



Wydział Fizjoterapii

Zakład Kinezylogii

**prof. dr hab. Jarosław Marusiak**  
**Zakład Kinezylogii, Wydział Fizjoterapii**  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu  
al. I. J. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław  
tel. +48 71 347 3057, fax. +48 71 347 3431  
e-mail: jaroslaw.marusiak@awf.wroc.pl

Wrocław, 12.05.2023 r.

**Rada Naukowa**  
**Akademii Wychowania Fizycznego**  
**im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu**  
**ul. Królowej Jadwigi 27/39, 61-871 Poznań**

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Macieja Jurasza**  
**pt. „Ocena rozwoju zmęczenia mięśniowego i czynność elektryczna mięśni**  
**szkieletowych rejestrowana metodą elektromiografii powierzchniowej (SEMG) u osób**  
**uprawiających różne dyscypliny sportu”.**

Zgodnie z art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz z § 5 ust. 1 załącznika nr 1 do Uchwały nr 153/2019 Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu z dnia 29.10.2019 r. (wprowadzającej zasady postępowania w sprawach o nadanie stopni naukowych) mgr Maciej Jurasz przedstawił poniższy spójny cykl dwóch pierwszo-autorskich prac naukowych (opublikowanych w ostatecznej formie w 2022 roku) pt. „Ocena rozwoju zmęczenia mięśniowego i czynność elektryczna mięśni szkieletowych rejestrowana metodą elektromiografii powierzchniowej (SEMG) u osób uprawiających różne dyscypliny sportu”, jako osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej:

- 1) **Jurasz M**, Boraczyński M, Wójcik Z, Gronek P. **Neuromuscular Fatigue Responses of Endurance- and Strength-Trained Athletes during Incremental Cycling Exercise**. Int J Environ Res Public Health. **2022** Jul 21;19(14):8839. doi: 10.3390/ijerph19148839. PMID: 35886690; PMCID: PMC9319915.
- 2) **Jurasz M**, Boraczyński M, Laskin JJ, Kamelska-Sadowska AM, Podstawski R, Jaszczur-Nowicki J, Nowakowski JJ, Gronek P. **Acute Cardiorespiratory and Metabolic Responses to Incremental Cycling Exercise in Endurance- and Strength-Trained Athletes**. Biology (Basel). **2022** Apr 22;11(5):643. doi: 10.3390/biology11050643. PMID: 35625371; PMCID: PMC9138148.



Problematyka badań niniejszej rozprawy doktorskiej dotyczy zagadnień z zakresu neurofizjologii, kinezylogii oraz fizjologii wysiłku fizycznego. Generalna idea niniejszej rozprawy polega na zbadaniu mechanizmów zmian aktywacji mięśnia prostego uda w odniesieniu do reakcji układu krążeniowo-oddechowego oraz subiektywnego odczucia stopnia obciążenia wysiłkiem w trakcie wykonywania progresywnego, submaksymalnego wysiłku fizycznego na cykloergometrze rowerowym w dwóch grupach sportowców o odmiennej specyfice uprawianych dyscyplin sportowych (triathloniści - sport wytrzymałościowy i kulturzyści - sport siłowy) oraz w grupie aktywnych rekreacyjnie studentów. Problematyka niniejszej rozprawy doktorskiej jest bardzo interesująca, o dużym znaczeniu aplikacyjnym dla sportu i fizjoterapii, oraz wpisuje się doskonale w aktualny nurt badań naukowych w powyższej tematyce, co jest istotne dla rozwoju dyscypliny nauk o kulturze fizycznej, w której to dyscyplinie Kandydat wnioskuje o nadanie stopnia naukowego doktora.

Tytuł rozprawy doktorskiej mgr Macieja Jurasza tj. „Ocena rozwoju zmęczenia mięśniowego i czynność elektryczna mięśni szkieletowych rejestrowana metodą elektromiografii powierzchniowej (SEMG) u osób uprawiających różne dyscypliny sportu” wskazuje, że obie prace naukowe, przedstawione przez Kandydata w ramach spójnego cyklu publikacji, będą dotyczyły analiz wskaźników czynności bioelektrycznej mięśni szkieletowych w kontekście badania mechanizmów zmęczenia różnych mięśni szkieletowych. Pierwsza praca z cyklu, zatytułowana „*Neuromuscular Fatigue Responses of Endurance- and Strength-Trained Athletes during Incremental Cycling Exercise*”, rzeczywiście dotyczy tego zagadnienia, jednakże podejmuje to zagadnienie w odniesieniu do badania procesów sterowania ruchem tylko jednego mięśnia kończyny dolnej, a mianowicie mięśnia prostego uda. Natomiast druga praca z cyklu, zatytułowana „*Acute Cardiorespiratory and Metabolic Responses to Incremental Cycling Exercise in Endurance- and Strength-Trained Athletes*”, dotyczy tematyki fizjologii wysiłku w kontekście badania odpowiedzi układu krążeniowo-oddechowego na progresywny submaksymalny wysiłek fizyczny, natomiast praca ta nie zawiera treści powiązanych z tytułem rozprawy doktorskiej. Dlatego uważam, że tytuł rozprawy doktorskiej/autoreferatu powinien być zmodyfikowany i ujmować szerzej tematykę procesów zmęczenia, z uwzględnieniem również aspektów związanych z fizjologią wysiłku. Alternatywnie w stosunku do powyższej sugestii, niniejszy cykl spójnych tematycznie publikacji powinien być uzupełniony o następną publikację, w której zastosowano metodę elektromiografii powierzchniowej do oceny czynności bioelektrycznej mięśni szkieletowych w kontekście badania mechanizmów zmęczenia różnych mięśni szkieletowych.

