

Katowice, 26.03.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Małgorzaty Lipowskiej pt. „Wpływ treningu plyometrycznego na ekonomię biegu triathlonistów po intensywnej jeździe na rowerze”

Z przyjemnością przedstawiam recenzję rozprawy doktorskiej, która stanowi efekt badań Autorki nad zagadnieniem istotnym zarówno z punktu widzenia teorii treningu sportowego, jak i praktyki przygotowania wytrzymałościowego. Tematyka pracy wpisuje się w aktualne kierunki badań nad optymalizacją wydolności fizycznej w sportach złożonych, takich jak triathlon, a sam projekt badawczy świadczy o dużym zaangażowaniu Autorka oraz jej znajomości realiów sportu wyczynowego.

Rozprawa doktorska poświęcona jest analizie wpływu treningu plyometrycznego na wybrane wskaźniki fizjologiczne i ekonomię biegu u triathlonistów. Autorka podjęła temat istotny z punktu widzenia zarówno fizjologii wysiłku, jak i praktyki sportowej, koncentrując się na realnych potrzebach zawodników startujących w sportach wytrzymałościowych. Praca ma wyraźnie praktyczny charakter, jednak opiera się na solidnych podstawach naukowych, wykorzystuje metody ilościowe i odpowiada na pytania, które dotąd nie zostały w sposób systematyczny opisane w literaturze.

Przede wszystkim należy podkreślić, że temat rozprawy wpisuje się w nurt współczesnych badań nad sposobami zwiększania efektywności ruchowej u sportowców poprzez interwencje ukierunkowane nie tylko na wydolność tlenową (VO_2max), ale przede wszystkim na ekonomię ruchu, wskaźniki submaksymalne i adaptacje neuromięśniowe. Autorka bardzo dobrze argumentuje, że w triathlonie – dyscyplinie złożonej, wymagającej przechodzenia przez różne formy ruchu i wysiłku – szczególnie istotna jest umiejętność utrzymania efektywnego biegu po wcześniejszych segmentach zawodów, zwłaszcza po jeździe na rowerze.

Konstrukcja badania oparta jest na modelu eksperymentu z grupą kontrolną i grupą eksperymentalną. Triathloniści zostali losowo przydzieleni do grup, a grupa eksperymentalna realizowała dodatkowy trening plyometryczny dwa razy w tygodniu przez osiem tygodni. Obie grupy przeszły szereg testów fizjologicznych oraz funkcjonalnych – zarówno przed, jak i po interwencji. Pomiary obejmowały próg wentylacyjny (VT_2), VO_2max , minutową wentylację płuc (VE), stężenie mleczanu we krwi (La), subiektywne odczucie wysiłku w skali Borga oraz – co stanowi element oryginalny i wart podkreślenia – ocenę ekonomii biegu nie tylko w stanie

„spoczynku treningowego”, ale także po 70-minutowej symulowanej jeździe na rowerze. Tak zaprojektowana procedura pozwala zbliżyć warunki testowe do rzeczywistej sytuacji zawodniczej w triathlonie.

Zaletą pracy jest także rzetelne i szczegółowe opisanie procedur pomiarowych. Autorka zadbała o kontrolę wielu zmiennych – od długości przerw wypoczynkowych między testami, przez sposób rejestracji danych fizjologicznych, po ujednoczenie warunków testowania i prowadzenia sesji treningowych. Sprzęt pomiarowy (ergospirometr, bieżnia, ergometr kolarski) reprezentuje wysoki standard i jest adekwatny do rodzaju planowanych pomiarów. Jednocześnie Autorka szczegółowo scharakteryzowała grupę badanych – mężczyzn w wieku 30–40 lat, z przynajmniej pięcioletnim doświadczeniem treningowym, nieposiadających wcześniejszego kontaktu z treningiem plyometrycznym. Taki dobór próby, choć ograniczony pod względem liczebności, zapewnia wysoki poziom jednorodności i pozwala wiarygodnie ocenić efekty zastosowanej interwencji.

Wyniki zaprezentowano w sposób przejrzysty i czytelny. Praca zawiera liczne tabele i wykresy, pozwalające porównać zmiany parametrów między grupami i w czasie. Analizy statystyczne, obejmujące testy t-Studenta oraz analizę wariancji z powtarzaniem pomiarem (ANOVA), zostały zastosowane poprawnie, choć zabrakło obliczenia mocy statystycznej oraz wskaźników wielkości efektu. Warto byłoby również wzbogacić analizę o zależności korelacyjne, np. między zmianami poziomu mleczanu a parametrami ekonomii biegu – co mogłoby uzupełnić obraz mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane efekty.

