

Kraków, dnia 15.02.2023 r.

*Prof. dr hab. Andrzej Klimek  
Instytut Nauk Biomedycznych  
Zakład Fizjologii i Biochemii  
Akademia Wychowania Fizycznego  
w Krakowie*

## **R E C E N Z J A**

### **PRACY DOKTORSKIEJ MGR ŁUKASZA WOŁOWSKIEGO**

**pt. „Efektywność oddziaływania serii zabiegów cieplnych i kriostymulacji całego ciała na obciążenie mechanizmów fizjologicznych oraz wytrzymałość zawodników uprawiających biegi narciarskie”**

Zagadnienie aklimacji cieplnej i jej wpływu na fizjologiczne reakcje organizmu człowieka stanowi jeden z ważniejszych problemów, bardzo często niedocenianych i pomijanych zarówno przez trenerów, jak również przez samych zawodników. Tymczasem wiadomo, że organizm w warunkach narastającej podczas pracy hipertermii bardzo szybko traci wydolność fizyczną, co może mieć decydujący wpływ na końcowy wynik rywalizacji sportowej. Bardzo poważnym problemem, szczególnie w sporcie wyczynowym, jest odpowiednie wykorzystanie zjawiska aklimacji, gdyż, jak się okazuje, ma ona korzystny wpływ na szereg wysiłkowych wskaźników fizjologicznych.

W ostatnich latach zwiększyło się w sposób znaczący zainteresowanie zagadnieniem kriostymulacji ogólnoustrojowej i jej wpływem na organizm człowieka. Krioterapia i kriostymulacja są bowiem metodami coraz powszechniej stosowanymi zarówno w lecznictwie, jak i medycynie sportowej. Wpływ ekstremalnie niskich temperatur na szereg wskaźników termoregulacyjnych, immunologicznych, hormonalnych oraz biochemicznych i morfologicznych krwi nie jest do końca poznany.

Tymi właśnie problemami, dotyczącymi wpływu zabiegów cieplnych i kriogenicznych na poziom wytrzymałości oraz reakcje adaptacyjne organizmu wyczynowych sportowców zajął się Doktorant w swojej pracy, co daje pewność, że rozprawa ma nie tylko charakter poznawczy, ale również aplikacyjny. Warto również podkreślić, że wyniki badań uzyskano w

ramach realizacji projektu badawczego ujętego w programie pn. „*Rozwój Sportu Akademickiego*”, który został sfinansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Oceniana rozprawa doktorska ma układ charakterystyczny dla opracowań eksperymentalnych z zakresu nauk biomedycznych. Zawiera 78 stron, w tym 10 tabel, 8 rycin oraz spis piśmiennictwa obejmujący 177 pozycji literatury, w większości anglojęzycznej. Do opracowania dołączono spis rycin i tabel, jak również streszczenia w języku polskim i angielskim. Struktura dysertacji obejmuje siedem rozdziałów typowych dla prac eksperymentalnych: „Wprowadzenie”, „Cel pracy” zawierający pytania i hipotezy badawcze, „Materiał i metody”, „Metody analizy statystycznej”, „Wyniki”, „Dyskusję” i „Wnioski”.

We wstępnej części pracy dokonał Autor ciekawego wprowadzenia w zagadnienia podjętej problematyki badawczej uzasadniając celowość jej wyboru. Dokonał ogólnej charakterystyki narciarstwa biegowego oraz reakcji wysiłkowych występujących u przedstawicieli tej dyscypliny sportu. Dokonując przeglądu światowego piśmiennictwa Doktorant omówił reakcje fizjologiczno-biochemiczne organizmu człowieka na działanie bodźców cieplnych i kriogenicznych oraz zmiany wewnątrzustrojowe będące efektem hiper- i hipotermii. Autor zwięźle opisał problematykę badań i wprowadził do zagadnień związanych z termoregulacją i fizjologicznymi reakcjami ustroju człowieka na działanie ekstremalnie wysokich i niskich temperatur. Na tej podstawie podkreślił celowość aplikowania terapii ciepłem i zimnem w kontekście stosowanych w sporcie zabiegów odnowy biologicznej.

