

Prof. dr hab. Małgorzata Skup  
Grupa Neurobiologii Naprawczej IBD PAN  
Ul. L. Pasteura 3, 02-093 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej  
**mgr Joanny Rakoczy (Grzesiak)**

pt. „Przejściowe obniżenie generowanej siły skurczu jednostek ruchowych po spadku częstotliwości pobudzeń”

**1. Formalna charakterystyka pracy**

Rozprawa doktorska Pani mgr Joanny Rakoczy (Grzesiak) została przygotowana zgodnie z nowymi wytycznymi wynikającymi ze znowelizowanej Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Ustawa z dnia 14 marca 2003 roku, z późniejszymi zmianami z dnia 20 lipca 2018 r., wg Dz. U. 2021 r., poz. 478, art. 187).

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska pt. pt. „Przejściowe obniżenie generowanej siły skurczu jednostek ruchowych po spadku częstotliwości pobudzeń” składa się z dwóch podstawowych części. Część pierwszą, o objętości 24 stron, stanowi autoreferat w języku polskim, który zawiera wstęp, cel badań, opis metodyki badawczej, opis wyników i ich dyskusję zakończoną wnioskami oraz wykaz wybranych pozycji piśmiennictwa w liczbie 40. Do autoreferatu dołączono streszczenia w języku polskim i angielskim. Drugą część rozprawy stanowi cykl dwóch, tematycznie spójnych, oryginalnych artykułów naukowych z lat 2019-2020, opublikowanych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej: *Journal of Electromyography and Kinesiology* oraz *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. Łączny współczynnik oddziaływania tych publikacji wynosi 3,719, a suma punktów MNiSW -200. Całość uzupełniają oświadczenia współautorów.

Należy podkreślić, że Doktorantka jest pierwszym autorem obydwu publikacji, co wskazuje na jej znaczący udział w powstaniu prac. Udział Zespołu w przygotowaniu publikacji *BMC*, przedstawiony w stopce artykułu, wskazuje nie tylko na Jej współautorstwo koncepcji przeprowadzonych badań ale też na pozyskanie przez Nią finansowania projektu; w drugim z artykułów nie wskazano udziału współautorów. Informacje dopełnia oświadczenie jednego z

współautorów, które zawiera bardzo precyzyjny opis zakresu i przedmiotu jego badań w projekcie. Oświadczenia pozostałych trojga współautorów mniej precyzyjnie opisują ten zakres, co utrudnia recenzentowi orientację jaka część pozostałej pracy została wykonana samodzielnie przez Doktorantkę. Moim zdaniem, w przypadku dysertacji złożonej z cyklu publikacji i uzupełnionej autoreferatem, przedstawienie przez współautorów typu wykonanych przez nich doświadczeń, pomiarów i analiz ma duże znaczenie dla ukształtowania opinii o samodzielnej pracy Doktoranta.

Ponieważ oryginalne prace badawcze, które składają się na rozprawę, były poddane wcześniej ocenie przez redakcje czasopism i niezależnych recenzentów, moja recenzja tak przygotowanej rozprawy koncentruje się przede wszystkim na ocenie autoreferatu. To opracowanie bowiem oddaje zasób wiedzy Doktorantki, potrzebę osadzenia badanego zagadnienia w szerszym kontekście funkcjonalnym, umiejętność wyboru najistotniejszych danych z literatury przedmiotu, będących „paliwem” do formułowanych hipotez, wnioskowania i dyskusowania uzyskanych wyników.

