

J. Łaszczyńska, A. Jarosz, O. Truszczyński

ZDOLNOŚĆ DO WYKONYWANIA CZYNNOŚCI OPERATORSKICH W SYMULOWANYCH WARUNKACH ZANURZENIA NA GŁĘBOKOŚCI 30 I 50 METRÓW

W celu określenia wpływu hiperbarii na zdolność do wykonywania czynności operatorskich, przeprowadzono badania w symulowanych warunkach zanurzenia na głębokości 30 i 50 m (w komorze hiperbarycznej WIML) z udziałem 20 ochotników, mężczyzn. Analizowano ruchy skokowe gałki ocznej (okulograf) oraz wyniki aparaturowego testu koordynacji wzrokowo-ruchowej.

Stwierdzono, że w obu badanych warunkach zanurzenia dochodzi do upośledzenia procesu świadomego przekazywania informacji wzrokowej. Analiza skokowych ruchów gałki ocznej, w oparciu o zapisy okulografu „JAZZ”, może przynieść zupełnie nowe możliwości w zakresie opisu i predykcji zachowań ludzkiego organizmu, eksponowanego na wpływ nienaturalnych warunków środowiska.

WSTĘP

Pobyt człowieka na dużych głębokościach zawsze wiąże się z ekspozycją na działanie szeregu bodźców stresujących natury fizycznej i psychicznej. Nurk jest narażony na działanie różnych, odmiennych niż naturalnie, czynników fizycznych (wysokie ciśnienie hydrostatyczne, fizykochemiczne oddziaływanie czynnika oddechowego), w stopniu zależnym od czasu i rodzaju ekspozycji. Ponadto w toni wodnej utrata ciepła z organizmu jest szczególnie duża i stadia rozwoju hipotermii ulegają znacznemu przyspieszeniu. Skojarzone działanie różnych bodźców stresogennych, nawet podprogowych pogarsza stan psychofizyczny nurka i niewątpliwie obniża jego zdolność do wykonania zadań (1).

Działalność podwodna człowieka wymaga predyspozycji psychofizycznych, osobowości o dużej stabilności i zrównoważeniu emocjonalnym. Szczególnie ważne są funkcje w zakresie wyższych czynności nerwowych. Podczas nurkowań głębinowych mogą pojawić się zaburzenia funkcji poznawczych, psychomotorycznych oraz zdolności samooceny, które mają bezpośredni wpływ na efektywność wykonywanych zadań jak i bezpieczeństwem pracy pod wodą.

Dostępne wyniki badań nie dają jednoznacznej odpowiedzi, jakie kryteria fizjologiczne i psychologiczne decydują o sprawności funkcjonowania organizmu w środowisku wysokiego ciśnienia. Stąd też pogłębienie wiedzy z zakresu psychofizjologicznej sprawności organizmu w warunkach hiperbarii może mieć istotne znaczenie dla poprawy efektywności pracy i podniesienia poziomu bezpieczeństwa człowieka, podczas jego pobytu pod wodą.

1. METODY BADAŃ

W badaniach uczestniczyło 20 mężczyzn, ochotników, o zbliżonych cechach antropometrycznych, w wieku 23 ± 4 lat; wzrost 183 ± 9 cm; ciężar ciała 80 ± 14 kg; BMI (Body Mass Index) $23,9 \pm 3,8$. Po akceptacji badań przez Komisję Etyczną ds. Badań na Ludziach przy WIML każda z badanych osób została szczegółowo poinformowana o przebiegu i celu prowadzonych eksperymentów. Wszyscy uczestnicy przeszli badania GWKLL (internisty, laryngologa, neurologa, psychologa) kwalifikujące do ekspozycji w komorze hiperbarycznej.

Badania prowadzono w komorze hiperbarycznej WIML. Ekspozycje wykonywano w symulowanych warunkach zanurzenia 30 i 50 m (dwa profile ekspozycji). Przyjęta procedura była zgodna z obowiązującymi tabelami dekompresji i rekompresji nurków (Sygn. Mar. Woj. 860/81). Całkowity czas ekspozycji liczono od momentu podwyższenia ciśnienia w komorze. W celu skrócenia czasu badania zastosowano model dekompresji tlenowej. Badania rozpoczynały się zawsze w tym samym czasie i przebiegały zgodnie z przyjętym harmonogramem. Zachowywano wymagane przerwy między kolejnymi badaniami. Uczestnicy byli zobowiązani do prowadzenia higienicznego trybu życia, przestrzegania zalecanej diety oraz nie podejmowania ciężkich wysiłków i nurkowań, zarówno przed jak i 24 godz. po ekspozycji.

