

Katowice 1.06.2023

Prof. dr hab. Adam Zając  
Katedra Teorii i Praktyki Sportu  
Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach

### Recenzja

**rozprawy doktorskiej mgr Marty Bazańskiej-Janas pt. „Wpływ hipoksji normobarycznej na próg przemian beztlenowych i stan maksymalnej równowagi mleczanowej u kolarzy górskich” napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. Miłosza Czuby**

Każdy człowiek, a więc każdy sportowiec posiada własny, ściśle określony potencjał genetyczny odpowiadający za jego możliwości wysiłkowe. Dlatego też największe szanse na zostanie wybitnym sportowcem mają tylko osoby z odpowiednim genotypem, odpowiadającym wymogom danej dyscypliny sportu. Predyspozycje te mają charakter somatyczny, fizjologiczny, mentalny i sprawnościowy, jednakże, potencjał ten może być tylko w pełni wykorzystany poprzez wieloletni specjalistyczny proces treningowy, który jest nieustannie doskonalony i optymalizowany. W tym celu przeprowadzane są badania nad granicami adaptacyjnymi człowieka do wysiłku fizycznego. Prowadzone są liczne badania z wykorzystaniem coraz to nowszych technologii oraz nieustannie poszukuje się nowych środków ergogenicznych wpływających na poprawę wyników sportowych.

Osiągnięcie lepszych wyników sportowych wymaga z jednej strony usprawnienia procesu selekcji sportowej, co pozwoli na ujawnienie osobników o większych wrodzonych predyspozycjach wysiłkowych, oraz uruchomienia głębokich rezerw adaptacyjnych. Pełniejsze wykorzystanie rezerw adaptacyjnych organizmu człowieka znajduje rozwiązanie głównie w intensyfikacji procesu treningowego oraz przez wprowadzenie w podsystem treningu, zawodów i odnowy biologicznej środków ergogenicznych, wspomagających naturalne procesy adaptacyjne organizmu. Ponadto niezbędne wydaje się również ciągle modyfikowanie istniejących i poszukiwanie kolejnych rozwiązań treningowych w oparciu o najnowsze osiągnięcia naukowe. Jednym z tych rozwiązań jest trening w warunkach hipoksji. Zarówno w warunkach naturalnych, w postaci treningu wysokogórskiego, gdzie dochodzi do obniżenia ciśnienia atmosferycznego jak i ciśnienia parcjalnego  $O_2$  powodując niedotlenienie tkanek w organizmie (hipoksja hipobaryczna), oraz bardziej współcześnie w postaci hipoksji normobarycznej w komorach hipoksyjnych. Symulowane warunki wysokogórskie są możliwe

dzięki wprowadzeniu dodatkowego azotu do mieszaniny powietrza. Technologia ta pozwala istotnie ograniczyć koszty pobytu wysokogórskiego oraz niweluje ograniczenia związane z niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. Nowe technologie umożliwiające trening w warunkach hipoksji normobarycznej zaowocowały licznymi badaniami u udziałem wyczynowych sportowców, zarówno w odniesieniu do wydolności tlenowej i beztlenowej, a ostatnio także w kontekście siły i mocy oraz hipertrofii mięśniowej. Praca pani Bazańskiej-Janas wydaje się uzupełniać dotychczasową wiedzę w tym zakresie.

### Strona formalna pracy

Przedstawiona mi do oceny praca obejmuje następujące rozdziały: wstęp, cel pracy i pytania badawcze, materiał i metody badań, wyniki, dyskusję, ograniczenia badań, wnioski, bibliografię oraz spis rycin i tabel. W poszczególnych rozdziałach zawarto również podrozdziały. Na końcu pracy umieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim. Rozprawa doktorska zawiera 94 strony, w tym 11 tabel i 26 rycin oraz 110 pozycji piśmiennictwa.

