



# BIULETYN

Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej

**Nr 2**

**1.12.2000 r.**

## Trzy słowa od Prezesa

### W NUMERZE:

-1-

Trzy słowa od Prezesa

-2-

Komentarz redakcyjny

-3-

#### TECHNIKA

Jak wyeliminować  
zamarzanie automatów  
oddechowych

-4-

#### MEDYCYNĄ

Zasady leczenia  
wypadków nurkowych  
w Marynarce Wojennej

-6-

#### HISTORIA

Zarys dorobku Katedry  
i Zakładu Medycyny  
Morskiej WAM

Redaktor Naczelny :  
Piotr Siermontowski  
Konsultant ds. medycyny  
hiperbarycznej :  
Romuald Olszański  
Konsultant ds. techniki  
hiperbarycznej :  
Ryszard Klos

Korespondencję do **Biuletynu**  
proszę kierować na adres:  
Piotr Siermontowski  
ul. Srebrzyńska 11/15 m 31  
91-074 Łódź  
[nurdok@poczta.onet.pl](mailto:nurdok@poczta.onet.pl)  
tel. /42/63-93-675  
w godz. pracy z wyjątkiem  
poniedziałków

## **Drodzy czytelnicy!**

Mam przyjemność oddać w ręce Czytelników drugi numer Biuletynu Towarzystwa. Mam także nadzieję, że mimo niewielkiej, podyktowanej finansami objętości, artykuły w nim zawarte zainteresują i pozwolą poszerzyć wiedzę Czytelnika.

Planowałem pisać o postępie wiedzy na świecie, gdy tymczasem wypada napisać o tradycji. Akurat składanie bieżącego numeru Biuletynu zbiegło się z falą strajków najbardziej upodlanej grupy zawodowej w Polsce - służby zdrowia. Podziwu warta jest determinacja z jaką kolejne ekipy rządzące kontynuują komunistyczne tradycje zwalczania wroga klasowego - inteligenta. A jak najlepiej go zwalczyć? Oczywiście zamorzyć głodem. I z żelazną konsekwencją to realizują. Tym bardziej więc chylę czoła przed tymi, którzy walcząc o każdą złotówkę, czy prowadząc badania z własnej, często równej połowie średniej krajowej pensji, pchają Polską Naukę naprzód. Inną tradycją z minionej epoki jest podział na tych co pracują i tych co reprezentują. Wszyscy, którzy otarli się o instytucje naukowe wiedzą, jak starannie rozliczani są z dorobku, publikacji, realizacji programów badawczych, wystąpień, cytowań itd. Od efektów tych rozliczeń uzależnione są ewentualne fundusze na rok następny czyli po prostu miejsce pracy i chleb dla rodziny. A wyjazdy na konferencje zagraniczne? ... „Pan chyba żartuje, doktorze. Niech pan sobie znajdzie sponsora!”. I doktor czy inżynier zadawała się, że jego kolejna praca ukazała się w liczącym czasopiśmie. Na osobiste kontakty i wymianę poglądów z zagranicznymi kolegami po prostu go nie stać. To było o tych równych. Teraz o równiejszych; jest jednak w Polsce grupa osób związanych ze środowiskiem naukowym, których te problemy jakby nie dotyczą. Na badania (o ile oczywiście jakieś prowadzą) pieniądze się znajdują, nikt nie chce likwidować ich etatów, stanowiska kierownicze zajmują bez konkursu, a często bez wymaganych kwalifikacji ... Po prostu sielanka. Do tego ciągle reprezentowanie środowiska za granicą. Znajdują się państwowe (czyli nasze) pieniądze na uczestniczenie (na ogół bierne) w licznych zjazdach, wybieranie się do licznych gremiów itd.

Równocześnie izba skarbową uniemożliwia działanie fundacji, która dzięki lokowaniu pieniędzy sponsorów w papiery wartościowe była w stanie finansować wartościowe projekty badawcze i umożliwiać polskim uczonym kontakty ze światem. Nakłady na naukę jakoś nie chcą rosnąć więcej, niż o dziesiątą część procenta, natomiast na administrację, jak zakłada projekt budżetu, wydatki mają wzrosnąć bodajże o 20%. Chyba miał rację Janusz

Korwin Mikke twierdząc, że w służbie zdrowia nie może być dobrze, bo każdy fachowy pracownik medyczny musi utrzymywać dwóch urzędników. W ten sposób wróciliśmy do protestów służby zdrowia. Jako lekarz, obserwując reakcje wszelakich organów władzy na te protesty z przerażeniem zauważam, że ci, którzy dziś nie chcą rozmawiać z protestującymi, jeszcze 4, czy 6 lat temu sami stali na czele protestów. A teraz .. jakby nigdy nie byli lekarzami. Jakoś często się w Polsce zdarza, że ten zawód ludzi się nie trzyma. Z podobnym „dystansem do zawodu” można się też (na szczęście rzadko) spotkać na naszym podwórku amatorskiego nurkowania. Niestety ...

Dość smutnych tematów!

Chciałbym na łamy Biuletynu zaprosić nie tylko pracowników nauki, ale i wszystkich, którzy jakąś dziedziną nurkowania zajmują się z pasją i mają w niej konkretne osiągnięcia. Dzielenie się doświadczeniem przez praktyków na pewno zwiększy atrakcyjność czasopisma, z założenia publikującego suche, naukowe teksty. Bardzo również proszę o nadsyłanie ocen coraz liczniej pojawiających się na naszym rynku książek o szeroko pojętej tematyce nurkowej. Pisane przez fachowców i praktyków (tego warunku w odniesieniu do tekstów w Biuletynie będziemy bezwzględnie przestrzegać) recenzje z pewnością pomogą w doborze materiałów do podnoszenia kwalifikacji, czy chociażby w określaniu zestawu źródeł wymaganej na poszczególne stopnie nurkowe wiedzy. Książek na rynku przybywa, w tym, niestety, przerażających tłumaczeń wydawnictw obcojęzycznych typu: „Nurkowanie w weekend”, które jak jeden mąż nie przystają do polskiej podwodnej rzeczywistości. I tu, ze znacznym wyprzedzeniem pozwolę sobie zapowiedzieć podręcznik ogólnej wiedzy nurkowej dla początkujących napisany w Polsce. Książeczka pod tytułem „ABC nurkowania” ukaże się zapewne w połowie przyszłego roku i będzie najaktualniejszy publikacją dotyczącą podstaw nurkowania turystycznego. Takie jest przynajmniej moje wrażenie po lekturze obszernych fragmentów przygotowywanej do druku książki.

