

NAUKI O KULTURZE FIZYCZNEJ

Andrzej SAMOŁYK*
Włodzimierz WIĄZEK**
Zbigniew JETHON***

CZYNNOŚĆ PŁUC NURKÓW PO POWIETRZNYCH EKSPOZYCJACH HIPERBARYCZNYCH

W czasie nurkowania na układ oddechowy nurka zaczyna oddziaływać szereg czynników mogących modyfikować pracę płuc. Te czynniki są wskazywane jako zaburzające prawidłową pracę płuc w czasie nurkowania, a także po wynurzeniu. Nieprawidłowości utrzymujące się po pobycie w warunkach podwyższonego ciśnienia i działania pozostałych czynników stresowych, mogą przyczyniać się do zmniejszenia efektywności działania nurka po powrocie do warunków normobarii. Istotne jest więc określenie czy, i ewentualnie jak długo takie zmiany się utrzymują oraz jakie są możliwości ich minimalizowania.

W badaniach uczestniczyło 19 osób w wieku $22,1 \pm 1,3$ lat. Wszystkie ekspozycje hiperbaryczne odbywały się w komorze hiperbarycznej Zakładu Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Badane osoby były sprężane w komorze hiperbarycznej dwukrotnie: do ciśnienia 2 atmosfer (10 metrów) oraz do ciśnienia 3 atmosfer (20 metrów). Czas pobytu na zadanych głębokościach wynosił 20 minut. W przypadku obu ekspozycji jako mieszaninę oddechową wykorzystano sprężone powietrze.

Sprawność układu oddechowego, określano wykonując badanie spirometryczne z wykorzystaniem spirometru MicroLab ML3500 (Micro Medical, Wielka Brytania). Przed każdym pobytem w komorze hiperbarycznej wykonywano badanie spoczynkowe oraz badanie po ekspozycji hiperbarycznej.

Analizując wyniki, można zauważyć, że wyższe wartości prawie wszystkich parametrów zostały uzyskane w pomiarach wykonanych po pobycie w komorze hiperbarycznej. Potwierdza to brak negatywnych zmian w funkcji płuc po jednorazowej ekspozycji hiperbarycznej. Porównanie wartości badanych parametrów spirometrycznych z wartościami należnymi wskazuje, że pozostają one poniżej lub na granicy norm, co świadczy o występowaniu umiarkowanych zmian obturacyjnych w obrębie średnich i małych oskrzeli. Potwierdza to, że nieistotne zmiany w pra-

* dr Andrzej SAMOŁYK – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Raciborzu

** kpt. mgr Włodzimierz WIĄZEK – Studium Wychowania Fizycznego Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych

*** prof. dr hab. med. Zbigniew JETHON – Wyższa Szkoła Fizjoterapii we Wrocławiu

cy płuc obserwowane po jednorazowym nurkowaniu, mogą w wyniku częstych i wielokrotnych nurkowań ulegać pogłębianiu i utrwalaniu, prowadząc do uszkodzeń obturacyjnych dolnych dróg oddechowych

Słowa kluczowe: ekspozycja hiperbaryczna, spirometria, wentylacja płuc, nurek, nurkowanie, podwyższone ciśnienie

WSTĘP

W czasie nurkowania na układ oddechowy nurka zaczyna oddziaływać szereg czynników mogących modyfikować pracę płuc. Samo zanurzenie w wodzie (wzrost ciśnienia hydrostatycznego), stres podczas dekompresji, zwiększone ciśnienie cząstkowe tlenu (hiperoksja), mechaniczne opory oddechowe aparatu nurkowego, oddychanie mieszaniną oddechową (suchą i zimną) oraz wzrastająca gęstość gazów oddechowych są wskazywane jako czynniki zaburzające prawidłową pracę płuc w czasie nurkowania, a także po wynurzeniu. Przede wszystkim tego typu oddziaływanie związane jest z nurkowaniami głębokimi oraz saturowanymi [1], [9] i [14]. W przypadku ekspozycji hiperbarycznych „suchych” na głębokości do 30 metrów można założyć, że jedynie ciśnienie (zmiany) ma wpływ na funkcje układu oddechowego.

