

## Romuald Olszański, Maciej Konarski

kmdr rez. dr hab. n. med. Romuald Olszański prof. ndzw. WIM  
Wojskowy Instytut Medyczny, Zakład Medycyny Morskiej  
81-103 Gdynia 3, ul. kmdr J. Grudzińskiego 4  
tel./fax: (0-58) 6262405  
e-mail: romuald.olszanski@neostrada.pl

kmdr por. dr n. med. Maciej Konarski  
Wojskowy Instytut Medyczny, Zakład Medycyny Morskiej  
81-103 Gdynia 3, ul. kmdr J. Grudzińskiego 4  
tel./fax: (0-58) 6262405  
e-mail: mkonarski@op.pl

### CHOROBA DEKOMPRESYJNA U NURKA PO DŁUGOTRWAŁYM NURKOWANIU POWIETRZNYM NA MAŁEJ GŁĘBOKOŚCI – OPIS PRZYPADKU

*Podstawowym warunkiem bezpiecznego pobytu człowieka pod wodą jest odpowiednie przygotowanie nurka, na które składa się dobre wykształcenie, opanowanie kanonów organizacyjnych nurkowania, właściwa kwalifikacja zdrowotna oraz świadomość zagrożeń, jakie może nieść za sobą niezgodne z zasadami nurkowanie.*

*W artykule przedstawiono opis przypadku choroby dekompresyjnej (DCS) u nurka zawodowego, która wystąpiła po długotrwałym nurkowaniu powietrznym na małej głębokości, połączonym z dużym wysiłkiem fizycznym. Jak ustalono, podczas nurkowania doszło również do naruszenia przepisów nurkowych oraz lekceważenia zasad dekompresji, co w konsekwencji doprowadziło do wypadku dekompresyjnego. Równocześnie, ze względu na profil ekspozycji opisany przypadek stanowi przyczynek do dyskusji nad problemem bezpieczeństwa długotrwałych nurkowań na niewielkie głębokości, realizowanych coraz częściej zarówno przez personel zawodowych firm nurkowych, jak i przez osoby nurkujące amatorsko.*

**Słowa kluczowe: nurkowanie, nurek, choroba dekompresyjna, bezpieczeństwo nurkowania**

### DECOMPRESSION SICKNESS AT THE DIVER AFTER THE PROLONGED AIR DIVING ON SHALLOW DEPTH – DESCRIPTION OF THE CASE

*A principal condition of safe stay of the man underwater is suitable preparation of the diver on whom consists the good education, the capture of organizational canons of the diving, the proper fitness to dive assessment and the cognition of threats, which can carry behind itself diving discordant with rules.*

*In the article authors introduced the description of the decompression sickness (DCS) case at the professional diver, who appeared after the prolonged air diving on the small depth, combined with the large physical effort. How it was fixed,*

*transgression of divers regulations and slights of rules of the decompression was also reached during the diving, what consequently led to the decompression accident. Simultaneously, for the reason of exposition's profile the case described determines a contribution to the discussion over the problem of the safety of prolonged dives on shallow depths, realized more and more often both through the staff of professional diver's firms, as by the unprofessional divers.*

**Key words: diving, diver, decompression sickness, diving safety**

## WSTĘP

Współczesny rozwój techniki stwarza nurkom coraz lepsze warunki do przebywania pod wodą oraz zwiększa efektywność i bezpieczeństwo nurkowania [6], jednak warunkiem decydującym o bezpiecznym pobycie w obcym środowisku jest odpowiednie przygotowanie do tego zadania samego człowieka. Przygotowanie to obejmować musi – oprócz wyćwiczenia odpowiedniej techniki, opanowania kanonów organizacyjnych nurkowania [13, 14] i właściwej kwalifikacji zdrowotnej – wyrobienie wśród nurków świadomości zagrożeń dla zdrowia, a nawet i życia, jakie może nieść za sobą niezgodne z zasadami nurkowanie [1, 10].