Kończąc wstępniak, chciałbym złożyć wszystkim Czytelnikom serdeczne życzenia spokojnych Świąt Bożego Narodzenia, oraz wszelkiej pomyślności w XXI wieku. Szczególnie chciałbym życzyć choćby niewielkiej poprawy stosunku krajowych decydentów do ludzi nauki, wyższych uczelni i służby zdrowia, a także należnego szacunku ze strony tych, dla których pracujemy.

Poniższą deklarację wypełnij i prześlij na adres Towarzystwa lub ew. Redakcji Biuletynu.

***Nie pozwólmy, aby nurków badali i kwalifikowali  
oraz zabezpieczali imprezy ludzie przypadkowi !***

**Nazwisko i imię:**

.....

**Specjalizacja, stopień naukowy:**

.....

**Miasto (jeśli mniejsze, również województwo):**

.....

**Kontakt telefoniczny:**

.....

**Ukończone kursy fizjopatologii nurkowania:**

.....



dr inż. Wiktor Bolek  
**Jak wyeliminować zamarzanie automatów?**

konsultacja dr hab. inż. Maciej Chorowski

Zapewne każdy z Was zetknął się ze zjawiskiem zamarzania automatu. Jest to bardzo poważna sytuacja prowadząca z reguły do utraty powietrza w butli. Temperatura powietrza przepływającego przez automat obniża się o prawie 40 °C w wyniku efektu Joule'a-Thomsona. Skutki tego efektu można zniwelować polepszając wymianę ciepła (grzałka Michalaka, ożebrowanie gniazda II stopnia) lub zmniejszając wydatek automatu. Są to sposoby, które tylko opóźniają zamarznięcie automatu, zwłaszcza jeżeli nurkowanie jest prowadzone w bardzo zimnych wodach 1-3 °C. Jeżeli przez automat przepływnie odpowiednia ilość powietrza, to zawór ochłodzi się poniżej temperatury zamarzania wody. I nawet, jeśli I stopień odseparuje się od wody i użyje odpowiednio suchego powietrza, to w II stopniu zawsze będzie obecna woda (choćby para z wydechu). Lód osadzający się w gnieździe i na grzybku zaworu uniemożliwia szczelne zamknięcie, co powoduje niekontrolowany wypływ powietrza z butli.

Z przeprowadzonych ostatnio przez nas rozważań teoretycznych i eksperymentalnych wynika, że gwałtowny spadek temperatury w wyniku efektu Joule'a-Thomsona można trwale i całkowicie wyeliminować. Otóż w mieszaninie zawierającej co najmniej 40% He nie następuje spadek temperatury gazu podczas przepływu przez automat. Może w pierwszej chwili to stwierdzenie wydaje się szokujące, ale takie są termodynamiczne własności helu. Otóż temperatura czystego helu przepływającego przez automat wzrasta o około 8 °C. Wystarczy zatem dodać do mieszaniny oddechowej hel, aby zmniejszyć lub całkowicie wyeliminować możliwość zamarznięcia automatu, niezależnie od temperatury wody w której się nurkuje.

Przedstawione powyżej stwierdzenia brzmią zachęcająco, ale trzeba jeszcze wytłumaczyć dlaczego tak się dzieje. Niestety wiedza z termodynamiki, jaka jest wykładana na kursach nurkowych, jest niewystarczająca do zrozumienia tego zjawiska. Efekt Joule'a-Thomsona można wyjaśnić tylko na podstawie analizy własności gazu rzeczywistego a nie doskonałego. Dalsze rozważania będą poprzedzone wyjaśnieniem kilku pojęć z termodynamiki.

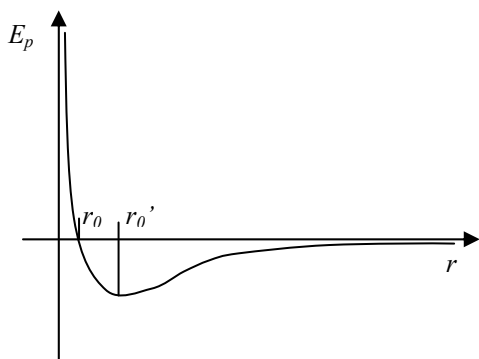
Większość obliczeń termodynamicznych prowadzi się w oparciu o teorię gazu doskonałego. Gaz doskonały to taki gaz, dla którego przyjmuje się, że cząsteczki są punktami materialnymi, między cząsteczkami nie zachodzą żadne oddziaływania, zderzenia między cząsteczkami są doskonale sprężyste. Zachowanie się gazu doskonałego jest opisane równaniem Clapeyrona.

$$pV = mR_gT$$

$p$  – ciśnienie,  $V$  – objętość,  $m$  – masa,  $R_g$  – indywidualna stała gazowa zależna od rodzaju gazu,  $T$  – temperatura bezwzględna w K (nb. ta postać jest szczególnie przydatna przy sporządzaniu bilansu masy mieszanin gazowych). Szczególnymi przypadkami równania Clapeyrona są prawa Boyla-Mariotte'a i Gay-Lusaca omawiane na kursach nurkowych.

Natomiast w gazie rzeczywistym uwzględnia się objętość cząsteczek, a zwłaszcza oddziaływania międzycząsteczkowe. Zachowanie się takiego gazu opisują równania np. Van der Waalsa, Redlicha-Kwonga czy wirialne.