### Wstęp i wprowadzenie

W pierwszej kolejności należy stwierdzić, iż poruszona w rozprawie doktorskiej problematyka mieści się w obszarze nauk o kulturze fizycznej, z akcentem na sport wyczynowy. Kolejnym, niezwykle ważnym elementem oceny rozprawy doktorskiej jest właściwe uzasadnienie problemu badawczego oraz wykazanie jego nowatorskich aspektów. Recenzent pragnie się dowiedzieć czy rozprawa rozwija obecną wiedzę związaną z podjętą problematyką badań, a mianowicie z wpływem hipoksji na próg przemian beztlenowych i stan maksymalnej równowagi mleczanowej (MLSS) u kolarzy górskich. Niezwykle ważne jest, aby przedstawić aktualny stan wiedzy na temat treningu w warunkach hipoksji i wyznaczania progów metabolicznych, oraz wykazać, o jakie aspekty zostanie ona poszerzona. Do nowatorskich aspektów niniejszej rozprawy należy zaliczyć następujące aspekty:

1. Badania były prowadzone u 16 zawodników na podobnym, wysokim poziomie sportowym i uprawiających tą samą odmianę kolarstwa górskiego. Była to grupa jednorodna, a nie jak w wielu dostępnych publikacjach mała liczebność badanych, różny poziom sportowy, oraz różne odmiany kolarstwa i triathlonu.
2. Każdy uczestnik został przebadany we wszystkich trzech warunkach, normoksja, hipoksja symulująca 2000 i 3000 m.n.p.m., dzięki czemu uzyskano więcej danych.
3. Istnieje niewiele publikacji związanych z wpływem hipoksji normobarycznej na generowaną moc, częstość skurczów serca i pochłanianie tlenu na progi przemian beztlenowych. Z kolei dostępne publikacje opierają się na małej grupie badawczej, autorzy często zgłaszają problemy z wyznaczaniem progów metodą wentylacyjną lub korzystają z algorytmów do analizy, które mogą wprowadzać w błąd.
4. Brakuje badań związanych z wpływem hipoksji normobarycznej na zmienne krążeniowe i oddechowe wyznaczane na MLSS.
5. Trening w hipoksji jest stosowany u profesjonalnych zawodników i coraz częściej przez amatorów. Uzyskane wyniki pozwalają na opracowanie zaleceń treningowych dla kolarzy górskich w celu optymalizacji procesu treningowego.

Wprowadzenie rozpoczyna się od opisu rozwoju technologii w sprzęcie rowerowym i w metodach treningowych. Doktorantka trafnie podkreśla istotę monitorowania i planowania procesu treningowego w kolarstwie górskim, odnosząc się do możliwości wykorzystania nowych technologii. Wskazuje na duży potencjał treningu w warunkach hipoksji, przedstawiając zalety i zagrożenia wysiłku prowadzonego w tych warunkach. Kolejnym ważnym elementem, na który zwraca uwagę mgr Bazańska-Janaszek jest istota wyznaczania progów metabolicznych w sterowaniu procesem treningowym. Doktorantka podkreśla znaczenie  $VO_{2max}$  i AT dla oceny potencjału wysiłkowego zawodników sportów wytrzymałościowych, w tym kolarstwa górskiego i szosowego. Kolejne zagadnienie, które podejmuje doktorantka dotyczy metod wyznaczania progu przemian anaerobowych, uwzględniając wady i zalety tych procedur oraz specyfikę poszczególnych protokołów wysiłkowych. Innym ważnym zagadnieniem poruszonym we wprowadzeniu i dobrze uzasadnionym literaturą jest wyznaczanie stanu maksymalnej równowagi mleczanowej oraz odpowiednich stref obciążeń treningowych. W końcowych fragmentach pierwszego rozdziału doktorantka przedstawia poszczególne koncepcje treningu wysokogórskiego (LH-TH, LH-TL,

LL-TH), wskazując na wady i zalety tych metod. Wydaje się, że ten fragment jest zbyt rozbudowany, lecz dla osób niewtajemniczonych w trening w warunkach hipoksji stanowi właściwe wprowadzenie. Ostatni fragment jest niezwykle istotny, gdyż dotyczy mian adaptacyjnych wynikających z ekspozycji na hipoksję i trening w tych warunkach. Uwzględnione zostały zarówno zmiany fizjologiczne jak i biochemiczne oraz konsekwencje wysiłkowe. Poruszone są zagadnienia czasu i intensywności ekspozycji oraz stanu wytrenowania zawodników.

### Cel pracy i pytania badawcze

Ten fragment jest napisany prawidłowo i czytelnie, aczkolwiek powinien brzmieć cel badań a nie cel pracy. Problem badawczy jest w pełni uzasadniony gdyż brakuje danych dotyczących wpływu hipoksji o różnym natężeniu na położenie proggu anaerobowego. Rozdział zawiera 7 pytań badawczych, oraz adekwatnych 7 hipotez. W pytaniu badawczym nr 1 i 2 sugeruję zmienić fragment „na wybranych obciążeniach” na „przy wybranych obciążeniach”. Szczegółowe pytania badawcze są poprawnie sformułowane, jednakże w opinii recenzenta można zastąpić 7 hipotez jedną ogólną.