#### **Krótką charakterystyka metodologii zastosowanej w pracach stanowiących cykl spójnych tematycznie publikacji Kandydata.**

Obie prace, z przedstawionego przez Kandydata cyklu spójnych tematycznie publikacji, bazują na pomiarach wykonanych w trakcie jednego eksperymentu, na tej samej grupie badanych osób, z zastosowaniem identycznej procedury eksperymentalnej oraz identycznych metod analizy statystycznej dla poszczególnych wskaźników. Różnice pomiędzy tymi dwoma pracami dotyczą procedury pomiarowej dla

uzyskania specyficznych wskaźników odpowiedzi układu nerwowo-mięśniowego i percepcji zmęczenia (praca nr 1) oraz odpowiedzi układu krążeniowo-oddechowego (praca nr 2), dla osiągnięcia specyficznych celów naukowych obu tych prac.

Próba badawcza składała się z 32 uczestników w wieku  $22,0 \pm 0,54$  lat, którzy zostali podzieleni na trzy grupy: grupę trenującą wytrzymałościowo (END) składającą się z triathlonistów ( $n = 10$ ), grupę trenującą siłowo (STR) składającą się z kulturystów ( $n = 10$ ) oraz grupę kontrolną (CG) składającą się z rekreacyjnie aktywnych studentów ( $n = 12$ ). Test wysiłkowy przeprowadzono z zastosowaniem progresywnego protokołu na cykloergometrze rowerowym, rozpoczynając od 3-minutowego pomiaru w spoczynku, a następnie pedałując w tempie 70 obrotów na minutę, z obciążeniem 50 W i kolejnymi stałymi przyrostami o 50 W co 3 minuty (100 W, 150 W), aż do osiągnięcia 200 W. Rejestrację elektromiografii powierzchniowej (SEMG) z mięśnia prostego uda kończyny dominującej przeprowadzono podczas ostatnich 30 sekund czterech faz wysiłkowych (tj. na obciążeniach 50 W, 100 W, 150 W i 200 W). Dla tych samych faz obciążenia wysiłkiem, w ciągu ostatnich 15 sekund każdej fazy wysiłkowej, uczestnicy oceniali subiektywne odczucie stopnia obciążenia wysiłkiem (RPE - Rating of Perceived Exerction) za pomocą skali RPE wg. Borga, tj. w zakresie 6-20 punktów. Na bazie analizy statystycznej wartości wskaźników SEMG oraz RPE uzyskano wyniki przedstawione w pracy nr 1 z cyklu. Dla celów drugiej pracy z cyklu przeanalizowano następujące wskaźniki odpowiedzi układu krążeniowo-oddechowego: częstość skurczów serca (HR), pobór tlenu ( $VO_2$ ), produkcję dwutlenku węgla ( $VCO_2$ ), wskaźnik wymiany oddechowej (RER), skurczowe i rozkurczowe ciśnienie krwi (SBP i DBP) oraz stężenie mleczanu we krwi (BLa-). Zebrane dane poddano dobrze dobranej analizie statystycznej wykorzystując dwuczynnikowy model mieszany analizy wariancji (ANOVA) w celu przetestowania efektów głównych i interakcji, gdzie grupa (END, STR, CG) została użyta jako czynnik stały, podczas gdy poziom obciążenia (50 W, 100 W, 150 W i 200 W) został użyty jako czynnik powtarzany, natomiast wskaźniki sygnału SEMG, układu krążeniowo-oddechowego oraz metaboliczne stanowiły zmienne zależne.

#### **Omówienie prac składających się na spójny tematycznie cykl publikacji.**

**Praca nr 1 z cyklu**, zatytułowana ***“Neuromuscular Fatigue Responses of Endurance-and Strength-Trained Athletes during Incremental Cycling Exercise”***. Celem niniejszej pracy było zbadanie i porównanie odpowiedzi, na wywołane wysiłkiem fizycznym zmęczenie nerwowo-mięśniowe i subiektywne odczucie zmęczenia, przy zastosowaniu odpowiednio pomiarów SEMG i RPE w skali Borga, podczas progresywnego (tj. na obciążeniach 50 W, 100 W, 150 W i 200 W), submaksymalnego wysiłku na cykloergometrze rowerowym, u zawodników trenujących wytrzymałościowo, siłowo oraz u mężczyzn aktywnych rekreacyjnie. Z sygnału SEMG przeanalizowano trzy wskaźniki: jeden w dziedzinie czasu, tj. amplitudę sygnału SEMG (AEMG), oraz dwa wskaźniki w dziedzinie częstotliwości, tj. medianę częstotliwości (MF) oraz średnią częstotliwość mocy widma SEMG (MPF).