Kolejnym istotnym pojęciem jest energia wewnętrzna gazu. W gazie doskonałym energia wewnętrzna zależy tylko od temperatury, czyli od energii kinetycznej cząsteczek. Cząsteczki gazu są w bezwustannym ruchu, zderzają się między sobą i ściankami naczynia. Średnią energię kinetyczną tych cząsteczek postrzegamy jako temperaturę. W gazie rzeczywistym należy jeszcze uwzględnić energię potencjalną. Między cząsteczkami gazu działają siły odpowiedzialne za istnienie energii potencjalnej. Na rysunku przedstawiono zależność tych sił (potencjał Lennarda-Jonesa) w zależności od odległości między cząsteczkami. Jeżeli cząsteczki są zbyt blisko siebie (bliżej niż  $r_0$ ) to odpychają się, jeżeli są dalej niż  $r_0$ , to przyciągają się. Do punktu  $r_0'$  energia potencjalna maleje wraz z odległością. Zrozumienie tego wykresu jest kluczowe dla późniejszej analizy efektu Joule'a-Thomsona.



Rys. 1. Potencjał Lennarda-Jonesa w zależności od odległości między cząsteczkami.

Oprócz energii wewnętrznej, dla gazów wprowadza się pojęcie entalpii. Rozważmy następującą sytuację: do butli zawierającej gaz o energii wewnętrznej  $U_0$  przetaczamy porcję gazu o energii wewnętrznej  $U_1$ . Okazuje się, że energia wewnętrzna gazu w butli po przetoczeniu będzie większa od sumy  $U_0 + U_1$ . Jest to związane z tym, że gaz wpływający do butli wykonuje tzw. pracę wtłoczenia. Mówiąc obrazowo, gaz w butli musi się sprężyć, aby zrobić miejsce dla dopływającego gazu. Zatem całkowita energia dostarczona do butli jest równa energii wewnętrznej  $U_1$  i pracy wtłoczenia. Sumę tych dwu wielkości nazywa się entalpią.

Mówiąc obrazowo fakt, że do butli dostarczamy entalpię a nie tylko samą energię wewnętrzną, oznacza, że temperatura w napełnianej butli zawsze będzie rosła. Nawet jeżeli temperatury gazów, dopływającego i będącego w butli, są takie same, to energia związana z pracą wtłoczenia zwiększy energię kinetyczną cząsteczek gazu po zmieszaniu. Odczuwa się to poprzez wzrost temperatury. Analogicznie przy wypuszczaniu gazu z butli – temperatura gazu w butli zmniejsza się. Z butli wypływa entalpia a nie tylko energia wewnętrzna gazu. Opisane powyżej zjawiska zachodzą niezależnie od rodzaju gazu. Tak samo będzie zachowywała się butla z powietrzem, helem czy tlenem.

Posiadając te podstawowe wiadomości z termodynamiki można pokusić się o analizę efektu Joule'a-Thomsona, który opisuje zmianę temperatury gazu podczas dławienia izentalpowego. Jest to taki proces zachodzący w przewodzie, przez który przepływa gaz (np. automat oddechowy można potraktować jako taki przewód). Przepływający gaz rozpręża się od ciśnienia początkowego  $p_1$  do końcowego  $p_0$  (dławienie). Zakłada się, że przepływ jest na tyle szybki, że nie zachodzi wymiana ciepła z otoczeniem. Przyjmuje się, że entalpie gazu wpływającego i wypływającego z poszczególnych odcinków przewodu są sobie równe (proces izentalpowy). Na stan termodynamiczny przepływającego gazu ma wpływ zwiększająca się odległość między cząsteczkami w wyniku spadku ciśnienia. Energia potencjalna może się zwiększyć lub zmniejszyć w zależności od tego, czy na początku procesu odległość między cząsteczkami gazu  $r$  była większa czy mniejsza od  $r_0'$ . Jeżeli  $r < r_0'$ , to energia potencjalna zmniejszyła się. Ponieważ nie nastąpiła wymiana energii z otoczeniem, to ta energia musiała zostać przejęta przez energię kinetyczną cząsteczek, co oznacza wzrost temperatury. W tym przypadku dławieniu izentalpowemu towarzyszy wzrost temperatury. W przeciwnym razie, gdy  $r > r_0'$ , to energia potencjalna wzrasta kosztem energii kinetycznej i temperatura spada. Tego efektu nie da się opisać korzystając z pojęcia gazu doskonałego, które zaniedbuje energię potencjalną.

To czy w danym gazie odległość między cząsteczkami  $r$  jest większa czy mniejsza od odległości krytycznej zależy od ciśnienia i temperatury. Dla różnych gazów są inne parametry ciśnienia i temperatur (tzw. krzywa inwersji), w których odległości mają wartość krytyczną. Dla większości gazów sprężonym w butli do 200 bar w temperaturze otoczenia zachodzi  $r > r_0'$ . Od tej reguły są trzy wyjątki: hel, wodór i neon. Stąd przy odpowiednich proporcjach trimixu temperatura nie powinna spadać podczas dławienia izentalpowego.

Podsumowując procesy termodynamiczne zachodzące podczas wypływu gazu z butli należy stwierdzić, że:

- 1) temperatura gazu w butli obniża niezależnie od jego rodzaju, ponieważ z butli wypływa entalpia (obniża się początkowa temperatura gazu, który będzie później podlegał dławieniu izentalpowemu)
- 2) w przestrzeni od zaworu do II stopnia zachodzi dławienie izentalpowe, w wyniku czego temperatura może spaść lub wzrosnąć w zależności od rodzaju gazu.

W rzeczywistości dochodzi jeszcze wymiana ciepła z otaczającą wodą, co niweluje w pewnym stopniu niekorzystny efekt spadku temperatury.

Tyle mówi nam teoria. Jak to się jednak ma do praktyki nurkowej? Otóż nurkowałem wielokrotnie na trimixie w zimnej wodzie na spore głębokości. Nigdy nie miałem problemu z zamarzaniem automatu. Być może dlatego, że używałem dobrych automatów, tzn. takich w których jest dobra wymiana ciepła z wodą. W celu wykonania jednoznaczego eksperymentu, do dodatkowej butli zawierającej trimix założyłem automat Scubapro R190, który jest znany z dużej podatności na zamarzanie. Wykonaliśmy nurkowanie w kamieniołomie w Złotorzy na 42m, gdzie wspomniany automat obróciłem ustnikiem do góry i nacisnąłem od dołu membranę. Pomimo spuszczenia kilkudziesięciu bar automat nie zamarzł. Wypływ ustał natychmiast po puszczeniu membrany. Temperatura wody wynosiła 5 °C. Wykonaliśmy również pomiary temperatury gazu w komorze średniego ciśnienia w I stopniu automatu. Przez wywiercony w zaślepce otwór wprowadziliśmy termoelement. Pomiary przeprowadziliśmy dla powietrza, trimixu i czystego helu. Kierunek zmian temperatury odpowiadał wynikom rozważań teoretycznych. Jednak zmierzone zmiany temperatur były mniejsze niż wynikało to z obliczeń. Najprawdopodobniej było to spowodowane dokładnością zastosowanej procedury pomiarowej.

