

Ocena wpływu środowiska hiperbarycznego - narkozy azotowej na sprawność umysłową i percepcyjną podczas saturowanych ekspozycji powietrznych za pomocą testów arytmetycznych

Assessment on the impact of hyperbaric environment - nitrogen narcosis on brain functions and perception during air saturation by use of arithmetic test

Piotr Siermontowski¹, Zdzisław Kobos², Romuald Olszański¹,
Agnieszka Pedrycz³, Robert Koktysz⁴, Zbigniew Dąbrowiecki¹, Grzegorz Zajac⁵

¹Department of Maritime & Hyperbaric, Medicine Military Institute of Medicine, Gdynia

²Chair of Occupational and Stress Psychology, Cardinal Stefan Wyszyński University, Warsaw

³Department of Histology and Embryology with Laboratory of Experimental Cytology, Medical University of Lublin

⁴Department of Pathology, Military Institute of Medicine, Warsaw

⁵Department of Rehabilitation, Provincial Specialist Hospital in Chełm

Streszczenie

Nurkowania militarne i większość nurkowań rekreacyjnych odbywa się na głębokościach nieprzekraczających 30m., natomiast często są nurkowaniem długotrwałymi. Postanowiono zbadać wpływ narkozy na sprawność umysłową i percepcję podczas nurkowań w zakresie głębokości 12 – 30m. W tym celu zastosowano test arytmetyczny.

Nurkowie wykonywali symulowane saturowane nurkowania powietrzne, rozwiązując testy arytmetyczne przed nurkowaniem, po osiągnięciu maksymalnej głębokości podczas każdego dnia ekspozycji i po jej zakończeniu. Badanie polegało na sumowaniu ciągów 5-o cyfrowych. Mierzono czas wykonania testu, oraz ilość popełnionych błędów. Wyniki poddano analizie statystycznej określając wpływ narkozy azotowej na prawidłowość wykonywania testów.

Stwierdzono istotny wpływ hiperbarii powietrznej na wyniki testu arytmetycznego. Zmiany obserwowano w zależności od głębokości i od czasu trwania ekspozycji.

Słowa kluczowe: nurkowanie, narkoza azotowa, wydolność umysłowa

Abstract

The air as a breathing factor in the depth of 30m and more carries a significant risk of nitrogen narcosis, and it increases with rising depth. The symptoms of narcosis make underwater tasks more or less difficult.

Military diving and most of recreational diving take place at depth up to 30m, but it last for a long time. It was decided to examine the impact of narcosis on mental performance and perception during dives to depths of 12 to 30m. In this purpose, the arithmetic tests were used.

Divers performed simulated saturated air dives, solving arithmetic tests before diving, after reaching a maximum depth during each day of the exposure and after the dive. The study was based on the summation of the 5-numeral sequence. Time of the test and the number of mistakes was measured. The results were statistically analyzed by specifying the impact of the nitrogen narcosis on the validity of the tests.

A significant impact of air hiperbaria on arithmetic test was observed. According to the depth and duration of the exposure, changes were observed.

Keywords: diving, nitrogen narcosis, mental efficiency

Wstęp

Wykonywanie zadań wiąże się efektywnością działania, która decyduje o możliwości realizacji zadań czy osiągniętych wynikach. Wysoki stopień sprawności działania warunkowany jest wieloma czynnikami. Są to zarówno warunki w których realizowane są zadania, jak i otoczenie materialne czy społeczne. Równie istotne jest też środowisko działania, jak i cechy fizyczne człowieka.

Także bardzo ważne są jego indywidualne predyspozycje. Te ostatnie, a szczególnie możliwości poznawcze, percepcyjno-motoryczne, nastawienie i motywacja zadaniowa, pozwalają prognozować określony stopień efektywności zawodowej czy poziom realizowanych zadań. Tak dzieje się zazwyczaj, kiedy wyznaczone do realizacji zadania są nieskomplikowane. Jednak, realizacja niektórych czynności profesjonalnych czy działań wiąże się z nowymi, za-