Opinie autorów odnośnie zmian w pracy płuc po jednorazowym nurkowaniu są podzielone. Część autorów potwierdza znaczące obniżenie pojemności i przepływów oddechowych po nurkowaniu w morzu, związanych z wyżej wymienionymi czynnikami [8], natomiast inni autorzy nie zaobserwowali zmian w pracy płuc po symulowanym nurkowaniu w suchej komorze hiperbarycznej [4] i [13]. Tetzlaff i wsp. [11] poddali nurków symulowanym nurkowaniom zarówno w suchej jak i w mokrej komorze hiperbarycznej. W czasie tych badań nie zaobserwowali znaczących zmian w pracy płuc po nurkowaniach sugerując, że nie samo zanurzenie i głębokość nurkowania powodują zaburzenia wentylacyjne.

Od prawidłowych funkcji płuc będzie zależała zdolność do podejmowania wysiłków fizycznych oraz sprawność organizmu nurka. Nieprawidłowości utrzymujące się po pobycie w warunkach podwyższonego ciśnienia i działania pozostałych czynników stresowych, mogą przyczyniać się do zmniejszenia efektywności działania nurka po powrocie do warunków normobarii. Istotne jest więc określenie czy, i ewentualnie jak długo takie zmiany się utrzymują, oraz jakie są możliwości ich minimalizowania.

1. OSOBY BADANE I PROCEDURY BADAWCZE

1.1. Osoby badane

W badaniach uczestniczyło 19 osób w wieku $22,1 \pm 1,3$ lat, będących studentami WSOWL we Wrocławiu. Charakteryzowały się one średnią masą ciała $75,5 \pm 12,6$ kg, oraz średnią wysokością ciała $177,7 \pm 8,1$ cm. Wszystkie badane osoby charakteryzowały się dobrym stanem zdrowia oraz posiadały aktualne orzeczenia lekarskie dopuszczające do nurkowania. Dodatkowo każda z nich bezpośrednio przed wejściem do komory hiperbarycznej podlegała rutynowej kontroli lekarskiej. Żadna z badanych osób w przeszłości nie przeżyła urazu ciśnieniowego ucha środkowego lub urazu ciśnieniowego płuc (PBT), oraz nie wystąpiły inne schorzenia czy urazy związane z wypadkami nurkowymi.

Przed przystąpieniem do badań wszyscy badani wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo w badaniach. Na prowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji ds. Etyki Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

1.2. Charakterystyka przeprowadzonych ekspozycji hiperbarycznych

Wszystkie ekspozycje hiperbaryczne odbywały się w komorze hiperbarycznej „Dzwoniec” wchodzącej w skład doświadczalnego głębokowodnego kompleksu nurkowego DGKN-120 znajdującego się na terenie Zakładu Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Wszyscy ochotnicy uczestniczący w badaniach byli członkami Sekcji Płetwonurkowania Studium Wychowania Fizycznego WSOWL we Wrocławiu.

Badane osoby były sprężane w komorze hiperbarycznej dwukrotnie: do ciśnienia 2 atmosfer symulującego pobyt na głębokości 10 metrów (N_1) oraz do ciśnienia 3 atmosfer symulującego pobyt na głębokość 20 metrów (N_2). Czas pobytu na zadanych głębokościach był jednakowy i wynosił 20 minut. W przypadku obu ekspozycji jako mieszaninę oddechową wykorzystano sprężone powietrze. W czasie nurkowań w habitacie panowała średnia temperatura $22,5 \pm 2,0$ °C i średnia wilgotność $45,4 \pm 7,7$ %.

Wszystkie ekspozycje hiperbaryczne przeprowadzono według tabel dekompresyjnych Marynarki Wojennej [10]. Odpowiednio przeszkolona obsługa kompleksu DGKN-120 czuwała nad prawidłowością przebiegu nurkowań. W czasie ekspozycji nie wystąpiły żadne problemy techniczne ani problemy natury medycznej. U żadnej z badanych osób nie wystąpiły objawy choroby dekompresyjnej po wykonanych ekspozycjach.