Podsumowując, przeprowadzone nurkowania i pomiary wykazują, że możliwe jest całkowite wyeliminowanie zamarzania automatów przez zastosowanie mieszanki helowej.

**kmdr dr n. med. Romuald Olszański**  
**ZASADY LECZENIA WYPADKÓW**  
**NURKOWYCH**  
**W MARYNARCE WOJENNEJ**

Wypadek dekompresyjny jest to zespół objawów patologicznych występujących natychmiast lub po pewnym czasie, wywołanych powstaniem w ustroju pęcherzyków gazu pochodzących z desaturacji tkanek ustrojowych lub wprowadzonych na skutek urazu ciśnieniowego płuc.

Do wypadku dekompresyjnego zaliczamy:

- uraz ciśnieniowy płuc,
- chorobę dekompresyjną.

W urazie ciśnieniowym płuc pęcherzyki gazu dostają się do układu naczyniowego przez uszkodzone naczynia krwionośne, źródłem natomiast zatorów gazowych w chorobie dekompresyjnej jest gaz rozpuszczony w tkankach organizmu podczas nurkowania. Dekompresja przeprowadzona w sposób uniemożliwiający usunięcie z ustroju w odpowiednim czasie gazów uwalniających się z tkanek powoduje zagrożenie chorobą dekompresyjną lub jej wystąpienie. Dla przeprowadzenia bezpiecznej dekompresji stosuje się table dekompresyjne, a mimo to nawet przy ścisłym ich przestrzeganiu występuje u części nurków choroba dekompresyjna.

Mimo upływu 120 lat od opracowania pierwszych założeń dekompresyjnych przez Paul'a Berta (1878), opartych na naukowej interpretacji procesu desaturacji, do dnia dzisiejszego nie opracowano takiej metody dekompresji, nawet dla nurków przy użyciu powietrza, która zabezpieczałaby przed chorobą dekompresyjną. Nie ma w tej chwili na świecie tabel, które w 100% zapewniałyby bezpieczeństwo nurków i jednocześnie likwidowały zagrożenie chorobą dekompresyjną

We krwi nurków nie wykazujących objawów choroby dekompresyjnej, tak w czasie trwania dekompresji, jak i po jej zakończeniu, mogą występować mikropęcherzyki gazowe. Obecnie mikropęcherzyki są uważane za najistotniejszy czynnik etiologiczny choroby dekompresyjnej, a ich wykrycie stanowi najważniejszy wskaźnik oceny dekompresji.

Po nurkowaniach saturowanych ryzyko choroby dekompresyjnej wzrasta z powodu maksymalnego wysycenia wszystkich płynów i tkanek ustroju gazami obojętnymi, proporcjonalnie do ich ciśnień parcyjnych w sprężonym powietrzu lub sztucznych czynnikach oddechowych. W wielu pracach klinicznych i eksperymentalnych udowodniono, że powierzchnia pęcherzyków gazowych, tworzących się we krwi w czasie dekompresji, stanowi fazę aktywującą krwinki płytkowe i osoczowy układ krzepnięcia. Trombina uwalniana w wyniku aktywacji osoczowego układu krzepnięcia silnie stymuluje płytki krwi do agregacji i reakcji uwalniania. Wystąpienie choroby dekompresyjnej może być spowodowane przełamaniem bariery osoczowych inhibitorów krzepnięcia i pojawieniem się mikrozatorów, aktywacja krwinek płytkowych zaś jest współodpowiedzialna za obraz kliniczny choroby dekompresyjnej.

Właściwym leczeniem wypadku dekompresyjnego jest rekompresja lecznicza, która polega na ponownym sprężeniu chorego. Szybkie sprężenie, a później powolna dekompresja jest czynnikiem decydującym leczenia zatoru gazowego.

Zasadniczym celem leczenia wypadków dekompresyjnych jest:

- sprężenie wolnych pęcherzyków gazu i zmniejszenie ich wielkości krytycznej, bezobjawowej, w możliwie krótkim czasie
- rozprężenie w taki sposób, aby uniemożliwić wzrost pęcherzyków przetrwałych lub powstanie nowych;
- podtrzymywanie utlenowania niedokrwionych tkanek.

Główną przyczyną wypadku dekompresyjnego jest wystąpienie zatorów gazowych. Celem rekompresji leczniczej jest zmniejszenie objętości tych zatorów. Objętość ta, zgodnie z prawem Boyle'a i Mariotte'a wynosząca 100% na powierzchni, ulega zmniejszeniu:

- do 50 % przy 10 m (0,1 Mpa),
- do 35 % przy 18 m (0,18 Mpa),
- do 25 % przy 30 m (0,3 Mpa),
- do 16,7 % przy 50 m (0,5 Mpa).

Wszystkie inne sposoby „leczenia”, polegające na podawaniu analgetyków, narkotyków, na gorących kąpielach, najczęściej powodują opóźnienie w podjęciu właściwej kuracji. Opóźnienie rekompresji jest przyczyną większości niepowodzeń leczenia.

W dotychczas stosowanych tabelach leczniczych wstępne ciśnienie rekompresji uzależnione jest od:

1. Ciśnienia, przy którym ustępują dolegliwości, tzw. ciśnienia ulgi.
2. Głębokości (ciśnienia) ekspozycji roboczej poprzedzającej wypadek.
3. Z góry ustalonego ciśnienia tabel leczniczych, wybieranych zależnie od stanu chorego.

Żaden z wymienionych sposobów nie jest optymalnym rozwiązaniem dla wszystkich przypadków, jednak trzeci sposób ma dotąd najwięcej zwolenników.

