

**Recenzja pracy doktorskiej mgra Damiana Archackiego
pt. „*Udział tlenowych i beztlenowych systemów energetycznych w krótkotrwałym wysiłku
o mocy maksymalnej w zależności od specjalności sportowej i płci*”
napisanej pod opieką naukową prof. AWF dra hab. Krzysztofa Kusego**

Formalne podstawy wykonania recenzji

Recenzja została sporządzona w oparciu o Uchwałę nr 76/2025 Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu z dnia 18 marca 2025 roku, w związku z art. 189 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2024 r., poz. 1571 ze zm.).

Tematyka badawcza

Zasoby ATP zlokalizowane w komórkach mięśni szkieletowych są ilościowo niewielkie i wystarczają jedynie na zaspokojenie zapotrzebowania energetycznego przez kilka sekund maksymalnego wysiłku fizycznego. Z uwagi na tak krótki czas, w jakim możliwe jest bezpośrednie wykorzystanie zmagazynowanego ATP, organizm musi natychmiast uruchomić dodatkowe szlaki metaboliczne umożliwiające jego szybką odbudowę. W tym celu wykorzystywane są trzy podstawowe systemy energetyczne tj. fosfagenowy, glikolityczny oraz oksydacyjny. Każdy z tych układów charakteryzuje się specyficzną dynamiką działania, różną pojemnością magazynowania energii oraz odmienną zdolnością do długotrwałego wspierania wysiłku.

Możliwości generowania siły mięśniowej oraz utrzymania wydolności organizmu zależą bezpośrednio od efektywności, szybkości aktywacji i współdziałania wspomnianych systemów energetycznych. W zależności od rodzaju oraz charakterystyki wykonywanego wysiłku, organizm potrafi elastycznie przełączać się pomiędzy poszczególnymi szlakami metabolicznymi lub uruchamiać je równolegle, co pozwala na utrzymanie homeostazy ATP w komórkach.

Z uwagi na powyższe, na uwagę zasługuje nowatorska koncepcja badań autorstwa mgra Damiana Archackiego, ukierunkowanych na analizę zależności między charakterem dyscypliny sportowej

a proporcją aktywacji systemów energetycznych podczas wykonywania krótkotrwałego wysiłku o mocy maksymalnej u obu płci.

Struktura pracy i ocena treści

Praca doktorska, którą otrzymałam do oceny, to liczące 92 strony opracowanie o układzie typowym dla prac o awans naukowy, w którym Autor przedstawił wyniki swoich badań opublikowane w dwóch czasopismach z listy filadelfijskiej. Obejmuje ona dane o Kandydacie, wykaz skrótów, streszczenie w języku polskim i angielskim, wstęp, cele i hipotezy, cykl publikacji, metodologię badań, wyniki, dyskusję, wnioski, implikacje praktyczne, piśmiennictwo oraz załączniki.

Rozprawę doktorską stanowi cykl dwóch oryginalnych, monotematycznych prac naukowych opatrzonych wspólnym tytułem „*Udział tlenowych i beztlenowych systemów energetycznych w krótkotrwałym wysiłku o mocy maksymalnej w zależności od specjalności sportowej i płci*” o sumarycznym IF=5,3 i pt. MNiSW=240, tj.:

1. **Archacki D.**, Zieliński J., Pospieszna B., Włodarczyk M., Kusy K. *The contribution of energy systems during 15-second sprint exercise in athletes of different sports specializations*. PeerJ 2024, 23: 12: e17863.
2. **Archacki D.**, Zieliński J., Ciekot-Sołtysiak M., Zarębska E.A., Kusy K. *Sex differences in the energy system contribution during sprint exercise in speed-power and endurance athletes*. Journal of Clinical Medicine 2024, 13: 4812.

Zgodnie z oświadczeniem Autora jego wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie koncepcji badawczej oraz założeń metodologicznych, przeprowadzenie procesu rekrutacji uczestników badania, analizę i opracowanie uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptu drugiej publikacji.

We „*Wstępie*” Autor w sposób zwięzły przedstawił zagadnienia związane z bioenergetyką mięśni szkieletowych. Omówił zasoby ATP obecne w mięśniach oraz mechanizmy odpowiedzialne za jego resyntezę. Odwołując się szeroko do literatury naukowej, podjął próbę oceny udziału poszczególnych systemów energetycznych w wysiłkach charakterystycznych dla różnych dyscyplin sportowych. Podkreślił przy tym brak jednoznacznych danych dotyczących udziału konkretnych systemów energetycznych w trakcie wykonywania wysiłku o mocy maksymalnej, zarówno w dyscyplinach szybkościowych, jak i wytrzymałościowych. Zwrócił również uwagę na niedostatek badań uwzględniających różnice międzypłciowe w analizowanym obszarze.