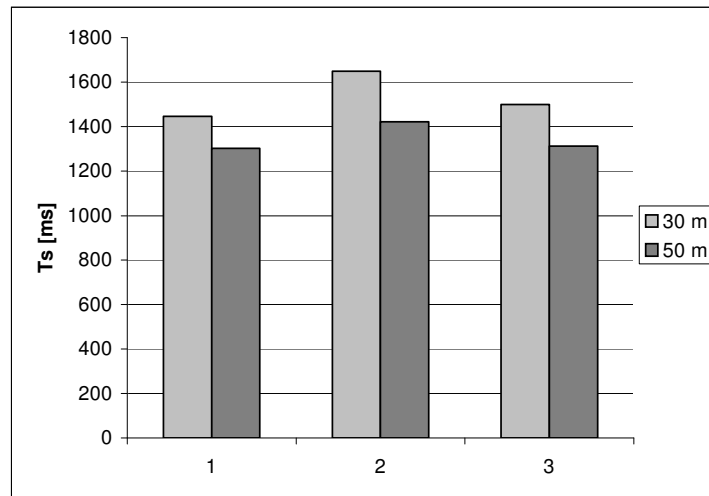
W celu określenia wpływu warunków hiperbarii na zdolność wykonywania czynności operatorskich przeprowadzono badania okulograficzne w połączeniu z aparaturowym testem sprawności wzrokowo-ruchowej.

Parametry ruchu gałek ocznych rejestrowano metodą fotoelektryczną, za pomocą okulografu JAZZ (Ober Consulting-IBIB, PAN). Podstawowym wskaźnikiem zmiennej zależnej był czas reakcji skokowego ruchu gałki ocznej. Pierwszej rejestracji dokonywano przed ekspozycją tj. w warunkach normobarii. Drugi zapis z wykorzystaniem okulografu odbywał się w warunkach hiperbarii, w 26 minucie pobytu na symulowanej głębokości 30 lub 50 m (w zależności od profilu ekspozycji). Ostatniej rejestracji dokonywano bezpośrednio po zakończeniu ekspozycji, w normobarii. Na podstawie uzyskanego zapisu, analizowano ruchy sakadowe gałek ocznych wyznaczając: czas trwania sakad oraz czas trwania fiksacji. Zdolność przyswajania informacji wzrokowej określano w oparciu o wskaźnik D_{sf} [$D_{sf}(i) = T_s(i) / T_f(i)$], który wyliczano z 30 sekundowych zapisów okulografu. Ruchy sakadowe gałki ocznej rejestrowano w trakcie wykonywania prostego zadania, podczas którego osoba badana przenosiła wzrok na kolejne punkty w obrębie wyznaczonego kwadratu.

W ocenie sprawności operatorskiej wykorzystywano aparaturowy test koordynacji wzrokowo-ruchowej, który był wykonywany bezpośrednio przed ekspozycją w komorze, w 25 minucie symulowanych warunków zanurzenia (30 lub 50 m) oraz bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu. Analizowano ogólną punktację, czas wykonania testu oraz liczbę popełnionych błędów.

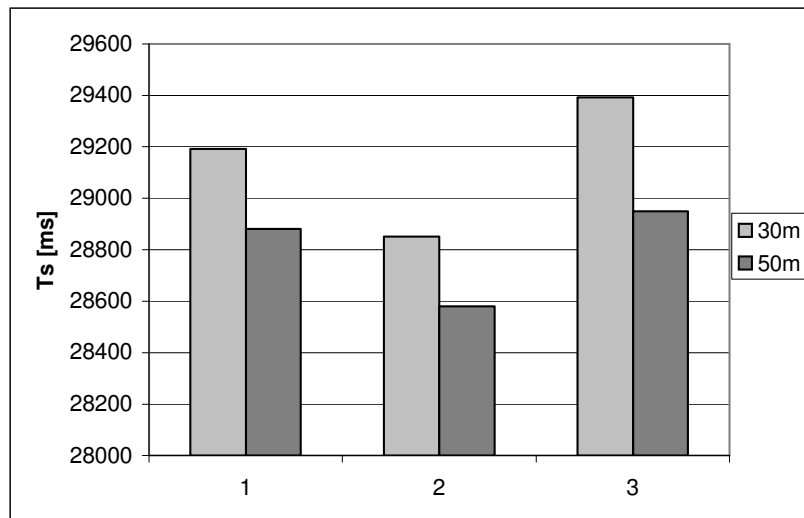
2. WYNIKI

W obu badanych warunkach zanurzenia (30 i 50 m) obserwowano statystycznie istotny ($p < 0,05$) wzrost czasu trwania sakad (T_s) w porównaniu do warunków normobarycznych (rys.1).