Właściwy sposób dekompresowania nurka jest istotnym warunkiem przeprowadzania bezpiecznych nurkowań. Na ładunek gazu obojętnego, rozpuszczonego w tkankach podczas nurkowania wpływa głębokość i czas nurkowania, a więc parametry określone w tabelach dekompresyjnych. Przestrzeganie ich wzajemnych relacji oraz profilu dekompresji jest w zdecydowanej większości przypadków wystarczające ze względów bezpieczeństwa nurka, jednak czasami zdarzają się zachorowania na chorobę dekompresyjną (DCS), zależne od innych niż podstawowe (ciśnienie i czas) czynników, wpływających na stopień nasycenia gazem obojętnym, szybkość uwalniania gazu z tkanek i formowania wolnej fazy gazowej pod postacią pęcherzyków [10, 11]. Czynniki, mogące mieć wpływ na przebieg dekompresji przedstawiono w tabeli 1.

Zastosowanie powietrza jako czynnika oddechowego podczas nurkowania oraz dekompresji powietrznej jako zasadniczej metody dekompresji *per se* niesie za sobą ryzyko wystąpienia DCS [11]. Na podstawie danych z piśmiennictwa oraz własnych obserwacji [2, 3, 4, 8, 10], poczynionych podczas zabezpieczania różnych typów nurkowań można stwierdzić, że do epizodów choroby dekompresyjnej dochodzi znamienne częściej podczas działań w granicznym dla ekspozycji powietrznych zakresie głębokości ponad 50 mH<sub>2</sub>O, ale także przy długotrwałych nurkowaniach na małe głębokości, które są w praktyce najliczniejszą grupą spośród wszystkich realizowanych ekspozycji nurkowych.

Tabela 1.

## Czynniki mogące wpływać na przebieg dekompresji

Fizjologiczne	Środowiskowe	Techniczne
1) wiek	1) ciśnienie	1) nurkowania głębokie i długo trwające
2) płeć	2) czas pobytu (nurkowania)	2) szybkość zanurzania i wynurzania
3) budowa ciała i zawartość tkanki tłuszczowej	3) rodzaj i czas dekompresji	3) profil dekompresji (stopniowana, ciągła)
4) wydolność fizyczna (ogólna i specyficzna)	4) rodzaj czynnika oddechowego	4) odległości pomiędzy stacjami dekompresji
5) zmęczenie	5) zawartość (prężność) tlenu i dwutlenku węgla	5) aktywność fizyczna podczas dekompresji
6) wychłodzenie	6) temperatura	6) pozycja ciała
7) przegrzanie	7) wilgotność	7) wycieczki z plateau
8) stan psychiczny	8) pora dnia	8) ekspozycje powtarzalne
9) wypoczynek (sen)	9) stan morza	9) ekspozycje wielopoziomowe
10) bilans wodny	10) charakterystyka akwenu	10) zmiana składu czynnika oddechowego
11) uprzednio przebyte choroby	11) rodzaj środowiska gazowego	11) stosowanie tlenu
12) wcześniejsze urazy	12) zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne	12) rodzaj i charakterystyka sprzętu nurkowego
13) dieta	13) hałas	13) używanie komputerów nurkowych
14) alkohol	14) jonizacja	
15) palenie tytoniu	15) przelot samolotem krótko po nurkowaniu	
16) lekozależność	16) wycieczki wysokogórskie krótko po nurkowaniu	
17) stosowana farmakoterapia		
18) choroba lokomocyjna		

## 1. OPIS PRZYPADKU

44-letni mężczyzna – nurek z wieloletnią praktyką, posiadający stopień starszego nurka (przed nowelizacją, wynikającą z zapisów Ustawy z dnia 17 października 2003 r. o wykonywaniu prac podwodnych [14]), w godzinach 9:00-13:45 odbywał nurkowanie w sprzęcie klasycznym na głębokości 12-15 mH<sub>2</sub>O, z wykorzystaniem sprężonego powietrza jako czynnika oddechowego. Warunki w rejonie nurkowania określono jako dobre: sierpień, bez zachmurzenia, temperatura powietrza 25°C, temperatura wody 16°C, stan morza 2°B. Pod wodą wykonywał ciężką pracę fizyczną, polegającą na usuwaniu zwałów osadów dennych (mułu) za pomocą inżektora powietrznego, tzw. rury „mamut”; osady miały strukturę zbitą, a grubość ich warstwy osiągała miejscami kilkadziesiąt centymetrów. Z uzyskanych informacji, dotyczących profilu nurkowania wiadomo, że podczas dekompresji zastosowano pojedynczą stację na głębokości 3 mH<sub>2</sub>O z czasem pobytu 15 min (na powietrzu).