Kolejny rozdział poświęcony został opisowi celu pracy, który uszczegółowiony został czterema pytaniami i taką samą liczbą odpowiadających im hipotez badawczych. Głównym celem badań była ocena efektywności oddziaływania serii regularnych kąpielei w suchej saunie fińskiej i kriostymulacji ogólnoustrojowej na obciążenie mechanizmów fizjologicznych podczas wysiłku oraz na przebieg procesu powysiłkowej restytucji u zawodników uprawiających biegi narciarskie.

W kolejnym rozdziale Autor opisał metodykę przeprowadzonego eksperymentu. W badaniach wzięło udział 19 zawodników klasy mistrzowskiej uprawiających narciarstwo biegowe w KS AZS AWF Katowice, których poddano badaniom wstępnym i właściwym. Badania przeprowadzono w okresie przejściowym trwającym od kwietnia do czerwca. Wstępna faza badań obejmowała pomiary antropometryczne oraz test wysiłkowy o stopniowo narastającym obciążeniu wykonywany na bieżni mechanicznej, co pozwoliło na ocenę wydolności aerobowej (wyznaczono wielkość maksymalnego poboru tlenu i poziom progu mleczanowego). We właściwej części badań uczestnicy wykonali dwa testy wysiłkowe przed

i po serii 10 zabiegów kriostymulacji całego ciała oraz przed i po serii 10 kąpiei w suchej saunie fińskiej. Wysiłek testowy obejmował test biegowy o submaksymalnej intensywności, (odpowiadającej 70-80%  $HR_{AT}$  określonej w badaniach wstępnych). W obu seriach badań przed i po serii zabiegów aplikowano badanym takie samo obciążenie pracą, a mierząc czas jego wykonywania, oceniano wytrzymałość długoczasową. Podczas prób biegowych wszyscy badani utrzymywali stałą określoną indywidualnie dla każdego badanego prędkość biegu, przy zadanym kącie nachylenia bieżni. Podczas badań rejestrowano poziom wybranych wskaźników fizjologicznych: wentylacji minutowej płuc, minutowego poboru tlenu, współczynnika oddechowego oraz częstości skurczów serca. Przed rozpoczęciem wysiłku i bezpośrednio po jego zakończeniu mierzono: temperaturę tympanalną, temperatury skóry na ramieniu, klatce piersiowej i udzie, ciśnienie tętnicze krwi, masę ciała przed rozpoczęciem badań wysiłkowych oraz ciężar właściwy moczu.

W 10 zabiegach kriostymulacji ogólnoustrojowej badani uczestniczyli od poniedziałku do piątku (1 raz dziennie) przez 2 tygodnie. Badani wchodzili do komory kriogenicznej o temperaturze  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$  na 3 minuty. Serię 10 zabiegów biernego nagrzewania całego ciała badanych przeprowadzono w suchej saunie fińskiej. Średnia temperatura w saunie wynosiła  $90^{\circ}\text{C}$ . Jednorazowo badani korzystali z trzech 15-min kąpiei w saunie, pomiędzy którymi występowała 5-minutowa przerwa na schłodzenie ciała.

Przed wysiłkiem, bezpośrednio po jego zakończeniu oraz w 1 i 24 godzinie restytucji przed i po zastosowaniu obu zabiegów cieplnych w każdej serii badawczej pobierano badanym próbki krwi z żyły odłokciowej, w których dokonywano oznaczeń morfologii krwi tj. liczby krwinek czerwonych, stężenia hemoglobiny, liczby hematokrytowej, średniej objętości krwinek czerwonych, średniej zawartości hemoglobiny w krwince, osmolalności osocza, aktywności enzymów komórkowych we krwi (kinazy kreatynowej i dehydrogenazy mleczanowej) oraz aktywności aminotransferazy alaninowej i aminotransferazy asparaginianowej. Dokonano również oznaczenia stężenia hormonów: kortyzolu, adrenaliny, noradrenaliny i aldosteronu oraz stężenia białka całkowitego.