We wstępie niniejszej publikacji przedstawiono tło tematyczne dotyczące zjawiska zmęczenia nerwowo-mięśniowego w odniesieniu do badanych w pracy grup sportowców, natomiast brakuje informacji

dotyczących zachowania się specyficznych wskaźników SEMG w warunkach występującego zmęczenia ośrodkowego i obwodowego w odniesieniu do mechanizmów sterowania ruchem. Powyższe informacje pozwoliłyby czytelnikowi zrozumieć kierunki spodziewanych zmian wskaźników SEMG, w badanych w pracy grupach sportowców (END, STR i CG). Brakuje również specyficznych hipotez, odnoszących się do kierunków zmian w wartościach analizowanych w pracy wskaźników SEMG i RPE w grupach END, STR i CG, na skutek zmęczenia nerwowo-mięśniowego (którego wystąpienie założono w pracy). W kilku fragmentach wstępu zastosowano niewłaściwą terminologię naukową dla wprowadzenia czytelnika w zagadnienie zmian w procesach sterowania ruchem na skutek występującego zmęczenia. Mianowicie, zamiast stosować termin „rekrutacja lub aktywacja jednostek motorycznych”, użyto terminów: „rekrutacja mięśnia szkieletowego” (ENG - „skeletal muscle recruitment”, wiersz 13 od góry na stronie 2), „wzorce rekrutacji mięśniowej” (ENG - „muscle recruitment patterns”, wiersz 19 od góry na stronie 2), lub „wzorce aktywacji mięśniowej” (ENG - „muscle activation patterns”, wiersz 29 od góry na stronie 2). Natomiast w wierszach 14-17 licząc od góry strony nr 2 napisano, że „...RPE i SEMG pozwala oszacować wpływ zaangażowanej wielkości masy mięśniowej na wielkość podatności na zmęczenie dla wykonawstwa”. W oryginalnej, angielskiej wersji, zdanie to brzmi następująco „Multiple studies have shown a linear increase in the SEMG and RPE during exhaustive constant- and progressive-load exercise [11,12], which allows the estimation of their increasing rates and helps to estimate the effect of engaged muscle mass on the magnitude of performance fatigability.”. Proszę Kandydata o wyjaśnienie, jak należy rozumieć powyższe zdanie.

W opisie metodologii niniejszej pracy istnieje wiele aspektów, które należy wyjaśnić aby czytelnik zrozumiał procedurę eksperymentalną i ocenił jej poprawność, oraz dla ewentualnego powtórzenia tejże procedury przez innych badaczy. Wyjaśnienia/uzupełnienia/skorygowania wymagają następujące kwestie:

- 1) Dlaczego w teście wysiłkowym na cykloergometrze rowerowym zastosowano tempo pedałowania 70 obrotów na minutę, a nie wyższe tempo?
- 2) Dlaczego w pracy zdecydowano się na rejestrację SEMG jedynie z mięśnia RF, a nie ze wszystkich powierzchniowych głów mięśnia czworogłowego uda (RF, VM, VL), lub z mięśnia VL co jako bardziej słuszne sugeruje cytowana praca Chin et al. 2011 [42]?
- 3) Jak Autor rozumie zastosowane w pracy stwierdzenie „Bipolar SEMG is a well-established method for evaluating muscular load.” (pierwsze zdanie w sekcji 2.9, na stronie nr 4)? Czy na pewno dwubiegunowa metoda rejestracji SEMG służy do oceny obciążenia mięśniowego?
- 4) Dlaczego w pracy nie zastosowano metody normalizacji wartości bezwzględnych wskaźników sygnału SEMG? Biorąc pod uwagę fakt odmiennego zaangażowania poszczególnych procesów sterowania siłą mięśnia (rekrutacja jednostek motorycznych, częstotliwość ich pobudzenia i synchronizacja pracy jednostek motorycznych) przy wzrastającym procentowo poziomie siły mięśniowej, zapewne analiza wartości znormalizowanych wskaźników SEMG dałaby większą pewność wnioskowania na temat zmian powyższych procesów sterowania siłą mięśnia RF w badanych grupach (END, STR, CG), które to grupy z założenia miały charakteryzować się odmienną podatnością na procesy zmęczenia.