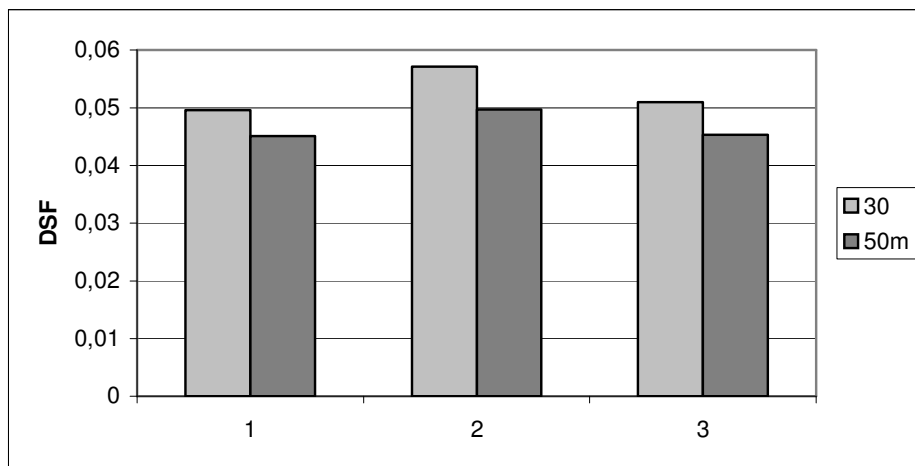


rys. 1. Średnie wartości czasu trwania sakad (Ts) przed (1), podczas (2) i po (3) ekspozycjach na symulowane warunki zanurzenia 30 i 50 m.

Czas trwania fiksacji (Tf) istotnie zmniejszał się (w porównaniu do wartości wyjściowych); (ryc.2). W obu badanych warunkach zanurzenia, średnia wartość indeksu aktywności sakadyczno - fiksacyjnej (Dsf) istotnie wzrastała ($p < 0.05$); (ryc.3). Rejestrowane wskaźniki okoruchowe (Ts, Tf, Dsf) powracały do wartości wyjściowych, bezpośrednio po zakończeniu ekspozycji. Przebieg zmian rejestrowanych wartości Ts, Tf i wyliczonego wskaźnika Dsf był zbliżony w obu badanych warunkach zanurzenia (30 i 50 m). Podczas symulowanego zanurzenia na głębokości 30 m rejestrowano wyższe wartości bezwzględne (rys. 1, 2 i 3).

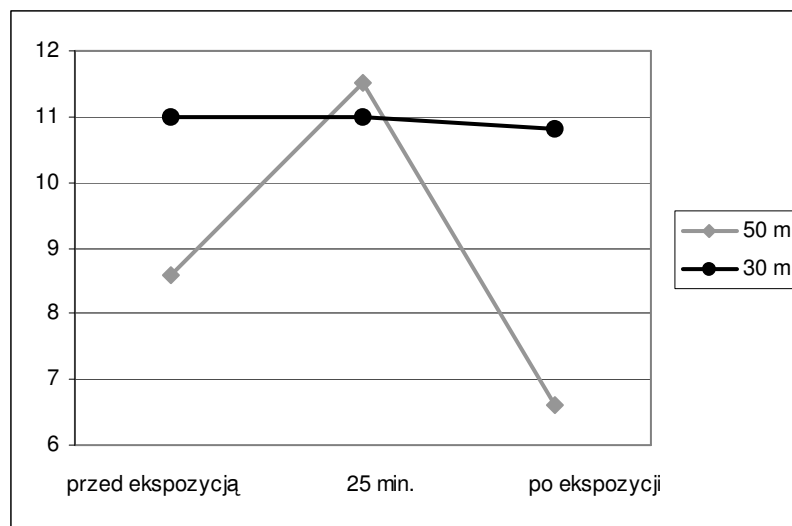


rys. 2. Średnie wartości czasu trwania fiksacji (Tf) przed (1), podczas (2) i po (3) ekspozycjach na symulowane warunki zanurzenia 30 i 50 m.



rys. 3. Średnie wartości wskaźnika Dsf przed (1), podczas (2) i po (3) ekspozycjach na symulowane warunki zanurzenia 30 i 50 m

Wyniki uzyskane z testu koordynacji wzrokowo - ruchowej wykazały, że w czasie ekspozycji na ciśnienie odpowiadające głębokości 30 m uwidocznił się efekt wprawy (rys.4). Wyrównana, wysoka liczba błędów we wszystkich trzech etapach badania (30 m) może być interpretowana jako duży wpływ czynnika losowego. W symulowanych warunkach zanurzenia na głębokości 50 m wyraźne pogorszenie wyników testu występowało tylko w odniesieniu do liczby popełnionych błędów (ryc.6). Poziom istotności statystycznej przekraczał efekt etapu badania oraz interakcji czynników.



rys. 4. Wpływ symulowanych warunków zanurzenia na głębokości 30 i 50 m na liczbę popełnionych błędów w teście koordynacji wzrokowo-ruchowej.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Adaptacja nurka do warunków panujących podczas zanurzenia wymaga uruchomienia szeregu procesów zawierających świadome i nieświadome strategie radzenia sobie ze stresem hiperbarii. Z piśmiennictwa wynika, że zarówno ocena samopoczucia nurka jak i jego zdolność do wykonywania założonych zadań (np. czynności o charakterze operatorskim) jest nadal trudna do obiektywnego zmierzenia i opisanie.