Po ok. 2 h od zakończenia nurkowania (wynurzenia na powierzchnię) u nurka wystąpiły obustronne bóle w okolicy stawów barkowych i kolanowych, drętwienie kończyny dolnej prawej oraz świąd w okolicy klatki piersiowej i brzucha. O dolegliwościach poinformował członków ekipy nurkowej, w tym kierownika nurkowania, ale powyższe stało się tylko przyczynkiem do drwin, że „symuluje”; nie przedsięwzięto natomiast żadnych prób pomocy, czy choćby obserwacji w związku ze zgłaszanymi dolegliwościami. Po powrocie do domu nurek zauważył w okolicy brzucha plamistą, sinoczerwoną wysypkę; równocześnie, potęgowało się uczucie świądu skóry, a początkowo łagodne bóle stawowe nasiliły się, stając się nie do zniesienia. Ustąpiło natomiast drętwienie kończyny dolnej prawej. Rodzina

skonsultowała się ze znajomym lekarzem neurologiem, który zdecydował o potrzebie natychmiastowego przewiezienia nurka do komory dekompresyjnej.

Po przybyciu do ośrodka hiperbarycznego, lekarz badający nurka w badaniu fizykalnym stwierdził: tachypnoe do 20/min, tachykardię do 100/min, ciśnienie tętnicze o wartości RR 130/80 mmHg, plamistą wysypkę na skórze brzucha o wyglądzie marmuru; całości obrazu klinicznego dopełniały zgłaszane przez nurka bóle stawów kolanowych i barkowych – uporczywe, głębokie, o charakterze wiercącym, bez związku z poruszaniem okolicą zajęta przez ból. Badanie fizykalne rozszerzono o dokładne badanie neurologiczne, w którym odchyień od normy nie stwierdzono.

Na podstawie całości obrazu klinicznego postawiono rozpoznanie choroby dekompresyjnej typu I pod postacią ostrego „bends” [1, 5] i bezzwłocznie poddano chorego nurka rekompresji leczniczej zgodnie z TT 6; w związku z uzyskanym jedynie niewielkim zmniejszeniem nasilenia dolegliwości bólowych na maksymalnej głębokości leczenia, zdecydowano o przejściu na TT 6 A [1, 9]. W trakcie sprężania do głębokości równoważnej 50 mH<sub>2</sub>O (~6 ATA) nurek zgłosił stopniowe zmniejszanie się nasilenia dolegliwości bólowych, które ustąpiły całkowicie po przekroczeniu 30 mH<sub>2</sub>O (~4 ATA), podobnie jak objawy skórne. W badaniu kontrolnym po 20 min pobytu na maksymalnej głębokości leczenia nie stwierdzono u nurka żadnych odchyień od normy; leczenie ukończono według TT 6 A, nie obserwując nawrotu zarówno w czasie dekompresji, jak i po zakończeniu leczenia.