Wydział Fizjoterapii

Zakład Kinezylogii

- 5) Z której fazy ruchu (zakres kątowy w stopniach) prostowania w stawie kolanowym wybierano odcinki zapisów SEMG do analizy? Proszę Kandydata o zaprezentowanie surowych sygnałów SEMG z mięśnia RF na poszczególnych poziomach obciążenia wysiłkiem dla trzech badanych grup (END, STR, CG).
- 6) Jaką metodą (np. jednoczesny zapis elektrogoniometryczny lub inne) wyznaczano powyższy zakres kątowy i czy zapewniono rzetelność wyboru identycznego dla każdego badanego zakresu kąta w stawie, do wyboru odcinka sygnału SEMG?
- 7) Napisano, że odcinki 0,5-sekundowe sygnału SEMG były wybrane z czterech pomiarów w trakcie ostatnich 30 sekund pedałowania na każdym obciążeniu wysiłkowym (50 W, 100 W, 150 W i 200 W). Czy do finalnej analizy statystycznej wartości wskaźników SEMG wzięto średnią wartość z czterech prób, czy wybrano jedną wartość? Jeśli wybrano jedną wartość, to czym się kierowano przy wyborze konkretnej próby? Jeśli wybrano wartość średnią z czterech prób, to czy oszacowano powtarzalność dla tych czterech pomiarów? Jeśli oszacowano powtarzalność, to dlaczego nie zaprezentowano wyników powtarzalności w pracy?
- 8) W jakim programie i przy zastosowaniu jakich metod analizy szacowano wartości poszczególnych wskaźników SEMG (tj. w dziedzinie czasu - AEMG, a w dziedzinie częstotliwości - MF, MPF)?
- 9) Jakiej miary użyto do przedstawienia wskaźnika określającego amplitudę sygnału SEMG? Mianowicie, czy była to: (i) wartość szczyt do szczytu lub maksymalna wartość szczytu w punkcie czasowym wybranym z okna 0,5-sekundowego; czy (ii) wartość zintegrowanego SEMG lub tzw. RMS'u wyliczona z całego odcinka 0,5-sekundowego?
- 10) W jakiej jednostce wyrażono wartość amplitudy sygnału SEMG? W metodologii napisano, że wartości AEMG wyrażono w mikrowoltach, natomiast na rycinie nr 3 podano na osi pionowej jednostkę dla AEMG jako [m/v], co traktuję jako błąd pisarski i przypuszczam, że Autorzy mieli na myśli [mV].

Sposób opisu wyników niniejszej pracy nie ułatwia czytelnikowi zrozumienia co właściwie stwierdzono na bazie doskonale wykonanej analizy statystycznej. Brakuje mianowicie szczegółowych wyników statystyk dla: (i) porównań międzygrupowych na poszczególnych poziomach obciążenia oraz (ii) porównań między poziomami obciążeń dla poszczególnych grup (tam gdzie stwierdzono istotny wpływ czynnika grupy lub obciążenia). Powyższe wyniki statystyk porównawczych powinny być zaprezentowane w komunikatywnej formie, np. w tabeli lub w tekście z odniesieniem do rycin, na których można by w formie klamer lub innej graficznej formie (choćby takiej jak w publikacji nr 2 z cyklu) przedstawić informację pomiędzy jakimi grupami na danym poziomie obciążenia lub pomiędzy jakimi poziomami obciążenia w danej grupie wystąpiły istotne statystycznie różnice. Taki opis statystyk porównawczych zaprezentowano w nielicznych przypadkach w tekście, jakby wybiórczo. Jednocześnie, jeśli już stwierdzano istotną statystycznie różnicę, nie wskazywano kierunkowości zmiany między poziomami (np. wzrost lub spadek wartości danego wskaźnika), lub kierunkowości różnicy pomiędzy grupami (np. wyższa lub niższa wartość danego wskaźnika), co gdyby tak uczyniono, znacznie ułatwiłoby zrozumienie wyników pracy czytelnikowi. W większości przypadków w opisie wyników pracy ograniczono się do stwierdzenia efektu czynnika grupy

Wydział Fizjoterapii

Zakład Kinezylogii

lub obciążenia oraz interakcji między tymi czynnikami. Uważam, że przedstawienie skomplikowanych wyników analizy statystycznej w taki sposób jest nierzetelne, co utrudnia czytelnikowi zrozumienie istoty tych wyników oraz zweryfikowanie słuszności późniejszych interpretacji i wyciąganych wniosków. Problem powyższy nabiera swojego większego znaczenia gdy występują niezgodność między tym, co zostało zaprezentowane w opisie wyników w tekście i na rycinach, w stosunku do interpretacji tych wyników w sekcji poświęconej dyskusji i w później wyciąganych wnioskach. Drobnym, aczkolwiek obecnym błędem w opisie wyników, jest błędne nazwanie typu wykresów 1-4 w podpisach pod wykresami. Mianowicie, w pracy nr 1 z cyklu zastosowano wykresy słupkowe z odchyleniami standardowymi, a nie wykresy punktowe z „wąsami” (point and whiskers), jak to uczyniono w pracy nr 2 z cyklu.

Dla uzasadnienia mojej oceny nierzetelności w omówieniu wyników niniejszej pracy, poniżej przedstawiam, jakie informacje można znaleźć w poszczególnych rozdziałach pracy (wyniki, dyskusja i wnioski) w kontekście wspomnianych przeze mnie niezgodności pomiędzy wynikami dla wskaźników SEMG, ich interpretacją w dyskusji i finalnym wnioskowaniem.

