



Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

**Katedra i Zakład Diagnostyki Funkcjonalnej i Medycyny Fizykalnej  
Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie**

Szczecin, ul. Żołnierska 54

**Prof. dr hab. n. zdr. Anna Lubkowska**

Szczecin, 20 sierpnia 2023 roku

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Jakuba Foltyna, pod tytułem:**

*„Wpływ hipoksji normobarycznej o różnym natężeniu na stężenie wybranych zmiennych biochemicznych podczas jednorazowego wysiłku oporowego u mężczyzn i kobiet”*

#### ***Znaczenie tematyki badań***

Celem badań, stanowiących podstawę do przygotowania recenzowanej rozprawy doktorskiej, była analiza porównawcza zmian stężenia testosteronu, kortyzolu, hormonu wzrostu oraz wybranych markerów metabolicznych (mleczanu, kinazy kreatynowej, dehydrogenazy mleczanowej i kwasu moczowego) oraz możliwości wysiłkowych, w rozumieniu całkowitej liczby powtórzeń przysiadu ze sztangą z obciążeniem 70% 1RM, u kobiet i mężczyzn poddanych wysiłkowi oporowemu w warunkach normoksji i hipoksji normobarycznej o różnej zawartości tlenu w mieszaninie oddechowej ( $FiO_2=14,4\%$ ;  $FiO_2=12,7\%$ ;  $FiO_2=11,2\%$ ), symulujących warunki wysokościowe, odpowiednio dla 3000 m, 4000 m i 5000 m n.p.m.

Wykorzystanie zmian adaptacyjnych w odpowiedzi na hipoksję w treningu sportowym w oparciu o mechanizmy regulacji opartej o transkrypcyjny czynnik indukowany niedotlenieniem (ang. *hypoxia inducible factor*, HIF), praktykowane jest od wielu lat zarówno w dyscyplinach indywidualnych jak również w zespołowych grach sportowych. Choć proponuje się warunki sprzyjające takiemu treningowi w trakcie obozów realizowanych

w terenie o poziomie 1500-2600 m n.p.m, i wyższych, to wciąż brakuje jednoznacznych naukowych rekomendacji w zakresie stopnia natężenia hipoksji na potrzeby realizacji poszczególnych celów treningowych, szczególnie w treningu oporowym. Co więcej, praktycznie brak jest jakichkolwiek danych dotyczących analiz porównawczych wpływu treningu w warunkach zróżnicowanej zawartości tlenu w mieszaninie oddechowej na efekt sportowy w dyscyplinach siłowych, czy nawet odpowiedzi organizmu na wysiłek oporowy prowadzony w takich warunkach. Istniejąca obecnie możliwość prowadzenia treningu z wykorzystaniem normobarycznych pomieszczeń hipoksycznych, w których symulacja warunków wysokogórskich możliwa jest w szerokim zakresie doprowadziła do ewolucji kolejnych koncepcji treningu wysokogórskiego z „mieszkaj wysoko - trenuj wysoko” (ang. live high - train high, LH-TH) poprzez „mieszkaj wysoko - trenuj nisko” (ang. live high – train low, LH-TL) aż do „treningu przerywanej hipoksji” (ang. intermittent hypoxic training, IHT), w której to sportowcy w ciągu dnia przebywają w warunkach normoksji, natomiast wybrane jednostki treningowe odbywają w warunkach hipoksji właśnie w normobarycznych pomieszczeniach hipoksycznych.

Doniesienia naukowe, które pojawiają się w kontekście procedury i efektów treningu siłowego i hipoksji dotyczą głównie zastosowania okluzji, wykorzystania elastycznych opasek/taśm kompresyjnych równoważących poprzez ucisk ciśnienie krwi wewnątrz naczyń, przerywając transport tlenu oraz substancji odżywczych do tkanek. Jednoznacznych dowodów świadczących o skuteczności treningu oporowego z zastosowaniem hipokseji wciąż brak, choć postuluje się, że główne mechanizmy odpowiedzialne za skuteczność treningu siłowego w hipoksji to intensywniejszy bodziec treningowy powodowany stresem metabolicznym, silną reakcją hormonalną oraz aktywacją wewnątrzmięśniowych szlaków sygnałowych. Dlatego też podjęcie tej tematyki badawczej przez Pana mgr Jakub Foltyna uważam za w pełni uzasadnione, jednocześnie interesujące i nowatorskie.