1.3. Metody badawcze

Sprawność układu oddechowego określano, wykonując badanie spirometryczne z wykorzystaniem spirometru MicroLab ML3500 (Micro Medical, Wielka Brytania). Wszystkie próby badani wykonywali w pozycji siedzącej. Podczas testów badany oddychał przez ustnik połączony z turbiną spirometru. W celu zapewnienia całkowitego przepływu powietrza przez ustnik badanym na nos zakładano klips. W czasie każdego testu badany wykonywał kilka (od 3 do 5) spokojnych cykli oddechowych, następnie wykonywał maksymalny wdech, a po nim następował jak najszybszy i najdłuższy trwający maksymalny wydech. Przedstawioną procedurę badany powtarzał trzykrotnie. Analizie statystycznej poddawany był najlepszy uzyskany wynik. Wszystkie pomiary spirometryczne były wykonywane zgodnie z zaleceniami European Respiratory Society [2], [5]. Przed każdym pomiarem badany był dokładnie instruowany, odnośnie procedury badawczej. W czasie każdego badania dokonywano pomiarów i obliczeń następujących parametrów:

- FVC (forced vital capacity) – natężona pojemność życiowa,
- FEV1 (forced expiratory volume in 1 second) – natężona objętość wydechu pierwszosekundowa,
- PEF (peak expiratory flow) – szczytowy przepływ wydechowy,
- FEV1/FVC% (Tiffeneau index) – wskaźnik Tiffenau,
- FEF25-75% (average flow 25%-75% of the forced vital capacity) – natężony przepływ wydechowy w środku natężonego wydechu,

- MEF75% (maximal expiratory flow at 75% of the forced vital capacity) – maksymalny przepływ wydechowy przy 50% natężonej pojemności życiowej,
- MEF50% (maximal expiratory flow at 50% of the forced vital capacity) – maksymalny przepływ wydechowy przy 50% natężonej pojemności życiowej,
- MEF25% (maximal expiratory flow at 25% of the forced vital capacity) – maksymalny przepływ wydechowy przy 25% natężonej pojemności życiowej.

1.4. Procedura badawcza

Każda z badanych osób odbyła dwa wejścia do komory hiperbarycznej, podczas których symulowane były warunki ciśnienia panującego na głębokości 10 i 20 metrów. Czas trwania pobytu na symulowanych głębokościach w obydwu przypadkach wynosił 20 minut. W czasie pobytu w komorze hiperbarycznej badane osoby nie wykonywały dodatkowej aktywności fizycznej, przebywały w niej w pozycji siedzącej. Wszyscy badani podlegali tej samej procedurze badawczej. Przed każdym pobytom w komorze hiperbarycznej wykonywano badanie spoczynkowe (SPIRO1) oraz badanie po ekspozycji hiperbarycznej (SPIRO2). Wszystkie testy po ekspozycjach hiperbarycznych wykonywane były w czasie do 15 minut od zakończenia pobytu badanych osób w komorze hiperbarycznej.

1.5. Analiza statystyczna

Wyniki uzyskane w trakcie badań zostały przedstawione w postaci wartości średnich (\bar{x}) oraz ich odchyłeń standardowych ($\pm SD$). Do porównania wartości parametrów badanych przed i po wykonanych ekspozycjach hiperbarycznych wykorzystano nieparametryczny test kolejności par Wilcoxon (Statistica 8.0, StatSoft, USA). Za istotne statystycznie uznano wartości na poziomie $p < 0,05$.

2. WYNIKI BADAŃ

Porównanie wartości badanych parametrów, uzyskanych podczas badania spoczynkowego (SPIRO1) i wykonanego bezpośrednio po ekspozycji hiperbarycznej (SPIRO2) na głębokość 10 metrów, wykazało istotne statystycznie różnice pomiędzy wskaźnikiem Tiffenau ($FEV_1/FVC\%$), natężonym przepływem wydechowym w środku natężonego wydechu ($FEF_{25-75\%}$) oraz maksymalnym przepływem wydechowym przy 25% natężonej pojemności życiowej ($MEF_{25\%}$) (tabela 1).