## **2. Merytoryczna ocena pracy doktorskiej**

### Autoreferat – Wstęp

Ta część autoreferatu liczy niespełna 3 strony. Jej konstrukcja i zawartość oddają treść wprowadzeń do obu artykułów, koncentrując się na opisie dwóch podstawowych mechanizmów regulowania siły skurczu mięśni szkieletowych: rekrutacji (dekrutacji) jednostek ruchowych i zmiany częstotliwości wyładowań motoneuronów czynnych jednostek ruchowych. Cytowane są tu doskonałe i ważne pozycje klasyczne Hennemana, De Luca i Kernella, które stworzyły podstawy fizjologii jednostek ruchowych. Doktorantka podkreśla, że w wielu badaniach dotyczących wpływu wzorców wyładowań motoneuronów na regulację generowanej siły, stosowano bodźce o stałej szybkości i skokowo zmieniającej się częstotliwości, gdy tymczasem wyniki badań elektromiograficznych prowadzonych na ludziach wskazują, że podczas aktywności motoneurony generują potencjały w zmiennych odstępach czasu. To stwierdzenie prowadzi nas ku konstatacji, że wiedza o skutkach zmian w układzie pobudzenia i ich wpływu na przebieg siły skurczu jest niepełna, co jest dobrym punktem wyjścia do podjęcia przez Nią badań eksperymentalnych w tym zakresie. Następnie Doktorantka przedstawia wyniki badań nad wpływem różnych wzorców stymulacji na siłę skurczu, które są przedmiotem zainteresowań Zespołu prof. Celichowskiego od szeregu lat.

Opisuje m.in. warunki wywoływania skokowego wzrostu siły skurczu, znanego w literaturze anglojęzycznej jako „catch effect” oraz redukcji siły skurczu w relacji do odpowiedzi, w której skurcz był poprzedzony stymulacją o niskiej częstotliwości „tetanic depression”.

Po przeczytaniu Wstępu nie mogę oprzeć się wrażeniu, że Doktorantka znacznie lepiej czuje się w tematyce elektrofizjologicznej, niż w zagadnieniach biochemicznych i molekularnych mechanizmów leżących u podstawy generowania i regulowania skurczu mięśnia. Zabrakło bowiem choćby zarysu procesów strukturalnych, opisu roli jonów wapniowych, pompy wapniowej siateczki sarkoplazmatycznej i roli ATP w pracy włókien mięśniowych, z powołaniem się na odkrycia Engelhardta i Lubimowej (1099), Huxleya (1953-54) i Szent-Gyorgyiego (1953) i najnowsze prace w dziedzinie. A przecież w Dyskusji pracy pojawia się wątek roli regulowania stężenia jonów wapnia w redukcji siły skurczu; jestem przekonana, że gdyby ta kwestia pojawiła się już we wprowadzeniu, stanowiłaby dobrą podstawę do pogłębienia dyskusji tego wątku.

#### Autoreferat - Cel badań

Dwa cele pracy sformułowano jasno. Żywię jednak przekonanie, że wywód prowadzący do ich sformułowania zyskałby, gdyby każdy z celów był połączony z dotyczącą go hipotezą badawczą; zamiast tego obie hipotezy przedstawiono na końcu tej części Autoreferatu. Istotnym niedociągnięciem jest brak przesłanek do wysnucia zaproponowanych hipotez, a przecież niektóre zostały jasno przedstawione w artykule opublikowanym w BMC Sport Science (2020), w którym badano podłoże biomechaniczne wykrytego spadku siły skurczu.

#### Autoreferat - Metody

Opis metod zajmuje 4,5 strony i zawiera (1) procedury laboratoryjne oraz (2) dane dotyczące użytych zwierząt i (3) opisy badań przeprowadzonych odrębnie w doświadczeniu pierwszym („Publikacja 1”) i drugim („Publikacja 2”). Na podkreślenie zasługuje bardzo staranny opis wariantów stymulacji. Uważam, że w opisie metod należało podać numery decyzji Lokalnej Komisji Etycznej ds. badań na zwierzętach, a także przedstawić testy, jakich użyto do określenia znamienności statystycznej zaobserwowanych zmian (opisane w załączonych publikacjach).

#### Autoreferat – Wyniki

W tej części Autoreferatu Doktorantka omówiła najpierw rezultaty badań, które doprowadziły do opisanego przejściowego spadku siły skurczu do poziomu, który był poniżej oczekiwanej wartości i występował bezpośrednio po skokowym zmniejszeniu częstotliwości pobudzenia (Publikacja 1). To ciekawe, nieznanie wcześniej zjawisko, badane w eksperymentach w których zastosowano

trójfazowe stymulacje w układzie niskiej-wysokiej-niskiej częstotliwości, zaobserwowano dla jednostek motorycznych wszystkich trzech typów włókien (FF, FR, S), a więc wynik weryfikował negatywnie hipotezę roboczą. W mojej opinii, w opisie zabrakło spuentowania tego wyniku, co podsumowałoby ten etap badań i było dobrym punktem wyjścia do dyskusji.