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska, przygotowana pod kierunkiem prof. dr hab. Miłosza Czuby oraz promotor pomocniczej dr Kamili Płoszczy, oparta jest na oryginalnych badaniach własnych, realizowanych w ramach grantu (N RSA3 04153N), na które uzyskano zgodę Komisji Bioetyki ds. Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Tematyka badań i pracy jest niezmiernie aktualna, ważna i o dużym potencjale aplikacyjnym.

**Układ pracy jest typowy**, zgodny z zasadami budowania dysertacji naukowych, dostosowany do przeprowadzanych procedur badawczych, omawianych problemów, sposobów ich rozwiązywania, przejrzysty i spójny merytorycznie w kolejnych rozdziałach.



Podział na rozdziały i ich wzajemne proporcje są prawidłowe. Dysertację czyta się z zainteresowaniem, co istotne, Autor ściśle trzyma się podjętego tematu bez zbędnych dywagacji i dłużyzn. Całość pracy stanowi 90 stronicowy oprawiony wydruk komputerowy, na który składają się rozdziały (w liczbie 6) obejmujące:

- wprowadzenie teoretyczne, które obejmuje 5 podrozdziałów;
- cel badań, pytania i hipotezy badawcze;
- materiał i metody badań, przedstawiające charakterystykę badanych, przebieg badań i poszczególnych sesji, opis metod analitycznych oraz analiz zastosowanych w opracowaniu statystycznym wyników;
- wyniki badań w podziale na tematyczne rozdziały z uwzględnieniem płci badanych oraz analizowanych wskaźników;
- dyskusja w podziale na tematyczne podrozdziały;
- wnioski.

W obrębie pracy Autor zamieścił także piśmiennictwo, streszczenia w j. polskim i angielskim oraz wykaz skrótów stosowanych w pracy (zabrakło ich rozwinięć w języku angielskim, z którego zostały zaczerpnięte). Z doświadczenia recenzenta pragnę zauważyć, że zwyczajowo do całości pracy załącza się elementy dodatkowe, takie jak: spis tabel i rycin, wzór Oświadczenia badanego (zgoda na udział w badaniach); kserokopia Zgody Komisji Bioetycznej. Uwaga ta ma jedynie charakter proceduralny.

W pracy zawarto 10 tabel i 16 rycin, w większości zestawiono w nich wyniki badań. Piśmiennictwo wykorzystane w rozprawie jest liczne, stanowi 214 opublikowanych pozycji bibliograficznych, dobrze dobranych pod względem tematycznym o zasięgu międzynarodowym i bardzo aktualne.

#### ***Ocena części teoretycznej***

Obejmuje ona 14 stron tekstu. Opracowana została na podstawie przeglądu aktualnego dostępnego piśmiennictwa o zasięgu międzynarodowym. Doskonale wprowadza czytelnika w problematykę pracy. Na wstępie rozprawy doktorskiej, Doktorant przedstawił najważniejsze zagadnienia niezbędne do pełnego zrozumienia znaczenia podjętej tematyki ale także wyników badań swojej pracy. Charakter tej części pracy wskazuje, że planując i realizując badania Pan mgr Jakub Foltyn dokonał wnikliwego przeglądu piśmiennictwa. Na kolejnych stronach wprowadzenia teoretycznego Autor opisał historię treningu z zastosowaniem hipoksji, trening w warunkach przerywanej hipoksji (IHRT) ze szczególnym uwzględnieniem treningu o charakterze oporowym, odpowiedzi metabolicznej i hormonalnej oraz adaptacji do takiego rodzaju treningu.

### *Ocena części empirycznej*

Cel i hipotezy badań. Badania starano się tak zaplanować, aby można było zweryfikować postawione hipotezy zakładające: wpływ hipoksji na ograniczenie zdolności wysiłkowych podczas wysiłku oporowego u mężczyzn i kobiet; wpływ wysiłku oporowego w warunkach hipoksji na znaczne obciążenie metaboliczne i wzrost stężenia testosteronu, kortyzolu i hormonu wzrostu we krwi oraz nasilenie tych zmian przy wzroście natężenia bodźca hipoksycznego.

