

Prof. dr hab. Zbigniew Szyguła
Zakład Medycyny Sportowej i Żywienia Człowieka
Akademia Kultury Fizycznej w Krakowie
Tel: +48 [REDACTED]
E-mail: wfszygul@cyf-kr.edu.pl

Kraków, 12.07.2026 r.

RECENZJA rozprawy doktorskiej

Autorka pracy: mgr Kinga Rębiś

Tytuł pracy: Ocena użyteczności pomiarów utlenowania mięśni do monitorowania odpowiedzi wysiłkowej wysoko wytrenowanych zawodników i osób nietrenujących

Promotor rozprawy doktorskiej dr hab. prof. AWF Andrzej Klusiewicz

Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej dr Michał Starczewski

Podstawa prawna: *Uchwała nr 45/2025/2026 Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa, z dn. 28 kwietnia 2026 r.*

Ocena układu pracy

Rozprawa doktorska przygotowana została na podstawie cyklu czterech prac opublikowanych w latach 2021-2024 w recenzowanych czasopismach z wysokim IF – *Biology of Sport* (IF: 4,566), *Frontiers in Physiology* (IF: 2,806), *Journal of Clinical Medicine* (IF: 2,900) i *Sports* (IF: 2,900), co daje w sumie IF = 13,172, MNiSW = 360. W trzech publikacjach Doktorantka jest głównym autorem, w jednej drugim.

Praca liczy sobie 72 strony i składa się z rozdziałów typowych dla pracy oryginalnej oraz streszczeń w języku polskim i angielskim, a także oświadczeń dotyczących wkładu Autorki oraz dwóch kopii opinii Komisji Etyki Badań Naukowych. W pracy zamieszczono 7 tabel i 12, a właściwie 13 rycin, jako, że wszystkie materiały ilustracyjne (fotografie także) traktowane są w pracach naukowych jako ryciny.

Doktorantka dołączyła kopie czterech publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej:

1. Klusiewicz A., Rębiś K., Ozimek M., Czaplicki A. The use of muscle near-infrared spectroscopy (NIRS) to assess the aerobic training loads of world-class rowers. *Biol Sport*. 2021;38(4):713–719. doi: 10.5114/biol sport.2021.103571. Punkty MNiSW: 100; IF: 4,566.

2. Rębiś K., Sadowska D., Starczewski M., Klusiewicz A. Differences in muscle oxygenation between the Wingate test and graded exercise test: effect of gender on anaerobic and aerobic capacity in speed skaters. *Front. Physiol.* 2022;13:809864. doi: 10.3389/fphys.2022.809864. Punkty MNiSW: 100; IF: 2,806.

3. Rębiś K., Klusiewicz A., Długołęcka B., Różański P., Kowieski K., Kowalski T. Estimation of lactate thresholds for muscle oxygenation in high-trained speed skaters, and healthy, non-training individuals. *J. Clin. Med.* 2024, 13(17), 5340. doi: 10.3390/jcm13175340. Punkty MNiSW: 140; IF: 2,900

4. Rębiś K., Kowalski T., Michalik K., Klusiewicz A. Transferability of exercise intensity based on muscle oxygenation from normoxia to hypoxia in ski mountaineering athletes - exploratory study. *Sports* 2024, 12, 351. doi: 10.3390/sports12120351. Punkty MNiSW: 20; IF: 2,900

Ocena merytoryczna pracy

a) Trafność podjętej tematyki badawczej i jej oryginalność

Głównym celem badań podjętych przez Doktorantkę była ocena użyteczności pomiarów utlenowania mięśni za pomocą mobilnych urządzeń pomiarowych, które wykorzystują światło podczerwieni (ang. near infrared spectroscopy, NIRS) do oceny stopnia utlenowania mioglobiny w cytoplazmie mięśni i hemoglobiny w naczyniach krwionośnych mikrokążeńia mięśniowego (ang. muscle oxygen saturation, SmO₂) oraz określania fizjologicznej odpowiedzi organizmu u wysoko wytrenowanych zawodników i osób nietrenujących na różnego rodzaju testy wysiłkowe. Zaletą tej nowej, nieinwazyjnej metody w diagnostyce wysiłkowej jest możliwość śledzenia w czasie rzeczywistym informacji o lokalnym wykorzystaniu tlenu w pracujących mięśniach, natomiast w okresie restytucji powysiłkowej możliwość oceny czasu, w którym utlenowanie mięśni wraca do stanu spoczynkowego.

Oprócz sprecyzowania głównego celu badań, Doktorantka postawiła siedem pytań badawczych.

Badaniami objęto łącznie 79 osoby (26 kobiety i 53 mężczyzn) o zróżnicowanym stopniu wytrenowania, w tym liczną grupę czołowych zawodników należących do Kadry Narodowej Polski oraz osoby nietreningujące.