Współczesne poglądy i stanowiska co do maksymalnego ciśnienia rekompresji i przebiegu dekompresji można usystematyzować następująco:

1. Stosowanie maksymalnych ciśnień, jeżeli tego wymaga uzyskanie poprawy nawet ciśnienia rzędu 1,1 Mpa.
2. Maksymalne ciśnienie rekompresji 0,5 Mpa z równoczesnym wykorzystaniem mieszanin oddechowych (nitroks, helioks) i tlenu od 0,28 Mpa.
3. Maksymalne ciśnienie do 0,28 Mpa z równoczesnym stosowaniem tlenu od początku leczenia. Wystarczy sprężenie do „ciśnienia ulgi” plus 0,01 - 0,02 Mpa z zastosowaniem mieszanin oddechowych, od 0,28 Mpa (18 m) zaś tlenu.

Obecnie w Marynarce Wojennej stosujemy table US Navy. Zasady stosowania tych tabel można podzielić na dwie grupy.

1. Tabele 1 A i 2 A oraz 5 i 6 stosujemy w leczeniu lekkich przypadków choroby ciśnieniowej.
2. Tabele 3 i 4 oraz 6A stosujemy w leczeniu ciężkich przypadków choroby
3. ciśnieniowej oraz urazu ciśnieniowego płuc.

Tabele od 1A do 4 są tabelami powietrznymi, stosuje się je tylko wtedy, kiedy zastosowanie tlenu jest niemożliwe, table 5, 6 i 6A zaś nazywane są tabelami tlenowymi. Tabele powietrzne są mniej skuteczne niż table tlenowe i stosuje się tylko wówczas, kiedy tlen jest nieosiągalny w komorze.

Do roku 1964 w Marynarce Wojennej Stanów Zjednoczonych do leczenia wypadków nurkowych obowiązywały tylko table powietrzne. Podczas ich stosowania liczba niepowodzeń leczniczych wynosiła ok. 6%, natomiast w roku 1964 liczba tych niepowodzeń wynosiła aż 47,1%. Za ten wzrost odpowiedzialni byli amatorzy nurkowania, którzy nurkowali z brawurą, bez dostatecznego przygotowania, ze złym sprzętem, nie zdając sobie sprawy na co się narażają. Dodatkowo nie przestrzegali przepisów nurkowych, stosowali nurkowania powtarzalne, lekkomyślnie przedłużali czas pobytu pod wodą i skracali dekompresję. Właśnie z tego powodu wprowadzono bezpieczniejsze nowe table lecznicze, tzw. tlenowe US Navy 5, 6 i 6A

**Tabela lecznicza US Navy 1A**

Głębokość [m]	Czas [min]	Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
			[godz]	[min]
1	2	3	4	5
30	30	Powietrze		30
24	12	Powietrze		43
18	30	Powietrze	1	14
15	30	Powietrze	1	45
12	30	Powietrze	2	16
9	60	Powietrze	3	17
6	60	Powietrze	4	18
3	120	Powietrze	6	19
3-0	1	Powietrze	6	20

Tabele 1A stosujemy w przypadku I typu choroby dekompresyjnej, kiedy tlen nie może być zastosowany, a objawy ustępują na głębokości mniejszej od 20 metrów.

**Tabela lecznicza US Navy 2 A**

Głębokość [m]	Czas		Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
	[godz]	[min]		[godz]	[min]
1	2	3	4	5	6
50		30	Powietrze		30
43		12	Powietrze		43
37		12	Powietrze		56
30		12	Powietrze	1	09
24		12	Powietrze	1	22
18		30	Powietrze	1	53
15		30	Powietrze	2	24
12		30	Powietrze	2	55
9	2		Powietrze	4	56
6	2		Powietrze	6	57
3	4		Powietrze	10	58
3-0			Powietrze	10	59

Tabele 2A stosujemy w przypadku I typu choroby dekompresyjnej, kiedy tlen nie może być zastosowany, a objawy ustępują na głębokości większej niż 20 metrów.

**Tabela lecznicza US Navy 3**

Głębokość [m]	Czas		Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
	[godz]	[min]		[godz]	[min]
1	2	3	4	5	6
50		30	Powietrze		30
43		12	Powietrze		43
37		12	Powietrze		56
30		12	Powietrze	1	09
24		12	Powietrze	1	22
18		30	Powietrze	1	53
15		30	Powietrze	2	24
12		30	Powietrze	2	55
9	12		Powietrze	14	56
6	2		Powietrze	16	57
3	2		Powietrze	18	58
3-0		1	Powietrze	18	59

Tabele 3 stosujemy w przypadkach leczenia ciężkiej postaci choroby dekompresyjnej i urazu ciśnieniowego płuc, kiedy tlen nie może być zastosowany, a objawy ustępują w ciągu 30 minut w czasie przebywania na głębokości 50 metrów.

**Tabela lecznicza US Navy 4**

Głębokość [m]	Czas		Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
	[godz]	[min]		[godz]	[min]
1	2	3	4	5	6
50		30 – 120	Powietrze	2	00
43		30	Powietrze	2	31
37		30	Powietrze	3	02
30		30	Powietrze	3	33
24		30	Powietrze	4	04
18	6		Powietrze	10	05
15	6		Powietrze	16	06
12	6		Powietrze	22	07
9	11		Powietrze	33	08
9	1		Powietrze	34	08
6	1		Powietrze	35	09
6	1		Powietrze	36	09
3	1		Powietrze	37	10
3	1		Powietrze	38	10
3 – 0			Powietrze	38	11 <sup>*)</sup>

Tabelę 4 stosujemy w przypadkach leczenia ciężkiej postaci choroby dekompresyjnej i urazu ciśnieniowego płuc, kiedy tlen nie może być zastosowany, a objawy nie ustępują w ciągu 30 minut podczas pobytu na 50 metrach.