Na szczególną uwagę zasługuje wszechstronne i wieloaspektowe podejście Doktoranta do podjętego tematu, co objawia się, wskazaną wyżej, dużą liczbą badanych wskaźników fizjologiczno-biochemicznych. Warto również podkreślić, iż w fachowej literaturze mało jest opracowań naukowych z zakresu zabiegów cieplnych i kriostymulacji, w których badanymi są profesjonalni sportowcy. Między innymi z tego względu wysoko należy ocenić wartość naukową badań mgra Łukasza Wolowskiego.

Zastosowanie opisanych w metodyce procedur badawczych oraz wykorzystanie nowoczesnej aparatury biomedycznej daje pewność rzetelności uzyskanych wyników. Wprowadzone metody analizy statystycznej, opisane w kolejnym rozdziale pracy, zostały dobrane prawidłowo i również nie budzą zastrzeżeń.

Wyniki badań zawarł Autor na 18 stronach. Ta część pracy podzielona została na trzy części odpowiadające podjętym w dysertacji problemom badawczym. Autor zastosował czytelne tabele, co pozwala w przejrzysty sposób śledzić uzyskane rezultaty badań. Część wyników zilustrowana została na rycinach.

Kolejny rozdział dysertacji stanowi podzielona na dwa podrozdziały dyskusja, która przeprowadzona została w sposób dojrzały. W oparciu dobrze dobrane pozycje literatury Autor skonfrontował wyniki badań własnych z doniesieniami światowego piśmiennictwa. Wykazał się ponadto dużymi umiejętnościami w zakresie analizy danych zaczerpniętych z fachowej literatury przedmiotu oraz swobodą interpretacji wyników badań własnych na tle bogatego krajowego i anglojęzycznego piśmiennictwa. Szeroko zarysowane zostały zagadnienia stanowiące przewodni wątek rozprawy, a więc wpływ zabiegów cieplnych i kriostymulacji ogólnoustrojowej na szereg, wskazanych w metodyce badań, wskaźników fizjologicznych i biochemicznych. Podkreślić również należy umiejętności Doktoranta w zakresie interpretacji uzyskanych wyników w zestawieniu z rezultatami uzyskanymi przez innych autorów, która to interpretacja przeprowadzona została w sposób kompleksowy ze względu na wzajemne zależności poszczególnych wskaźników.

Pracę zakończono sześcioma wnioskami, które odpowiadają, choć nie w pełni precyzyjnie, na postawione we wstępie pytania badawcze. Stwierdzono między innymi, że seria zabiegów kriostymulacji i kąpeli w saunie prowadzi do rozwoju spoczynkowych zmian adaptacyjnych. Po serii zabiegów cieplnych odnotowano zwiększenie objętości osocza krwi, obniżenie skurczowego ciśnienia tętniczego i częstości skurczów serca, jednak zmianom tym nie towarzyszyły istotne zmiany temperatury wewnętrznej i temperatury skóry. Po serii dziesięciu zabiegów kriostymulacji ogólnoustrojowej nie stwierdzono istotnych zmian w poziomie wskaźników układu krążenia takich jak: częstość skurczów serca, ciśnienie tętnicze krwi, temperatura ciała ale odnotowano zmiany w zachowaniu się wskaźników metabolicznych. Stwierdzono ponadto, że seria powtarzanych ekspozycji na działanie ciepła i zimna wpływa na reakcje fizjologiczne podczas wysiłku fizycznego, które przejawiają się tendencją do większej redukcji masy ciała w grupie korzystającej z kąpeli w saunie. Nie wykazano jednak istotnych różnic w zakresie przyrostu objętości osocza i zmian średniej masy ciała w odpowiedzi na wysiłek fizyczny o stałym submaksymalnym obciążeniu przed i

po zastosowaniu odmiennych interwencji cieplnych. Wykazano, że oba bodźce termiczne silnie oddziałują na zmiany temperatury ciała, temperatury skóry i funkcje układu krążenia podczas wysiłku o zbliżonym obciążeniu względnym. Po żadnej z zastosowanych interwencji termicznych nie odnotowano istotnej różnicy w czasie wykonywania wysiłku testowego, co wskazuje na brak zmian w zakresie wytrzymałości czasowej biegaczy narciarskich. Stwierdzono, że obie, zastosowane w badaniach, formy interwencji termicznych przyczyniły się do poprawy procesu regeneracji po wysiłku.