W rozdziale pracy „WYNIKI” napisano, że:

1) dla wskaźnika MF (strona 6, pkt. 3.1.):

(a) nie stwierdzono istotnej interakcji między czynnikami grupa i obciążenie;

**(b) stwierdzono istotny wpływ czynnika obciążenia wysiłkiem, ze wskazaniem istotnego wzrostu MF pomiędzy poziomami obciążeń wysiłkowych 50 W - 150 W we wszystkich badanych grupach, z jednoczesnym brakiem istotnych zmian pomiędzy obciążeniami 150 W i 200 W; oraz**

(c) stwierdzono istotny wpływ czynnika grupy, ze wskazaniem istotności różnic pomiędzy grupami END i STR i brakiem istotnych różnic pomiędzy grupami END i CG.

2) dla wskaźnika MPF (strona 7, pkt. 3.2.):

(a) stwierdzono istotną interakcję między czynnikami grupa i obciążenie;

**(b) nie stwierdzono istotnego wpływu czynnika obciążenia wysiłkiem; oraz**

(c) stwierdzono istotny wpływ czynnika grupy, ze wskazaniem istotności różnic pomiędzy grupami END i STR oraz pomiędzy grupami STR i CG.

3) dla wskaźnika AEMG (strona 7, pkt. 3.3.):

(a) stwierdzono istotną interakcję między czynnikami grupa i obciążenie;

**(b) stwierdzono istotny wpływ czynnika obciążenia wysiłkiem, ze wskazaniem tendencji do wzrostu AEMG pomiędzy poszczególnymi poziomami obciążenia wysiłkiem, jednakże istotnie mniejsza odpowiedź na wzrost obciążenia wysiłkiem stwierdzona została w grupie END w porównaniu do grup STR i CG; oraz**

(c) stwierdzono istotny wpływ czynnika grupy, ze wskazaniem istotności różnic na poziomie obciążenia wysiłkiem 200 W pomiędzy grupami CG i END oraz CG i STR, z jednoczesnym brakiem różnic pomiędzy grupami END i STR.

4) **dla wskaźnika RPE (strona 7, pkt. 3.4.):**

- (a) stwierdzono istotną interakcję między czynnikami grupa i obciążenie;
- (b) stwierdzono istotny wpływ czynnika obciążenia wysiłkiem, ze wskazaniem istotnego wzrostu wartości RPE na poszczególnych poziomach obciążenia wysiłkiem od 50 W do 200 W we wszystkich badanych grupach, ale istotnie wyższy wzrost został stwierdzony w grupie STR niż w grupie END; oraz
- (c) stwierdzono istotny wpływ czynnika grupy, ze wskazaniem istotności różnic pomiędzy poszczególnymi grupami, z jednoczesnym stwierdzeniem wyższych wartości tego wskaźnika w grupie CG niż w grupach END i STR na każdym z poziomów obciążenia wysiłkiem.

W rozdziale pracy „DYSKUSJA” napisano:

- 1) “In this study, during the progressive cycling exercise, we observed (in all groups) a shift towards lower EMG frequencies (i.e., a low frequency fatigue) together with an increased AEMG. This relationship is considered to be an indicator of NMF” (ostatnie dwa wiersze na stronie 8 i dwa pierwsze wiersze na stronie 9, publikacji nr 1 z cyklu).

Powyższe stwierdzenie, w odniesieniu do wyników wskaźników MF i MPF w niniejszej pracy (przedstawionych powyżej w punkcie 1b i 2b), jest niezgodne ze stanem faktycznym. W omawianej pracy nie stwierdzono w badanych grupach istotnego spadku wartości tych wskaźników. W związku z powyższym stwierdzenie Autorów **“This relationship is considered to be an indicator of NMF”** jest nieuzasadnione w odniesieniu do rzeczywistego zachowania się wskaźników SEMG w niniejszej pracy. Stwierdzenie powyższe wynika z motywacji Autorów aby stwierdzić podobnie jak inni badacze.

- 2) “A significant reduction in MF in the END and CG groups (between 150 W and 200 W) suggest that this SEMG parameter may be considered as a suitable indicator of muscle fatigue, which is in line with multiple previous studies [44,52,53]. Interestingly, such a change did not occur in the STR group.” (wiersze 6-9 na stronie 9, publikacji nr 1 z cyklu).

Powyższe stwierdzenie, w odniesieniu do wyników MF w niniejszej pracy (przedstawionych powyżej w punkcie 1b), jest niezgodne ze stanem faktycznym. W niniejszej pracy nie stwierdzono istotnego spadku wartości tego wskaźnika w grupach END i CG. W związku z powyższym, również stwierdzenie Autorów **“A significant reduction in MF in the END and CG groups (between 150 W and 200 W) suggest that this SEMG parameter may be considered as a suitable indicator of muscle fatigue,”** w odniesieniu do rzeczywistego zachowania się wskaźnika MF w niniejszej pracy, jest nieuzasadnione. Stwierdzenie powyższe wynika z motywacji Autorów aby stwierdzić podobnie jak inni badacze.

- 3) “In the present study, MPF decreased significantly at the peak workload (200 W) only in the CG group, while there was no change and even an increase between 150 and 200 W in both the STR group and the END group. These outcomes suggest decreased muscle activity in the CG group and no remarkable signs of NMF in either groups of athletes” . (wiersze 10-13 na stronie 9, publikacji nr 1 z cyklu).