W badaniach wykorzystano trzy testy wysiłkowe:

1) test o stałej, submaksymalnej intensywności, tzw. test stanu maksymalnej równowagi mleczanowej (MLSS) na ergometrze wioślarskim zastosowano dla czołówki wioślarzy, a test na bieżni mechanicznej przy badaniu narciarzy wysokogórskich – najpierw w normoksji, a następnie w warunkach hipoksji normobarycznej (3000 m n.p.m.),

2) test o stopniowanej intensywności do odmowy wykonywali wioślarze na ergometrze wioślarskim, dla łyżwiarek i łyżwiarzy szybkich oraz studentów AWF zastosowano test stopniowany o wzrastającej intensywności do odmowy na cykloergometrze rowerowym, a dla narciarzy wysokogórskich na bieżni mechanicznej. W testach tych dokonano pomiaru VO_{2max} , a także wyznaczono progi - tlenowego dla stężenia mleczanu we krwi 2 mmol/l (AT2) oraz beztlenowego dla stężenia mleczanu 4 mmol/l (AT4), a także progów indywidualnych.

3) test Wingate, supramaksymalny test wydolności beztlenowej na kończyny dolne (WAnT, ang. Wingate Anaerobic Test) zastosowano w badaniach łyżwiarzy szybkich.

Równocześnie podczas wymienionych testów wysiłkowych dokonano pomiarów utlenowania mięśni (SmO_2) i całkowitej hemoglobiny (THb) za pomocą monitorów NIRS umieszczonych na bocznej części brzucha mięśnia obłego bocznego.

Zarówno trafność podjętej tematyki badawczej, jak i oryginalność zastosowanych rozwiązań zasługuje na uwagę i pochwałę.

b) Uzyskane rezultaty i ich znaczenie dla nauki i praktyki

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają praktyczną użyteczność pomiarów utlenowania mięśni w ocenie odpowiedzi wysiłkowej organizmu na wysiłki o stałej intensywności, odpowiadające stanowi maksymalnej równowagi mleczanowej, a jednocześnie uzyskane wyniki wykazały małą wartość diagnostyczną wskaźnika THb do oceny odpowiedzi organizmu w teście MLSS, co zostało opublikowane w artykule nr 1.

Doktorantka udowodniła małą użyteczność pomiarów deoksygenacji mięśni w ocenie wydolności beztlenowej. Nie stwierdzono także istotnych różnic międzypłciowych w zakresie

deoksygenacji ani tempa reoksygenacji mięśni podczas wysiłku maksymalnego i w fazie restytucji. Doktorantka wykazała także, że w wysiłku maksymalnym wskaźniki utlenowania mięśni (SmO_2 Minimum i ΔSmO_2), jako lokalne zmiany w obrębie mięśnia, nie są bezpośrednio związane z wielkością VO_{2max} ani z maksymalną mocą tlenową, natomiast wyższa wydolność fizyczna określana przez VO_{2max} oraz maksymalną moc tlenową wiąże się z szybszym tempem reoksygenacji mięśni po wysiłku maksymalnym u wytrenowanych łyżwiarek i łyżwiarzy szybkich, co zostało opublikowane w artykułach 2 i 3.

Cenną obserwacją jest wyznaczanie za pomocą spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIRS) wartości utlenowania mięśni dla progów mleczanowych (próg tlenowy, mD_{max} , AT4 i LT), co może mieć praktyczne znaczenie w doborze i kontroli optymalnych obciążeń wysiłkowych podczas różnych sportowych i rehabilitacyjnych programów treningowych (Publikacja 3).

Badania Doktorantki potwierdziły, że możliwa jest implementacja zaleceń dotyczących intensywności wysiłku w oparciu o SmO_2 z normoksji do warunków hipoksji normobarycznej (ok. 3000 m n.p.m) u wysoko wytrenowanych zawodników narciarstwa wysokogórskiego (Publikacja nr 4).

Wyniki badań Doktorantki wskazują ponadto na brak możliwości dokładnego szacowania stężenia mleczanu we krwi w oparciu o pomiary deoksygenacji mięśni.

Doktorantka kończy dyskusję podsumowaniem i dziesięcioma trafnie sformułowanymi wnioskami.