Mimo starannego przygotowania pracy, Autor nie ustrzegł się popełnienia błędów, na które, z racji dokonania recenzji, chciałbym w tym miejscu zwrócić uwagę:

1. Metodyka badań została opisana w sposób zbyt ogólny, z pominięciem niezwykle ważnych dla przebiegu i oceny eksperymentu szczegółów. Doktorant nie wskazał na przykład jakie były przerwy między serią zabiegów cieplnych w saunie a serią zabiegów w komorze kriogenicznej. Seria dziesięciu zabiegów termicznych powinna być odległa w czasie od drugiej serii badań tak, aby uniknąć wpływu adaptacji organizmu do zmiennych warunków termicznych mimo, iż były one skrajnie odmienne. Brak tej niezwykle ważnej informacji nie pozwala na rzetelną ocenę wpływu zastosowanych zabiegów termicznych na zmiany badanych wskaźników fizjologicznych.
2. Nie wiadomo jaki był przebieg testu biegowego o stopniowo wzrastającej intensywności, który posłużył do oceny wydolności aerobowej. Nie podano wielkości przyrostów obciążenia wysiłkowego, pominięto metodę wyznaczenia progu metabolicznego, który na tej samej stronie nazwany został progiem przemian anaerobowych a kilka wierszy niżej – progiem mleczanowym (str. 18). Warto zauważyć, że inny jest sposób wyznaczania progu anaerobowego, który oparty jest najczęściej na dynamice zmian wskaźników układu oddechowego, a inny progu mleczanowego, który opiera się na dynamice przyrostów stężenia mleczanu we krwi. Z zawartych w dalszej części tekstu informacji można się zorientować, że wyznaczano próg mleczanowy jednak nie wiadomo jaka konkretnie była metoda jego wyznaczenia.
3. Na stronie 19 zamieszczono informację, że „*Wysilek testowy, obejmował test biegowy o submaksymalnej intensywności, (odpowiadającej 70-80% HR<sub>AT</sub> określonej w badaniach wstępnych) wykonywany przez badanego maksymalnie do 1 godziny. W obu seriach badań przed i po serii zabiegów aplikowano badanym takie samo obciążenie pracą, a mierząc czas jego wykonywania, oceniano wytrzymałość długoczasową badanych*”. Nie podano jaki był kąt ustawienia bieżni podczas wysiłków biegowych. Zastanawia też fakt

ograniczenia czasowego testu biegowego do 1 godziny i równocześnie mierzenie czasu wykonywania tego wysiłku w celu oceny wytrzymałości długoczasowej. Jak zatem określano wytrzymałość zawodników, którzy mogli ten wysiłek kontynuować dłużej niż przez 1 godzinę? Pytanie to nabiera jeszcze większej wagi biorąc pod uwagę, że przedstawiciele jednej z najbardziej wytrzymałościowych dyscyplin sportu, jaką są biegi narciarskie, powinni bez problemu wykonywać wysiłek o tak niewielkiej intensywności, mierzonej poziomem 70-80%  $HR_{AT}$  (średnie  $HR_{AT}=173,3$  sk./min a więc 70-80%  $HR_{AT}=121-138$  sk./min) przez okres znacznie dłuższy niż 60 minut, a moim zdaniem wysiłek ten mógłby trwać nawet kilka godzin. Ponadto nie podano w jaki sposób zmierzono precyzyjnie moc podaną w W/kg podczas testu biegowego na bieżni mechanicznej.