skakującymi, niespotykanymi w codziennej aktywności sytuacjami i warunkami ich realizacji. Są to na przykład: działania w sytuacjach ekstremalnych, dystrakcji czy w deficycie czasu. W takich sytuacjach ich przebieg jest determinowany indywidualnymi cechami osobowościowymi, temperamentalnymi, które wpływają modyfikująco na efektywność realizowanych zadań. Wynika to z tego, iż wyuczone dotychczas sposoby działania i opanowane schematy postępowania, nie są możliwe do zastosowania w nowych warunkach, tak aby efektywnie zrealizować wyznaczone cele działania. Tak więc, sprawność działania obniża się, popełniane są wówczas przez człowieka błędy w realizacji kolejnych, cząstkowych sekwencji, decydujących o finalnym rezultacie wykonywanych zadań.

Współczesne symulatory umożliwiają wykreowanie bardzo różnorodnych, ekstremalnych warunków, które mogą wystąpić w środowisku działania człowieka, wykonującego nakazane mu zadania. Ponadto owe symulatory spełniają kilka ważnych funkcji:

- a) pozwalają zaznajomić się z sytuacjami ekstremalnymi,
- b) umożliwiają ćwiczenie realizacji zadań w takich warunkach,
- c) umożliwiają wyrobienie działań nawykowych związanych z funkcjonowaniem w sytuacjach ekstremalnych,
- d) wyrabiają, po pewnym czasie treningu, odporność psychiczną na takie sytuacje,
- e) dają przekonanie, iż można efektywnie poradzić sobie z sytuacjami ekstremalnymi, ponieważ już wielokrotnie realizowało się zadania w takich warunkach (aspekt motywacyjny).
- f) pozwalają rejestrować sposób postępowania we wspomnianych sytuacjach (aspekt dydaktyczny), co stanowi podstawę w zakresie analizy sprawności działania i umożliwia w przyszłych działaniach eliminację popełnianych uprzednio błędów,
- g) dają materiał poglądowy dla kolejnych osób, które mają realizować zadania w sytuacjach trudnych (aspekt kazuistyczny), co powinno je ostrzec i ustrzec przed błędami, które wcześniej zdarzały się we wspomnianych sytuacjach.

Jednym z rodzajów tego typu symulatorów są komory i kompleksy hiperbaryczne, pozwalające na symulowanie warunków nurkowania [1,2].

W przypadku zadań związanych z nurkowaniem istnieje wiele czynników środowiskowych, które mogą wpływać na sprawność działania i poprawność realizowanych czynności. Podczas testów w komorze hiperbarycznej ocenia się między innymi możliwości adaptacyjne organizmu do funkcjonowania w warunkach hiperbarii, a także efektywność wykonywania zadań wymagających sprawności poznawczej i psychomotorycznej w takich warunkach. Owe zadania winny być egzemplifikacją czynności realizowanych w warunkach nurkowania,

szczególnie nurkowania głębokowodnego. Ponadto powinny umożliwić ocenę realności poradzenia sobie we wspomnianych warunkach.

Takie sytuacje, jak stres hiperbarii oraz zmiana składu mieszaniny oddechowej wymagają adaptacji psychofizycznej organizmu. Z literatury wynika, że sprawność ustroju zależy również w dużej mierze od składu czynników oddechowych, które poprzez oddziaływanie fizjologiczne na ustrój ludzki, modyfikują możliwości: percepcyjne, poznawcze czy psychomotoryczne [3,4].

Wykonywanie zadań pod wodą niesie za sobą liczne ograniczenia, spowodowane między innymi działaniem gazów obojętnych na organizm. Najbardziej znanym jest zjawisko narkozy azotowej, które wiąże się ze stosowaniem do oddychania pod ciśnieniem powietrza i mieszanin typu Nitrox.

Próbowano wyjaśnić zależność efektu narkotycznego gazów na podstawie ich rozpuszczalności w tłuszczach (teoria Meyera i Overtona). Teoria ta zakłada istnienie zależności między rozpuszczalnością gazów obojętnych w lipidach i ich narkotycznym działaniem. Im mniejsza rozpuszczalność w wodzie, a większa w lipidach, tym efekt narkotyczny jest silniejszy [3,4,5,6].