Przyjmuje się, że intencjonalną aktywnością człowieka koordynuje centralny system uwagi (4). Dotyczy to również manualnej reakcji motorycznej (5).

W procesie uwagi wzrokowej wyróżnia się trzy rodzaje skokowych ruchów gałki ocznej (tzw sakady): sakady ekspresowe, sakady regularne-szybkie oraz sakady regularne-wolne. Z badań Fischera wynika, że w wykonanie ruchu oka zaangażowane są trzy procesy: oderwanie uwagi, decyzja o ruchu i obliczanie parametrów ruchu (3). Sakady ekspresowe (najszybsze reakcje oka) pomijają zarówno element decyzyjny jak i oderwanie uwagi. Mogą być więc łączone z procesami przetwarzania informacji wzrokowej nie angażującymi uwagi i przebiegają w sposób automatyczny. Pozostałe dwa rodzaje sakad (regularne szybkie i wolne) łączone są z mechanizmami świadomego przetwarzania informacji wzrokowej, ponieważ wymagają fazy podejmowania decyzji oraz dokonania intencjonalnego przeniesienia uwagi na inny punkt fiksacji. Przemieszczenie to, zgodnie z poglądami B. Fishera, jest określane jako odangażowanie uwagi (3).

Wykorzystanie okulografu JAZZ, pozwoliło ustalić, w jakim stopniu badane warunki hiperbarii modyfikują ruch sakadyczny gałki ocznej. Wyliczany wskaźnik aktywności sakadyczno - fiksacyjnej - D_{sf} informował o zmianach w funkcjonowaniu procesu świadomego przetwarzania informacji wzrokowej pod wpływem nienaturalnych warunków środowiska - hiperbarii. W badanych warunkach zanurzenia (30 i 50 m) obserwowano istotne wydłużenie czasu trwania sakad przy ograniczonym czasie trwania fiksacji (w porównaniu do warunków normobarycznych). Stwierdzono także, że w hiperbarii istotnie wzrastała średnia wartość wyliczanego wskaźnika D_{sf} (w porównaniu do normobarycznych wartości wyjściowych), co jednoznacznie świadczy o wzroście poziomu pobierania informacji wzrokowej. Powyższe zmiany pozwalają wnioskować, że w symulowanych warunkach zanurzenia na głębokości 30 i 50 m dochodzi do pogorszenia zdolności wykonywania czynności o charakterze operatorskim. Również wyniki stosowanego testu koordynacji wzrokowo-ruchowej wykazały, że w warunkach symulowanej głębokości 50 m istotnie wzrastała liczba popełnionych błędów. Natomiast podczas ekspozycji symulującej zanurzenie na 30 m pojawił się efekt „nabierania wprawy” a stwierdzone różnice były nieistotne statystycznie.

Z przeprowadzonych badań wynika, że analiza skokowych ruchów gałki ocznej, (prowadzona w oparciu o zapisy okulografu JAZZ), może przynieść zupełnie nowe możliwości w zakresie opisu i predykcji zachowań ludzkiego organizmu w nienaturalnym środowisku o podwyższonym ciśnieniu.

WYKAZ LITERATURY

1. Bennet P.B., Elliot B.H.: The physiology and medicine of diving. London 1993.
2. Fisher, B. Weber, H.: Express saccades and visual attention. Behavioral and Brain Sciences, 1993, 16(3), 553-610.
3. Fisher, B., Gezeck, S., Huber, W.: The three loop model: a neural network for the generation of saccadic reaction times, Biological Cybernetics, 1995, 72, 185-196.

4. Posner, M.I.: Orienting of attention. The VII th Sir Frederick Bartlett Lecture, Quarterly J. Exper. Psychol., 1980, 32, 3-25.
5. Tarnowski, A., Wójcik K.: Obciążenie zadaniowe a automatyczne i kontrolowane mechanizmy skokowych ruchów oka, Polski Przegląd Med. Lot. 2000, 2, 73-83.

Recenzent: dr hab. med. Janusz Jerzemowski

Autorzy:

dr hab. Joanna Łaszczyńska, lek. med. Andrzej Jarosz, lek. med. Olaf Truszczyński – Zakład Fizjologii Lotniczej Wojskowego Instytutu Medycyny Lotniczej w Warszawie.