**Tabela lecznicza US Navy 5**

Głębokość [m]	Czas [min]	Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
			[godz]	[min]
1	2	3	4	5
18	20	Tlen		20
18	5	Powietrze		25
18	20	Tlen		45
18 – 9	30	Tlen	1	15
9	5	Powietrze	1	20
9	20	Tlen	1	40
9	5	Powietrze	1	45
9 – 0	30	Tlen	2	15

Tabelę 5 stosujemy w przypadku I typu choroby dekompresyjnej, kiedy tlen może być zastosowany, a objawy ustępują w ciągu 10 minut w trakcie przebywania na 18 metrach.

**Tabela lecznicza US Navy 6**

Głębokość [m]	Czas [min]	Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
			[godz]	[min]
1	2	3	4	5
18	20	Tlen		20
18	5	Powietrze		25
18	20	Tlen		45
18	5	Powietrze		50
18	20	Tlen	1	10
18	5	Powietrze	1	15
18-9	30	Tlen	1	45
9	15	Powietrze	2	00
9	60	Tlen	3	00
9	15	Powietrze	3	15
9	60	Tlen	4	15
9 – 0	30	Tlen	4	45

Tabelę 6 stosujemy w przypadku I typu choroby dekompresyjnej, kiedy tlen może być zastosowany, a objawy nie ustępują w ciągu 10 minut podczas pobytu na 18 metrach.

**Tabela lecznicza US Navy 6 A**

Głębokość [m]	Czas [min]	Czynnik oddechowy	Ogólny czas	
			[godz]	[min]
1	2	3	4	5
50	30	Powietrze		30
50 – 18	4	Powietrze		34
18	20	Tlen		54
18	5	Powietrze		59
18	20	Tlen	1	19
18	5	Powietrze	1	24
18	20	Tlen	1	44
18	5	Powietrze	1	49
18 – 9	30	Tlen	2	19
9	15	Powietrze	2	34
9	60	Tlen	3	34
9	15	Powietrze	3	49
9	60	Tlen	4	49
9 – 0	30	Tlen	5	19

Tabelę 6A stosujemy w przypadkach leczenia ciężkiej postaci choroby dekompresyjnej i urazu ciśnieniowego płuc, kiedy tlen może być zastosowany, a objawy ustępują w ciągu 30 minut podczas pobytu na 50 metrach. Na głębokościach większych niż 18 m pacjent powinien oddychać mieszaninami oddechowymi, tj. helioksem lub nitroksen (50% O<sub>2</sub>).

Brak całkowitego ustąpienia objawów w ciężkich postaciach choroby dekompresyjnej i urazu ciśnieniowego płuc, występowanie resztkowych objawów neurologicznych i nawroty objawów były przyczyną opracowania nowych tabel. W 1985 roku opracowano tabelę leczniczą 7 US Navy, która jest rozszerzeniem tabel US Navy 5 i 6 na głębokości 18 m. Chorego nurka poddaje

się saturacji pod ciśnieniem 280 kPa (18 m), pod którym przebywa do 12 godzin. Chory naprzemiennie oddycha tlenem i powietrzem w cyklach 25/5 min.

**Tabela lecznicza US Navy 7**

Głębokość		Dekompresja – czas	Prędkość dekompresji
[stopy]	[m]		
60	18	12 godzin	
60/40	18/12	Dekompresja liniowa	1 m/godz
40/20	12/6	Dekompresja liniowa	0,5 m/godz
20/4	6/1	Dekompresja liniowa	0,5 m/godz
4	1	4 godziny	
4/0	1/0	1 minuta	

Wystąpienie objawów choroby dekompresyjnej po głębokich nurkowaniach mieszaninowych, zwykle przekraczających głębokość 50 m, mogą wymagać rekompresji na większe ciśnienie niż przewidziane w tabelach 5, 6, 6A i 7. W 1993 roku wprowadzona została tabela 8 US Navy. W tabeli tej na głębokościach większych niż 18 m pacjent powinien oddychać mieszaninami oddechowymi, tj. helioksem lub nitroksen (50% O<sub>2</sub>).

**Tabela lecznicza US Navy 8**

Głębokość		Dekompresja – czas	Prędkość wynurzenia
[stopy]	[m]		
225	70	30 min –maksymalny	0,5 m/5 min
165	50	3 godziny	0,5 m/12 min
140	42	5 godzin	0,5 m/15 min
120	36	8 godzin	0,5 m/20 min
100	30	11 godzin	0,5 m/25 min
80	24	15 godzin	0,5 m/ 30 min
60	18	12 godzin	0,5 m/godz
60/40	18/12	liniowa dekompresja	0,5 m/godz
40/20	12/6	liniowa dekompresja	0,5 m/godz
20/4	6/1	liniowa dekompresja	0,5 m/godz
4	1	4 godziny	0,5 m/godz
4/0	1/0	1 minuta	1 m/min

Najczęściej występujące przyczyny niepowodzeń leczenia wypadków nurkowych:

- późne zgłoszenie objawów przez chorego nurka;
- niezastosowanie natychmiast rekompresji leczniczej;
- zaniedbanie leczenia przypadków wątpliwych;
- stosowanie niewłaściwych tabel dekompresyjnych;
- skracanie lub wydłużanie czasów dekompresji leczniczej;
- kontynuowanie dekompresji w przypadku nawrotów objawów.

Podstawowym warunkiem stosowania tabel jest szybkie sprężenie w czasie 1 minuty, umożliwiające natychmiastowe zmniejszenie pęcherzyków wewnątrznaczyniowych do wielkości przy której nie dają one objawów, zaś wczesne zastosowanie hiperbarii tlenowej zabezpiecza bezpieczne utlenianie tkanek.

Jeżeli po zakończeniu prawidłowego leczenia według odpowiedniej tabeli pozostają u chorego resztkowe objawy neurologiczne, to powinno się zastosować dodatkowo 90-minutowe ekspozycje hiperbarii tlenowej pod ciśnieniem 250 kPa przez kolejne dni od zakończenia leczenia rekompresją lub tabelę 7 albo 8 US Navy.

Zwiększone ciśnienie i hiperbaria tlenowa przez wiele lat były głównymi sposobami leczenia zatorów gazowych. Nie zawsze jednak uzyskiwano całkowite cofnięcie się objawów chorobowych. Leczenie farmakologiczne obok rekompresji leczniczej jest więc kolejnym i niezbędnym elementem kompleksowego leczenia wypadków dekompresyjnych i ma na celu przeciwdziałanie wtórnym następstwom pęcherzyków gazowych.