4. Na stronie 19 podano, że badania wykonywano o tej samej porze dnia między godziną 8.00 a 14.00. Badanie wykonane o godzinie 8.00 nie może być przecież uznane za wykonane o tej samej porze dnia co badanie przeprowadzone o godzinie 14.00.
5. W pracy brakuje wyjaśnienia dlaczego czas kąpieli w saunie nie był jednakowy dla wszystkich badanych lecz, jak podano na stronie 24, „*czas spędzony przez badanych w saunie (jedna kąpiel) mieścił się w zakresie 32-52 minut*”? Najdłuższy czas był zatem prawie dwukrotnie dłuższy od najkrótszego, co może mieć znamieny wpływ na reakcje organizmu na zastosowane bodźce termiczne.
6. Opis wyników wydaje się w przeważającej części zbyt szczegółowy, co powoduje trudność w „wyłowieniu” najważniejszych rezultatów przeprowadzonych badań, szczególnie tych, które mogą mieć wartość aplikacyjną. Jest to jednak często spotykany błąd u młodych pracowników nauki, którzy chcąc opisać wszystkie możliwe wyniki i zależności gubią te rezultaty, które warto byłoby wskazać jako najważniejsze z punktu widzenia poznawczego i aplikacyjnego.
7. W legendzie tabeli nr 1 znajduje się maksymalny pobór tlenu ( $VO_2max$ ), który to wskaźnik w tej tabeli nie został zamieszczony.
8. Z danych zawartych w tabeli nr 2 wynika, że prędkość maksymalna ( $v_{max}=13,1$  km/h) była niższa od prędkości progowej ( $v_{AT}=13,6$  km/h), co nie jest możliwe podczas testu o stopniowo wzrastającej prędkości biegu.
9. W opisie tabeli nr 3 Doktorant dwukrotnie wskazuje kolumnę zawierającą wyniki badań sprzed interwencji termicznej (cieplnej i kriogenicznej) jako „grupę kontrolną”, powtarzając ten błąd w wielu miejscach w tekście dysertacji. Tymczasem wiadomo, że w

pracy nie poddano badaniom grupy kontrolnej, za którą nie można przecież uznać tych samych badanych w pierwszym badaniu.

10. Niemal w całej pracy częstość skurczów serca określa Autor jako tętno. O ile w języku potocznym można byłoby uznać to za skrót myślowy, o tyle w dysertacji doktorskiej należy stosować terminologię naukową. Przypomnę tylko, że tętno (puls) są to rytmiczne zmiany średnicy naczyń tętniczych zachodzące pod wpływem zmian ciśnienia krwi, natomiast częstość skurczów serca jest to liczba skurczów mięśnia sercowego w czasie jednej minuty. Częstość tętna (pulsu) jest oczywiście zbieżna z częstością skurczów serca. To mniej więcej tak jakby w pracy naukowej używać słów waga i wzrost zamiast masy i wysokości ciała – na szczęście tego typu błędów Doktorant nie popełnił.
11. W rozdziale „Wnioski” Doktorant zawarł wiele ogólników, w których trudno doszukać się konkretnych wniosków z przeprowadzonych badań. Na przykład we wniosku nr 1 podał autor, że „...odnotowano zmiany w zachowaniu się wskaźników metabolicznych”, nie wskazując o jakie wskaźniki chodzi i jakie zmiany odnotowano. Z kolei we wniosku nr 3 Autor podaje, że „*oba bodźce silnie oddziałują na zachowanie się temperatury ciała, temperatury skóry i funkcje układu krążenia podczas wysiłku...*” ale brakuje informacji jak wpływają obydwie zabiegi termiczne na reakcje wysiłkowych wskaźników fizjologicznych. We wnioskach nr 3, 4 i 5 Doktorant zabiegi w saunie i w kriokomorze nazywa zabiegami cieplnymi zamiast termicznymi (zabiegi kriogeniczne trudno zaliczyć do zabiegów cieplnych). Trudny do zrozumienia jest też ostatni fragment wniosku nr 6: „...*oddziaływanie serii WBH na zachowanie się cech funkcjonowania układu krążenia i cechy temperaturowe ciała podczas testu wysiłkowego, podczas gdy stosowania serii kriostymulacji na parametry metaboliczne rejestrowane w okresie restytucji po wysiłku*”. Zamieszczenie tego typu niezrozumiałych myśli w najważniejszym rozdziale dysertacji budzić musi ogromne zdziwienie każdego czytelnika.
12. W poddanej ocenie dysertacji napotkać można stosunkowo liczne „usterki” stylistyczne oraz błędy literowe i interpunkcyjne, które zaznaczone zostały w dostarczonym egzemplarzu pracy w celu ułatwienia dokonania poprawek podczas przygotowywania jej do ewentualnej publikacji. Wymienię tylko kilka przykładów: „*tempo MET*” zamiast np. „wartość MET” (str. 25); „*nie odnotowano istotnych różnic w cechach temperatury wewnętrznej*” zamiast np. „...w wartościach temperatury wewnętrznej” (str. 25); „*liczebność krwinek*” zamiast „liczba krwinek” (str. 26 i 27); „*wpływ na zachowanie się aktywności AST*” zamiast „wpływ na aktywność AST” (str. 29, 30, 53, 54); „*profile mocy podczas wysiłku*” zamiast np. „wielkości mocy podczas wysiłku” (str. 43); „*trzy 10-*