Podsumowując, treści przedstawione we „*Wstępie*” pracy należy stwierdzić, że pozostają w ścisłym związku z jej tematyką badawczą i w sposób przekonujący uzasadniają celowość podjęcia analizowanego problemu. Jedną z drobnych kwestii wymagających doprecyzowania stanowi sformułowanie znajdujące się na stronie 11: „*Działanie systemu tlenowego polega głównie na utlenieniu*

acetylo-koenzymu A pochodzącego z glikolizy, za pośrednictwem dehydrogenazy pirogronianowej lub beta-oksydacji kwasów tłuszczowych, po których następuje fosforylacja oksydacyjna [...]”. Warto doprecyzować, że w wyniku glikolizy powstaje pirogronian (dokładnie 2 cząsteczki), a nie acetylo-CoA. Pirogronian, w tzw. reakcji pomostowej katalizowanej przez kompleks dehydrogenazy pirogronianowej (PDH), ulega utlenieniu do acetylo-CoA. Powstały w ten sposób acetylo-CoA wchodzi do cyklu Krebsa, którego produkty zasilają łańcuch oddechowy, prowadząc do fosforylacji oksydacyjnej. Analogiczny przebieg dotyczy acetylo-CoA powstałego w wyniku β -oksydacji kwasów tłuszczowych.

Cele pracy oraz hipotezy badawcze zostały przez Autora sformułowane w sposób przejrzysty, odzwierciedlając kompleksowe oraz dobrze przemyślane podejście do realizowanej problematyki badawczej. Moje pytanie dotyczy zamiennie stosowanego określenia dla rodzaju wykonywanego przez badanych wysiłku fizycznego, mianowicie: „*krótkotrwały wysiłek o mocy maksymalnej*” i „*krótkotrwały wysiłek maksymalny*” (cel 3. vs. hipoteza 3.). W związku z tym nasuwa się wątpliwość, czy oba te pojęcia można traktować jako równoważne w kontekście charakterystyki rodzaju wysiłku? Proszę o ustosunkowanie się do zadanego przeze mnie pytania.

Badania przeprowadzono z udziałem sportowców obu płci, w tym zarówno amatorów, jak i wysoko wytrenowanych zawodników (n=50) oraz zawodniczek (n=46) w wieku od 18 do 30 lat. Uczestnicy reprezentowali różnorodne dyscypliny sportowe, takie jak wyczynowe biegi średnio- i długodystansowe, triathlon, biegi sprinterskie, taekwondo oraz amatorska piłka nożna. Zróznicowanie to wiązało się z odmiennymi mechanizmami adaptacyjnymi do wysiłku fizycznego, wynikającymi ze specyfiki danej specjalizacji sportowej.

Protokół badań (projekt), podzielony na części, przeprowadzono odpowiednio w dwóch terminach tj. po okresie roztrenowania (termin I.) i pod koniec podokresu przygotowania ogólnego (termin II.). W trakcie trwania projektu uczestnicy realizowali jednostki treningowe zgodnie z charakterystyką uprawianej przez nich dyscypliny sportowej.

W pierwszej części projektu 50 mężczyzn przydzielono odpowiednio do trzech grup: I – grupy wytrzymałościowej (n=17), II – grupy sportów zespołowych (n=19) oraz III – grupy szybkościowej (n=14). W drugiej części wyróżniono grupy kobiet i mężczyzn dwóch różnych dyscyplin, sklasyfikowane odpowiednio jako: I – grupy wytrzymałościowe (n=17) oraz II – grupy szybkościowe (n=14).

Procedury pomiarowe obejmowały kompleksową ocenę fizjologiczną i antropometryczną uczestników, przeprowadzoną w laboratorium Analizy Ruchu Człowieka Zakładu Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Analiza składu ciała została wykonana z wykorzystaniem metody dwuenergetycznej absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego (DXA). Wydolność beztlenowa została oceniana za pomocą 15-sekundowego testu Wingate przeprowadzanego na ergometrze rowerowym Cyclus 2. Parametry wentylacyjne oraz pobór

tlenu rejestrowano przy użyciu ergospirometru MetaMax 3B. Częstość skurczów serca monitorowano za pomocą urządzenia Polar Team™. W celu oznaczenia stężenia mleczanu we krwi kapilarnej zastosowano analizator Biosen C-Line. Maksymalny pobór tlenu (VO_2max) określono na podstawie wysiłkowego testu do odmowy, przeprowadzonego na bieżni mechanicznej h/p Cosmos Pulsar z jednoczesnym pomiarem ergospirometrycznym. Całość procedur badawczych została zatwierdzona przez Komisję Bioetyczną przy Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu. W celu oszacowania udziału systemów zaangażowanych do resyntezy ATP zastosowano metodę PCr-LA- O_2 .