### Materiał i metody badań

Zaznaczyć trzeba, że przebieg badań oraz zastosowane metody badawcze są opisane w dysertacji z bardzo dużą dokładnością i starannością. W tej części dysertacji doktorantka przedstawiła szczegółową charakterystykę badanych zawodników, z uwzględnieniem parametrów somatycznych, wieku i stażu treningowego oraz zmienne związane z wydolnością aerobową. Ponadto ściśle zostały określone kryteria włączenia i wyłączenia z badań. Wszelkie aspekty bioetyczne zostały spełnione. Doktorantka precyzyjnie opisała narzędzia pomiarowe, oraz określiła metody oznaczeń biochemicznych i pomiarów składu ciała. W procedurach eksperymentalnych zostały zachowane odpowiednie warunki badań, z uwzględnieniem temperatury i wilgotności pomieszczeń oraz z zachowaniem odpowiedniej kolejności pomiarów, adekwatnych przerw wypoczynkowych i właściwej, kontrolowanej diety u badanych. Jednym z ważniejszych aspektów badań

jest precyzyjnie opisany protokół wysiłkowy o narastającej i stałej intensywności z uwzględnieniem wszystkich podstawowych parametrów obciążenia.

### Metody analizy statystycznej

Do analizy wyników użyto wielu testów i metod statystycznych, które niewątpliwie mogą mieć istotne znaczenie w prawidłowym wnioskowaniu uzyskanych wyników badań. Rzetelność analizy statystycznej uzyskanych wyników badań zasługuje na wyróżnienie. Do weryfikacji istotności różnic pomiędzy poszczególnymi warunkami, w których przeprowadzono pomiary zastosowano analizy wariancji oraz testy post-hoc.

### Wyniki badań

Ten rozdział należy do bardzo obszernych części dysertacji zajmując aż 27 stron. Obejmuje on 26 bardzo starannie przygotowanych rycin oraz 11 tabel. Ryciny te istotnie ułatwiają czytelnikowi zapoznanie się z wynikami poszczególnych warunków, w których realizowane były próby wysiłkowe, czyli normoksja oraz hipoksja normobaryczna na poziomie 2000 i 3000 m.n.p.m. Rozdział ten jest obszerny, jednakże dobrze przedstawia podstawowe statystyki opisowe z uwzględnieniem wszystkich analizowanych zmiennych.

### Dyskusja

Dyskusja zawiera aż 16 stron i podzielona jest na 4 podrozdziały, które w sposób szczegółowy omawiają poszczególne zagadnienia związane z wyznaczeniem i istotą PPA i MLSS u kolarzy górskich. O ile pozostałe części dysertacji są napisane prawidłowo, to właśnie w dyskusji doktorantka w pełni wykazuje się dużą wiedzą i dojrzałością naukową. Nie tylko konfrontuje uzyskane wyniki z literaturą, lecz przede wszystkim tłumaczy mechanizmy, które odpowiadają za zmiany adaptacyjne podczas wysiłków realizowanych w warunkach hipoksji o różnej intensywności i różnym czasie ekspozycji. Dyskusja prowadzona jest etapami, omawiając kolejno wpływ obniżenia stężenia tlenu na moc progową (WL), na częstość skurczów serca (HR), na

wysiłki wykonane na MLSS oraz na zmienne układu krążeniowo-oddechowego przy maksymalnej intensywności pracy. W dyskusji zbędny wydaje się podrozdział 5.1 nazwany „wstępem”. Dyskusję raczej powinno się zaczynać od najbardziej istotnych osiągnięć badań, a następnie przejść do ich omówienia i konfrontacji z wynikami innych autorów stosujących podobną metodologię badań. W części tej występują drobne błędy literowe. I tak, zamiast spadek stężenia powinno używać się pojęcia obniżenie, natomiast sprawdzenie powinno być zastąpione pojęciem zweryfikowanie. Ponadto podrozdział 5.5 zawiera zbyt dużo informacji podstawowych związanych z wpływem wysiłku fizycznego w warunkach hipoksji normobarycznej na układ krążeniowo-oddechowy, które mogły być zawarte we wprowadzeniu teoretycznym. Doktorantka przedstawiła w sposób bardzo trafny i przejrzysty dwie koncepcje związane z ograniczeniem wielkości pracy wykonywanej w warunkach hipoksji. Jedna z nich oparta jest na CUN i wiąże się z niedokrwieniem mięśnia sercowego. Druga z kolei związana jest ze wzmożeniem glikolizy i wzrostem stężenia mleczanu i jonów  $H^+$ , co obniża kurczliwość mięśni szkieletowych i spadek mocy generowanej na poziomie progu anaerobowego.