*minutowe sesje*” zamiast „dziesięć 3-minutowych sesji” (str. 44); „*aklamacja*” zamiast „*aklimacja*” (str. 45); „*cechy odpowiedzi systemowych na wysiłek fizyczny*” zamiast np. „*Wysiłkowe reakcje organizmu...*” (str. 60); „*interwencje cieplne (WBH i WBC)*” zamiast *interwencje termiczne (WBH i WBC)*” – kriostymulacja nie jest interwencją cieplną (str. 48, 54); „*większe odkształcenie układu krążenia podczas wysiłku*” zamiast np. „*bardziej nasilone reakcje układu krążenia podczas wysiłku*” itp. W pracy można ponadto napotkać trudne do zrozumienia zdania, np. „*zmiany w parametrach endokrynologicznych może stanowić istotną informację o wielkości odkształcenia jaki w organizmie indukuje stresor*” (str. 55). Ponadto w tekście pracy znajduje się bardzo duża liczba nieprawidłowych końcówek wyrazów, błędów literowych, interpunkcyjnych, nieprawidłowego zamieszczania nawiasów, cytowania prac itd. Wskazane wyżej „usterki” wynikają z braku staranności w ostatecznym przygotowaniu tekstu, co w większości przypadków nie ma wpływu na wartość merytoryczną lecz pozostawia niedosyt sprawiając wrażenie, że Doktorant nie przywiązuje wagi do stylistycznej formy tekstu pisanego, co nie jest dobrą cechą przyszłego, być może, pracownika nauki.

Mimo wymienionych w recenzji uwag, które wynikają z obowiązku recenzenta i przede wszystkim mają za zadanie pomóc Doktorantowi w dalszym rozwoju naukowym oraz w przygotowaniu pracy do publikacji, uważam, że oceniana dysertacja stanowi cenny materiał badawczy, którego wyniki mają zarówno walory poznawcze, jak również, co najważniejsze, dużą wartość aplikacyjną. Szkoda tylko, że tak cenny materiał badawczy i ważne dla sportu wyczynowego wyniki badań zostały przedstawione w formie nie do końca satysfakcjonującej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra Łukasza Wolowskiego jest opracowaniem, które kompleksowo ujmuje złożone i niezmiernie ważne zagadnienie, jakim jest wpływ ekstremalnych zabiegów termicznych na organizm człowieka. W związku z moją pozytywną oceną zarówno wartości merytorycznej wyników przeprowadzonych badań, będących podstawą recenzowanej rozprawy doktorskiej, jak również ich walorów aplikacyjnych, wnoszę do Wysokiego Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach o dopuszczenie mgra Łukasza Wolowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

prof. dr hab. Andrzej Klimek