Tabela 1. Średnie wartości ($\pm SD$) badanych parametrów oddechowych uzyskanych w badaniu wykonanym przed (SPIRO1) i po (SPIRO2) ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 10 metrów (N_1). (* - $p < 0,05$)

PARAMETR	FVC [l]	FEV ₁ [l]	PEF [l/s]	FEV ₁ /FVC% [%]	FEF _{25-75%} [l/s]	MEF _{75%} [l/s]	MEF _{50%} [l/s]	MEF _{25%} [l/s]
SPIRO1	5,6 ±1	4,3 ±0,8	8,8 ±1,7	78,2 ±5,5	3,8 ±0,9	7 ±1,3	4,4 ±1,1	1,9 ±0,5
SPIRO2	5,5 ±1	4,4 ±0,8	8,8 ±1,9	79,8 ±5,7*	4 ±0,9*	7,1 ±1,5	4,6 ±1,1	2 ±0,5*

Źródło: Opracowanie własne

Można zauważyć, że wartości wszystkich badanych parametrów (poza FVC) wzrosły w badaniu SPIRO2 w porównaniu do wartości spoczynkowych. Wskazuje to na poprawę w zakresie natężonych przepływów płucnych (tabela 1).

Analiza wyliczonych procentowych wartości należnych dla badanych parametrów uzyskanych przed i po ekspozycji na głębokość 10 metrów (N_1) również wykazała obecność istotnych statystycznie różnic pomiędzy $FEF_{25-75\%}$ i $MEF_{25\%}$ (tabela 2). Oczywiście również i w tym przypadku po nurkowaniu wielkości procentowe wartości należnych wszystkich parametrów (poza %FVC) uległy zwiększeniu (tabela 2).

Tabela 2. Średnie procentowych wartości należnych wyliczone dla badanych parametrów oddechowych uzyskanych w badaniu przed (SPIRO1) i po (SPIRO2) ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 10 metrów (N_1). (* - $p < 0,05$)

PARAMETR	%FVC [l]	%FEV ₁ [l]	%PEF [l/s]	%FEF _{25-75%} [l/s]	%MEF _{75%} [l/s]	%MEF _{50%} [l/s]	%MEF _{25%} [l/s]
SPIRO1	109,4 ±9,7	100,8 ±11,2	92,2 ±11,3	77,5 ±16,7	85,7 ±14,2	80,7 ±19,2	72,3 ±17,3
SPIRO2	108 ±8,8	101,4 ±10,3	91,9 ±14,6	81,1 ±16,8*	87,2 ±14,2	84,5 ±18,7	76 ±19,8*

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 3 przedstawiono średnie wartości badanych parametrów oddechowych uzyskanych w czasie SPIRO1 i SPIRO2 po ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 20 metrów (N_2). Jak można zaobserwować pomiędzy większością parametrów wystąpiły istotne statystycznie różnice (tabela 3). W przypadku parametru FVC po nurkowaniu uzyskano istotne statystycznie obniżenie się badanej wartości. Wartości wskaźnika Tiffeneau ($FEV_1/FVC\%$) uzyskane w badaniu wykonanym po pobycie na głębokości 20 metrów (SPIRO2) były istotnie statystycznie wyższe od uzyskanych w badaniu spoczynkowym (SPIRO1) (tabela 3). Istotne statystycznie różnice zaobserwowano również w trakcie analizy wartości parametrów $MEF_{50\%}$, $MEF_{25\%}$ i $FEF_{25-75\%}$. Zmiany były charakterystyczne dla wszystkich parametrów i wyglądały podobnie jak w przypadku parametru $FEV_1/FVC\%$, czyli wartości uzyskane w trakcie SPIRO2 były wyższe od uzyskanych w trakcie SPIRO1 (tabela 3).

Wskazuje to na istotną statystycznie poprawę w zakresie wyszczególnionych wskaźników natężonego przepływu płucnego, następującą po ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 20 metrów. Zmiany te są podobne, choć bardziej nasilone, do tych uzyskanych w badaniach wykonanych po N_1 .