Powyższe stwierdzenie, w odniesieniu do wyników MPF w niniejszej pracy (przedstawionych powyżej w punkcie 2b), jest niezgodne ze stanem faktycznym, ponieważ w niniejszej pracy nie stwierdzono w grupie CG istotnego spadku wartości tego wskaźnika. Jednocześnie, w stwierdzeniu „These outcomes suggest decreased muscle activity in the CG group and no remarkable signs of NMF in either groups of athletes” Autorzy przeczą swoim wcześniejszym twierdzeniom w odniesieniu do stwierdzanego tu spadku aktywności mięśnia (ponieważ wcześniej wskazywano wzrost aktywności na bazie wskaźnika AEMG, jak napisano w pierwszym wierszu na stronie 9 publikacji nr 1 z cyklu) i w odniesieniu do stwierdzanego braku objawów zmęczenia nerwowo-mięśniowego (NMF) u sportowców.

W mojej ocenie tutaj Autorzy słusznie próbują interpretować wyniki wskaźnika MPF w kontekście prawdopodobnego nie wystąpienia symptomów NMF (zmęczenia nerwowo-mięśniowego) u sportowców, ale chwilę później w sekcji „WNIOSKI” znów stwierdzają, że wyniki wskaźników w dziedzinie czasu i częstotliwości odzwierciedlają zmęczenie wywołane wysiłkiem fizycznym, w szczególności w grupie END (wiersze 6-10 na stronie 10, publikacji nr 1 z cyklu).

- 4) “A similar observation was also present in this study when RPE and SEMG values gradually increased in accordance with the increase in exercise workload in each of the study groups.” (wiersze 34-36 na stronie 9, publikacji nr 1 z cyklu).

Powyższe stwierdzenie, w odniesieniu do wyników MF i MPF w niniejszej pracy, jest niezgodne ze stanem faktycznym, ponieważ nie stwierdzono istotnego stopniowego wzrostu tych wskaźników wraz ze wzrostem wskaźnika obciążenia wysiłkowego.

W rozdziale pracy „WNIOSKI” napisano::

- 1) „The study confirmed a significant shift of the frequency spectrum of SEMG towards a lower frequency, together with the rising AEMG, when a participant is fatigued during progressive cycling exercise. Confirmation of this are the changes in MPF and MF between workloads of 150 and 200 W, especially in the END group, which suggest the onset of exercise-induced fatigue.” (wiersze 6-10 na stronie 10, publikacji nr 1 z cyklu).

Powyższy wniosek, w odniesieniu do wyników niniejszej pracy dla wskaźników MF i MPF, jest niezgodny ze stanem faktycznym, a w związku z tym wniosek powyższy jest nieuprawniony.

- 2) “Furthermore, the approximately linear trends of the SEMG and RPE values of both groups of athletes (END and STR) with increasing workload support the increased skeletal muscle recruitment with perceived exertion or fatiguing effect.” (wiersze 16-18 na stronie 10, publikacji nr 1 z cyklu).

Powyższy wniosek, w odniesieniu do wyników MF i MPF w niniejszej pracy, jest niezgodny ze stanem faktycznym (dla których obserwowano nieistotny trend spadkowy jako reakcję na najwyższe poziomy obciążenia, tj. 150 w i 200 W), a w związku z tym wniosek powyższy jest nieuprawniony.

Powyżej wskazane sprzeczności pomiędzy tym co faktycznie stwierdzono w wynikach wskaźników sygnału SEMG w niniejszej pracy, jak zinterpretowano te wyniki w dyskusji oraz jakie finalnie wyciągnięto



wnioski, w szczególności do wpływu czynnika obciążenia wysiłkiem na te wskaźniki SEMG, wskazują na ewidentne błędy interpretacyjne oraz nieuprawnione wnioskowanie w tej pracy. Jako czytelnik niniejszej pracy odnoszę wrażenie, że Autorzy starają się tymi interpretacjami dopasować do wyników prac innych badaczy, mimo tego że w niniejszej pracy uzyskano inne wyniki niż przedstawione w cytowanych pracach innych badaczy. Zapewne, istotnym aspektem wpływającym na rozbieżności rezultatów niniejszej pracy (w kontekście odpowiedzi układu nerwowo-mięśniowego, odbitej w wskaźnikach sygnału SEMG), w porównaniu do wyników innych badaczy, są błędny metodologiczne/koncepcyjne w odniesieniu do nieprawidłowo zaplanowanego protokołu zmęzeniowego dla wybranych grup sportowców, (tj. zbyt krótki czas trwania wysiłku, za niska prędkości pedałowania). Powyższe błędy koncepcyjne doprowadziły do sytuacji, w której jedynie grupa CG mogła objawiać początkowe symptomy zmęczenia nerwowo-mięśniowego, natomiast w grupie END i STR te symptomy nie miały szansy wystąpić. Warto tu wziąć pod uwagę fakt, że grupa END i STR raportowały podobne wartości RPE podczas swoich zwyczajowych treningów i podczas próby wysiłkowej w niniejszym badaniu, co oznacza że zastosowany protokół, który w założeniu miał być zmęzeniowym dla reakcji układu nerwowo-mięśniowego, nie był dla tych sportowców wystarczającym wyzwaniem prowadzącym do wyraźnych symptomów zmęczenia nerwowo-mięśniowego. W związku z powyższym, w niniejszej pracy, (i) stwierdzone w obu grupach sportowców zmiany/lub tendencje do zmian/brak przewidywanych zmian w poszczególnych wskaźnikach sygnału SEMG wraz ze wzrostem poziomu obciążenia wysiłkiem (wzrost AEMG oraz brak zmian MF i MPF na wyższych poziomach obciążenia wysiłkiem), oraz (ii) różnice międzygrupowe wartości poszczególnych wskaźników sygnału SEMG na poszczególnych poziomach obciążenia wysiłkiem, odzwierciedlały raczej wzrost rekrutacji jednostek motorycznych, a nie zjawisko zmęczenia nerwowo-mięśniowego. Dodatkowymi przyczynami wspomnianych rozbieżności w wynikach niniejszej pracy mogą być również: (i) brak normalizacji wartości wskaźników SEMG, oraz (ii) być może sposób szacowania wartości wskaźników SEMG, choć tu trudno się odnieść ponieważ opis przetwarzania sygnałów i szacowania wskaźników SEMG jest niewystarczający aby to ocenić.