Objawy narkozy azotowej (przy wykorzystaniu powietrza jako czynnika oddechowego) występują i nasilają się wraz ze wzrostem głębokości, będąc najczęściej zauważalne od głębokości 30m. Podczas dekompresji objawy narkozy ustępują. Czynnikiem nasilającymi objawy narkozy azotowej, a ponadto powodującymi szybsze ich pojawienie się, są: alkohol, zmęczenie, ciężka praca, zimno, leki sedatywne i wzrost zawartości dwutlenku węgla w czynniku oddechowym [4,5,6,7]. Najistotniejsze z nich to: euforia, błędy w obliczeniach i niewłaściwe decyzje, zwolnienie reakcji na bodźce, dezorientacja co do czasu i miejsca, czasem senność, na dużych głębokościach (ponad 70m) halucynacje, omdlenie i utrata przytomności [1,3]. Śmiertelna narkoza azotowa zdarzała się najczęściej podczas nurkowań na powietrzu w granicach 100m [4].

Obraz nurka, u którego występują objawy narkozy azotowej to: zadania wykonuje powoli, myli się w obliczeniach, popełnia błędy przy rejestracji danych z przyrządów, ale jest przy tym euforyczny, pewny siebie, hałaśliwy, lekkomyślny, zachowuje się w sposób nieodpowiedzialny, cechuje go niechęć do słuchania jakichkolwiek rad i poleceń udzielanych z zewnątrz [2,3,4]. Objawy narkozy azotowej porównywane są do objawów zatrucia alkoholowego. Dlatego Lanphier [8] określił efekt tej choroby jako „prawo Martini”.

Objawy narkozy azotowej zależą także od indywidualnych predyspozycji, np. u jednego nurka narkoza nie występuje nawet przy głębokości 50m, podczas gdy u innego już na głębokości mniejszej niż 30m wystąpią objawy. Osoby bardziej stabilne emocjonalnie potrafią opanować objawy narkozy azotowej. Również częste ekspozycje powietrzne dają pewną adaptację [5,7].

Nurkowania dla celów militarnych, ale i część nurkowań komercyjnych wykonywanych w zakresie głębokości do 30 metrów mogą wymagać działań o wielkiej precyzji i dokładności. Aby ocenić wpływ narkozy gazów obojętnych na sprawność psychofizyczną, przeprowadzono prezentowane badania.

Celem pracy była ocena wpływu narkozy azotowej podczas symulowanych nurkowań saturowanych do głębokości mniejszych niż 30m, na sprawność psychofizyczną oraz nabywanie tolerancji.

Materiał i metoda

W badaniach oceniano sprawność umysłową i percepcyjną za pomocą testu arytmetycznego Witenborna [6] (ryc. 1). Badaniem objęto 23 mężczyzn w wieku od 20 do 35 lat ($x = 30$); nurków zawodowych. Ekspozycje powietrzne saturowane wykonano w latach 1981 – 1987.

Fig. 1 Arkusz testu Witenborna

3	8	8	7	6	5	9	8	5	5	5	9	7	3	6	7	8	6	8	5
9	8	7	9	8	8	3	9	6	7	8	4	9	8	8	4	9	7	9	8
7	9	9	8	9	5	7	4	7	9	8	6	8	7	5	6	9	9	6	4
6	4	5	3	4	7	6	8	9	5	3	7	5	6	4	9	5	3	4	8
6	6	7	8	9	6	9	9	3	7	5	6	3	7	5	6	5	6	8	6
7	8	9	7	8	9	7	8	9	9	8	9	9	8	8	9	9	8	7	8
8	8	8	4	8	3	6	4	6	8	9	4	6	9	9	9	7	7	8	9
5	5	3	6	5	7	7	4	5	4	5	7	9	5	4	3	5	4	3	5
5	8	9	7	8	3	9	6	5	7	5	3	7	4	8	6	7	9	5	8
8	7	6	9	9	9	5	7	8	5	7	8	7	7	5	9	7	7	8	3
9	9	9	5	4	8	8	9	9	9	9	8	9	6	9	3	8	6	8	7
6	4	3	6	7	6	6	4	3	6	4	4	5	8	5	8	6	8	5	4
9	5	7	8	7	4	6	4	5	3	7	8	4	3	6	7	5	7	4	8
7	6	5	8	8	8	9	8	8	9	8	5	7	8	7	8	6	9	8	3
8	5	6	6	9	9	9	9	7	7	6	8	6	6	4	8	6	9	7	3
4	9	8	9	5	7	4	8	6	5	4	9	6	9	9	9	3	5	6	5
9	5	6	3	8	6	4	8	6	7	9	8	3	7	6	5	9	8	4	7
3	6	8	9	9	7	7	3	9	9	7	5	8	8	8	6	7	7	7	8
7	8	8	7	6	9	8	6	8	8	6	8	6	4	7	7	8	5	5	9
8	4	4	8	5	5	5	9	5	4	5	7	8	8	5	8	3	4	9	3
Nr -																			
Name																			
Depth																			
Test time:																			
Start -																			
Finish -																			
5 min. -																			
Errors -																			