W badaniach wzięło udział 8 mężczyzn (wiek  $24,1 \pm 0,6$  lat) oraz 8 kobiet (wiek  $24,5 \pm 0,9$  lat). Badania prowadzono przez 4 tygodnie i rozpoczęto je od pierwszej wizyty, podczas której wyznaczono wartość obciążenia 1RM w warunkach normoksji. Tydzień po tygodniu, w odstępie 7 dni, realizowano 4 sesje w warunkach normoksji i hipoksji normobarycznej imitując warunki wysokogórskie (3000 m -  $FiO_2=14,4\%$ , 4000 m -  $FiO_2=12,7\%$  i 5000 m  $FiO_2=11,2\%$ ). Protokół wysiłku oporowego obejmował 10 serii po 12 powtórzeń z intensywnością 70% 1RM dla przysiadu ze sztangą. Badania prowadzono w warunkach kontrolowanych, a materiał badany stanowiła krew pełna pobrana w kolejnych punktach czasowych w trakcie sesji wg procedury: przed wysiłkiem po 15 min aklimacji spoczynkowej, bezpośrednio po zakończonej ostatniej serii przysiadów oraz 60 min od zakończonego wysiłku. Zastosowano układ doświadczenia wg metody krzyżowej ze ślepą próbą. Analizy statystyczne dobrane zostały poprawnie i opisane wyczerpująco.

Wyniki badań opisano na 20 stronach, z podziałem na tematyczne podrozdziały dotyczące analizowanych zmiennych i z uwzględnieniem płci badanych. Odnosząc się do tej części pracy można stwierdzić, że wyniki badań opisane zostały w sposób zwięzły. Opracowanie wyników w formie tabel i rycin wzbogaciło ich prezentację. Stosunkowo obszerną część pracy, co należy podkreślić, zajmuje rozdział „Dyskusja” (str. 45-69). W dyskusji Autor tematycznie interpretuje i konfrontuje wyniki uzyskane w badaniach własnych z danymi z przeanalizowanego dostępnego piśmiennictwa. Autor dostrzega potencjalne przyczyny niejednoznacznych wyników i słabe strony poszczególnych, w tym także własnych badań, co stanowi dużą zaletę w pracy naukowej. Na podstawie przeprowadzonych badań i po analizie uzyskanych wyników, Autor zaproponował 3 wnioski, które są odpowiedzią na stawiane we wstępie pracy cele i mają znaczący wymiar praktyczny.



Uwagi/pytania do Autora:

- stosunkowo lakoniczny opis metod procedury pobrania i zabezpieczenia materiału do badań, analiz biochemicznych; brak jest jakichkolwiek informacji o metodzie oceny Het a np. dla CK, LDH i UA podano jedynie typ analizatora;
- nie podano, która z frakcji T endogenego była oznaczana;
- str.25-26: w analizie statystycznej przyjęto wartość istotności różnic na poziomie  $p < 0,05$ , natomiast na ryc. 3 i w opisie porównawczym dla całkowitej liczby powtórzeń wykonanych podczas sesji treningowej u mężczyzn podano, że „zarejestrowano zmiany na granicy przyjętego poziomu istotności” wskazując  $p < 0,09$ ; przy takiej interpretacji zasadne wydaje się podanie dokładnej wartości dla  $p = \dots$ , być może jest ona rzeczywiście bliska wartości 0,05;
- str. 31, 34: ponownie nietypowa wartość dla  $p < 0,06$  na ryc. 7 D i ryc. 9C (propozycja j.w.)
- str. 21: brak tłumaczenia skrótu WADA (z ang. World Anti-Doping Agency, Światowa Agencja Antydopingowa);
- str. 47: cyt. „*Jak wskazują wyniki badań własnych, natężenie hipoksji jest istotnym czynnikiem decydującym o możliwościach wysiłkowych podczas ćwiczeń oporowych z intensywnością 70% 1 RM*”, analizując wyniki recenzowanych badań stwierdzenie to jest uzasadnione wyłącznie w przypadku mężczyzn”; Autor tłumaczy w dyskusji brak takiej obserwacji u kobiet prawdopodobieństwem niedoszacowania wartości obciążeń treningowych RM, co potwierdzają niskie wartości stężeń LA w próbie wysiłkowej w normoksji (~5 mmol/l), w opinii recenzenta wskazuje to na błąd metodologiczny, który można było wyeliminować, wykonując (po wyznaczeniu 1RM) próbę pilotażową z zastosowaniem procedury obciążenia wysiłkiem fizycznym w warunkach normoksji z oceną powysiłkowych stężeń LA;
- str. 48: Autor przytacza metodę NIRS opisując ją jako „*technika wizualizacji aktywności mózgu*”, w rzeczywistości jest to metoda spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIRS, near infrared spectroscopy,) umożliwiająca nieinwazyjny pomiar regionalnego utlenowania mózgu (rSO<sub>2</sub>), przydatna klinicznie w neurologii i neurochirurgii, czasem proponowana w połączeniu z EEG i wówczas można by użyć sformułowania aktywności mózgu w rozumieniu bioelektrycznej czynności/aktywności mózgu;
- str. 52: cyt. „*Kinaza kreatynowa i dehydrogenaza mleczanowa, są fragmentami ciężkiego łańcucha miozyny (troponiny I i mioglobiny) i są związane z uszkodzeniem mięśni, ponieważ cząsteczki te są cytoplazmatyczne i nie mają zdolności do przekraczania sarkoplazmy (Brown i wsp., 1997, Willoughby i wsp., 2003)*”; z uwagi na chęć dotarcia do źródła takiej informacji postanowiłam zapoznać się z przytoczonymi pozycjami piśmiennictwa, jednak prace wskazanych Autorów nie zostały włączone do spisu;