Interpretacja wyników została przeprowadzona z dużą starannością. Autorka wykazuje się bardzo dobrą znajomością literatury przedmiotu i umiejętnie porównuje własne wyniki z wcześniejszymi badaniami z zakresu fizjologii wysiłku, ekonomii biegu oraz treningu plyometrycznego. Wskazuje na istotne różnice w odpowiedzi organizmu na wysiłek pomiędzy zawodnikami o różnym poziomie przygotowania, zauważa wpływ zmęczenia wcześniejszym wysiłkiem (jazdą na rowerze) na odczucie wysiłku i efektywność biegu, a także wyraźnie podkreśla, że największe zmiany po interwencji plyometrycznej dotyczą parametrów submaksymalnych, a nie VO_{2max} . To ważne, bo zgodne z aktualną wiedzą, która coraz częściej wskazuje na ograniczoną przydatność VO_{2max} jako jedyne predyktora sukcesu w sportach wytrzymałościowych.

Mimo tych wielu zalet, praca nie jest pozbawiona wad. Najbardziej widoczną słabością koncepcyjną jest zbyt duża liczba pytań badawczych – aż czternaście – co utrudnia koncentrację na głównym problemie badawczym. Zamiast wzmacniać strukturę pracy, tak rozbudowana lista wprowadza niepotrzebną fragmentaryzację i rozgadnia przekaz naukowy. W przyszłości warto

byłoby ograniczyć liczbę hipotez do kilku najważniejszych i skupić się na ich pogłębionej analizie.

Kolejnym ograniczeniem jest wspomniany brak analizy wielkości efektów i mocy testu. Przy próbie $n=19$, nawet bardzo dobrze przeprowadzony eksperyment może nie wykazać istotnych zmian statystycznych, mimo że zmiany te mogą być znaczące z punktu widzenia praktyki sportowej. W pracy zabrakło również oceny wielkości efektów (np. Cohen's d), co stanowi poważne uchybienie w kontekście eksperymentu, którego celem jest ocena wpływu interwencji. Współcześnie coraz częściej uznaje się, że sama istotność statystyczna nie wystarcza do uzasadnienia znaczenia naukowego wyniku. Bez znajomości wielkości efektu nie jesteśmy w stanie ocenić, czy obserwowane różnice mają realne znaczenie treningowe, czy są jedynie efektem przypadku lub małych odchyień. Co więcej, nie podano żadnych danych dotyczących minimalnych oczekiwanych różnic (minimal detectable change), co w przypadku badań interwencyjnych jest uznawane za standard. Również brak dokładnego wskazania ograniczeń badania – np. braku kontroli treningu podstawowego u badanych czy na przykład możliwych różnic dietetycznych – może być uznany za przeoczenie.

Choć Autorka starannie opisał sprzęt pomiarowy i procedury testowe, to część diagnostyczna nie została wystarczająco osadzona w literaturze. Opis testów na bieżni i ergometrze kolarskim jest bardzo techniczny, ale nie odnosi się do walidowanych protokołów znanych z literatury naukowej. Brakuje również informacji o powtarzalności pomiarów, co w przypadku wskaźników takich jak RE czy VE ma istotne znaczenie, szczególnie przy tak małej próbie.

Dobór literatury jest generalnie poprawny, ale nie w pełni aktualny. Autorka odwołuje się do klasycznych pozycji z dziedziny fizjologii i treningu sportowego, jednak w pracy brakuje kilku kluczowych opracowań. W kontekście planowania publikacji artykułu naukowego na podstawie tej rozprawy, aktualizacja przeglądu literatury będzie niezbędna. W przeglądzie literatury zabrakło kilku kluczowych pozycji, które należą do fundamentalnych opracowań dotyczących wpływu treningu plyometrycznego na ekonomię biegu u sportowców wytrzymałościowych. W szczególności brak cytowania badania Spurrs i wsp. (2003), które jako jedno z pierwszych wykazało poprawę RE u biegaczy długodystansowych po sześciotygodniowej interwencji plyometrycznej, należy uznać za poważne niedopatrzenie. Podobnie pominięcie przeglądu systematycznego autorstwa Saunders i wsp. (2006), zawierającego podsumowanie wielu eksperymentów z udziałem biegaczy i triathlonistów, ogranicza głębokość i aktualność przeglądu literatury. Brakuje również odwołań do badań Barnes'a (2013) oraz Giovanelli i wsp. (2017), które potwierdzają pozytywny wpływ

plyometrii na koszt energetyczny biegu i parametry submaksymalne bez zmian VO_{2max} . Brak uwzględnienia tych źródeł osłabia zarówno część teoretyczną, jak i późniejszą interpretację wyników, i należy go uznać za istotny błąd w konstrukcji pracy.