Badania prowadzono podczas treningowych nurkowań saturowanych. Czynnikiem oddechowym było powietrze, razem wykonano 30 osoboekspozycji 6-0 dniowych. Nurków w zespołach 3 osobowych sprężano w komorze hiperbarycznej z prędkością 10m/min, osiągając plateau na głębokościach od 12 do 30m.

Nurkowie wypełniali arkusze testowe w przeddzień pierwszej ekspozycji, następnie podczas każdego dnia pobytu w nadciśnieniu i po zakończeniu ekspozycji. Test polegał na sumowaniu 100 ciągów po 4 cyfry. Mierzono czas rozwiąza-

nia całego testu, ilość zsumowanych ciągów w czasie 5 minut i liczbę popełnionych błędów. Z uwagi na liczbę nurków i ekspozycji, oraz podobieństwo wyników dla poszczególnych głębokości, wyniki poddano analizie statystycznej bez podziału na głębokości. Otrzymane wyniki oceniono statystycznie przy użyciu testów Friedman's ANOVA i Kruskal – Wallis ANOVA, określono współczynnik zgodności Kendall's.

Wyniki badań

Stwierdzono, iż hiperbaria powietrzna miała istotny wpływ na wyniki Testu Arytmetycznego. Mimo osiągania małych głębokości zmiany obserwowano i były one zależne od czasu trwania ekspozycji. Uzyskane rezultaty przedstawiono w tabeli 1.

Niezależnie od głębokości, średnia liczba błędów w porównaniu z wartością wyjściową początkowo rosła (pierwszy dzień ekspozycji) a następnie malała podczas kolejnych dni. Wartość osiągnięta w badaniu po zakończeniu saturacji nie odbiegała od występujących podczas ostatnich dób (V i VI) ekspozycji. Różnice te były statystycznie.

Średni czas wykonywania testu w porównaniu z wartością wyjściową malał podczas kolejnych dób ekspozycji, jednak w sposób nieznamienisty statystycznie.

Średnia liczba zsumowanych w ciągu 5 minut ciągów, w porównaniu z wartością wyjściową rosła w sposób znamienisty statystycznie. Wartość osiągnięta w badaniu po zakończeniu saturacji odpowiadała wartościom osiąganym w II i III dobie ekspozycji.

Omówienie wyników

Na wstępie należy przyjąć, że długi czas wykonywania testu przed rozpoczęciem ekspozycji i znaczną liczbę błędów wiązać trzeba z faktem, iż był to pierwszy kontakt badanych z testem. Rozwiązując po raz pierwszy uczyli się „obsługi testu”.

Istotną statystycznie zależność uzyskano między liczbą popełnianych błędów ($p=0,01$) i w licznie ciągów zsumowanych w ciągu 5 minut ($p=0,01$), natomiast kolejny parametr; czas wykonania zadania nie osiągnął poziomu istotności statystycznej. Uzyskane rezultaty sugerują, że sprawność działania polegająca na wykonywaniu prostych operacji umysłowych wykazuje mniejszą efektywność realizacji zadań, przejawiającą się gorszą koncentracją zadaniową. Mimo, iż „czas wykonania” zadania nie osiągnął poziomu istotności statystycznej, to jednak oddziaływanie hiperbarii spowodowało większe zintegrowanie uzyskanych wyników między kolejnymi etapami badania.