Opis rozszerzonych badań eksperymentalnych rozpoczętych w pierwszej pracy badawczej, zawarty w drugiej publikacji, został potraktowany przez mgr Rakoczy znacznie obszerniej. Doktorantka poszukiwała wyjaśnienia możliwych przyczyn zjawiska przejściowego spadku siły skurczu oraz podjęła próbę weryfikacji hipotez o jego biomechanicznym podłożu. Hipotezę tę mgr Rakoczy zweryfikowała pozytywnie, i dowiodła, że efekt biomechaniczny występuje nawet w sytuacji, gdy częstotliwość pobudzeń jednostek ruchowych zmniejsza się stopniowo. Ciekawym elementem pracy było dokonanie matematycznej dekompozycji rejestrowanego skurczu na ciąg pojedynczych odpowiedzi na kolejne pobudzenia, w celu głębszego zrozumienia podłoża badanego spadku siły obserwowanego przy stosowanym układzie pobudzeń o niskiej-wysokiej-niskiej częstotliwości. Analiza zmienności czasu skurczu i relaksacji oraz amplitudy siły skurczu w odpowiedzi na kolejne pobudzenia wykazała, że badany przejściowy spadek siły wynikał ze zmniejszania się amplitud siły i skracania czasu skurczów, natomiast powrót siły skurczu do oczekiwanego poziomu był przede wszystkim efektem wydłużania się czasu skurczów.

#### Autoreferat – Dyskusja i Wnioski

Dyskusja pracy jest obszerna i wyczerpująca. Napisana wartkim językiem jest z pewnością mocnym atutem pracy. Warto zauważyć, że Doktorantka dostrzega ograniczenia pracy, ale też rozważa perspektywę, w której uzyskane wyniki mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia czynności mięśni, a szczególnie roli układu wyładowań motoneuronów czynnych jednostek ruchowych w mięśniach człowieka. Kandydatka podkreśla, że w wymiarze praktycznym uzyskana wiedza może warunkować postęp w zakresie zabiegów elektrostymulacji mięśni, stosowanych m.in. u osób z chorobami nerwowo-mięśniowymi oraz u sportowców. Pracę kończą jasno napisane wnioski.

### **3. Podsumowanie**

Pragnę podkreślić, że doświadczenia stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej mgr Joanny Rakoczy zostały dobrze zaplanowane i starannie, poprawnie wykonane, a uzyskane wyniki są oryginalne i interesujące. Należy dostrzec, że niezbędne do realizacji projektu izolowanie

funkcjonalnych, pojedynczych jednostek ruchowych, jest trudnym zadaniem. Tym bardziej oceniam wysoko fakt, że wyniki badań zostały już opublikowane w czasopiśmie z listy filadelfijskiej, co domyka realizację projektu.

Pod względem stylistycznym Autoreferat został napisany jasno i zwięźle, a drobne uchybienia nie umniejszają mojej bardzo pozytywnej oceny pracy. Wykaz zauważonych przeze mnie nielicznych błędów stylistycznych i błędów interpunkcji przekazuję bezpośrednio Autorce. Stwierdzam, że rozprawa zawiera samodzielny dorobek naukowy, a Doktorantka wykazała się wiedzą i umiejętnością prowadzenia badań naukowych.

Wobec pytań, które nasunęły się podczas czytania Autoreferatu, w trakcie obrony poproszę mgr Rakoczy o:

1. wyjaśnienie, dlaczego do badań użyto wyłącznie samic szczurzych, i opinię, czy na podstawie uzyskanych wyników i danych literaturowych można postulować takie same zmiany u osobników płci męskiej
2. przedstawienie przesłanek do hipotezy, że przejściowy spadek siły skurczu wynikający ze spadku częstotliwości pobudzenia zależy od typu jednostek ruchowych i ich cech skurczu
3. uzasadnienie, dlaczego wyklucza zmiany w stężeniu jonów wapnia jako przyczynę zaobserwowanej w Jej badaniach redukcji siły skurczu

#### **4. Wnioski końcowe**

**W mojej ocenie rozprawa spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku, z późniejszymi zmianami. Na tej podstawie, z pełnym przekonaniem, przedstawiam Wysokiej Radzie Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu wniosek o nadanie mgr Joannie Rakoczy stopnia doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej.**



Małgorzata Skup

Michałowice, 31 maja 2021 r.