



## **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Magdaleny Solich-Talandy pt.: „Wpływ nurkowania na wstrzymanym oddechu na wybrane mechanizmy adaptacyjne i kardioprotekcyjne”**

Nurkowanie na wstrzymanym oddechu jest aktywnością praktykowaną przez ludzi od zarania dziejów w celu zdobycia pożywienia, połowu gąbek oraz pereł. Stanowiło ono dominującą formę eksploracji podwodnego świata aż do drugiej połowy XIX w. kiedy doszło do upowszechnienia klasycznych skafandrów nurkowych. W obecnych czasach nurkowanie na wstrzymanym oddechu jest praktykowane głównie w celach rekreacyjnych oraz w ramach łowiectwa podwodnego. Stanowi ono jednak również prężnie rozwijającą się dyscyplinę sportową, niezwykle ciekawą także z fizjologicznego punktu widzenia. Czołowi zawodnicy potrafią przepłynąć pod wodą nawet 300m i wstrzymać oddech na ponad 11 minut. Osiągnięcie takich rezultatów wymaga zdolności do tolerowania ekstremalnej hipoksemii i hiperkapnii, i niewątpliwie wiąże się z rozwojem szeregu mechanizmów adaptacyjnych. Są one jednak słabo poznane, gdyż w porównaniu do innych dyscyplin sportowych, nurkowanie na wstrzymanym oddechu było tematem stosunkowo niewielkiej liczby prac naukowych. Mając na uwadze powyższe, wybór problematyki badań Doktorantki należy uznać za jak najbardziej uzasadniony. Jest on również naturalną konsekwencją jej kariery zawodniczej, która zaowocowała licznymi tytułami mistrzyni i rekordzistki świata w nurkowaniu na wstrzymanym oddechu.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej przedstawionej mi do oceny było określenie zmian adaptacyjnych zachodzących w układzie oddechowym i krwionośnym w następstwie uprawiania nurkowania na wstrzymanym oddechu. Dodatkowym, istotnym celem było zbadanie czy tego rodzaju aktywność wiąże się ze stymulacją mechanizmów kardioprotekcyjnych. Na podkreślenie zasługuje

sformułowanie przez Doktorantkę konkretnych hipotez badawczych, co niestety w przypadku wielu prac doktorskich wciąż jest pomijane.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska ma układ typowy dla tego rodzaju dysertacji. W obszernym wstępie Doktorantka na początku przedstawia ogólną charakterystykę nurkowania na wstrzymanym oddechu jako konkurencji sportowej. Następnie przechodzi do omówienia reakcji układu oddechowego i krwionośnego zachodzących w trakcie tego rodzaju aktywności. W ostatniej części rozdziału omawia ona czynniki stresowe związane z nurkowaniem na wstrzymanym oddechu, skupiając się przede wszystkim na stresie oksydacyjnym. Doktorantka porusza tu też problematykę mechanizmów kardioprotekcyjnych chroniących serce przed uszkodzeniem wywołanym w następstwie niedokrwienia/reperfuzji. Dobór zagadnień zamieszczonych we wstępie jest prawidłowy i w pełni wystarczający do zrozumienia tematyki rozprawy, nawet dla osoby niebędącej specjalistą w tej dziedzinie.

W rozdziale tym Doktorantka nie ustrzegła się jednak kilku drobnych błędów. Na stronie 8, w trzecim akapicie, pisze ona, że „hiperwentylacja może zwiększyć ryzyko hipokapnii a w konsekwencji nadmiernie rozszerzyć naczynia mózgowe”. W warunkach obniżonego  $pCO_2$  naczynia mózgowe reagują natomiast zwężeniem, a nie rozszerzeniem. Podobny błąd został popełniony na stronie 21 w drugim akapicie. Gwałtowne obniżenie przepływu krwi przez mózg po wznowieniu oddychania przez zawodnika jest wynikiem rozwijającej się wówczas hipo- a nie hiperkapnii. W przypadku ryciny nr 1 niewłaściwie opisano też efekt wazokonstrykcji obwodowej. Prowadzi ona do spadku, a nie wzrostu, przepływu krwi w tkance, w której ten efekt ma miejsce. Nie rozumiem również znaczenia terminu „inflacja tętnic”, zamieszczonego na tym schemacie, w kontekście adaptacji zachodzących na skutek treningu.