Tabela 3. Średnie wartości (±SD) badanych parametrów oddechowych uzyskanych w badaniu wykonanym przed (SPIRO1) i po (SPIRO2) ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 20 metrów (N_2). (* - $p < 0,05$)

PARAMETR	FVC [l]	FEV ₁ [l]	PEF [l/s]	FEV ₁ /FVC% [%]	FEF _{25-75%} [l/s]	MEF _{75%} [l/s]	MEF _{50%} [l/s]	MEF _{25%} [l/s]
SPIRO1	5,6 ±1	4,2 ±0,8	8,7 ±1,5	76,4 ±7,1	3,6 ±1	6,8 ±1,5	4,2 ±1,2	1,7 ±0,6
SPIRO2	5,4 ±1*	4,2 ±0,8	8,8 ±1,6	78,6 ±6,5*	3,8 ±1*	6,9 ±1,6	4,4 ±1,1*	1,9 ±9,6*

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 4 przedstawiono procentowe wielkości wyliczonych wartości należnych dla parametrów oddechowych badanych przed (SPIRO1) i po (SPIRO2) ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 20 metrów (N₂). Jak można było przypuszczać, wielkość procentowa wartości należnej dla parametru %FVC uległa istotnemu statystycznie obniżeniu po pobycie na głębokości 20 metrów. Istotnie statystycznie różnice zaobserwowano również pomiędzy badaniem spoczynkowym (SPIRO1) a wykonanym po ekspozycji N₂ (SPIRO2) dla wielkości procentowych wartości należnych dla parametrów maksymalnego przepływu wydechowego przy 50% natężonej pojemności życiowej (%MEF_{50%}), maksymalnego przepływu wydechowego przy 25% natężonej pojemności życiowej (MEF_{25%}) oraz natężonego przepływu wydechowego w środku natężonego wydechu (FEF_{25-75%}) (tabela 4).

Wielkości procentowe wartości należnych były wyższe dla wartości wyszczególnionych parametrów uzyskanych w czasie SPIRO2 (tabela 4). Zmiany te są podobne jak w przypadku porównań dokonywanych pomiędzy parametrami uzyskanymi przed i po ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 10 metrów (N₁) (tabela 2).

Tabela 4. Średnie procentowych wartości należnych wyliczone dla badanych parametrów oddechowych uzyskanych w badaniu przed (SPIRO1) i po (SPIRO2) ekspozycji hiperbarycznej na głębokość 20 metrów (N₂). (* - p<0,05)

PARAMETR	%FVC [l]	%FEV ₁ [l]	%PEF [l/s]	%FEF _{25-75%} [l/s]	%MEF _{75%} [l/s]	%MEF _{50%} [l/s]	%MEF _{25%} [l/s]
SPIRO1	109,7 ±8,7	98,8 ±11,9	91,1 ±10,7	72,4 ±18,9	83,6 ±15,3	76,1 ±21,3	66,8 ±20,7
SPIRO2	106,8 ±8,7*	98,8 ±10,6	92,7 ±11,6*	76,9 ±18*	86,1 ±16	79,9 ±19,2*	72,3 ±21*

Źródło: Opracowanie własne

3. DYSKUSJA

Analizując wyniki badań spirometrycznych uzyskanych przed i po ekspozycjach hiperbarycznych, można zauważyć, że nieznacznie wyższe wartości prawie wszystkich parametrów zostały uzyskane w pomiarach wykonanych po pobycie w komorze hiperbarycznej. Potwierdza to doniesienia autorów, którzy nie zaobserwowali negatywnych zmian w funkcji płuc po jednorazowej ekspozycji hiperbarycznej [4], [11] i [13]. Wydaje się, że istotne statystycznie różnice w badanych parametrach przed i po nurkowaniu wskazujące na poprawę funkcji płuc, przede wszystkim są spowodowane zbyt krótkim czasem pobytu na zadanych głębokościach (do 20 minut w komorze hiperbarycznej). Dodatkowo, może wynikać z niewielkich głębokości (do 20 metrów), na jakich przebywali badani nurkowie. Badania prowadzone przez Tetzlaff'a i wsp [11], [12] wskazują, że wraz ze wzrostem głębokości nurkowania nasilają się niepożądane objawy i reakcje ze strony układu oddechowego, manifestujące się jako nadreaktywność dróg oddechowych powodująca zmiany w pracy płuc. Brak istotnych statystycznie różnic sugerujących pogorszenie się sprawności płuc, a nawet nieznaczna poprawa w zakresie wielu z badanych parametrów wydają się potwierdzać powyższe doniesienia.