Leczenie farmakologiczne i podawanie tlenu do oddychania przed rekompresją leczniczą w komorze ma także duży wpływ na końcowy wynik leczenia.

# ZARYS DOROBKU KATEDRY I ZAKŁADU MEDYCZYNY MORSKIEJ WOJSKOWEJ AKADEMII MEDYCZNEJ

*Zebrany przez: kmdr. dr. n. med. Bogumila Filipka i kmdr. prof. dr. hab. n. med. Kazimierza Dege*

**D**ziałalność dydaktyczna Zakładu to wykłady z zakresu medycyny morskiej, organizacji ochrony zdrowia wojsk, higieny pobytu w tropiku i chorób tropikalnych dla słuchaczy Wojskowej Akademii Medycznej (WAM) i Akademii Marynarki Wojennej (AMW), oraz cykle wykładowe dla zainteresowanych służb Marynarki Wojennej (MW) i innych rodzajów wojsk, a także górniczych służb ratowniczych (z zakresu ratownictwa podwodnego), LOK, Obrony Cywilnej, oraz do niedawna PTTK. W ramach szkolenia podypłomowego organizowane są kursy podstaw medycyny morskiej dla absolwentów WAM rozpoczynających służbę w jednostkach i na okrętach MW.

Od kilku lat Zakład Medycyny Morskiej stał się bazą dla kursów fizjopatologii nurkowania II<sup>o</sup>, organizowanych pod egidą CMKP przez Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej (PTMiTH). Pracownicy naukowcy Zakładu uczestniczą także jako wykładowcy w kursach I<sup>o</sup> organizowanych od lat w Augustowie, początkowo przez PTTK a obecnie przez PTTMiTH. Kursy z zakresu medycyny hiperbarycznej i fizjopatologii chorób nurkowych prowadzone są również dla pracowników przedsiębiorstw gospodarki morskiej, szczególnie wydobywczych (Petrobaltic).

Udział Polskich Kontyngentów Wojskowych w Misjach Pokojowych ONZ początkowo na Bliskim Wschodzie, obecnie prawie na całym świecie, postawił przed Katedrą nowe zadania. Od 1975 r. Katedra organizuje kursy podstaw medycyny tropikalnej i diagnostyki laboratoryjnej chorób pasożytniczych dla personelu medycznego zabezpieczającego żołnierzy polskich kontyngentów, wyjeżdżających na misje w ramach Sił Zbrojnych ONZ.

Działalność naukowo - badawcza Zakładu Medycyny Morskiej i Tropikalnej WAM dotyczy przede wszystkim tematyki morsko - lekarskiej. Ważnym kierunkiem działania jest praca dotycząca legislacji norm, przepisów orzeczniczych i ochrony zdrowia załóg okrętowych. Badania dotyczące walki z hałasem na okrętach są wiodącymi w tym zakresie i pozwoliły na ustanowienie pierwszej normy higienicznej w MW. Normy obejmujące inne parametry jak: wibracje, mikroklimat, oświetlenie na okrętach są aktualnie w opracowaniu. Równie ważne dla MW są prace na temat doboru kryteriów zdrowotnych kandydatów do zawodu oficera MW, oraz opracowania wraz z pionem WF AMW ćwiczeń fizycznych adaptujących marynarzy do oddziaływania przyspieszeń na morzu. Poważny dorobek naukowy istnieje również w zakresie badań nad ekologia morza, epidemiologią środowiska okrętowego i inwazją pasożytniczą wśród załóg okrętowych. Wymienić należy także badania w zakresie ochrony środowiska naturalnego człowieka.

Ważne nie tylko dla MW, lecz również dla gospodarki morskiej, są prace z zakresu medycyny podwodnej i hiperbarycznej. Badania nad zabezpieczeniem medycznym nurków głębokich i saturowanych, nad ustaleniem parametrów środowiskowych długotrwałych pobytów człowieka w hiperbarycznych układach ekologicznych, oraz w zakresie nowych kierunków leczenia chorób nurkowych stanowią pionierską działalność w tym zakresie w Polsce. Opracowane tabele dekompresyjne znalazły już szerokie zastosowanie w praktyce. Również test tolerancji tlenowej, jako jedna z metod profilaktyki zatrucia tlenem wykorzystywany jest w badaniach kwalifikacyjnych.

W ramach tej tematyki opracowano część medyczną kompleksów nurkowych budowanych w Stoczni Szczecińskiej dla przedsiębiorstw zagranicznych. Za pracę tę zespół pracowników Katedry został w 1982r. wyróżniony nagrodą Ministra Nauki Szkolnictwa Wyższego i Techniki.

Katedra, a aktualnie Zakład Medycyny Morskiej i Tropikalnej współpracowała i współpracuje z AMW, Centrum Techniki Morskiej i wieloma innymi placówkami naukowymi Wybrzeża. Na szczególną uwagę zasługuje tu Zakład Medycyny Hiperbarycznej (ZMH) Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej, który będąc młodszą od Katedry instytucją kontynuuje od zarania swojego istnienia tematy badawcze rozpoczęte w Katedrze Medycyny Morskiej WAM. Pracujący tamże lekarze swe pierwsze doświadczenia zdobywali właśnie w Katedrze, czego najlepszym dowodem są liczne publikacje oparte na materiale badawczym Katedry, często jeszcze z czasów przed utworzeniem ZMH.

W ramach działalności usługowo - konsultacyjnej Zakład utrzymuje rozległe kontakty z Zakładami Lecznicznymi MW jak i placówkami cywilnymi Morskiej Służby Zdrowia oraz Instytutem Medycyny Morskiej i Tropikalnej. Działalność konsultacyjna Zakładu nie ogranicza się jedynie do placówek Służby Zdrowia MW i innych rodzajów wojsk, ale obejmuje także inne służby techniczne i ratownicze MW: Ośrodek Szkolenia Nurków i Pletwonurków WP, Stocznice MW, Stocznice Szczecińską oraz Brygadę Lotnictwa MW. Szef Zakładu jest naczelnym specjalistą z zakresu wojskowej medycyny morskiej, sprawując nad placówkami wojskowej służby zdrowia nadzór w zakresie tej specjalności.