Poprawa każdego z badanych parametrów podczas kolejnych ekspozycji wyraźnie wskazuje na rolę procesu adaptacji i/lub coraz lepszej „obsługi” testu.

Zatem należy sądzić, iż poprzez oddziaływanie narkozy azotowej na OUN, nawet w zakresie głębokości do 30m, zmniejszają się możliwości człowieka w zakresie

Tab. 1. Parametry statystyczne badanych osób w warunkach hiperbarii x- średnia, SD-odchylenie standardowe

Etap	Liczba błędów		Czas wykonania		5 min	
	x	SD	X	SD	x	SD
Przed	3.8	1,30	8,04	1,65	58.2	7,73
I	4.4	3,78	7,93	1,40	65.8	9,81
II	1.8	1,30	7,05	0,79	74.4	8,11
III	2.2	2,59	7,33	1,67	76.6	14,31
IV	2.2	3,03	7,01	0,44	75.6	4,98
V	1.4	1,52	6,63	0,58	78.0	8,72
VI	1.0	1,22	6,01	0,86	81.6	7,83
Po	1.4	1,14	6,08	0,45	74	11,10
Istotność statystyczna różnic	df = 7; wartość testu = 18,91; p=0,01), współczynnik zgodności = 0,54		df = 7; wartość testu = 16,46; p=0,02), współczynnik zgodności = 0,47		df = 7; wartość testu = 19,93; p=0,006), współczynnik zgodności = 0,57	

wykonywania podstawowych operacji umysłowych, co niewątpliwie rzutuje na poziom i sprawność realizacji zadań, oraz niezawodność działania operatorskiego. Dlatego należy uwzględnić istnienie narkozy w planowaniu nurkowania płytkiego. Zastosowanie treningów ciśnieniowych, bądź nurkowań treningowych wywołując zjawisko adaptacji, może, podobnie jak w nurkowaniach głębokowodnych, zwiększyć sprawność operacyjną nurków.

Wyniki powyższe osiągnięto w warunkach laboratoryjnych. W warunkach realnych dochodzi dodatkowo stres zadaniowy wynikający z problemów napotykanym podczas realizacji czynności profesjonalnych, oraz trudności generowane przez środowisko wodne wraz z wieloma dystraktorami oddziałującymi negatywnie na samopoczucie, i sprawność działania.

Wnioski

- 1) Hiperbaria powietrzna wpływa negatywnie na efektywność realizacji zadań umysłowych. Treningi ciśnieniowe mogą zmniejszyć negatywny efekt.
- 2) Należy uwzględnić wpływ narkozy azotowej na poziom sprawności funkcjonowania psychomotorycznego, ze względu na niezawodność wykonywania zadań operatorskich przez nurków również w zakresie głębokości do 30m.

- 3) Interesującym zagadnieniem byłaby ocena determinant temperamentalnych jako predyktorów efektywności funkcjonowania w warunkach hiperbarii.

Piśmiennictwo

1. Doboszyński T., Orłowski T. Podstawy terapii hiperbarycznej. Gdynia; 1977.
2. Rutkowski D. Recompression chamber life support manual. Key Largo; 1994.
3. Edmonds C., Lowry C., Pennefather J. Diving and subaquatic medicine. Sydney 1995.
4. Łokucijewski B. Działanie narkotyczne gazów obojętnych, W: Zarys patofizjologii nurkowania. Dolatkowski A., Ulewicz. K. red. Warszawa; 1975.
5. Bennett P.B. Inert gas narcosis, W: The physiology and medicine of diving. Bennett P., Elliott D. red. London; 1993.
6. Kindwall E. Hyperbaric medicine practice London; 1995.
7. Doboszyński T., Łokucijewski B. Wpływ hiperbarii na ustrój człowieka. Acta Physiol. Pol., 1985; 28 Suppl.: 285-286.
8. Anastasi A., Urbina S. Testy psychologiczne. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych PTP; 1999.

Correspondence address

A. Pedrycz
e-mail address: apw4@wp.pl