W zakresie prezentacji wyników i ich interpretacji Autorka niekiedy przechodzi do uogólnień bez odpowiedniego wsparcia w danych. Na przykład, choć zauważono istotne zmniejszenie wentylacji i subiektywnego zmęczenia po interwencji, nie wykazano istotnych zmian w VO_{2max} czy RE na poziomie startowym. Wnioski wyciągane na temat „poprawy ekonomii biegu” są zatem częściowo nadinterpretowane i powinny być bardziej ostrożne. Również sama definicja „ekonomii biegu” nie została wystarczająco uściślona – Autorka raz operuje wartością $VO_2/kg/km$, innym razem wskazuje na VE lub HR jako wskaźniki efektywności. Brakuje jednej spójnej, konsekwentnie stosowanej miary.

Najciekawszym, a zarazem najbardziej problematycznym elementem pracy jest wynik dotyczący braku poprawy ekonomii biegu (RE) po interwencji plyometrycznej w warunkach zmęczenia, tj. po 70-minutowej jeździe na rowerze. W przeciwieństwie do testów wykonywanych „na świeżo”, gdzie RE wykazała tendencję do poprawy, w warunkach symulujących realny przebieg zawodów triathlonowych nie zaobserwowano istotnych zmian. Jest to rezultat nieoczekiwany, ponieważ pozostaje w sprzeczności z wynikami szeregu badań, w których wykazano, że trening plyometryczny wpływa korzystnie na RE również w stanie zmęczenia (np. Berryman et al., 2017), a adaptacje neuromechaniczne utrzymują swoją skuteczność nawet po wcześniejszym wysiłku (Millet & Bentley, 2004). Również Bonacci et al. (2009) sugerowali, że efekty treningu plyometrycznego przekładają się na segment biegu po rowerze. W pracy zabrakło jednak szerszego komentarza wyjaśniającego tę rozbieżność, mimo że istnieje kilka możliwych przyczyn tego stanu rzeczy, takich jak niewystarczająca długość interwencji, stosunkowo niska objętość treningu plyometrycznego, ograniczona liczebność próby czy brak kontroli nad zróżnicowaną techniką przejścia z roweru na bieg. Niewyjaśnienie tej kwestii i pominięcie głębszej analizy w dyskusji stanowi istotny brak, zwłaszcza że dotyczy kluczowego i najbardziej praktycznego aspektu eksperymentu.

W części dyskusyjnej Autorka sprawnie porusza się w obrębie literatury fizjologicznej, przywołując odpowiednie źródła i próbując interpretować uzyskane wyniki w kontekście znanych adaptacji plyometrycznych. Niemniej jednak, nie odnosi się w sposób krytyczny do ograniczeń własnego badania. Brak omówienia błędów pomiarowych, możliwego wpływu subiektywnej motywacji badanych, braku standaryzacji żywienia i rytmu dnia, czy ryzyka efektów uczenia się w testach laboratoryjnych – to luki, które osłabiają pewność końcowych wniosków.

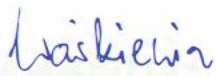
Podsumowując, recenzowana rozprawa doktorska porusza istotny i aktualny temat mieszczący się w obszarze fizjologii wysiłku oraz teorii treningu sportowego. Skupia się na zagadnieniu o dużym znaczeniu praktycznym dla dyscyplin wytrzymałościowych, takich jak triathlon. Autorka wykazała się dużym zaangażowaniem, rzetelnością metodologiczną oraz samodzielnością w realizacji projektu badawczego. Praca prezentuje przejrzystą strukturę eksperymentu, dostarcza wartościowych danych i posiada potencjał wdrożeniowy w kontekście treningu sportowego. Stanowi również solidną podstawę do rozwoju dalszych badań naukowych w tym obszarze.

Nie sposób jednak pominąć kilku istotnych niedociągnięć, które osłabiają naukowy charakter rozprawy w jej obecnym kształcie. Do najważniejszych należą: nadmiernie rozbudowana i niespójna struktura celów badawczych, brak analizy siły statystycznej i wielkości efektów, ograniczona kontrola nad zewnętrznymi zmiennymi treningowymi oraz brak odniesień do kluczowych publikacji w przeglądzie literatury. Ponadto, niektóre wyniki – zwłaszcza te dotyczące braku poprawy ekonomii biegu po jeździe na rowerze – nie zostały wystarczająco pogłębione w interpretacji, mimo ich kluczowego znaczenia dla całego projektu.

Pomimo wymienionych zastrzeżeń, całościowy poziom pracy jest dobry i spełnia formalne oraz merytoryczne wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Autorka udowodniła, że posiada wiedzę, kompetencje badawcze i potencjał do dalszego rozwoju naukowego. Praca, po odpowiednich uzupełnieniach i aktualizacji, może również zostać opublikowana w formie artykułu naukowego.

W związku z powyższym wnoszę do Rady Wydziału Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie o dopuszczenie Autorki rozprawy doktorskiej do kolejnego etapu przewodu doktorskiego.

Z wyrazami szacunku,



Prof. dr hab. Zbigniew Waśkiewicz