Warto jeszcze zwrócić uwagę na istotną zależność. Porównanie wartości badanych parametrów spirometrycznych z wartościami należnymi wskazuje, że parametry FEF_{25-75%}, MEF_{50%} i MEF_{25%} pozostają poniżej lub na granicy normy (80% należnej wartości). Te zaobserwowane spoczynkowe wartości pojemności i przepływów płuc-

nych, niższe od wyliczanej normy, w niektórych przypadkach jedynie nieznacznie przekraczają dopuszczalną normę (poniżej 80% należnej wartości). Można zauważyć, że wartości parametrów PEF, FEF_{25-75%}, MEF_{50%} i MEF_{25%} plasują się w granicach mówiących o występowaniu umiarkowanych zmian obturacyjnych w obrębie średnich i małych oskrzeli. Potwierdza to doniesienia innych autorów [3], [6], [7] i [16], że nieistotne zmiany w pracy płuc obserwowane po jednorazowym nurkowaniu, mogą w wyniku częstych i wielokrotnych nurkowań ulegać pogłębianiu i utrwalaniu, prowadząc do uszkodzeń obturacyjnych drobnych dróg oddechowych [15].

PODSUMOWANIE

Wyniki badań własnych wskazują na niebezpieczeństwo związane z powtarzaniem w długim okresie ekspozycji hiperbarycznych. Powstawanie dysfunkcji drobnych dróg oddechowych może prowadzić do nieprawidłowości w funkcji płuc i w konsekwencji do nawet znacznego upośledzenia wydolności fizycznej nurka. Należy więc poszukiwać możliwości przeciwdziałania tym zmianom, a jeżeli już się pojawią to minimalizowania ich skutków.

Potrzebne są dalsze badania, nad metodami niwelowania negatywnego wpływu powtarzanych ekspozycji hiperbarycznych na organizm człowieka, w tym na układ oddechowy.

LITERATURA

- [1]Clarke J. R., Flook V., *Respiratory function at depth*, [w:] *The lung at depth*, pod red. Lundgren C. E. G., Dekker, New York 1999, s. 1-71.
- [2]Cotes J. E., Chinn D. J., Quanjer P. H., Roca J., Yernault J. C., *Standardization of the measurement of transfer factor (diffusing capacity)*, [w:] "Eur Respir J", nr 6/1993, s. 41-52.
- [3]Davey I. S., Cotes J. E., Reed J. W., *Relationship of ventilatory capacity to hyperbaric exposure in divers*, [w:] "J Appl Physiol", nr 56/1984, s. 1655-1658.
- [4]Dujic Z., Eterovic D., Denoble P., Krstacic G., Tocilj J., Gosovic S., *Effects of a single air dive on pulmonary diffusing capacity in professional divers*, [w:] "J Appl Physiol", nr 74/1993, s. 55-61.
- [5]Quanjer P. H., Tammeling G. J., Cotes J. E., Pedersen O. F., Peslin R., Yernault J. C., *Lung volumes and forced expiratory flows*, [w:] "Eur Respir J", nr 6/1993, s. 5-40.
- [6]Skogstad M., Haldorsen T., Kjuus H., *Pulmonary and auditory function among experienced construction divers: a cross-sectional study*, [w:] "Aviat Space Environ Med", nr 70/1999, s. 644-649.
- [7]Skogstad M., Thorsen E., Haldorsen T., *Lung function over the first 3 years of a professional diving career*, [w:] "Occup Environ Med", nr 57/2000, s. 390-395.
- [8]Skogstad M., Thorsen E., Haldorsen T., Melbostad E., Tynes T., Westrum B., *Divers' pulmonary function after open-sea bounce dives to 10 and 50 meters*, [w:] "Undersea Hyperb Med", nr 23/1996, s. 71-75.
- [9]Suzuki S., Ikeda T., Hashimoto A., *Decrease in the single-breath diffusing capacity after saturation dives*, [w:] "Undersea Biomedical Research", nr 18/1991, s. 103-109.