- str. 53: „Reasumując, w przypadku mężczyźni hipoksja spowodowała wyższy udział glikolizy czego efektem jest większy wzrost stężenia LA bezpośrednio po wysiłku dla każdej z prób na wysokości”; analizując tab. 7. i ryc. 15. nie można zgodzić się z takim stwierdzeniem;
- str. 69: dostrzegam pewną niespójność w interpretacji wyników i ich dyskusji oraz wnioskowaniu; w opinii recenzenta wniosek 1. powinien być ostrożniejszy przy założeniu niedoszacowania obciążenia treningowego u kobiet.

Z uwagi na obowiązki recenzenta oceniającego wszystkie aspekty pracy, muszę zwrócić uwagę także na nieliczne niedociągnięcia, których nie ustrzegł się Autor w trakcie przygotowania manuskryptu związane z błędami językowymi, gramatycznymi/literówkami, błędami stylistycznymi (np. „stężenie C pozostawał istotnie wyższy”; „przedczaszkowa ultrasonografia doplerowska”, „cząsteczki te są cytoplazmatyczne i nie mają zdolności do przekraczania sarkoplazmy” „wysokość różnicowała wielkość zmian...”), które winny być poprawione przy przygotowaniu manuskryptu do publikacji.

**Reasumując**, recenzowaną rozprawę doktorską Pana mgr Jakuba Foltyna, pt.: „Wpływ hipoksji normobarycznej o różnym natężeniu na stężenie wybranych zmiennych biochemicznych podczas jednorazowego wysiłku oporowego u mężczyźni i kobiet” oceniam pozytywnie. Praca pod względem formalnym przygotowana została w sposób poprawny. Napisana jest w stylu odpowiadającym standardom pracy naukowej, jest ciekawa, o dużym potencjale poznawczym ale także praktycznym, co istotne obejmuje nowatorską tematykę. W opinii Recenzenta wyniki badań warte są opublikowania a uwagi przedstawione w recenzji mają charakter wyłącznie doradczy. Choć Autor nie ustrzegł się drobnych błędów, to nie umniejszają one wartości merytorycznej rozprawy. Realizacja badań wymagała od Doktoranta umiejętności organizacyjnych, dobrego planowania, analitycznego myślenia w trakcie interpretacji wyników i ich dyskusji oraz wnioskowania.

Uważam, że praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim i wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej AWF w Katowicach o nadanie Panu mgr Jakubowi Foltynowi stopnia doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej.

KIEROWNIK  
Katedry Zakładu Diagnostyki Funkcjonalnej  
i Medycyny Fizykalnej  
prof. dr hab. n. zdr. Anna Lubkowska