Powyższe badania, czyli te, które były cytowane czy te realizowane w ramach tej dysertacji?**

Strona 59 - Co więcej, wyniki uzyskane przez Yanagisawę i wsp. (2011) dowodzą wprawdzie istotnego statystycznie wzrostu sztywności ocenianej zarówno przy pomocy elastografii jak i miernika twardości mięśniowej; ale jedynie bezpośrednio po protokole ćwiczeń, w porównaniu do bazowego pomiaru sztywności. Wyniki pomiarów wykonanych 30 minut po ćwiczeniach wykazały brak istotnych różnic w stosunku do wartości bazowej. Pokazuje to tendencję spadkową parametru w czasie.

**Bardzo wartościowe zdanie, nasuwa się do tego pytanie czy występuje, lub czy ewentualnie można stworzyć ujednoliconą metodologię badania względem czasu pomiarów – czy może wyniki dysertacji mogą wskazać na kierunek poprawnej metodologii badań?**

Strona 59 - potwierdzają otrzymane w niniejszym eksperymencie wyniki, tłumacząc powysiłkowy spadek modułu sprężystości o 14% oraz sztywności dynamicznej o 17%. – **Proszę używać wskaźników statystycznie istotny lub nieistotny w celu precyzyjniejszego odbioru opisywanych informacji.**

Strona 60 - Jak podkreślają autorzy, pomiary mięśni w pozycjach...

**Rozumiem, że pomiar sztywności mięśniowej?**

Jak wynika z wniosków wyciągniętych przez Brandemburga i wsp. (2015), przy biernym rozciągnięciu badanego mięśnia zwiększa się jego sztywność i wzrost ten jest wprost proporcjonalny do zwiększania długości. Dzieje się tak do momentu, aż osiągnięta zostanie granica odporności mięśnia na rozciąganie bierne – **właśnie takie informacje powinny być zawarte we wstępie, dopiero na stronie 60 rozprawy czytelnik dowiadyuje się, że rozciąganie mięśnia może istotnie wpływać na sztywność mięśniową.**

Strona 61

Jak podają autorzy, poddanie grupy badanej wysiłkowi fizycznemu o większym lub mniejszym ogólnym obciążeniu, (jakie **obciążenie – zewnętrzne? treningowe?**) miało na celu określenie; czy zmiana modułu sprężystości związana była ze stopniem uszkodzenia włókien mięśniowych czy bardziej ze specyfiką, (jakie **są, występują „specyfiki” pracy ekscentrycznej? Nie rozumiem**) wykonanej pracy ekscentrycznej. W badaniu wykorzystano trzy głowy (**W badaniu pomiar wykonano...**) m. czworogłowego uda: m. prosty uda, m. obszerny przysródkowy oraz m. obszerny boczny, jako prostowniki stawu kolanowego; oraz m. dwugłowy ramienia i m. ramienny, jako zginacze stawu łokciowego. Jak dowodzą przedstawione wyniki (**prezentowanej dysertacji?**), wielkości zmian modułu sprężystości mierzona 30 minut po wysiłku wyraźnie różniły się wzajemnie, w zależności od zastosowanej pozycji pomiarowej (**pozycji ciała, czy urządzenia**). Dla mięśni prostowników stawu kolanowego najwyższy wzrost zaobserwowano dla 110° zgięcia stawu kolanowego, większy dla ćwiczeń bardziej intensywnych (**ćwiczeń o wysokiej intensywności wysiłku – jaka jest ta wartość intensywności?**) ( $+79,4 \pm 67,1\%$ ;  $p < 0,001$ ) oraz mniejszy, choć nadal istotny, dla ćwiczeń o niższej intensywności (**jw.**) ( $+26,7 \pm 19,1\%$ ;  $p < 0,001$ ).

**Strona 62 –  $p < 0.00$  ?, ponownie potoczne określenie intensywności**

Strona 63 - przed wysiłkiem fizycznym o charakterze ekscentrycznym – **jest duża różnica pomiędzy różnymi wartości treningu ekscentrycznego, dlatego dla lepszej przejrzystości dyskusji warto dodać w nawiasach wartości tego treningu np. (120%1RM, 3 serie, 5 pow., jakie ćwiczenie)**. Poniżej jest określona wartość powtórzeń, jest ona bardzo wysoka, więc zakładam, że zastosowano relatywnie niskie obciążenie zewnętrzne. Warto takie informacje dodawać odnosząc się do wyników innych badań naukowych.

Jednakże dla 30° i 60° zgięcia stawu kolanowego mięsień ten nie wykazał już istotnych zmian modułu sprężystości. – **Dlaczego? Proszę spróbować wyjaśnić przyczyny takich wyników.**

Strona, 66 – co **oznacza niewielka zmiana sztywności – istotna statystycznie czy nie, lub w oparciu o ES.**

Strona, 67 – co **oznacza przetrwałego submaksymalnego skurczu**

Rozdział 3 – **trzecie pytanie badawcze powinno dotyczyć związku pomiędzy DOMS a wynikami pomiarów sztywności mięśniowej. Samo opisywanie DOMS jak ma to miejsce**

w pierwszym rozdziale dyskusji nie jest niczym nowym, to wiedza ogólnie powszechna, natomiast odniesienie DOMS do sztywności mięśniowej to bardzo mocny punkt prezentowanej pracy. Dlatego sugeruje wykorzystać tylko niektóre elementy pierwszego rozdziału dyskusji i przenieść je do działu 3.

**Wnioski aplikacyjne – ten rozdział powinien być bardzo precyzyjny i pozbawiony informacji ogólnikowych. Powinien dotyczyć tylko wyników uzyskanych w tej pracy i ich implikacji praktycznych.**

### **Podsumowanie**

Mając na uwadze, nieliczne krytyczne uwagi recenzent stwierdza, że w pracy znalazły się nowe, istotne wiadomości z zakresu teorii i praktyki treningu sportowego. Doktorantka dokonała poprawnego wywodu naukowego i spełniła wymagania stawiane rozprawom naukowym. Na podkreślenie zasługuje staranność edytorska przygotowanej dysertacji. Dyskusja zaprezentowana w pracy podwyższa ogólną ocenę rozprawy doktorskiej, gdyż Doktorantka wykazała się w niej dojrzałością naukową oraz sporymi umiejętnościami analizy naukowej.

Podsumowując należy stwierdzić jednoznacznie, iż praca mgr Aleksandry Kisilewicz spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję do rady Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie ze względu na szczególną wartość naukową prezentowanych wyników badań, dojrzałą dyskusję a także możliwość szerokiego praktycznego wykorzystania pomiarów sztywności mięśniowej, składam wniosek o **wyróżnienie** tej pracy.

dr hab. Michał Wilk prof. AWF Katowice