- [10] *Tabele dekompresji i rekompresji nurków*, Dowództwo Marynarki Wojennej, Gdynia 1982.
- [11] Tetzlaff K., Stachsen C. M., Koch A., Heine L., Kampen J., Neubauer B., *Respiratory pattern after wet and dry chamber dives to 0,6 MPa ambient pressure in healthy males*, [w:] "Respir Physiol", nr 118/1999, s. 219-226.
- [12] Tetzlaff K., Friege L., Koch A., Heine L., Neubauer B., Struck N., Mutzbauer T. S., *Effect of ambient cold and depth on lung function in humans after a single scuba dive*, [w:] "Eur J Appl Physiol", nr 85/2001, s. 125-129.
- [13] Thorsen E., Risberg J., Segadal K., Hope A., *Effects of venous gas microemboli on pulmonary gas transfer function*, [w:] "Undersea Hyperb Med", nr 22/1995, s. 347-353.
- [14] Thorsen E., Segadal K., Kambestad B. K., *Mechanisms of reduced pulmonary function after a saturation dive*, [w:] "Eur Respir J", nr 7/1994, s. 4-10.
- [15] Thorsen E., Segadal K., Reed JW., Elliott C., Gulsvik A., Hjelle JO., *Contribution of hyperoxia to reduced pulmonary function after deep saturation dives*, [w:] "J Appl Physiol", nr 75/1993, s. 657-662.
- [16] Watt S. J., *Effect of commercial diving on ventilatory function*, [w:] "Br J Ind Med", nr 42/1985, s. 59-62.

DIVERS' PULMONARY FUNCTION FOLLOWING AIR HYPERBARIC EXPOSURES

Summary

During diving a number of factors capable of affecting pulmonary function begin to influence a diver's respiratory system. These factors are shown as disrupting the proper functioning of lungs during diving as well as after surfacing. The negative effects that extend their influence beyond the stay in an increased pressure environment and other stress factors may contribute to lowering the effectiveness of a diver's functioning after that person returns to normal pressure conditions. It is, therefore, imperative to determine whether and for how long such changes endure, and to seek ways to minimize their effects.

Nineteen subjects participated in the study, with a mean age of 22.1 ± 1.3 years. All of the hyperbaric exposures took place in a hyperbaric chamber at The Department of Diving Technology and Underwater Works at the Naval Academy in Gdynia, Poland. The subjects were exposed to increased pressure twice: in one session to the pressure of 2 atmospheres (10 meters), and in the other session to the pressure of 3 atmospheres (20 meters). The stay lasted 20 minutes. In both cases, compressed air was used as respiratory substance.

The efficiency of the respiratory system was evaluated through a spirometric examination with a MicroLab ML3500 (Micro Medical, Great Britain) spirometer. Before each session in the hyperbaric chamber, a control examination was performed. Another examination was conducted after an increased pressure exposure.

It can be observed from the results that the higher values of virtually every parameter were obtained during the examination performed after the hyperbaric chamber sessions. This confirms the fact that there are no negative changes in pulmonary function after a single hyper-

baric exposure. The juxtaposition of the examined spirometric parameters with the due values indicates that they remain below or at normal level. This, in turn, suggests the presence of moderate constrictions in the medium and small bronchi. These results confirm that insignificant changes in pulmonary function observed after a single diving may increase and become more permanent as a result of frequent diversings, leading to constriction damage of the lower respiratory tract.

Key words: *hyperbaric exposure, spirometry, lung ventilation, diver, diving, increased pressure*

Artykuł recenzował: dr hab. Eugeniusz BOLACH, prof. AWF