c) Poprawność formalno-językowa, stylistyczna i interpunkcyjna

Przedstawiona mi do recenzji praca napisana została poprawnym i zrozumiałym językiem. Nie mam zastrzeżeń odnośnie stylistyki i interpunkcji. Jedyna moja uwaga w tym zakresie dotyczy wielokrotnego używania przez Autorkę określenia parametr (lokalne parametry w obrębie mięśnia -str. 11; charakterystyka zmian parametrów NIRS - str.17; podstawowe parametry mechaniczne wysiłku - str. 28; wartości tych parametrów, czyli LA i HR - str. 33; lokalne parametry w obrębie mięśnia - str. 54). Określenie parametr jest często używane, także przez doświadczonych naukowców, ale czy właściwie? Wg Nowego Słownika Języka Polskiego (PWN, Warszawa 2002), parametr w matematyce oznacza: „wielkość, która w określonych warunkach zadania zachowuje stałą wartość”, a w naukach technicznych

oznacza „wielkość charakterystyczną dla danego materiału, procesu lub urządzenia”. Podobną definicję można znaleźć w Słowniku Wyrazów Obcych (PWN, Warszawa 2002) – „1. mat. zmienna, którą się przyjmuje za stałą w danym zagadnieniu, kiedy chce się podkreślić odmienną jej rolę w porównaniu z innymi zmiennymi. 2. techn. wielkość charakterystyczna dla danego materiału, procesu lub urządzenia, np. gęstość, szybkość, maksymalna masa.” Tak więc możemy mówić o parametrach żarówki, elementów konstrukcyjnych mostu czy silnika samochodu, ale nie o parametrach człowieka. Słowo „parametr” w odniesieniu do nauk przyrodniczych w przytoczonych słownikach nie jest w ogóle wymienione, chociaż w praktyce jest bardzo często nadużywane. Z jednej strony używane jest, aby wypowiedź brzmiała bardziej naukowo, a z drugiej, może świadczyć o pewnym ubóstwie językowym, lub pójściem na łatwiznę i bezkrytycznym używaniu słowa żywcem wziętego z języka angielskiego. Proponuję używać raczej określenia „wskaźniki fizjologiczne”, „wskaźniki hemodynamiczne”, „wskaźniki biochemiczne”, wielkości, wartości, zmienne, właściwości itp. Wymieniona uwaga nie pomniejsza jednak w żaden sposób wartości pracy, która dotyczy bardzo interesujących zagadnień i napisana została poprawnym i zrozumiałym językiem.

Ocena metodologiczna pracy:

a) Dobór literatury, umiejętność wykorzystania źródeł

Doktorantka skorzystała z 96 pozycji bardzo aktualnego i trafnie dobranego piśmiennictwa. Pozycje te wykorzystane zostały we **Wstępie**, celem uzasadnienia podjęcia badań, a następnie w rozdziale **Dyskusja**, w którym Doktorantka umiejętnie omawia uzyskane wyniki badań własnych z wynikami innych autorów.

b) Poprawność formułowania problemów i hipotez/założeń badawczych

Doktorantka precyzyjnie przedstawiła problemy i założenia badawcze na tle aktualnych danych naukowych.

c) Trafność doboru metod i narzędzi badawczych, umiejętność ich zastosowania

Zastosowana metodyka została dokładnie przedstawiona w rozdziale **Metody badań**, w którym Autorka opisała celowość i rodzaj zastosowanych testów wysiłkowych, oraz pomiarów wykonanych podczas badań. Należy zaznaczyć, że stosowane narzędzia badawcze należą do nowoczesnych, a Doktorantka wykorzystała je we właściwy sposób, co świadczy o jej dobrym rozeznaniu w aktualnych trendach badawczych. Zastosowana **Analiza**

statystyczna uzyskanych wyników nie budzi żadnych zastrzeżeń. Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione w postaci tabel i rycin oraz dokładnie opisane w poszczególnych częściach rozdziału **Wyniki**.

d) Prawdliwość układu pracy i struktury podziału treści

Układ pracy i struktura treści są typowe dla oryginalnych prac badawczych i praca składa się z rozdziałów typowych dla tego rodzaju opracowań.

Na zakończenie chciałbym zaznaczyć, że Doktorantka ma dużo większy dorobek, niż uwzględnione do doktoratu prace. W latach 2023-26 ukazało się bowiem 16 innych prac w czasopiśmie z wysokim IF (z tego 6 prac opublikowano w bieżącym roku!), w których Doktorantka jest współautorką, co świadczy o jej wybitnej pasji badawczej.

Wniosek końcowy (konkluzja)

Reasumując, przedstawiona mi do recenzji praca jest oryginalna, interesująca, poprawnie zredagowana i pomimo powyższych uwag, oceniam ją bardzo pozytywnie. Jestem przekonany, że praca ta spełnia wymagania stawiane rozprawom na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej oraz spełnia oczekiwania i wymagania stawiane rozprawom na stopień doktora, w myśl artykułu 187, Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669 - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*). Upoważnia mnie to do przedstawienia Wysokiej Radzie Nauk o Kulturze Fizycznej AWF w Warszawie wniosku o dopuszczenie Pani mgr Kingi Rębiś do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponieważ praca doktorska została opublikowana wcześniej w formie czterech artykułów w wysoko punktowanych czasopiśmie naukowych i dotyczy bardzo aktualnych i praktycznych tematów, wnioskuję także o wyróżnienie recenzowanej pracy.