### Ograniczenia badań

Analogicznie do renomowanych periodyków naukowych, w rozdziale VI autorka przedstawia ograniczenia wynikające z przeprowadzonych badań. Do głównych ograniczeń doktorantka zalicza wykonanie pomiarów tylko w hipoksji normobarycznej oraz brak kontroli diety, obciążeń treningowych i wypoczynku. Autorka w części dysertacji uwzględniała także kierunki badań na przyszłość.

### Wnioski

Wnioski przedstawione w siedmiu punktach odpowiadają postawionym pytaniom badawczym. Wnioski nie są tylko podsumowaniem wyników badań, lecz dodatkowo autorka stara się sformułować oryginalną konkluzję z nich wynikającą.

### Bibliografia

Bibliografia zawiera 110 pozycji, głównie anglojęzycznych pochodzących z renomowanych periodyków naukowych. Większość pozycji literatury została prawidłowo wykorzystana w uzasadnieniu problemu badawczego oraz w tłumaczeniu mechanizmów odpowiedzialnych za uzyskane wyniki.

### Streszczenie i Summary

Streszczenie w języku polskim zostało przygotowane prawidłowo natomiast wersja anglojęzyczna zawiera sporo błędów stylistycznych i gramatycznych stąd recenzent pozwolił sobie dokonać korekty pierwszej części tekstu, co powinno ułatwić doktorantce przygotowanie publikacji w języku angielskim.

"There are a number of private and government sports centers in Poland. They offer the possibility of training in controlled normobaric hypoxia, using a treadmill or a cycle ergometer. Professional athletes and ambitious amateurs more willingly use simulated hypoxia conditions to enhance their training effects and to induce desired adaptive changes in their body. These changes are impossible to achieve under normoxia conditions or they require significantly greater training loads. The emergence of these adaptive changes that contribute to improving performance are multifactorial. The most important factors include: exercise intensity as well as intensity and exposure time to hypoxia. These factors determine the most physiological response to hypoxia. Applying too intense training loads or excessive exposure to hypoxia may have detrimental effects, and lead to deterioration of training capacity, whereas low intensity and short exposure to hypoxia may not stimulate significant adaptive changes. Most studies under hypoxic conditions did not consider the gap associated with changes in the anaerobic threshold (AT) and maximal lactate steady state (MLSS) under the influence of different intensity of hypoxia. AT and MLSS

are commonly used to evaluate physical capacity and to determine individual training intensity. Training zones used in hypoxia yet evaluated and determined in normoxia, would be ineffective without modifications because of specific physiological responses, especially those of the respiratory and circulatory systems. For this reason the primary research goal included the analysis of influence of normobaric hypoxia of different intensity  $FiO_2=16\%$  and  $FiO_2=14.5\%$  on AT and MLSS in mountain bikers”.

Reasumując, pomimo drobnych uwag w mojej recenzji, cennym aspektem rozprawy doktorskiej jest zastosowanie nowatorskich narzędzi i metod badawczych oraz uzupełnienie dotychczasowej wiedzy o wpływ hipoksji o różnym natężeniu na położenie progu anaerobowego i wyznaczenie stanu maksymalnej równowagi mleczanowej. Wyniki badań uzyskane przez Autorkę mają niewątpliwie duże walory poznawcze oraz aplikacyjne. Nieliczne uwagi dotyczące rozprawy doktorskiej Pani Marty Bazańskiej-Janus odnoszą się do nieprawidłowego stylu pisania, a nie do samego badania, które ma istotną wartość naukową.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską uważam, że praca spełnia wszystkie wymagania określone w art. 13 ust. 1 ustawy o stopniach i tytułach naukowych. Składam, zatem wniosek do Senatu Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie o nadanie stopnia doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej Pani mgr Marcie Bazańskiej-Janus. Jednocześnie wnioskuję o wyróżnienie niniejszej rozprawy doktorskiej.

Prof. dr hab. Adam Zajac