W mojej ocenie, badanie opisane w publikacji nr 1 powinno być traktowane raczej jako badanie pilotażowe, wykonane w celu przygotowania kolejnego solidniejszego projektu naukowego, który mógłby zapewnić rzetelne dane. Wówczas, na bazie uzyskanych wyników Kandydat mógłby realnie rozwiązać postawiony problem naukowy, co można byłoby potraktować jako oryginalne osiągnięcie naukowe Kandydata.

Konstatując to, co powyżej napisałem uważam, że Kandydat jako pierwszy Autor niniejszej pracy, poprzez popełnione błędy metodologiczne, nieprawidłową interpretacje wyników i nieuprawnione wnioskowanie, nie rozwiązał założonego problemu naukowego w pracy nr 1 z cyklu. Wnioski w tej publikacji w dużej części nie wynikają z oryginalnych rezultatów niniejszej pracy, natomiast w świetle obowiązujących zapisów prawa (art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

**Praca nr 2 z cyklu, zatytułowana "Acute Cardiorespiratory and Metabolic Responses to Incremental Cycling Exercise in Endurance- and Strength-Trained Athletes"**. Celem niniejszej pracy było zweryfikowanie

wcześniej zgłaszanych nieswoistych, niewielkich objawów kardiometabolicznych u sportowców trenujących siłowo i wytrzymałościowo podczas postępującego testu na cykloergometrze rowerowym u zawodników trenujących wytrzymałościowo, siłowo oraz u mężczyzn aktywnych rekreacyjnie. W spoczynku oraz podczas progresywnego (tj. na obciążeniach 50 W, 100 W, 150 W i 200 W), submaksymalnego wysiłku na cykloergometrze rowerowym, przeanalizowano następujące wskaźniki odpowiedzi układu krążeniowo-oddechowego: częstość skurczów serca (HR), pobór tlenu (VO<sub>2</sub>), produkcję dwutlenku węgla (VCO<sub>2</sub>), wskaźnik wymiany oddechowej (RER), skurczowe i rozkurczowe ciśnienie krwi (SBP i DBP) oraz stężenie mleczanu we krwi (BLa-).

Wstęp niniejszej pracy dobrze wprowadza w tematykę i pozwala zrozumieć przesłankę badania oraz cel pracy. Wprawdzie, postawione hipotezy są mało specyficzne w odniesieniu do wpływu treningu wytrzymałościowego i siłowego na poszczególne wskaźniki odpowiedzi krążeniowo-oddechowej i metabolicznej, jednakże na bazie wcześniejszego tła tematycznego wstępu można domniemywać o zakładanych kierunkach zmian poszczególnych wskaźników badanych w pracy. Opis metodologii jest zrozumiały oraz wystarczający dla odtworzenia eksperymentu przez innych badaczy. Dobór metod statystycznych jest prawidłowy, a opis wyników badań jest w większości wystarczająco szczegółowy aby zrozumieć uzyskane rezultaty pracy.

Na bazie wyników tej pracy Autorzy stwierdzili, że: (i) sportowcy trenujący wytrzymałościowo (END) i siłowo (STR) różnili się tylko pod względem metabolicznych odpowiedzi wskaźnika wymiany oddechowej i stężenia kwasu mlekowego we krwi, natomiast (ii) ostre odpowiedzi krążeniowo-oddechowe przy każdym z czterech submaksymalnych obciążeń były porównywalne u sportowców trenujących wytrzymałościowo w porównaniu do sportowców trenujących siłowo, ale istotnie różniły się od mężczyzn aktywnych rekreacyjnie.