Część pracy poświęcona metodyce badań została przygotowana bardzo starannie. Doktorantka szczegółowo charakteryzuje tu uczestników badań, metody pomiaru parametrów spirometrycznych i biochemicznych oraz sposób przeprowadzenia prób wstrzymywania oddechu. Wykorzystane procedury są opisane w sposób jasny i przejrzysty oraz zostały opatrzone licznymi zdjęciami i schematami. Na podkreślenie zasługuje uwzględnienie w badaniach oceny stężenia białek szoku termicznego oraz parametrów stresu oksydacyjnego w próbkach krwi. Znacząco zwiększa to wartość naukową rozprawy. Dobór grup doświadczalnych, metod badawczych, oraz sposób zaplanowania poszczególnych eksperymentów jest prawidłowy i w pełni adekwatny do celów jakie zostały przedstawione w rozprawie. Drobne uwagi mam tylko odnośnie wyboru punktów pomiaru  $SpO_2$  po zakończeniu próby. Moim zdaniem powinna się wśród nich znaleźć także minimalna odczytana wartość. Ze względu na dużą dynamikę zmian  $SpO_2$  w tym okresie, oraz możliwe różnice

międzyosobnicze, pomiary prowadzone wyłącznie w konkretnych punktach czasowych mogą nie odzwierciedlać w pełni rzeczywistego poziomu hipoksemii.

Pewne zastrzeżenia budzi także opis analizy statystycznej uzyskanych wyników. Jest on trochę niejasny i trudno zorientować się jak dokładnie została ona przeprowadzona. Doktorantka podała tutaj, że stosowana była wieloczynnikowa analiza wariancji, podczas gdy pod uwagę brany był tylko jeden czynnik na raz. Była nim grupa doświadczalna, bądź warunki wstrzymania oddechu, a jeżeli chodzi o analizy biochemiczne, czas. Dodatkowo w przypadku zastosowania analizy wariancji do porównania zaledwie dwóch grup nie ma sensu używać testu post hoc, którego prawdopodobieństwo jest podawane w tabelach.

Wyniki uzyskane w rezultacie przeprowadzonych eksperymentów Doktorantka zaprezentowała w 13 tabelach i na 7 przejrzystych rycinach. Rezultaty badań zostały opisane w sposób jasny i zwarty, a kolejność omawianych eksperymentów tworzy logiczny ciąg co znacznie ułatwia ich zrozumienie. Drobne zastrzeżenia budzi jedynie sposób zaokrąglania wyników w tabelach. We wszystkich zmiennych autorka podawała tylko jedną cyfrę po przecinku, co w przypadku parametrów o małych wartościach liczbowych utrudnia porównania pomiędzy grupami.

W pierwszej części tego rozdziału Autorka wykazała, że freediverzy charakteryzują się wyższą wartością natężonej pojemności życiowej, maksymalnej dowolnej wentylacji minutowej oraz natężonej pierwszosekundowej objętości wydechowej w stosunku do grupy kontrolnej. W dalszej części rozdziału Doktorantka opisuje wyniki uzyskane w trakcie statycznych i dynamicznych prób wstrzymania oddechu. Wykazała tu ona między innymi, że freediverzy, w stosunku do grupy kontrolnej, uzyskali dłuższy czas próby oraz średniego odstępu RR, a także niższe wartości SpO<sub>2</sub> po wznowieniu oddychania. Natomiast porównanie prób statycznych wykonanych w środowisku gazowym i wodnym ujawniło niższe wartości HR, i co ciekawe również SpO<sub>2</sub>, w tym ostatnim, pomimo bardzo zbliżonego czasu wstrzymania oddechu. W ostatniej części przedstawione zostały zmiany stężenia białek HSP oraz parametrów stresu oksydacyjnego we krwi. Doktorantka wykazała tu istotny wzrost poziomu HSP27 oraz całkowitego statusu oksydacyjnego po wykonaniu prób wstrzymania oddechu.