## 2. DYSKUSJA

Opisany powyżej przypadek jest warty omówienia, jako rażący przykład nonszalancji i lekceważenia przepisów nurkowych. Nurkowanie nie zostało w ogóle zaplanowane, o czym świadczy zastosowanie dekompresji według „umownej” procedury, nie popartej żadną tabelą nurkową, a nawet nie zmierzono dokładnie głębokości nurkowania. O ile przy głębokości 12 mH<sub>2</sub>O i czasie pobytu równym 285 min jeszcze można by było mówić o „w miarę prawidłowej” dekompresji (np. według standardowej tabeli powietrznej 3 MW [7, 12]), o tyle w przypadku nurkowania na głębokość 15 mH<sub>2</sub>O zastosowana dekompresja była niewystarczająca – bo np. według wyżej wymienionej, a ówczynie powszechnie stosowanej w firmach świadczących usługi podwodne tabeli 3 MW, nurek powinien odbyć 2 przystanki dekompresyjne: 10-minutowy na głębokości 6 mH<sub>2</sub>O i 16-minutowy na głębokości 3 mH<sub>2</sub>O (patrz: tabela 2), podczas gdy nurek odbył tylko jeden przystanek na głębokości 3 mH<sub>2</sub>O z czasem pobytu 15 min. Ponadto, czymś oczywistym nawet dla początkującego nurka zawodowego powinna być konieczność uwzględnienia dodatkowych czynników, wpływających na wydłużenie czasu dekompresji, a w opisanym przypadku nurek wykonywał przecież bardzo ciężką pracę fizyczną pod wodą. Jednak najbardziej zaskakujący jest fakt braku świadomości zagrożenia i możliwych następstw, zarówno ze strony nurka, jak i osób funkcyjnych z ekipy nurkowej: pomimo wystąpienia objawów charakterystycznych dla choroby dekompresyjnej nikt w opisanych okolicznościach nie pomyślał nawet o możliwości zaistnienia wypadku dekompresyjnego. Te istotne niedociągnięcia organizacyjne i brak należytego zabezpieczenia medycznego miały wpływ na opóźnienie decyzji o wdrożeniu leczenia hiperbarycznego, co mogło nieść za sobą poważne konsekwencje, zarówno dla zdrowia, jak i dla życia poszkodowanego.

Równocześnie, przypadek jest warty omówienia w aspekcie przyczynku do analizy niedocenianego problemu długotrwałych nurkowań na niewielkie głębokości, realizowanych coraz częściej nie tylko przez personel zawodowych firm nurkowych, ale i przez osoby nurkujące amatorsko. Jak wiadomo, najgorzej zweryfikowane w praktyce są (niezależnie od stosowanej tabeli nurkowej) skrajne czasy pobytu dla danej głębokości. Wynika to głównie z życiowej pragmatyki unikania prowadzenia

ekspozycji po tzw. obrysie dekompresji. Opisany wyżej przypadek doskonale wpisuje się więc w praktyczne obserwacje społeczności nurkowej: przekroczenie uważanej za minimalną z punktu widzenia możliwości zaistnienia choroby dekompresyjnej głębokości (10) 12 mH<sub>2</sub>O przy długotrwałym czasie pobytu (nawet dopuszczalnym, zawartym w tabeli) i oddziałujących dodatkowych czynnikach narażenia (np. wysiłek fizyczny, zimno, itp.) może skutkować wypadkiem dekompresyjnym, z możliwymi następstwami dla zdrowia i życia nurka [10, 11].

### **WNIOSKI**

1. Każde nurkowanie powinno być zaplanowane i przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz z uwzględnieniem zasad tzw. dobrej praktyki nurkowej.
2. Istotny jest dokładny pomiar głębokości oraz czasu nurkowania, jako parametrów podstawowych do wyznaczenia profilu dekompresji.
3. Przy głębokościach przekraczających (10) 12 mH<sub>2</sub>O należy bezwzględnie przestrzegać zapisów stosowanej tabeli dekompresyjnej.
4. W przypadku nurkowania w warunkach oddziaływania dodatkowych czynników niekorzystnych należy stosować dekompresję wydłużoną.
5. Bez względu na charakter nurkowania należy unikać realizowania ekspozycji po tzw. obrysie dekompresji.

Tabela 2.

Tabela dekompresyjna 3 MW (wyciąg, dla przedziału głębokości 12-18 mH<sub>2</sub>O) [12]

Głębokość nurkowania [mH <sub>2</sub> O]	Czas pobytu na głębokości [min]	Czas podniesienia na pierwszy stopień dekompresji [min]	Głębokość stopnia dekompresji [mH <sub>2</sub> O]												Ogólny czas dekompresji przy oddychaniu				
			przy oddychaniu powietrzem						Czas pobytu na stopniach dekompresji [min] przy oddychaniu powietrzem (tlenem)						powietrzem		tlenem		
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	[h]	[min]	[h]
12	360	2																2	
15	105	2																2	
	145	2																12	7
	180	2																16	9
	240	2																20	12
	300	2																28	15
18	45	3																3	
	60	2																7	5
	80	2																16	9
	105	2																23	12
	145	2																30	16
	180	2																36	19
	240	2																48	26