Zastosowane metody statystyczne zostały adekwatnie dopasowane do celów przyjętej procedury badawczej.

Wyniki badań zostały szczegółowo omówione w tekście oraz przedstawione w formie tabel i rycin, co ułatwia ich przejrzystą interpretację. Autor wynikami swoich badań m.in. potwierdził, że:

- najniższe wartości masy mięśni szkieletowych (SMM) oraz beztłuszczowej masy ciała kończyn dolnych (LLM) wśród sportowców należą do grupy wytrzymałościowej. Jednocześnie, w obrębie tej samej grupy zaobserwowano istotne różnice pomiędzy kobietami a mężczyznami w zakresie masy ciała, SMM, LLM oraz zawartości tkanki tłuszczowej (BF);
- grupa wytrzymałościowa cechowała się wyższymi wartościami maksymalnego poboru tlenu (VO_2max),
- grupa szybkościowa uzyskała istotnie wyższe wartości charakteryzujące moc szczytową (PP), moc średnią (MP) oraz wskaźnik zmęczenia (FI).

Do oryginalnych i ważnych osiągnięć Autora niewątpliwie należy wykazanie, że:

- długoterminowe adaptacje indukowane rodzajem wykonywanego wysiłku fizycznego warunkują udział systemów energetycznych podczas krótkotrwałego wysiłku o mocy maksymalnej u sportowców wyczynowych reprezentujących sporty o charakterze wytrzymałościowym i szybkościowym,
- u sportowców obu płci o analogicznym profilu treningowym obserwuje się porównywalny procentowy rozkład aktywności systemów energetycznych.

W części „Dyskusja” Autor odniósł uzyskane wyniki do postawionych hipotez badawczych. W odniesieniu do pierwszej hipotezy nie potwierdził założenia, że udział fosfagenowego systemu resyntezy ATP w krótkotrwałym wysiłku o mocy maksymalnej jest większy u sportowców uprawiających dyscypliny szybkościowe niż u zawodników specjalizujących się w dyscyplinach wytrzymałościowych. Jeśli chodzi o procentowy udział systemu glikolitycznego, wykazano wyższy jego udział wśród zawodników uprawiających dyscypliny szybkościowe oraz sporty zespołowe w porównaniu z grupą sportowców specjalizujących się w dyscyplinach wytrzymałościowych. Jednocześnie Doktorant zaproponował kilka interesujących hipotez wyjaśniających możliwe przyczyny zaobserwowanych wyników. Dotyczą one m.in. doboru systemów energetycznych w zależności od specyfiki dyscypliny sportowej, zmian metabolicznych indukowanych przez długotrwały trening oraz fazy cyklu treningowego,

w której przeprowadzono badania. W kolejnej części rozdziału „Dyskusja” Autor odniósł uzyskane wyniki do piśmiennictwa naukowego, analizując je w kontekście trzeciej hipotezy badawczej.

„Dyskusja” została zwieńczona klarownie sformułowanymi wnioskami, które stanowią odpowiedź na wcześniej określone cele badawcze. Tym samym zamykają one logiczny ciąg rozważań prowadzonych w ramach dyskusji i podkreślają znaczenie badania w kontekście szerszych zagadnień naukowych i implikacji praktycznych.

Podsumowanie oceny pracy i wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pana mgra Damiana Archackiego, opracowana w formie cyklu publikacji pod wspólnym tytułem: *„Udział tlenowych i beztlenowych systemów energetycznych w krótkotrwałym wysiłku o mocy maksymalnej w zależności od specjalności sportowej i płci”*, stanowi logicznie spójny oraz wzajemnie uzupełniający się zbiór prac naukowych, charakteryzujących się wysoką wartością zarówno poznawczą, jak i aplikacyjną, oraz odpowiada wymaganiom stawianym na stopień doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej.

W związku z powyższym mam zaszczyt złożyć wniosek do Wysokiego Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu o dopuszczenie Pana mgra Damiana Archackiego do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Ewa Sadowska-Kuspe