Dyskusja nad wynikami niniejszej pracy jest prowadzona w odniesieniu do wyników prac innych autorów oraz odnosi się do mechanizmów fizjologicznych stojących za zachowaniem się wskaźników odpowiedzi krążeniowo-oddechowej i metabolicznej.

Wnioski w niniejszej publikacji w większości oparte są na oryginalnych wynikach zaprezentowanych w pracy. Jedynie poniższy wniosek aplikacyjny dotyczący rekomendacji jest nieuprawniony, ponieważ nie testowano eksperymentalnie wpływu podejścia treningowego będącego przedmiotem rekomendacji. Mianowicie, dla sportowców trenujących wytrzymałość Autorzy zalecają wprowadzenie programów treningu równoczesnego, łączącego trening siłowy i wytrzymałościowy, w celu poprawy parametrów nerwowo-mięśniowych, optymalizacji ekonomii ruchu oraz wzmacniania siły mięśniowej specyficznej dla wytrzymałości (ostatnie zdanie w rozdziale dotyczącym wniosków na stronie 13).

## Podsumowanie i konkluzja

Zgodnie z art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, jako Recenzent niniejszej rozprawy doktorskiej, jestem zobowiązany stwierdzić, czy rozprawa doktorska Pana mgr Macieja Jurasza spełnienia poniższe warunki wynikające z obowiązujących przepisów prawa:

- (1) czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie albo dyscyplinach;
- (2) czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora;
- (3) czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

Należy zaznaczyć, że zgodnie z art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, pozytywna recenzja musi być wynikiem pozytywnej oceny wszystkich poruszonych zagadnień, które podlegają ocenie recenzenta. Zatem, pozytywna konkluzja końcowa jest upoważniona tylko i wyłącznie wówczas, gdy recenzent jednoznacznie pozytywnie oceni wszystkie trzy powyższe warunki wynikające z przepisów prawa.

**Odnośząc się do powyższych trzech warunków stwierdzam, że:**

1. Nierzetelność w opisie metodologii i wyników, jak również błędy metodologiczne, interpretacyjne i nieuprawnione wnioskowanie popełnione przez mgr Macieja Jurasza w odniesieniu do omówienia wyników pierwszej pracy z cyklu oraz częste używanie niewłaściwych pojęć odnoszących się do mechanizmów sterowania ruchem, które są przedmiotem rozważań pierwszej publikacji, wskazują na niewystarczający zakres teoretycznej wiedzy ogólnej oraz ograniczoną umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej Kandydata.

**Zatem, w mojej ocenie, warunki nr 1 i 2 nie zostały spełnione na poziomie jakiego należałoby oczekiwać od Kandydata na stopień naukowy doktora.**

2. W związku z faktem, że przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr Macieja Jurasza jest w założeniu oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych, opisanych w formie dwóch spójnych tematycznie opublikowanych artykułów naukowych, to należy oczekiwać że w obu tych publikacjach zostanie osiągnięty cel badań, który pozwoli rozwiązać założony w każdej pracy problem naukowy. Powyższe rozumiem, jako prawidłowo przeprowadzony (w każdej z prac z cyklu) ciąg działań badawczych, poczynsży od postawienia celu badania i hipotez, doboru specyficznych metod badawczych, zaplanowania i wykonania metodologicznie prawidłowego eksperymentu, z którego pozyskane dane pozwolą na ich analizę, a następnie prawidłową interpretację i wyciągnięcie uzasadnionych w odniesieniu do wyników prac wniosków. W mojej ocenie, zgodnie

Wydział Fizjoterapii

Zakład Kinezylogii

z moimi powyższymi krytycznymi uwagami oraz pytaniami jakie postawiłem w opisie pracy nr 1 z cyklu, mgr Maciej Jurasz nie rozwiązał we wspomnianej pracy problemu naukowego w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych, co sprawia że nie należy tej pracy traktować jako oryginalne osiągnięcie naukowe na miarę wymagań stawianych na stopień naukowy doktora. W związku z powyższym, w mojej ocenie praca nr 1 z cyklu nie spełnia jakościowych kryteriów aby ją wliczać do cyklu.

Powyzsza konstatacja prowadzi do konieczności stwierdzenia przeze mnie jako Recenzenta, że w istocie mgr Maciej Jurasz posiada, w przedstawionej rozprawie doktorskiej tylko jedną pracę (tj. pracę nr 2 z cyklu), która jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, natomiast na cykl spójnych tematycznie prac muszą się składać przynajmniej dwie prace, z których każda musi spełniać kryterium osiągnięcia naukowego prezentującego oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Zatem, w mojej ocenie, warunek nr 3 nie zostały spełnione w stopniu wystarczającym.

**Przechodząc do finalnej konkluzji, wynikającej z powyższej oceny rozprawy doktorskiej mgr Macieja Jurasza stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska nie spełnia warunków stawianych rozprawom doktorskim w świetle obecnych uregulowań prawnych, określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.**

Biorąc pod uwagę powyższą konstatację, **nie popieram wniosku do Rady Naukowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu o nadanie magistrowi Maciejowi Juraszowi stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej, w ramach niniejszego przewodu doktorskiego.**

Z poważaniem