## **PIŚMIENNICTWO**

1. ADivP-2(B): "Allied guide to diving medical disorders" (STANAG 1432). Military Agency for Standardization (MAS), NATO 2009
2. Baj Z, Olszański R, Majewska E, Konarski M: "The effect of air and nitrox divers on platelet activation tested by flow cytometry" *Aviat. Space Environ. Med.* 2000; 71: 925-928
3. Eatock BC: "Correspondence between intravascular bubbles and decompression sickness" *Undersea Biomed. Res.* 1984; 11: 326-329
4. Eftedal OS, Lydersen S, Brubakk AO: "The relationship between venous gas bubbles and adverse effects of decompression after air dives" *Undersea Hyperb. Med.* 2007; 34 (2): 99-105
5. Elliott DH, Moon RD: "Manifestations of the decompression disorders". W: PB Bennett, DH Elliott (eds.) "The physiology and medicine of diving", W.B. Saunders Company Ltd., London 1993: 481-505
6. Kłos R, Konarski M: "Problems related to changes in training for divers and the replacement of technical diving equipment in the Polish Navy". W: "Military Diving", AMW Wewn. 1078/2006: 5-10
7. Kłos R, Olszański R: "Polish Navy standard and emergency air decompression procedures". W: "Military Diving", AMW Wewn. 1078/2006: 13-26
8. Konarski M, Olszański R, Baj Z, Buczyński A, Kłos R, Skrzyński S: „Wpływ powietrznych ekspozycji hiperbarycznych na wybrane parametry hematologiczne i układu dopełniacza” *Pol. Przegl. Med. Lot.* 2000; 6 (1-3): 25-31
9. Konarski M, Kłos R, Olszański R: „Ratowanie załóg okrętów podwodnych. Procedury dekompresyjne”. W: K Klukowski (red.) „Medycyna wypadków w transporcie”, Wyd. PZWL, Warszawa 2005: 104-126
10. Olszański R, Konarski M, Siermontowski P: „Wpływ środowiska hiperbarycznego na organizm nurka. Przyczyny wypadków nurkowych”. W: K Klukowski (red.) „Medycyna wypadków w transporcie”, Wyd. PZWL, Warszawa 2005: 143-174
11. Olszański R: „Ocena zagrożenia chorobą dekompresyjną u nurków”. Druk-Ar, Głogów 2006
12. Sygn. Mar. Woj. 860/81: „Tabele dekompresji i rekompresji nurków”. DMW, Gdynia 1982
13. Sygn. Mar. Woj. 913/84: „Przepisy nurkowania”. DMW, Gdynia 1984
14. Ustawa z dnia 17 października 2003 r. o wykonywaniu prac podwodnych. Dz. U. z 2003 r., Nr 199, poz. 1936

### Autorzy:

#### **kmdr rez. dr hab. n. med. Romuald Olszański prof. ndzw. WIM**

Absolwent Wydziału Lekarskiego Wojskowej Akademii Medycznej. Jest kierownikiem Zakładu Medycyny Morskiej Wojskowego Instytutu Medycznego. W roku 1980 uzyskał klasę mistrzowską nurka, zaś roku 1998 w Toronto i w Halifaxie (Kanada) odbył szkolenie z medycyny nurkowej dla lekarzy NATO. Prezes Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej w latach 2001-2004. Redaktor naukowy i współautor

podręczników: „Problemy medycyny i techniki nurkowej” 1997, „ABC zdrowia nurka” 2002, „Ocena zagrożenia chorobą dekompresyjną u nurków” 2006.

**kmdr por. dr n. med. Maciej Konarski**

Adiunkt w Zakładzie Medycyny Morskiej (z siedzibą w Gdyni) Wojskowego Instytutu Medycznego w Warszawie, specjalista chorób płuc, medycyny morskiej i tropikalnej oraz medycyny transportu, konsultant Wojskowej Służby Zdrowia w zakresie medycyny transportu, lekarz Komisji Kwalifikacyjnej dla Nurków przy Urzędzie Morskim w Gdyni. Zajmuje się problematyką bezpieczeństwa nurkowania oraz aspektami medycznymi technologii prac podwodnych.