Placówka posiada znaczne osiągnięcia naukowe. Aktualnie dorobek w tym zakresie stanowi kilkadziesiąt publikacji ogłoszonych drukiem w renomowanych czasopismach krajowych i zagranicznych. Dotyczą one

ważnych i specyficznych dla wojskowej medycyny morskiej zagadnień tematycznych, stanowiących niekiedy unikatowe opracowania w literaturze wojskowej i medycznej.

Do najistotniejszych pozycji wydawniczych należą: „Zarys patofizjologii nurkowania” pod redakcją Augusta Dolatkowskiego i Kazimierza Ulewicza - pierwszy podręcznik w piśmiennictwie polskim, dotyczący tej tematyki, nagrodzony nagrodą II stopnia Ministra Obrony Narodowej. Pod redakcją Tadeusza Doboszyńskiego i Tadeusza Orłowskiego wydano monografię „Podstawy Terapii hiperbarycznej”, nagrodzoną nagrodą III stopnia Ministra Obrony Narodowej. Najnowszą pozycją wydawniczą jest zbiór monograficznych wykładów „Problemy medycyny i techniki nurkowej” pod redakcją obecnego Kierownika Zakładu kmdr. dr. Romualda Olszańskiego we współpracy z pracownikami naukowymi AMW kmdr. ppor. dr.inż. Ryszardem Kłosem i kmdr. mgr. inż. Stanisławem Skrzyńskim. Ponadto wydano drukiem trzy skrypty monograficzne dla potrzeb słuchaczy WAM. Aktualnie opracowuje się nowoczesny podręcznik z zakresu higieny okrętowej dla lekarzy oraz studentów uczelni medycznych, jak również dwie nowe pozycje książkowe z zakresu medycyny nurkowej.

W Zakładzie Medycyny Morskiej i Tropikalnej mieści się również Redakcja Rocznika Służby Zdrowia Marynarki Wojennej, redagowanego wspólnie z Szefostwem Służby Zdrowia Marynarki Wojennej. Jego inicjatorami byli wspomniani już wielce zasłużony dla Morskiej Służby Zdrowia kmdr prof. A. Dolatowski oraz późniejszy komendant WAM, kontradmirał prof. Wiesław Łasiński. Po raz pierwszy ukazał się w 1959 r., obecnie w opracowaniu znajduje się jego XXVII tom.

Dla środowiska medycznego Marynarki Wojennej tradycją stały się konferencje, sympozja i zjazdy organizowane przez placówkę. Ogółem odbyło prawie 50 międzynarodowych i krajowych konferencji i sesji naukowych organizowanych wspólnie z Szefostwem Służby Zdrowia MW, AMW, Kołem Naukowym Lekarzy i Farmaceutów MW a ostatnio z powstałym przed kilku laty PTTMiTH. Należy tu podkreślić, że np. w dziedzinie medycyny i techniki podwodnej, Katedra jest jak do tej pory jedynym organizatorem periodycznych spotkań naukowców. Pracownicy brali ponadto czynny udział w licznych zagranicznych i krajowych sympozjach i konferencjach, gdzie prezentowali swój dorobek naukowy. Organizacja i udział w sympozjach i konferencjach umożliwiły pracownikom Zakładu nawiązanie partnerskich kontaktów z krajowymi i zagranicznymi instytucjami naukowymi, które zaowocowały licznymi wspólnymi projektami badawczymi, czy współpracą naukową.

W momencie powstania Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, Zakład Medycyny Morskiej WAM stał się naturalną siedzibą tej pierwszej w Polsce organizacji naukowej zrzeszającej z nielicznymi wyjątkami wszystkich naukowców zajmujących się zagadnieniami nurkowania i hiperbarii.

Dla realizacji celów naukowo - badawczych i dydaktycznych Zakład dysponuje biblioteką, liczącą ok. 10 000 wolumenów specjalistycznych wydawnictw.

Ważnym elementem działalności dydaktycznej i naukowej Zakładu jest prowadzenie specjalizacji z medycyny morskiej i tropikalnej. Ogółem do chwili obecnej specjalizację tą uzyskało prawie 200 osób. Zmiana ustawy o specjalizacjach włączająca medycynę morską do medycyny transportu postawiła przed Zakładem nowe zadania: opracowanie programu specjalizacji i uzyskania akredytacji do jej prowadzenia.

W oparciu o bazę naukową Zakładu 27 lekarzy uzyskało stopień naukowy doktora nauk medycznych, 10 stopień doktora habilitowanego, 5 pracowników Katedry uzyskało tytuł profesora nadzwyczajnego, 2 profesora zwyczajnego. W 1976 r. kmdr w stanie spoczynku prof. dr med. Augustyn Dolatowski za zasługi w dziedzinie wojskowej medycyny morskiej uhonorowany został tytułem doktora honoris causa Wojskowej Akademii Medycznej.

Działalność instytucji naukowej jest uwarunkowana nie tylko potrzebami merytorycznymi, lecz również życzliwością i poparciem wielu osób i instytucji. Z taką życzliwością Zakład spotyka się na co dzień zarówno w środowisku MW, jak i cywilnym, na rzecz których pracuje.

## **Lista uczestników Kursu fizjopatologii Nurkowania i Reanimacji I<sup>o</sup> CMKP w Augustowie 2000 r.**

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Szymon Bernas      | 10. Jarosław Maksymiuk   |
| 2. Tomasz Dobrucki    | 11. Jarosław Miłoiński   |
| 3. Monika Govenlock   | 12. Jarosław Potemski    |
| 4. Tomasz Gutek       | 13. Tadeusz Stachowicz   |
| 5. Marek Jasiński     | 14. Ewa Sukiennik        |
| 6. Grzegorz Kalamarz  | 15. Grzegorz Szanecki    |
| 7. Wojciech Kazmierak | 16. Agnieszka Szymborska |
| 8. Piotr Kowalczyk    | 17. Marek Śliwczynski    |
| 9. Łukasz Luboiński   | 18. Piotr Żbikowski      |