Dyskusja wyników jest pogłębiona, a Doktorantka krytycznie interpretuje zgromadzone dane, opierając się o obszernie i adekwatnie dobrane piśmiennictwo anglojęzyczne, co świadczy o dobrej znajomości tematu. W rozdziale tym wkrađło się jednak kilka błędów. Na stronie 64, w trzecim akapicie, zostało podane, że „u osób zdrowych około 1500ml O<sub>2</sub> znajduje się w tkankach z czego około 370ml stanowi objętość O<sub>2</sub> w płucach i 280ml we krwi”. Wartość podana dla krwi jest stanowczo zbyt niska i prawdopodobnie dotyczy wyłącznie krwi tętniczej. Natomiast na stronie 65

znajduje się fragment stwierdzający, że „intensyfikacja przepływu krwi jest wynikiem efektu Bohra”. Chociaż wzrost prężności CO<sub>2</sub> we krwi wywołuje zarówno rozszerzenie naczyń krwionośnych, jak i zmianę powinowactwa hemoglobiny do tlenu, zastosowanie powyższego skrótu myślowego jest nieprawidłowe, gdyż efekt Bohra dotyczy jedynie hemoglobiny.

Polemizowałbym również z przedstawionym w dyskusji wyjaśnieniem przyczyn zaobserwowania znacznie niższych wartości SpO<sub>2</sub> podczas próby statycznego wstrzymania oddechu w wodzie, w stosunku do środowiska gazowego. Moim zdaniem nie mogło to być wynikiem aktywacji odruchu trójdzielno-sercowego na skutek zanurzenia twarzy. Dostępne badania wykazały bowiem, że w sytuacji tej dochodzi do zmniejszenia, a nie zwiększenia, tempa spadku wysycenia krwi tętniczej tlenem. Przyczyn tej zaskakującej obserwacji dopatrywałbym się raczej w różnicach w wielkości zasobów tlenowych w płucach. Próba w wodzie, w odróżnieniu od tej w środowisku gazowym, była bowiem wykonywana w skafandrze nurkowym, który niewątpliwie powoduje ograniczenie głębokości wdechu.

Wnioski stanowią adekwatne podsumowanie wyników badań i ich komentarza zawartego w dyskusji oraz w pełni odpowiadają celom rozprawy. Zostały one prawidłowo sformułowane, mają również dostateczne potwierdzenie w danych eksperymentalnych.

Rozprawa mgr Magdaleny Solich-Talandy, stanowiąca podstawę postępowania doktorskiego, jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego i dowodzi, że Doktorantka nabyła odpowiednie kompetencje umożliwiające samodzielne prowadzenie badań naukowych. Natomiast forma w jakiej dysertacja została przygotowana świadczy o szerokiej wiedzy Doktorantki w zakresie podjętej tematyki badawczej. Niewielkie niedociągnięcia wyszczególnione w niniejszej recenzji nie umniejszają wysokiej wartości naukowej ocenianej pracy stanowiącej cenne uzupełnienie wiedzy na temat adaptacji fizjologicznych do nurkowania na wstrzymanym oddechu. Należy również podkreślić, że w skali kraju są to badania pionierskie, przez co niewątpliwie wymagały pokonania szeregu trudności metodycznych i organizacyjnych.

W związku z powyższym, stwierdzam że praca przedstawiona mi do oceny spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim wymienione w art. 13 ust. 1 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003.65.595 z póź. zm.). Na tej podstawie wnioskuję do Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach o dopuszczenie mgr Magdaleny Solich-Talandy do dalszych etapów postępowania doktorskiego i publicznej obrony.

Białystok, 9 października 2020 r.

Prof. dr hab. n. med. Marcin Baranowski

Zakład Fizjologii,

Wydział Lekarski z Oddziałem Stomatologii i

Oddziałem Nauczania w Języku Angielskim

Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku