



BIULETYN

Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej

Nr 8-9

VI-XII.2003 r.

W NUMERZE:

-1-

Trzy słowa od prezesa
Komentarz redakcyjny

-2-

TECHNIKA

Termodynamiczne własności
niekonwencjonalnych mieszanin
oddechowych
**Model ewakuacji poszkodowanych
nurków z morza**

-7-

MEDYCINA

4-minutowe badanie neurologiczne u
nurków
Przyczyny i skutki hiperkapnii u nurka
Lista uczestników kursu CMKP II*
**Specyfika oględzin miejsca znalezienia
zwłok pod wodą**

Trzy słowa od Prezesa

Medycyny i Techniki Hiperbarycznej i ostatni rok mojego prezesowania. Moje przetrwanie na tym stanowisku zawdzięczam przede wszystkim pracowności Piotra Siermontowskiego i dzięki niemu - PTMiTH - dzieło Jarka Krzyżaka, pierwszego prezesa, istnieje i jest w pełnym rozkwicie. Chciałem przypomnieć wszystkim członkom PTMiTH, że podczas grudniowej konferencji będziemy wybierać nowego prezesa. Zgodnie z regulaminem, funkcję prezesa można pełnić tylko jedną kadencję i ten przepis zabezpiecza (cytuje Jarka Krzyżaka) „że nie będzie wiecznych i niezastąpionych prezesów, których zmiana wymagałaby rewolucyjnych przewrotów”.

W roku 2004 w ramach PTMiTH zamierzamy uczestniczyć w następujących konferencjach i zjazdach naukowych:

- *Aspekty bezpieczeństwa nawodnego i podwodnego oraz lotów nad morzem* konferencja pod patronatem Dowódcy Marynarki Wojennej, która odbędzie się 7 kwietnia w Gdyni
- *Perspektywy i rozwój systemów ratownictwa, bezpieczeństwa i obronności w XXI wieku* jest to IV Międzynarodowa Konferencja, która odbędzie się w terminie 23-24 czerwca w Gdańsku
- *30th annual meeting of the European Underwater and Baromedical Society on Diving and Hyperbaric Medicine*, które odbędzie się 15-19 września w Ajaccio, Francja
- *Człowiek w ekstremalnych warunkach środowiska*; jest to temat I konferencji naukowej, która odbędzie się w terminie 21-22 października w Warszawie w Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej
- *Problematyka Techniczna NURMIL 2004* jest to V konferencja, która odbędzie się w terminie 07-09 października w Gdyni

PTMiTH organizuje coroczne kursy, które uprawniają do uzyskania **certyfikatu lekarza nurkowego**. Są to: kurs *Fizjopatologii Nurkowania*, który odbędzie się w terminie 10-15 maja oraz kurs *Patofizjologii hiperbarii i reanimacji, ratownictwo nurkowe*, który odbędzie się w Augustowie w terminie 30 maja – 05 czerwca. Certyfikat lekarza nurkowego można zdobyć po ukończeniu trzech kursów i zdaniu pomyślnie egzaminu. Przypominam, że trzeci kurs należy ukończyć w Ośrodku Medycyny Hiperbarycznej w Gdyni Redłowie. Najbliższy egzamin w celu zdobycia certyfikatu lekarza nurkowego, odbędzie się podczas naszej corocznej konferencji, która odbędzie się 11-12 grudnia 2004. W skład komisji egzaminacyjnej już tradycyjnie wchodzi profesorowie: Joanna Łaszczyńska, Kazimierz Dęga, Zbigniew Jethon, Andrzej Paradowski i moja skromna osoba.

Osoby, które byłyby zainteresowane uczestnictwem w powyższych konferencjach i kursach, prosimy o kontakt z sekretariatem Zakładu Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowego Instytutu Medycznego w Gdyni. Zapraszam wszystkich członków i sympatyków PTMiTH na konferencję sprawozdawczo-wyborczą, która odbędzie się 11-12 grudnia. Tematem konferencji, zgodnie z tradycją, są *Postępy Medycyny i Techniki nurkowej*. Chciałem zaznaczyć, że jest to jedyna konferencja w Polsce, zajmująca się powyższymi problemami i będzie to jubileuszowa, ponieważ pierwsza odbyła się roku pańskiego 1994.

Romuald Olszański

Drodzy Czytelnicy

Witam Drogich Czytelników. Do Waszych rąk trafia drugi (i ostatni) podwójny numer Biuletynu PTMiTH. Ostatni nie tylko podwójny, ale i numer Biuletynu ...

Nie, nie kończymy działalności, jednak w związku z koniecznością dokumentowania osiągnięć badawczych pod postacią publikacji, w gronie Zarządu Towarzystwa i Redakcji, postanowiliśmy podnieść rangę Naszego Pisma. „*Polish Hyperbaric Research*” będzie grubszy, artykuły mogą być publikowane po angielsku lub po polsku, streszczenia oczywiście odwrotnie, będą one recenzowane, mamy też pierwsze zgłoszenia autorów zagranicznych. Oczywiście numer ISSN i Komitet Naukowy także się w każdym numerze znajdują. Na początek periodyk ukazywał się będzie tylko raz w roku, gdyż „proces produkcyjny” kosztuje. Istotne znaczenie dla częstotliwości ukazywania się będzie miała także liczba artykułów na odpowiednim poziomie naukowym. Jest nas, inżynierów i lekarzy, zajmujących się problemami nurkowania i hiperbarii w Polsce nieliczna grupa, więc mimo najlepszych chęci setek artykułów nie jesteśmy w stanie wyprodukować. Liczymy jednak na intelektualne wsparcie innych ośrodków naukowych. Pierwszy numer prześlemy do Waszych rąk najprawdopodobniej już w grudniu, na dorocznym Zjeździe Towarzystwa.

Oczywiście „Biuletyn PTMiTH” nie odchodzi w zapomnienie; będzie ukazywał się jako *Proceeding* zjazdu.

Na koniec dwie wiadomości, zapewne ogólnie znane, ale dla prawdy historycznej również je podajemy:

Pierwsza - nie ma już wśród nas wybitnego naukowca, znakomitego nurka jaskiniowego, instruktora nurkowania CMAS, a przede wszystkim wspaniałego Człowieka, dr. inż. Wiktora Bolka. Zmarł tam, gdzie spędzał każdą wolną chwilę; pod wodą.

Druga - jest nareszcie w Polsce pierwszy od lat, a obecnie jedyny czynny, samodzielny pracownik nauki (dr hab.), lekarz o specjalności medycyna morska, zajmujący się medycyną podwodną i hiperbaryczną. Oczywiście mowa o Przewodniczącym Towarzystwa, doktorze Romualdzie Olszańskim.

Kończę i życzę miłej lektury

Piotr Siermontowski

Redaktor Naczelny:

Piotr Siermontowski
Konsultant ds. medycyny
hiperbarycznej:

Romuald Olszański
Konsultant ds. techniki
hiperbarycznej:

Ryszard Kłós

Korespondencję do **Biuletynu**
proszę kierować na adres:

Piotr Siermontowski
ul. Srebrzyńska 11/15 m 31
91-074 Łódź

nurdok@poczta.onet.pl lub
piotr.6141627@pharmanet.com.pl
tel. 602 657 959

Lista uczestników kursu CMKP II^o
„Fizjopatologia nurkowania i leczenie chorób nurkowych”
Gdynia 13 - 18.05.2002

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1. Cezary Adamiec | 8. Maciej Kumala | 15. Zbigniew Pacuła |
| 2. Adam Biernacki | 9. Piotr Kusz | 16. Piotr Perkowski |
| 3. Bożena Domagała - Rutkiewicz | 10. Cezary Łuszcz | 17. Iwona Przybylska |
| 4. Jadwiga Chętkowska - Drózd | 11. Jarosław Maksymiuk | 18. Robert Splawski |
| 5. Jacek Dybowicz | 12. Michał Nakiela | 19. Paweł Tabisz |
| 6. Wojciech Gałuszka | 13. Bożena Nowak - Kędziora | 20. Adam Tarnowski |
| 7. Wojciech Górecki | 14. Jacek Nowak | |

TERMODYNAMICZNE WŁASNOŚCI
NIEKONWENCJONALNYCH MIESZANIN ODDECHOWYCH.

Anna Majchrzycka

Organizm człowieka przystosowany jest do oddychania powietrzem atmosferycznym i każda mieszanina, która nie jest powietrzem, powinna być uznana niekonwencjonalną mieszaniną oddechową, jednakże w technice nurkowej tym mianem określa się wszystkie mieszaniny poza dwu i trójskładnikowymi mieszaninami tlenowo-helowymi (HELIOX) i tlenowo-helowo-azotowymi (TRIMIX).

Do niekonwencjonalnych mieszanin oddechowych zalicza się mieszaniny: tlenowo-wodorowe (HYDROX), tlenowo-helowo-wodorowe (HYDRELIOX), tlenowo-neonowe (NEOX), tlenowo-helowo-azotowo-neonowe (NEOQUAD), tlenowo-argonowe (ARGOX). Duże koszty wytwarzania takich gazów powodują, że niekonwencjonalne mieszaniny oddechowe, pomimo wielu zalet, stosowane są jedynie podczas eksperymentalnych nurkowań oraz specjalnych operacji nurkowych [6].

Projektowanie i eksploatacja systemów hiperbarycznych, wykorzystywanych do nurkowania saturowanego oraz procedury sporządzania mieszanin oddechowych, wymagają znajomości własności termodynamicznych gazów.

Każda faza ekspozycji saturowanej wymaga stosowania odpowiedniego czynnika oddechowego, którego skład, ciśnienie, stopień zawilżenia oraz temperatura, mają wpływ na jego własności fizyczne.

W fazie kompresji nurka, szybkość zmiany temperatury gazu wewnątrz komory dekompresyjnej zależy od szybkości kompresji, a zatem, w tej fazie ekspozycji nurka, własności mieszaniny oddechowej będą szybko się zmieniały.

Na plateau saturacji utrzymywany jest stały skład i ciśnienie mieszaniny oddechowej oraz stała temperatura komfortu, a zatem własności mieszaniny oddechowej w tej fazie ekspozycji saturowanej prawie się nie zmieniają.

W fazie dekompresji szybkość zmian temperatury zależy od tempa obniżania ciśnienia, czasu pobytu nurka na danym przystanku dekompresyjnym oraz od składu mieszaniny oddechowej, który dla każdego etapu dekompresji jest odpowiednio modyfikowany, aby zachować warunki bezpiecznej dekompresji.

Zagadnieniem obliczania właściwości fizycznych mieszanin oddechowych poświęcono stosunkowo niewiele prac [1,6,7]. Ze względu na specyfikę stosowania niekonwencjonalnych mieszanin oddechowych, poza pracami [5,6,7] zagadnienia te nie są dobrze udokumentowane w literaturze przedmiotu.

W celu ułatwienia i przyspieszenia obliczeń właściwości fizycznych różnego rodzaju mieszanin oddechowych, opracowano równania regresji, uwzględniające wpływ ciśnienia, temperatury i składu gazu na jego własności termodynamiczne. Etapem poprzedzającym obliczanie własności termodynamicznych czynników oddechowych było przygotowanie funkcji opisujących zależność własności składników mieszanin oddechowych od ciśnienia i temperatury [niepublikowana]. W tym celu wykorzystano dane uzyskane doświadczalnie [1,8] dla czystych składników mieszanin (gazy rzeczywiste). Równania regresji, opisujące własności termodynamiczne czystych gazów oraz ich mieszanin, opracowano przy pomocy programu Statistica, wykorzystując funkcje estymacji nieliniowej. O wyborze funkcji estymacji nieliniowej decydowały prostota postaci funkcji regresji oraz duża wartość współczynnika korelacji. Podstawą do sformułowania równań regresji, opisujących własności fizyczne eksperymentalnych mieszanin oddechowych, były następujące czynniki: rodzaj stosowanej mieszaniny oddechowej, dopuszczalne ciśnienie cząstkowe tlenu w mieszaninie oddechowej, dopuszczalne ciśnienia cząstkowe składników obojętnych mieszaniny oddechowej, zakres ciśnień odpowiadający ekspozycjom saturowanym. Dla eksperymentalnych mieszanin oddechowych zestawionych w Tabelicy 1, opracowano [4] równania regresji, opisujące między innymi następujące własności fizyczne: ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu, entalpię właściwą, dynamiczny współczynnik lepkości, kinematyczny współczynnik lepkości, gęstość, współczynnik przewodzenia ciepła. Obliczanie własności mieszanin oddechowych jest konieczne przy rozwiązywaniu równania komfortu cieplnego [3], analizie zjawisk wymiany ciepła i masy w środowisku hiperbarycznym oraz do sporządzania różnych wykresów (np. entalpia - stopień zawilżenia mieszaniny oddechowej).

Tabelica 1. Eksperymentalne mieszaniny oddechowe

Lp	Rodzaj mieszaniny	P _{O₂}	Zakres stosowania
		[kPa]	[m]
1	HYDROX [O ₂ +H ₂]	30	200 -700
2	HYDRELIOX [O ₂ +H ₂]	30	200 - 700
2	NEOX [O ₂ +Ne]	35	45 -180
3	NEOQUAD [O ₂ +Ne+N ₂ +He]	35	45 -180
5	ARGOX [O ₂ +Ar]	30	9 - 15

Spośród wymienionych własności termodynamicznych współczynnik przewodzenia ciepła mieszaniny oraz ciepło właściwe mają największy wpływ na utratę ciepła z organizmu nurka podczas kompresji, plateau saturacji oraz dekompresji. Utrzymanie homeostazy termicznej organizmu w warunkach hiperbarycznych jest jednym z podstawowych warunków niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowanie organizmu człowieka. Ponieważ kompensowanie nadmiernej utraty ciepła przekracza możliwości układu termoregulacji nurka, wobec tego wewnątrz komory hiperbarycznej należy stworzyć mikroklimat o parametrach kompensujących straty ciepła, czyli stworzyć warunki komfortu cieplnego. Drugą ważną własnością mieszanin oddechowych jest ich gęstość, która wpływa na opory oddechowe, a tym samym na pracę wykonywaną podczas oddychania. Zbyt duża gęstość wdychanego gazu powoduje duże opory oddechowe i zmniejsza wentylację płuc, co może prowadzić do groźnych następstw.

Korzystając z estymacji nieliniowej oraz regresji wielokrotnej wyznaczono funkcje regresji, opisujące zmienność własności fizycznych różnych mieszanin [1,8].

Poniżej, jako przykład podano funkcje regresji uzyskane dla mieszanin NEOX. Równania regresji opisują zależność własności fizycznych mieszanin wraz z ciśnieniem, temperaturą i udziałem molowym neonu w mieszaninie:

- dynamiczny współczynnik lepkości (R=0,9999):

$$\eta = 0,118692 - 0,118750p^{0,000001} + 0,000013 * T^{0,294386} + 0,000018 x_{Ne} \quad (1)$$

- współczynnik przewodzenia ciepła (R=0,999)

$$\lambda = -0,145456 + 0,000115p + 0,000701T + 0,058544x_{Ne} \quad (2)$$

- gęstość (R=0,999) :

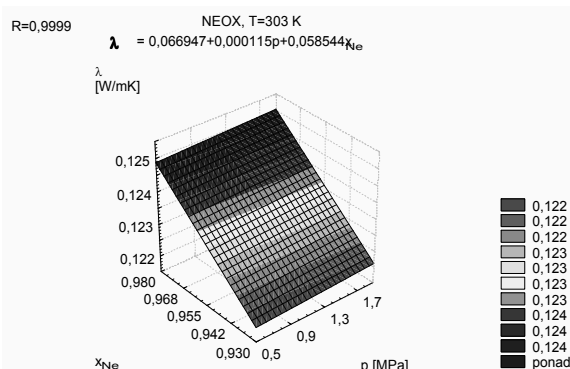
$$\rho = 8,394697p - 0,00002T + 0,170571x_{Ne} \quad (3)$$

- ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu (R=0,9999):

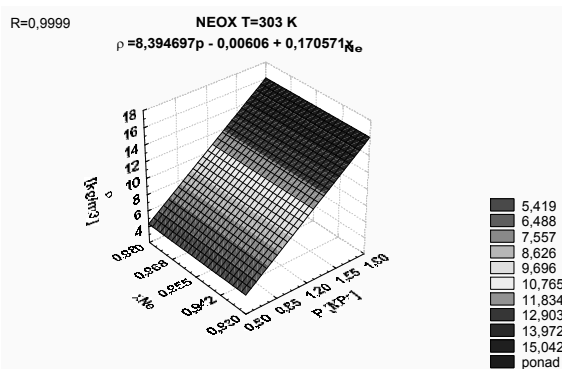
$$c_p = 0,883348 + 0,027469p - 0,000007T + 0,147678x_{Ne} \quad (4)$$

Na Rys. 1 przedstawiono graficzną interpretację równania regresji (2), które opisuje zależność współczynnika przewodzenia ciepła mieszaniny tlenowo-neonowej od ciśnienia i molowego udziału neonu. Z wykresu, sporządzonego dla temperatury T=303 K wynika, że rosnący wraz z ciśnieniem udział neonu powoduje wzrost współczynnika przewodzenia ciepła, co przyczynia się do wzrostu strat ciepła z organizmu człowieka.

Na Rys. 2 przedstawiono zmienność gęstości mieszaniny NEOX wraz z ciśnieniem i udziałem molowym neonu przy stałej temperaturze T=303 K. Z Rys.2 wynika, że wzrost ciśnienia powoduje bardzo duży wzrost gęstości mieszaniny oddechowej, co powoduje duże trudności podczas oddychania. Ze względu na dużą gęstość gazu, dopuszcza się stosowanie mieszanin NEOX w zakresie głębokości 45-200m [6].

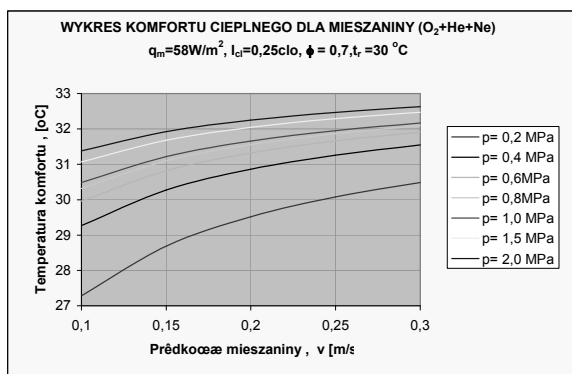


Rys.1 Zależność współczynnika przewodzenia ciepła od ciśnienia i składu mieszaniny NEOX

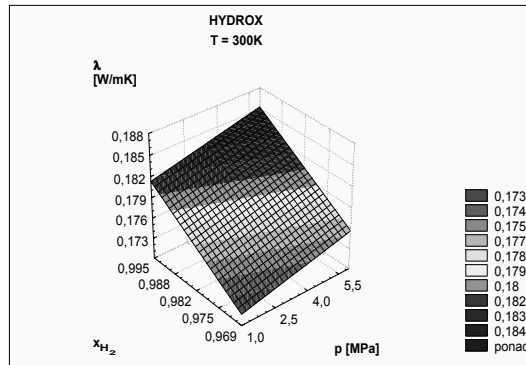


Rys.2 Zależność gęstości od ciśnienia i składu mieszaniny NEOX

Ze względu na koszt czystego neonu zaleca się stosowanie gazu Neon 75 (75% neonu + 25% helu), który otrzymuje się podczas destylacji powietrza [6].



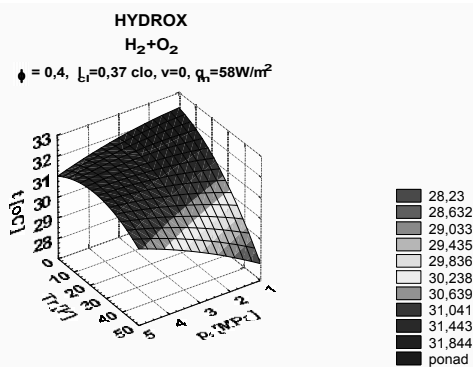
Rys. 3 Zależność temperatury komfortu cieplnego od prędkości względnej i ciśnienia mieszaniny gazowej.



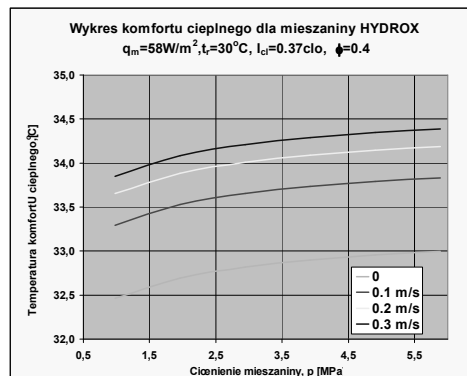
Rys.4 Zależność współczynnika przewodzenia ciepła mieszaniny HYDROX od ciśnienia i jej składu przy T=300K

Na Rys. 3 przedstawiono wykres komfortu cieplnego, opracowany [3] dla mieszaniny NEOX (O_2 –NEON 75). Wykres przedstawia zależność temperatury komfortu cieplnego od prędkości względnej gazu, a parametrem pęku krzywych jest ciśnienie gazu. Z przebiegu krzywych wynika, że wzrost ciśnienia powoduje wzrost temperatury komfortu cieplnego.

Na Rys. 4 przedstawiono graficzną interpretację równania regresji, które opisuje zależność współczynnika przewodzenia ciepła mieszaniny tlenowo-wodorowej od ciśnienia i molowego udziału wodoru przy stałej temperaturze $T=300$ K. Z wykresu wynika, że rosnący wraz z ciśnieniem udział wodoru powoduje wzrost współczynnika przewodzenia ciepła, co przyczynia się do wzrostu strat ciepła z organizmu. Wzrost strat ciepła z organizmu człowieka w atmosferze mieszanin HYDROX wymaga podwyższenia temperatury komfortu cieplnego [3]. Z Rys.5. wynika, że przy stałym wydatku energetycznym nurka, wraz ze wzrostem ciśnienia mieszaniny oddechowej wzrasta temperatura komfortu cieplnego.



Rys. 5 Zależność temperatury komfortu cieplnego od średniej temperatury promieniowania otoczenia i ciśnienia.

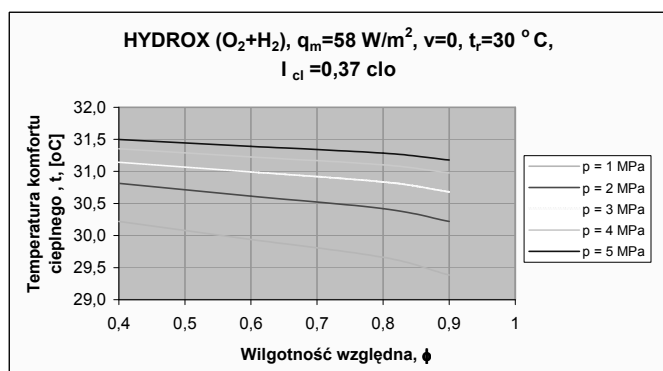


Rys.6 Zależność temperatury komfortu cieplnego od ciśnienia i prędkości mieszaniny.

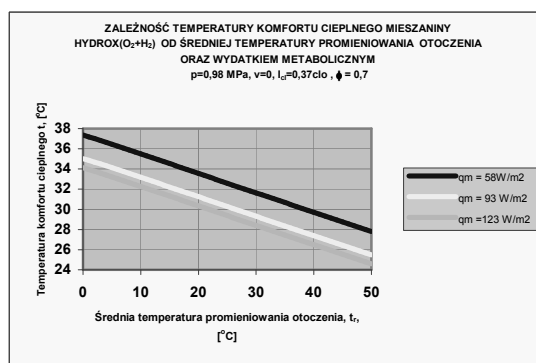
Na Rys. 6 przedstawiono wykres komfortu cieplnego ilustrujący zależność temperatury komfortu w mieszaninie HYDROX od ciśnienia i względnej prędkości mieszaniny [3] przy stałej wilgotności względnej gazu i wydatku energetycznym nurka.

Z Rys. 6 wynika, że przy stałej prędkości mieszaniny, wzrost ciśnienia powoduje wzrost temperatury komfortu cieplnego. Również przy stałym ciśnieniu, wzrost prędkości gazu powoduje konieczność podwyższenia temperatury niezbędnej do utrzymania komfortu cieplnego.

Na Rys. 7 przedstawiono wykres komfortu cieplnego, ilustrujący zależność temperatury komfortu w mieszaninie HYDROX od ciśnienia i względnej wilgotności mieszaniny przy konwekcji swobodnej, czyli $v=0$, wydatku energetycznym nurka $q_m=58$ W/m². Z Rys. 7 wynika, że przy stałej wilgotności względnej mieszaniny, wzrost ciśnienia powoduje wzrost temperatury komfortu cieplnego, natomiast przy stałym ciśnieniu, wzrost wilgotności gazu powoduje konieczność obniżenia temperatury niezbędnej do utrzymania komfortu cieplnego.



Rys. 7 Zależność temperatury komfortu cieplnego od wilgotności względnej i ciśnienia mieszaniny gazowej.



Rys. 8. Zależność temperatury komfortu cieplnego od wydatku energetycznego i ciśnienia otoczenia.

Wpływ wydatku energetycznego nurka na temperaturę komfortu cieplnego w mieszaninie HYDROX przedstawiono na Rys.8, sporządzonym w układzie temperatura komfortu cieplnego – średnia temperatura promieniowania otoczenia, gdzie parametrem pęku prostych jest wydatek energetyczny nurka.

Z Rys.8 wynika, że wzrost wydatku energetycznego powoduje konieczność obniżania temperatury komfortu cieplnego w mieszaninie HYDROX.

W podobny sposób określono własności fizyczne mieszanin HYDRELIOX oraz NEOQUAD oraz przeanalizowano zagadnienie komfortu cieplnego w atmosferze tych mieszanin oddechowych.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że wykorzystując dane doświadczalne [8] dla czystych składników mieszanin, uzyskano równania regresji [4] o dużych współczynnikach korelacji. Równania te umożliwiają szybkie i dokładne obliczanie właściwości termodynamicznych eksperymentalnych mieszanin oddechowych w funkcji ciśnienia,

temperatury oraz udziału składnika obojętnego. Uzyskane zależności przydatne są przy modelowaniu mikroklimatu środowiska hiperbarycznego na podstawie wcześniej opracowanego równania komfortu cieplnego [3].

Oznaczenia:

c_p	pojemność cieplna mieszaniny przy stałym ciśnieniu, J/kgK
i	entalpia właściwa mieszaniny oddechowej, J/kg
l_{cl}	opór cieplny odzieży, clo
p	ciśnienie całkowite gazu, MPa
p_i	ciśnienie cząstkowe składnika mieszaniny oddechowej, kPa
\dot{Q}_m	wydatek energetyczny nurka, W/m ²
T	temperatura bezwzględna gazu, K
t_r	średnia temperatura promieniowania otoczenia, °C
T_r	średnia temperatura bezwzględna promieniowania otoczenia, K
v	względna prędkość mieszaniny oddechowej, m/s
x_i	udział molowy składnika w mieszaninie oddechowej
ϕ	wilgotność względna mieszaniny oddechowej
λ	współczynnik przewodzenia ciepła mieszaniny oddechowej, W/mK
η	dynamiczny współczynnik lepkości mieszaniny oddechowej, kg/ms
ν	kinematyczny współczynnik lepkości mieszaniny oddechowej, m ² /s
ρ	gęstość mieszaniny oddechowej, kg/m ³

MODEL EWAKUACJI POSZKODOWANYCH NURKÓW Z MORZA

Andrzej Książek, Romuald Olszański, Bartosz Morawiec

Nurkowanie zawodowe jest ciężką pracą fizyczną dla osób wykonujących tę pracę zawodowo dla potrzeb służby wojskowej (zadania specjalne) oraz gospodarki morskiej (zadania cywilne) naszego kraju, a nurkowanie amatorskie jest interesującą formą rekreacji, wypełniającą wolny czas amatorów zwiedzania życia podwodnego, która odbywa się w warunkach obcych i często nie sprzyjających człowiekowi.

Człowiek przystosowany jest do życia w ściśle określonym środowisku, zmiana warunków otoczenia może stanowić zagrożenie życia i zdrowia.

Podstawowym warunkiem bezpiecznego nurkowania jest znajomość zasad nurkowania, sprawny technicznie sprzęt, idealny stan zdrowia, higieniczny tryb życia i szacunek dla żywiołu. Brak przestrzegania powyższych warunków prowadzi często do wypadków w trakcie nurkowania.

W zależności od mechanizmu powstawania, choroby i urazy nurków możemy podzielić na trzy grupy:

- grupa I - skutki działania mechanicznego zmian ciśnienia na ciało nurka (uraz ciśnieniowy płuc, ucha, zatok, wyrzucenie nurka na powierzchnię);
- grupa II - skutki działania gazów pod zwiększonym ciśnieniem (choroba ciśnieniowa, zatrucie CO₂, CO, tlenem, narkoza azotowa);
- grupa III - inne stany często występujące u nurkujących (hipotermia, hipertermia, urazy mechaniczne zewnętrzne).

Postępowanie zapobiegające wypadkom w czasie nurkowania oraz podstawowe objawy, mogące towarzyszyć wypadkom i chorobom nurkowym, są ogólnie znane w środowisku ludzi profesjonalnie związanych z nurkowaniem, jednak nie zawsze są przestrzegane zasady postępowania, a wczesne symptomy chorobowe bywają bagatelizowane.

W latach 1989-1998 służby ratownicze MW odpowiadały za ratowanie życia, mienia oraz ratownictwo ekologiczne w polskiej strefie morskiej. Jednostki ratownicze skupione w wojskowym systemie ratownictwa morskiego są przygotowane pod względem praktycznym i merytorycznym do udzielania pomocy poszkodowanym nurkom.

W celu zabezpieczenia działań nurków, przygotowany jest personel medyczny, który posiada odpowiednią wiedzę i został przeszkolony praktycznie w zakresie medycyny podwodnej i udzielania pomocy poszkodowanym nurkom. W większości przypadków, o losie osoby poszkodowanej decyduje szybkie i trafne rozpoznanie przyczyny urazu oraz ewakuacja do miejsca ostatecznego zaopatrzenia medycznego. Pierwsza pomoc polega na wydostaniu nurka na powierzchnię, kontroli i ewentualnym podtrzymywaniu podstawowych funkcji życiowych, ułożeniu w pozycji bezpiecznej, podawaniu tlenu do oddychania. Dalsze leczenie powinno odbywać się w komorze ciśnieniowej. Leczenie farmakologiczne stosowane jest w zależności od zaistniałej sytuacji i rodzaju urazu (leki uspokajające, przeciwkaszlowe, płyny fizjologiczne). Należy pamiętać, że środki farmakologiczne mogą maskować poważniejsze objawy chorobowe, co niejednokrotnie prowadzi do opóźnienia właściwego leczenia w komorze ciśnieniowej.

Działania nurków i pletwonurków WP w większości zabezpieczane są komorami ciśnieniowymi na samochodach lub okrętach, które znajdują się w ciągłej gotowości, oraz komorami w Ośrodku Szkolenia Nurków i Pletwonurków WP w Gdyni.

Okrety MW wyposażone w komory ciśnieniowe rozmieszczone są w Gdyni i w Kołobrzegu. W razie braku zabezpieczenia nurkowania w komory ciśnieniowe, najlepszą metodą transportu poszkodowanych jest przelot śmigłowcem z wyszkoloną załogą i wyposażonym w odpowiednią aparaturę medyczną. Śmigłowce ratownicze MW operują z baz w Gdyni i w Darłowie.

Model postępowania w wypadku zaistnienia zagrożenia zdrowia i życia nurka, stosowany przez służby ratownicze MW :

- 1) wydobyć ze środowiska wodnego;
- 2) określić przyczynę zagrożenia zdrowia i życia;
- 3) kontrola i podtrzymywanie podstawowych funkcji życiowych;
- 4) wdrożenie czynności leczniczych:
 - w komorze ciśnieniowej;
 - w przypadku braku transport do komory ciśnieniowej;
 - w trakcie transportu wentylacja tlenem i inne konieczne czynności (np. resuscytacja krążeniowo - oddechowa).

Proponowane wyposażenie śmigłowca ratowniczego w sprzęt medyczny:

- 1) przenośny defibrylator z możliwością zapisu EKG z własnym źródłem zasilania;
- 2) przenośny respirator z własnym źródłem zasilania;
- 3) ssak elektryczny i mechaniczny;
- 4) nosze do transportu pacjentów z podejrzeniem uszkodzenia kręgosłupa - 1 szt.;
- 5) nosze sanitarne - 3 szt.;
- 6) opatrunki do unieruchamiania kończyn - 6 szt.;
- 7) walizka reanimacyjna z zestawem lekarskim:
 - fonendoskop
 - aparat do pomiaru i monitorowania tętna i ciśnienia tętniczego
 - zestaw do intubacji (laryngoskop, rurki ustno-gardłowe, rurki do intubacji)
 - zestaw do konikotomii
 - worek AMBU
 - leki pierwszego rzutu - adrenalina, atropina, hydrocortison, lignocaina, narkotyczne leki przeciwbólowe, furosemid, aminofilina, scolina;
- 8) płyny krwiozastępcze i zestawy do ich przetaczania;
- 9) środki i materiały opatrunkowe - środki odkażające (jodyna, spirytus, woda destylowana), gaza, gaza wyjałowiona, chusty trójkątne, bandaże, bandaże elastyczne, opaski elastyczne, opatrunki izotermiczne, opatrunki oparzeniowe, opaski dzienne;
- 10) zestawy odzieży dla poszkodowanych;
- 11) torba sanitarna dla ratownika pokładowego z materiałami i środkami opatrunkowymi.

Szacunkowy koszt wyżej wymienionego wyposażenia - 65-80 tyś. PLN.

4-MINUTOWE BADANIE NEUROLOGICZNE U NURKÓW

Bartosz Morawiec

Poniżej przedstawiono skrócony opis badania neurologicznego, które może być przeprowadzone bez użycia specjalistycznego sprzętu medycznego przez niewyedukowaną medycznie osobę w czasie czterech minut.

Jest ono szczególnie przydatne w przypadku wystąpienia lub podejrzenia choroby dekompresyjnej oraz zatorów powietrznych. Może być przeprowadzone w każdej sytuacji, gdy zaistnieje potrzeba szybkiego określenia stanu zdrowia pacjenta w komorze dekompresyjnej, a następnie oceny postępu procesu leczniczego.

Badanie jest oczywiście zwięzłe, jednakże daje możliwość określenia stanu świadomości, czynności nerwów czaszkowych, stwierdzenia ogniskowych objawów uszkodzenia centralnego i obwodowego układu nerwowego.

Istnieją dwie przyczyny tej zwięzłości:

1. Jest to badanie przesiewowe tzw. „grube”, które może być przeprowadzone przez osobę niezwiązaną ze służbą zdrowia i bez użycia sprzętu specjalistycznego.
2. Badanie to powinno być przeprowadzone w czasie nie dłuższym niż 4 minuty.

Jeżeli w trakcie badania wykaże się odchylenia od stanu prawidłowego w obrębie określonych struktur układu nerwowego, to po jego zakończeniu należy dokonać ponownego, tym razem bardziej szczegółowego badania. Gdy badanie zostanie rozpoczęte, a w trakcie niego zostanie stwierdzona patologia, to należy bezwzględnie doprowadzić je do końca. Sprawą szczególnie ważną jest, aby każdorazowo badanie przeprowadzać w ten sam sposób, przy zachowaniu stałej kolejności, tak, by stało się działaniem rutynowym. Dzięki temu istnieje duża szansa, że nawet w sytuacji krytycznej, dużym pośpiechu, objawy patologiczne nie zostaną przeoczone.

Wskazane byłoby okresowe ćwiczenie tego badania na osobie drugiej, jeden lub dwa razy w miesiącu, tak, aby wykształcić jak największą biegłość w jego przeprowadzaniu.

4-ro minutowy limit czasowy jest ściśle określony, nie powinien być przekroczony, natomiast powinien być wpasowany w 5-cio minutową przerwę w czasie tlenoterapii w przypadku zatorów powietrznych. Tak krótki czas badania jest także pożądany z powodu potrzeby jak najszybszego umieszczenia pacjenta w komorze dekompresyjnej. Wskazane jest, przed rozpoczęciem procesu leczniczego w komorze dekompresyjnej, przeprowadzenie chociażby podstawowego badania neurologicznego.

Poza wypadkami nurkowymi, powyższe 4-ro minutowe badanie neurologiczne może być wykorzystywane u osób z zatruciem dwutlenkiem węgla - CO₂, udarach mózgowych, urazach z uszkodzeniem układu nerwowego.

Bardzo ważne jest przestrzeganie kilku zasad w czasie przeprowadzania badania:

- Należy badać dokładnie
- Nie wolno jednocześnie badać kilku struktur układu nerwowego
- Nie wolno opuszczać części badania lub szybko przechodzić do innej jego części

Badający nie musi posiadać medycznego wykształcenia (w tym nawet podstawowych informacji z dziedziny neurologii). Wystarczy by był w stanie określić odchylenia od stanu prawidłowego i wypełnić arkusz badania.

Metoda przeprowadzania 4-ro minutowego badania neurologicznego jest obecnie propagowana i nauczana wśród nurków pracujących na morzu Północnym przy wydobyciu ropy naftowej, w celu szybkiego określenia stanu zdrowia partnera–nurka w czasie pracy w dzwonie nurkowym na dużych głębokościach lub na pokładzie w czasie pobytu w komorze dekompresyjnej.

Odchylenia od stanu prawidłowego powinny być zapisane w arkuszu badania neurologicznego lub przekazane kierownikowi prac podwodnych - nurkowych, który podejmuje decyzję o rozpoczęciu leczenia.

4-ro minutowe badanie neurologiczne zostało przygotowane i wielokrotnie sprawdzone w praktyce przez **Dicka Clarke** – amerykańskiego kontrolera prac nurkowych, doświadczonego nurka, ratownika medycznego, obecnie aktywnego działacza „The Oceaneeing International Plana”.

Zakres i metodologia 4-ro minutowego badania neurologicznego powstały przy współudziale lekarzy - specjalistów neurologii z Uniwersytetu Południowej Karoliny (USC) w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

W tym miejscu należy podkreślić, że badanie nie powinno być przeprowadzane z obsesyjną dokładnością, dozwolone są niewielkie odstępstwa od reguł (np. pytania o miejsce i czas) – ponieważ badany (w szczególności pierwszy raz), może być obrażony banalnością zadawanych pytań.

Badanie to nie powinno być traktowane jako nowa zabawa, lecz jako dodatkowy sposób podniesienia własnej sprawności, a co najważniejsze, własnego bezpieczeństwa.

Marzeniem autorów badania, a z pewnością także wszystkich lekarzy sprawujących opiekę nad nurkami, jest to, aby stało się ono powszechnie znanym i wykorzystywanym.

SCHEMAT 4-MINUTOWEGO BADANIA NEUROLOGICZNEGO

1. ŚWIADOMOŚĆ

- Orientacyjna co do własnej osoby (pytanie o imię i nazwisko)
- Miejsca (pytanie o miejsce obecnego przebywania)
- Czas (pytanie o orientacyjną godzinę lub porę dnia, dzień, miesiąc, rok)

2. NERWY CZASZKOWE

A] Pokaż badanemu przed jego oczami (nie musi zasłaniać jednego oka) palec lub palce w odległości około 10 cm przez okres około 15-20 sekund. Zapytaj, ile widzi palców, czy obraz jest ostry, sprawdź (zapytaj), czy widzi palec (palce) gdy wykonujesz nim ruch w prawo, następnie w lewo od linii środkowej, staraj się określić orientacyjnie ewentualne ubytki w widzeniu badanego, ich granice tj. czy jest to ubytek jednostronny lub obustronny.

Następnie, gdy badany patrzy na twój palec (w linii środkowej) – oceń stan źrenic, zobacz czy mają takie same wymiary (czy są duże, szerokie, małe, wąskie?), czy mają regularne brzożgi?.

Rzeczcią, o której musisz pamiętać w trakcie badania jest, aby badany patrzył prosto w twoje oczy, a ty w jego.

B] Poproś badanego, by spojrzął obu oczami w twoje oczy, następnie oceń ruch jego gałek ocznych. Poproś, by wodził oczami za twoim palcem od ekstremalnego wychylenia od strony lewej do prawej, od strony prawej do lewej, z góry do dołu i z dołu do góry. Każde oko należy badać oddzielnie. Oceń orientacyjnie ewentualne ubytki w polu widzenia (jednostronne lub obustronne). Sprawdź, czy obie gałki oczne poruszają się symetrycznie. Szczególną uwagę zwróć czy nie występuje oczopląs tj. wolne ruchy gałek ocznych w jednym kierunku, po których następują ruchy szybkie w kierunku przeciwnym. Oceń orientacyjnie charakter i kierunek oczopląsu (np. symetryczny, poziomy, pionowy, skaczący, kołowy).

C] Delikatnie potrzyj opuszkami palców jedną połowę twarzy badanego (czoło, policzek, dolną wargę, brodę), zapytaj, czy czuje twój dotyk, następnie powtórz te same czynności z drugą połową twarzy. Zapytaj badanego, czy czuje ten dotyk. Następnie dokonaj badania czucia symetrycznie, odpowiednio dla czoła, policzków, dolnej wargi, brody – zapytaj badanego, czy czuje jakąkolwiek różnicę. Pamiętaj, że gdy dotykasz badanego pierwszy raz, musisz mieć pewność, że on czuje twój dotyk.

Dalsze badanie będzie polegało na badaniu wrażeń czuciowych:

- Zapytaj badanego, czy w którejkolwiek części ciała czuje swędzenie, pieczenie, drętwienie lub jakiegokolwiek inne „nieswoje” dziwne wrażenie.
- Zapytaj, czy pozycja ciała (stojąca, siedząca, leżąca) lub jej zmiana, dotyk, drażnienie skóry, wywołuje lub nasila powyższe wrażenia. Gdy badany podaje jakieś zaburzenia – staraj się określić ich charakter i lokalizację. Zapisz dokładnie obszar zmian i prowadź badanie dalej.

- Delikatnie dotykaj opuszkami palców okolice barków, ramion po stronie zewnętrznej i wewnętrznej – badanie wykonuj symetrycznie dla obu połówek ciała. Zapytaj badanego, czy czucie dotyku jest normalne, symetryczne. Jeśli badany zgłasza jakieś zmiany – zapytaj o ich charakter i lokalizację. Następnie powtórz powyższe badanie dla obu kończyn górnych – zadaj te same pytania.
- W dalszej kolejności badaj (dotykaj) od góry do dołu symetrycznie powierzchnię skóry klatki piersiowej, grzbietu, tułowia i obu kończyn dolnych (zwróć szczególną uwagę na palce stóp). Zadaj te same pytania.
- Przystąp do badania patologicznego objawu podeszwowego, zwanego też objawem Babińskiego. Mocno przesuń palcem wskazującym po bocznej krawędzi podeszwy i w poprzek poduszki stopy, obserwuj paluch i pozostałą część stopy. Jeśli wszystkie palce zegną się ku podeszwie – mamy do czynienia z reakcją prawidłową, tzn. objaw Babińskiego jest ujemny, natomiast gdy paluch prostuje się i zgina grzbietowo – mówimy wtedy o dodatnim objawie Babińskiego (co najprawdopodobniej świadczy o uszkodzeniu połączenia nerwowego pomiędzy centralnym układem nerwowym a stopą – fachowo nazywanym neuronem ośrodkowym).

D] Zwróć uwagę na symetrię twarzy, poproś, aby wyszczerzył zęby, zagwizdał, spojrział do góry, zmarszczył brwi, wystawił język i poruszał nim, napiął mięśnie żwacze.

E] Poproś badanego, aby zamknął oczy (ważne jest, aby nie mógł wzrokowo określić kierunku, z którego pochodzi dźwięk) – obustronnie i jednostronnie, początkowo przy małżowinie usznej, a następnie w odległości około 1-go metra, przybliżając pocieraj - pstrykaj palcami. Zapytaj badanego, czy dobrze słyszy dźwięk, czy występuje jakaś różnica w odbiorze dźwięku – jeśli tak, czy zależna jest od odległości źródła dźwięku od ucha. Zwróć uwagę na ewentualne występowanie hałasu (odgłosy maszyn, rozmowy ludzi itp.), który może uniemożliwić przeprowadzenie badania. Porównaj wynik badania z własnym, oczywiście pod warunkiem, że jest on prawidłowy.

Jeśli badany doznał barotraumaty ucha, to najprawdopodobniej nie będzie w stanie usłyszeć żadnych dźwięków – nawet w odległości 5-ciu cm od uszu.

Niektórzy z badanych mogą mieć defekt (osłabiony słuch) istniejący przed badaniem, należy na to zwrócić szczególną uwagę (zapytaj badanego!).

F] Poproś badanego, aby przełknął ślinę, obserwuj jego chrząstkę tarczową krtani (tzw. jabłko Adama). Zwróć uwagę, czy porusza się do góry i na dół. Zapytaj badanego, czy występują jakieś trudności w przełykaniu.

G] Poproś badanego, aby wzruszył ramionami unosząc je do góry, zaobserwuj, czy czynność jest płynna i symetryczna. Staraj się wbrew oporowi badanego obniżyć barki.

H] Poproś badanego, aby pokazał język – zobacz, czy jest wyprostowany i czy nie zbacza w jedną stronę.

3. UKŁAD RUCHU

Poproś badanego, aby w pozycji stojącej wyciągnął przed siebie obie kończyny górne, lekko zgięte w stawie łokciowym, barki powinny być uniesione nieco wyżej, kciuki ustawione w dół. Poproś, aby przeciwdziałał twojej sile, starającej się zbliżyć ramiona do linii strzałkowej ciała. To badanie pozwala ocenić siłę mięśni trójgłowych ramion. Następnie poproś badanego, aby w pozycji jak poprzednio, ale z ułożeniem kciuków do siebie (tj. kciuk do kciuka), starał się przeciwdziałać twojej sile rozsuwania - oddalania od siebie kończyn górnych. To badanie pozwala ocenić siłę mięśni dwugłowych ramion. Obie powyższe próby pozwalają także ocenić siłę mięśni przedramion. Następnie poproś, aby z całej siły uściśnął najpierw jedną, później drugą dłońią twoje dwa palce, oceń symetryczność uścisku. W pozycji leżącej na plecach lub siedzącej, poproś badanego, aby zgiął obie kończyny dolne w stawie kolanowym, a następnie przeciwdziałał twojej sile prostującej i zginającej odpowiednią kończynę. Kolejną próbą oceniającą siłę mięśniową kończyn dolnych jest przeciwdziałanie badanego twojej sile zginającej stopę grzbietowo w stawie skokowym.

Przedstawiony powyżej sposób badania świadomości, nerwów czaszkowych, układów czucia i ruchu stanowi podstawę 4-ro minutowego badania neurologicznego u nurków. Każdy świadomy i wykształcony nurek powinien ćwiczyć przeprowadzanie tego badania, aż do osiągnięcia perfekcji, zawsze w taki sam sposób "krok po kroku" i zawsze z pamięci.

SCHEMAT BADANIA

Nazwisko i imię: _____
 Miejsce: _____ Data: ____/____/____ Czas: _____

A: GŁOWA

1. Orientacja co do miejsca, czasu, osoby. Zapytaj badanego, czy wystąpiły w którymkolwiek miejscu ciała dziwne uczucia, drętwienia, swędzenia!
2. Oczy – zbadaj pole widzenia, oceń rozmiar źrenic, sprawdź czy nie występuje oczopląs
3. Uszy – orientacyjne, obustronne badanie słuchu
4. Czoło:
 - a) Czucie dotyku
 - b) Marszczenie czoła
 - c) Zamykanie oczu
5. Policzki i zuchwa – czucie dotyku.
6. Zaciskanie zębów (mięśnie żwacze)
7. Uśmiech lub grymas twarzy
8. Język
9. Polykanie

B: BARKI

1. Czucie dotyku
2. Wzruszanie ramionami

C: KOŃCZYNY GÓRNE

1. Czucie dotyku
2. Siła mięśniowa:
 - a) Symetryczność uścisku palców
 - b) Próba kciuk w dół (opór siły przywodzenia ramion)
 - c) Próba kciuk w kciuk (opór siły odwodzenia ramion)

D: KLATKA PIERSIOWA

1. Czucie dotyku (przednia i tylna ściana klatki piersiowej)

E. KOŃCZYNY DOLNE

1. Czucie dotyku
2. Siła mięśniowa:
 - a) Zgięcie i prostowanie wbrew oporowi (stawy: biodrowy, kolanowy)
 - b) Zgięcie i prostowanie wbrew oporowi (staw skokowy)
 - c) Objaw Babińskiego

Wstaw znak ✓ przy badaniu, którego wynik jest nieprawidłowy lub niejasny.
 Napisz krótki komentarz.

SZYBKIE BADANIE NEUROLOGICZNE NURKA

Nazwisko i imię: _____
Miejsce: _____ Data: ____/____/____ Czas: ____:____

GŁOWA I SZYJA

Prawidłowy	Nieprawidłowy	
		Ostrość wzroku (liczenie palców, podwójne widzenie)
		Pole widzenia (wodzenie oczami za palcem)
		Zrenice (wielkość, równość, reakcja na światło)
		Ruch gałek ocznych (wodzenie palcem wg litery H)
		Zaciskanie zębów (mięśnie żwacze)
		Marszczenie czoła
		Zamykanie oczu (kontrola napięcia mięśni powiek)
		Uśmiech lub grymas twarzy
		Polykanie
		Język (wysuwanie, zbaczanie na jedną stronę)
		Wzruszanie ramionami (uciśnij ramiona – oceń opór)

OBJAW BABIŃSKIEGO (podeszwowy)
 Tak Nie

CZUCIE

		Dotykaj (pocieraj) palcami każdej części ciała badanego.
		Zapytaj czy czuje dotyk.

CZYNNOŚCI RUCHOWE

		Symetryczność siły uścisku palców.
		Próba – kciuk w dół (opór stawiany sile przywodzenia ramion)
		Próba - kciuk do kciuka (opór stawiany sile odwodzenia ramion)
		Ocena siły mięśni stopy (zgięcie i prostowanie wbrew oporowi)
		Siła mięśni kończyn dolnych (zgięcie i prostowanie wbrew oporowi)

Nazwisko i imię: _____
Miejsce: _____ Data: ____/____/____ Czas: ____:____

GŁOWA I SZYJA

Prawidłowy	Nieprawidłowy	
		Orientacja (czas, miejsce, osoba)
		Ostrość wzroku (liczenie palców, podwójne widzenie)
		Pole widzenia (wodzenie oczami za palcem)
		Zrenice (wielkość, równość, reakcja na światło)
		Ruch gałek ocznych (wodzenie za palcem wg litery H)
		Czucie (czoło, policzki, żuchwa)
		Zaciskanie zębów (mięśnie żwacze)
		Marszczenie czoła
		Zamykanie oczu (kontrola napięcia mięśni powiek)
		Uśmiech lub grymas twarzy
		Badanie słuchu (orientacyjne)
		Polykanie
		Wzruszanie ramionami (uciśnij oba ramionami – oceń opór)
		Język (wysuwanie, zbaczanie)

CZUCIE

- Zapytaj o wystąpienie innych, niezwykłych wrażeń
- Badanie czucia dotyku: kończyny górne i dolne, tułów, plecy
- Zapytaj czy czucie dotyku jest takie samo po obu stronach ciała

CZYNNOŚCI RUCHOWE

- Symetryczność siły uścisku palców
- Próba – kciuk w dół (opór stawiany sile przywodzenia ramion)
- Próba - kciuk do kciuka (opór stawiany sile odwodzenia ramion)
- Próba zgięcia i wyprostuj stawów: biodrowych, kolanowych i skokowych
- Odruch podeszwowy (zgięcie palucha w dół ku podeszwie = odruch fizjologiczny)

DODAJ WYJAŚNIENIE DO WSZYSTKICH NIEPRAWIDŁOŚCI !

PRZYCZYNY I SKUTKI HIPERKAPNI U NURKA

Prof. dr hab. n. med. Andrzej Paradowski

Katedra i Zakład Fizjologii Pomorskiej Akademii Medycznej

Al. Powstańców Wielkopolskich 72, 70-111 Szczecin

e-mail: aparad@sci.pam.szczecin.pl

Poważnym zagrożeniem życia nurka, wymagającym szybkiego rozpoznania i interwencji, jest retencja w organizmie dwutlenku węgla, wynikająca z niezrównoważenia procesu jego wytwarzania w toku przemiany materii (CO_2 endogenne) i procesu wydalania przez płuca. Przyczyną nadmiernego gromadzenia CO_2 w organizmie może być także oddychanie czynnikiem oddechowym o nadmiernej zawartości tego gazu, to jest pobieranie CO_2 egzogenne (niesprawne aparaty oddechowe, niedostateczna wentylacja habitatu, dzwonu nurkowego czy skafandra nurka klasycznego).

Dwutlenek węgla powstaje jako końcowy produkt procesów oksydacyjnych w objętości (VCO_2 met) proporcjonalnej do objętości aktualnie pobieranego przez organizm tlenu (VO_2 akt). Zależność między wydalaniem przez płuca CO_2 a objętością VO_2 akt określa współczynnik oddechowy (RQ). Wartość RQ w warunkach spoczynkowych zależy od rodzaju utlenianych substratów (przy utlenianiu wyłącznie tłuszczów $\text{RQ} = 0,7$, a węglowodanów $\text{RQ} = 1,0$), zwykle przyjmuje wartości $0,82 - 0,85$. Podczas wysiłków fizycznych objętość CO_2 dyfundująca z krwi do pęcherzyków płucnych wzrasta proporcjonalnie do poboru tlenu i zwiększenia wartości RQ w związku z nasileniem utleniania węglowodanów, a także dodatkowo w wyniku uwalniania CO_2 z wodorowęglanów (objętość VCO_2 buf), procesu umożliwiającego utrzymanie równowagi kwasowo-zasadowej organizmu w sytuacji nadmiernego wytwarzania produktów kwaśnych (głównie kwasu mlekowego); RQ podczas wysiłku submaksymalnego może przyjmować wartości powyżej 1,0 (np. 1,4). W krwi żyłnej dopływającej do naczyń włosowatych otaczających pęcherzyki płucne CO_2 (PcCO_2) kształtuje się w zależności od wartości VCO_2 met i VCO_2 buf. Przeciętna wartość PcCO_2 to 6,11 kPa (46 Tr); przeciętne ciśnienie parcjale dwutlenku węgla w pęcherzykach płucnych (PACO_2) wynosi 5,32 kPa (40Tr)

Rozpuszczalność CO_2 w fazach wodnej i lipidowej jest znaczna; dyfunduje przez błonę pęcherzykowo-włośniczkową szybko, co decyduje o wartości zdolności dyfuzji płuc w odniesieniu do tego gazu (DLCO_2), kompensującej niewielką wartość gradientu ciśnień ($\text{PcCO}_2 - \text{PACO}_2$). W minucie objętość CO_2 dyfundującego do pęcherzyków płucnych (VCO_2 dyf) wynosi;

$$\text{VCO}_2\text{dyf} = \text{DLCO}_2 (\text{PcCO}_2 - \text{PACO}_2) \quad [1]$$

Od wydalania przez płuca tej objętości zależy stabilizacja prężności CO_2 w krwi tętniczej (PaCO_2), co jest jednym z podstawowych warunków utrzymania równowagi czynnościowej organizmu (homeostazy).

PaCO₂ równe jest ciśnieniu parcjalnemu CO₂ w powietrzu pęcherzykowym (PACO₂), zależnym przy danym ciśnieniu wewnątrzpęcherzykowym (Palv) od zawartości procentowej CO₂ w powietrzu wypełniającym w płucach przestrzeń wymiany gazowej (V%CO₂). Do przestrzeni tej dociera powietrze atmosferyczne lub, u nurków nie oddychających powietrzem – mieszanina oddechowa (np. nitroks, trimiks, helioks) o objętości równej objętości oddechowej (VT) pomniejszonej o objętość przestrzeni układu oddechowego nie uczestniczącej w wymianie gazowej (tj. przestrzeni martwej (VDA), powiększonej przy oddychaniu przez aparat oddechowy o dodatkową objętość (VDs)). Objętość powietrza/mieszaniny oddechowej docierającej przy jednym oddechu do przestrzeni wymiany gazowej określamy wentylacją pęcherzykową jednorazową ($VA = VT - [VDA + VDs]$); wentylacja pęcherzykowa minutowa zależy od częstości oddechów (f) i kształtuje się zależnie od różnicy między wentylacją minutową płuc ($MV = VT \times f$) a wielkością przestrzeni martwej ($f \times [VDA + VDs]$). PACO₂ wynosi w normie 5,32kPa (40Tr); obniżenie tej wartości powoduje proporcjonalne zmniejszenie PaCO₂ co określamy jako hipokapnię, natomiast zwiększenie PACO₂ prowadzi do proporcjonalnego wzrostu PaCO₂ czyli hiperkapni. Hiperkapnię rozpoznajemy, gdy PaCO₂ przekracza 45 Tr. Warunkiem utrzymania prawidłowej wartości PACO₂ jest wydalanie z organizmu objętości CO₂ (VECO₂) równej jego wytwarzaniu w procesach przemiany materii (CO₂met) oraz objętości CO₂ uwalnianej z wodorowęglanów w wyniku buforowania (CO₂buf). Na zawartość CO₂ w powietrzu pęcherzykowym wpływa także ilość CO₂ przemieszczająca się do przestrzeni wymiany gazowej z medium oddechowego (VICO₂). W warunkach normobarii przy oddychaniu powietrzem jest to ilość mało znacząca.

W normobarii (lata = 101,3 kPa = 760Tr) i warunkach standardowych oznaczania podstawowej przemiany materii (PPM) zrównoważony bilans CO₂ wyrażamy równaniami [2] i [3] – pominięto mało znaczącą objętość CO₂ w powietrzu atmosferycznym (0,03%)

$$VCO_{2dyf} = RQ \times VO_2 = VECO_2 = f(VA \times V\%CO_2/100) = (MV - fVDA)V\%CO_2/100 \quad [2]$$

$$VECO_2 = (MV - fVDA) \times K \times PACO_2 \quad [3]$$

gdzie: K - współczynnik proporcjonalności przeliczający PACO₂ na V%CO₂

W warunkach normobarii, podczas wysiłku fizycznego, objętość gazu dyfundująca z krwi do płuc zwiększa się o VCO₂buf, a także w związku z nasileniem utleniania węglowodanów (wzrost RQ). Decydujący jest aktualny pobór tlenu (VO₂akt).

$$VCO_{2dyf} = VCO_{2met} + VCO_{2buf} = RQ \times VO_{2akt} + VCO_{2buf} \quad [4]$$

Podczas hiperbarii powietrznej różne zmiany warunków wpływają istotnie na wydalanie z organizmu CO₂ (VECO₂).

1. Suma ciśnień parcjalnych CO₂, O₂, i N₂ (Pgaz) wzrasta proporcjonalnie do liczby ata, a także w związku z procentowym zmniejszeniem udziału ciśnienia pary wodnej w Palv; ciśnienie parcjalne wywierane przez parę wodną (PH₂O) nie zależy od ciśnienia, a tylko od temperaturze – w temperaturze ciała 37°C PH₂O = 6,25 kPa = 47 Tr

$$\Sigma P_{gaz} = P_{alv} - 6,25kPa \quad [5]$$

2. Konsekwencją oddychania przez aparaty nurkowe jest zwiększenie przestrzeni martwej o objętość VDs, stąd: $VA = MV - f(VDA + VDs)$.

3. Wzrost PaCO₂ jest sygnałem do nasilenia wentylacji płuc (MV). W warunkach normobarii MV jest sprawnie dostosowana do zmian PaCO₂; hiperkapnia nasila aktywność kompleksu oddechowego pnia mózgu dzięki impulsacji docierającej do jego neuronów z chemodetektorów pnia mózgu. W hiperbarii taka adaptacja jest znacznie ograniczona ze względu na duży opór przepływu w drogach oddechowych (AWR) i inne przyczyny (np. ucisk skafandra na klatkę piersiową).

4. W powietrzu wdychanym ciśnienie parcjalne CO₂ wzrasta proporcjonalnie do liczby ata; niewielkie nawet zwiększenie zawartości CO₂ w czynniku oddechowym może mieć istotny wpływ na retencję CO₂ w organizmie. Objętość CO₂ pobierana z czynnika oddechowego (VICO₂) znacząco zależy od liczby ata.

5. U nurka przy zmianie głębokości z Xata na Yata zmienia się PACO₂, zgodnie z równaniem

$$PACO_2 = \Delta ata \times K \times \%VCO_2/100 \quad [6]$$

Przy zwiększaniu zanurzenia występuje okresowa hiperkapnia; utrzymuje się zależnie od czasu koniecznego dla wydalania przez płuca objętości CO₂ umożliwiającej powrót PACO₂ przy danym ciśnieniu do fizjologicznych wartości, co zależy od wydalania CO₂ zgodnie z równaniem:

$$VECO_2 = (Yata - Xata) \times PACO_2 \times K \times [MV - f(VDA + VDs)] \quad [7]$$

6. W sytuacji prowadzącej do zwolnienia w płucach dysocjacji CO₂ z wodorowęglanów i równoczesnego znacznego zwiększenia VCO₂dyf może nie dochodzić do zrównoważenia PaCO₂ i PACO₂; hipokapnia rozwija się zależnie od PACO₂ oraz przemieszczenia części VCO₂met, związanego w formie wodorowęglanów, do krwi tętniczej.

PaCO₂ jest jednym z najsprawniej kontrolowanych parametrów fizjologicznych, ze względu na wielokierunkowe oddziaływanie CO₂ na tkanki. Wzrost PaCO₂ jest sygnałem odbieranym przez strefy chemowrażliwe pnia mózgu, przekazywanym następnie do ośrodka oddechowego i ośrodka sercowo-naczyniowego. W efekcie następuje wzrost wentylacji płuc (MV) i rozwinięcie się mechanizmów dostosowawczych układu krążenia. Hiperkapnia rozwija się w sytuacji, gdy adaptacja ta zawodzi, np. kiedy wzrost MV nie wiąże się ze wzrostem objętości oddechowej, a tylko z przyspieszeniem oddychania (płytkie oddechy wynikające ze zmęczenia czy lęku). Sprzyja hiperkapni VDs, zwiększenie oporów w układzie oddechowym, u nurka ucisk skafandra na klatkę piersiową. Oczywiście jest wystąpienie hiperkapni podczas nurkowania na zatrzymanym oddechu.

Hiperkapnia skutkuje przede wszystkim zmianami w środowisku wewnętrznym organizmu, tj. płynie śródmiąższowym, a tym samym zmienia warunki funkcjonowania komórek – szczególnie istotny jest wpływ na neurony. W płynie mózgowo-rdzeniowym dochodzi do upośledzającego czynność neuronów obniżenia pH; wzrost objętości płynu mózgowo-rdzeniowego wiąże się ze zwiększeniem ciśnienia śródczaszkowego, co może prowadzić do niedokrwienia mózgu, mimo zachodzącego pod wpływem CO₂ rozszerzenia naczyń obszaru krążenia mózgowego. Wazodilatacja ta sprzyja toksycznemu działaniu tlenu na układ nerwowy i wystąpieniu narkozy azotowej.

Wzrost PaCO₂, dzięki różnym mechanizmom, skutkuje zmianami w układzie sercowo-naczyniowym. Wywiera istotny wpływ na układ bódźoprzewodzący serca, co może przejawiać się bradykardią i ujemnym dromotropizmem. Zmniejsza kurczliwość mięśnia sercowego (inotropizm ujemny). Powikłaniem znacznej hiperkapni może być migotanie komór. CO₂ zmienia opór

obwodowy w układzie krążenia, przez dwa przeciwstawne mechanizmy: zwiększa napięcie neurogenne naczyń krwionośnych, a równocześnie powoduje w działaniu bezpośrednim zmniejszenie napięcia mięśni gładkich naczyń oporowych.

Hiperkapnia skutkuje istotnymi zmianami w obrębie krążenia płucnego: CO₂ zwiększa opór w tym obszarze krążenia, w którym równocześnie wzrasta objętość krwi w wyniku obkurczania się łożyska żylnego (wzrost puli centralnej); efektem jest wzrost obciążenia prawej komory serca.

Hiperkapnia zmniejsza wysycenie krwi tlenem w płucach i sprzyja dysocjacji oksyhemoglobiny w tkankach. Retencja CO₂ w organizmie sprzyja rozwojowi choroby dekompresyjnej.

Zestawienie tych najważniejszych skutków hiperkapni wyjaśnia dlaczego jej kliniczne objawy są nadzwyczaj zróżnicowane i niestale. Do najważniejszych zaliczamy: wzrost wentylacji płuc, bóle i zawroty głowy, niestabilność ciśnienia tętniczego, zmniejszenie wydolności psychicznej. Przy znacznej retencji CO₂ występują drgawki, niezborność ruchowa, a także objawy wegetatywne: nudności, wymioty. Duży wzrost PaCO₂ prowadzi do utraty przytomności, należy przy tym zaznaczyć, że nagła utrata przytomności może wyprzedzić inne objawy hiperkapni.

SPECYFIKA OGLĘDZIN MIEJSCA ZNALEZIENIA ZWŁOK POD WODĄ

mgr Anna Bodziak

Woda jest szczególnym środowiskiem, z którym łączą się uwarunkowania dotyczące zagadnień procesowo - kryminalistycznych. Owa odmienność środowiskowa może sprzyjać późniejszej błędnej kwalifikacji prawnej. Nie tylko prawnicy zetknęli się z pojęciem „zbrodni doskonałej”, – czyli takich przypadków, za które sprawca nie może być skazany, mimo wyczerpania znamion czynu przestępnego. Dlaczego? Po pierwsze może to być czyn perfekcyjnie zaplanowany i wykonany, i wcale nie chodzi tutaj o brak śladów, czy obrażeń na ciele ofiary – nie, wręcz przeciwnie, mamy tutaj na myśli przypadki, które będąc zabójstwem zostały zakwalifikowane jako wypadki lub samobójstwa. Sprawca czynu pozostanie również bezkarny, jeżeli zwłoki ofiary zostały skutecznie ukryte względnie zniszczone. „Zbrodnia doskonała”, jest więc wynikiem perfekcyjnego działania sprawcy, które w wielu przypadkach jest konkretyzacją wcześniej opracowanego planu, niestety jest również wynikiem nieumiejętnego podejścia organów ścigania do danego przypadku. Woda jest więc tym środowiskiem, gdzie zwłoki mogą zostać skutecznie ukryte lub zniszczone, co więcej, jest to również środowisko, gdzie wypadkowość jest bardzo duża. Utonięcia w zdecydowanej większości przypadków są wypadkami, zresztą obok wypadków samochodowych (32%), utonięcia stanowią 23% wypadków śmiertelnych. Nie można jednak z góry zakładać, że każdy przypadek podwodny jest utonięciem wypadkowym – jeżeli tak się stanie, to nie kto inny jak organy ścigania będą odpowiedzialne za wzrost tzw. ciemnej liczby przypadków niewykrytych przestępstw. Jak stwierdzono w oparciu o doświadczenie: „popelnienie i ukrycie zbrodni doskonałej powinno być najłatwiejsze wśród upadków z wysokości, przejechania przez pociąg lub przy **utonięciu**”. W tych przypadkach ślady działania ręki obcej mogą być niemożliwe do wykrycia. Dlatego też postanowiłam przybliżyć zagadnienie związane ze specyfiką miejsca znalezienia zwłok pod wodą.

Rozpoczynając omówienie tego tematu, należy już na samym początku umiejscowić to zagadnienie w prawie karnym procesowym. Sam fakt odmienności terenu – miejsca oględzin, nie zwalnia więc dokonujących tej czynności od ścisłych uregulowań prawnych. Celem tego artykułu jest ukazanie zasadniczych różnic dotyczących środowiska wodnego, związanych z oględzinami miejsca znalezienia zwłok. Nie ukrywam jednak, że przede wszystkim chciałabym określić podstawowe zależności pomiędzy ułożeniem zwłok pod wodą a wstępną kwalifikacją prawną.

Mówiąc o specyfice oględzin miejsca znalezienia zwłok pod wodą, nie mam na myśli odmienności w uregulowaniach kodeksowych, wręcz przeciwnie, zagadnienie to podlega „klasycznym”, unormowaniom dotyczących oględzin. Kodeks postępowania karnego w art. 209 § 3 stanowi, że „oględzin zwłok dokonuje się na miejscu ich znalezienia”. Warto zaznaczyć, że do czasu przybycia biegłego oraz prokuratora lub sądu, przemieszczać lub poruszać zwłoki można tylko w razie konieczności. Zasadnicza i podstawowa różnica pojawia się już na samym początku. Specyfika miejsca znalezienia zwłok polega oczywiście na tym, że miejscem tym jest środowisko wodne. Pomijając już praktyczne zagadnienia związane z tym czy oględzin zwłok dokonuje prokurator, czy w postępowaniu sąd, z udziałem biegłego lekarza, a w wypadkach nie cierpiących zwłoki oględzin dokonuje Policja z obowiązkiem niezwłocznego powiadomienia prokuratora. W przypadkach domniemanego położenia zwłok pod wodą, praktycznie oględzin zwłok na miejscu ich odnalezienia dokonują pletwonurkowie. Na podstawie **delegacji ustawowej** z czynność ta należy do pletwonurków Państwowej Straży Pożarnej. Dokładniej chodzi o poszukiwanie zwłok w środowisku wodnym. Warto uzmysłowić sobie w tym momencie pewną bardzo istotną kwestię. Poszukiwanie zwłok to jedna strona medalu, a ich oględziny to druga. W zasadzie to w całkowitej gestii Policji jest uprzednie zwrócenie uwagi przeszukujących dany akwen wodny pletwonurków na istotne szczegóły związane z umieszczeniem zwłok pod wodą. Pamiętajmy, że oględziny zwłok na każdym ich etapie, a więc również pod wodą, są zarówno czynnością kryminalistyczną, jak również, czy może przede wszystkim, procesową. Wynika to bezpośrednio z kodeksu postępowania karnego – art.143 § 1 pkt 3 - jest to oczywiście związane z tym, że czynność ta wymaga bezwzględnie spisania protokołu z dokonania oględzin, który w większości przypadków sporządza Policja. Pewna nieścisłość w tej sytuacji polega na tym, że praktycznie jest on spisywany przez osoby, które nie miały bezpośredniej styczności z miejscem znalezienia zwłok. Należy podkreślić, że specyfika oględzin zwłok polega w takiej sytuacji na tym, że *de facto* oględziny miejsca znalezienia zwłok są przeprowadzane przez osoby, które nie miały bezpośredniego kontaktu z miejscem, gdzie odnaleziono zwłoki - czyli z częścią dna danego akwenu wodnego. Uściślając należy dodać, że na brzegu już po wyciągnięciu zwłok są oczywiście przeprowadzane oględziny, ale są to już oględziny zewnętrzne zwłok, a nie miejsca ich znalezienia. Należy zaznaczyć, że kwestie związane z oględzinami miejsca znalezienia zwłok pod wodą są w związku z tym w znacznym stopniu bagatelizowane. Nie można przecież zapomnieć o naczelnej zasadzie kryminalistycznej, związanej z oględzinami, aby nie ograniczać się tylko i wyłącznie do oględzin samych zwłok, lecz zwracać uwagę na wszelkie szczegóły i okoliczności, które miały jakikolwiek związek ze zgonem

danej osoby. Nie bez przyczyny środowisko wodne jest tym, w którym najtrudniej wytyczyć granice pomiędzy samobójstwem, zabójstwem czy nieszczęśliwym wypadkiem. Zawsze, gdy mamy do czynienia ze śmiercią człowieka, która dodatkowo jest związana ze środowiskiem wodnym, należy zdawać sobie sprawę z faktu, że dokonanie nawet wstępnej kwalifikacji prawnej czynu będzie bardzo trudne. Z reguły jakiegokolwiek przypadki związane z wodą są klasyfikowane jako tzw. utonięcia, czyli nieszczęśliwe wypadki, a jako ostateczną przyczynę zgonu uznaje się *faktycznie* utonięcie. Samobójstwa związane z celowym skokiem do wody zdarzają się stosunkowo rzadziej, nie mówiąc już o samych zabójstwach. Zasadniczy problem pojawia się, gdy zabójstwo zostaje upozorowane na samobójstwo. Warto więc przeanalizować mechanizmy związane zarówno z ułożeniem zwłok pod wodą, co w zasadzie może wskazywać z kolei na przyczyny, które ostatecznie doprowadziły do utonięcia.

Jak zaznaczyłam na wstępie, w większości przypadków związanych ze zgonem danej osoby w środowisku wodnym, jako przyczynę śmierci podaje się utonięcie. Zróżnicowanie na samobójstwa, zabójstwa czy przykładowo nieszczęśliwe wypadki jest zagadnieniem niezwykle trudnym. Utonięcie, mówiąc ogólnie, jest niczym innym jak uduszeniem się w skutek zamknięcia dróg oddechowych płynem (chodzi oczywiście o wodę słodką lub słoną), który się do nich dostaje. Zgon następuje na skutek zablokowania wymiany gazowej w płucach przez wodę. Według T. Marcinkowskiego, w przebiegu tonięcia wyróżnia się pięć podstawowych okresów, tj:

1) **ok. niespodziewanych oddechów** - zasadniczo przyjmuje się, że trwa on od 4 do 16 sekund i jest spowodowany podrażnieniem ciała przez zimną wodę,

2) **ok. oporu** – trwający od 0,5 do 1 minuty, u pływaków czas ten wydłuża się nawet do 2 minut – jest to etap tonięcia polegający na świadomym wstrzymaniu oddechu,

3) **ok. wydatnych ruchów oddechowych** - na tym etapie woda przedostaje się do dróg oddechowych i ulega tu spienieniu w związku z nasiloną czynnością oddechową- okres ten trwa od 1 do 2,5 minuty

4) **ok. zamartwicy** - na tym etapie trwającym od 1 minuty do 2,5 minut dochodzi do zatrzymania czynności oddechowych, utraty czucia oraz przytomności; utrata świadomości następuje już w okresie trzecim, czyli wydatnych ruchów oddechowych, ale na tym etapie znacznie się pogłębia,

5) **ok. oddechów końcowych** – ostatni etap trwający zwykle od 0,5 do 1 minuty, połączony zwykle z drgawkami tonicznymi.

Analizę oględzin miejsca znalezienia zwłok pod wodą należy rozpocząć od zasadniczego zagadnienia, a mianowicie od pozycji ułożenia zwłok pod wodą. Kwestia ta niestety jest wielu przypadkach bagatelizowana, czego dowodem są protokoły oględzin miejsca znalezienia zwłok, a w praktyce stanowi bardzo istotne zagadnienie związane z kwalifikacją prawną czynu. Prawdopodobnie dzieje się tak dlatego, że w sposób ścisły jest interpretowana definicja oględziny – chodzi oczywiście o oględziny jako czynność wykorzystującą zmysły, polegającą na bezpośrednim zetknięciu się dokonującego oględziny z przedmiotem. Jak zaznaczyłam wcześniej, poszukiwanie i wydobywanie zwłok ze zbiorników śródlądowych zostało przejęte przez Państwową Straż Pożarną - na wzór państw zachodnich. Płetwonurek, który poszukuje i wydobywa zwłoki, przeprowadza również oględziny miejsca ich znalezienia. Jego zadaniem jest zatem określenie położenia i ułożenia zwłok pod wodą, oczywiście najlepiej przy pomocy sprzętu podwodnego do fotografii lub filmowania. Niewątpliwie równie istotny będzie opis zbiornika, gdzie znaleziono zwłoki, dokładnie chodzi o rodzaj dna, temperaturę wody, prądy czy nawet przejrzystość wody. Skoro więc czynności tej dokonuje płetwonurek, a protokół oględzin, jak zaznaczyłam wcześniej, sporządza Policja, to zadaniem wykonującego czynności oględzinowe na brzegu Policjanta jest wcześniejsze dokładne poinformowanie schodzących pod wodę płetwonurków, na jakie szczegóły powinni zwrócić uwagę - co już zostało podkreślone wcześniej w tym artykule. Skoro więc woda jest środowiskiem, gdzie znajdują się zwłoki, z związku z tym czynności oględzinowe na miejscu znalezienia są w zasadzie podzielone na czynności podwodne płetwonurków PSP oraz czynności nabrzeżne organów śledczych. Mimo, iż podwodne czynności oględzinowe nie są dokonywane bezpośrednio przez organ procesowy, to powinny być, przynajmniej moim zdaniem, obligatoryjnie uwzględniane w protokole. Podstawowym elementem, na który powinno się zwracać szczególną uwagę, jest ułożenie zwłok pod wodą. Postaram się wykazać w dalszej części artykułu, że pozycja zwłok pod wodą może stanowić bardzo ważny element dotyczący kwalifikacji prawnej. W następnej kolejności zostaną omówione przykłady ułożenia zwłok pod wodą, związane z kwalifikacją prawną czynu:

a) ułożenie zwłok wrzuconych do wody lub ciała nieprzytomnego człowieka,

b) wypadkowe utonięcie,

c) zabójstwo a samobójstwo w środowisku wodnym.

Ad. a)

Przypadek, kiedy zwłoki zostają wrzucone do wody, nie stanowi w zasadzie żadnych problemów. Wgłębiając się w szczegółową analizę, należy zacząć od bardzo prostego, ale jednocześnie bardzo istotnego stwierdzenia – w przypadku, kiedy do wody zostaje wrzucone ciało nieprzytomnego człowieka lub zwłoki, nie powstaje „odruch ratowania”(czyli dwa pierwsze etapy), taki, jaki posiada każdy przytomny i ratujący się człowiek. Idąc dalej tym tokiem myślowym, możemy dojść do dwóch zasadniczych wniosków. Po pierwsze, w przypadku otwarcia sekcyjnego zwłok, w płucach denata będzie znajdować się mniej wody, *po drugie, ułożenie zwłok pod wodą będzie przypadkowe*. Owa przypadkowość charakteryzuje się jednak kilkoma ważnymi cechami. Przed wszystkim zwłoki, które zostaną wrzucone do wody, będą się utrzymywać na powierzchni przez pewien okres czasu, mówiąc potocznie „nie zatoną” od razu, aby tak się stało, muszą być dociążone. Jeżeli zwłoki ułożone są twarzą do taflí wody, znacznie dłużej będą utrzymywać się na powierzchni wody, natomiast jeżeli plecami, czas „pływalności, zwłok na powierzchni będzie krótszy. Jest to związane z tzw. zapadnięciem płuc. W pierwszym przypadku do tzw. zapadnięcia dochodzi po dłuższym okresie przybywania zwłok na wodzie, w drugi ten okres jest znacznie krótszy – przekłada się to bezpośrednio na czas pozostawiania zwłok na wodzie. Podobna sytuacja jest w przypadku wrzucenia do wody ciała osoby nieprzytomnej. Ustalenie pozycji zwłok pod wodą będzie więc zależeć od miejsca dociążenia zwłok. Przed wszystkim będzie jednak zależne od braku odruchów ratunkowych, a co za tym idzie, mniejszej ilości wody w płucach.

Warto jednak zaznaczyć, że będzie to oczywiście wtórne miejsce znalezienia zwłok. Jest to więc przypadek, kiedy śmierć człowieka nastąpiła na brzegu, ale w celu ukrycia potencjalnego czynu przestępnego zwłoki wrzucono do wody. Oględziny miejsca znalezienia zwłok nie będą więc w tym przypadku oględzinami miejsca zdarzenia. Nie oznacza to jednak, że jest to miejsce mniejszej wagi pod względem kryminalistycznym i procesowym. Zasadniczy problem oczywiście pojawia się już na samym

początku, dotyczy on bowiem rozróżnienia, czy miejsce znalezienia zwłok jest jednocześnie miejscem zdarzenia. Zwłoki dociążone i przypadkowość ich ułożenia już na samym wstępie powinny sugerować po pierwsze działalność osób trzecich, po drugie wtórność środowiska wodnego jako miejsca zdarzenia. W takim przypadku sugerowanym miejscem zdarzenia będzie powierzchnia lądowa i to niekoniecznie w pobliżu zbiornika wodnego, gdzie znaleziono zwłoki.

Co się tyczy obrazu sekcyjnego płuc, warto już na początku obalić podstawowy mit dotyczący tego, że w przypadku zwłok wrzuconych do wody, podczas oględzin wewnętrznych nie ma w płucach wody. Jest to oczywiście nieprawda. Woda może dostać się do płuc również po śmierci człowieka, a więc przyczyną wcale nie musi być tutaj utonięcie. Zwłoki, które zostały wrzucone do wody mogą więc „nabrać” wodę. W takim przypadku pojawia się obrzęk wodny płuc, różniący się znacznie od „klasycznej” rozedmy wodnej płuc - analogiczna sytuacja jest oczywiście przy wrzuceniu ciała nieprzytomnego człowieka. Owszem, brak wody w płucach jest możliwy w przypadkach tzw. suchych utonięć. Statystycznie przyjmuje się, że zdarza się to w 10% przypadków. Mechanizm prowadzący do śmierci w skutek tzw. suchych utonięć jest spowodowany odruchowym skurczem mięśni krtani spowodowanym obecnością wody w krtani i gardle. W 90% przypadków następuje rozluźnienie tych mięśni i zalanie płuc wodą. W przypadkach suchych utonięć skurcz mięśni krtani jest tak silny, że w wyniku „blokady” woda nie przedostaje się do płuc. Jak z tego wynika, przypadki suchych utonięć są jedynie odmienną formą utopienia.

Ad. b)

Ogólnie przyjmuje się, że śmierć człowieka przy utonięciu następuje po 4-6 minutach od początku tonięcia. Zgon następuje wskutek uduszenia się. Nieco dłużej trwa tonięcie osób nieprzytomnych, przyjmuje się, że czas ten może wydłużyć się do 8 minut. U osób nieprzytomnych nie występuje pierwszy i drugi etap topienia – potocznie dwa pierwsze etapy nazywane są „odruchami ratowania”, . Wypadkowe utonięcie ma najczęściej przebieg pięcioetapowy, czyli taki, jaki został przytoczony na początku artykułu. Jak zaznaczyłam wcześniej, odmienną formą są tzw. suche utonięcia, które mogą być spotykane nie tylko przy wypadkowych utonięciach. Jednak warto już na samym początku zaznaczyć, że w tym przypadku występuje więcej charakterystycznych szczegółów, przemawiających za wypadkowością. Podstawową cechą, wyróżniającą utonięcia wypadkowe od pozostałych przypadków, jest charakterystyczne ułożenie zwłok pod wodą. Człowiek, który zaczyna się topić, posiada odruch ratunkowy. Poszczególne etapy topienia wypadkowego mają więc decydujący wpływ na późniejsze ułożenie zwłok pod wodą. W zasadzie pozycję taką można określić jako **embrionalną**. Polega ona przede wszystkim na charakterystycznym ułożeniu zwłok twarzą do dna oraz na kurczowym podgięciu kończyn górnych i dolnych. Jak wspomniałam wyżej, wynika to z występowania dwóch pierwszych etapów topienia, czyli owych odruchów ratunkowych, które nie występowały w przypadku wrzucenia zwłok do wody. „Podkurczona” pozycja zwłok może już na wstępie sugerować wypadkowość danego zdarzenia. Zwłoki w takim przypadku są najczęściej „oparte, na czole, kolanach i łokciach. W tych miejscach powinny się znajdować charakterystyczne otarcia skóry, jednak jest to zależne od rodzaju dna. Ciało człowieka w kolejnych etapach topienia opada na dno powoli, jeżeli więc nie nastąpi przykładowo zetknięcie ze skalistym brzegiem lub dno będzie muliste, na zwłokach nie będą występować owe charakterystyczne otarcia. Zwłoki w pozycji embrionalnej mogą również występować w ułożeniu bocznym. W takich przypadkach ciało będzie ułożone na boku przy jednoczesnym podkurczeniu kończyn.

Przy wypadkowych utonięciach, zawartość substancji za paznokciami jest w wielu przypadkach tożsama z rodzajem dna w danym zbiorniku wodnym – najczęściej jest to muł, który również występuje w otworach nosowych i usznych. Jest to prawdopodobnie związane ze specyfiką pozycji embrionalnej, a szczególnie z ułożeniem zwłok twarzą do dna.

Jednak w każdym przypadku należy brać pod uwagę wszystkie czynniki, które mogą wpłynąć na ułożenie zwłok. W zależności od rodzaju zbiornika, czynniki wtórne mogą mieć wpływ na późniejsze ułożenie. Jeżeli przykładowo jest to rzeka, bardzo prawdopodobne jest, że w wyniku nasilenia prądu zwłoki mogły się przemieszczać wraz z nurtem rzeki. W takim przypadku obligatoryjna wydaje się być zmiana ułożenia spowodowana przemieszczeniem. W zbiornikach wodnych typu stojącego – np. jeziora, występują prądy o mniejszej sile, ale na ostateczne ułożenie zwłok mają wpływ inne czynniki wtórne, o których będzie mowa w dalszej części artykułu.

Przy wypadkowych utonięciach w zbiornikach zamkniętych, zwłoki wypływają na powierzchnię wody **zawsze** twarzą odwróconą do zbiornika wodnego. Wiąże się to z tym, że rozkład gnilny na zwłokach zawsze zaczyna się od podbrzusza. Jest to cecha charakterystyczna wypadkowych utonięć w zbiornikach z wodą stojącą. W innych przypadkach nie jest to regułą ze względu na zwiększone oddziaływanie czynników wtórnych. Co się tyczy okresu, w jakim zwłoki pozostają pod wodą, jest on w zasadzie uzależniony od wielu czynników: przede wszystkim od głębokości, na jakiej znajdują się zwłoki, od rodzaju zbiornika, od pory roku, a co za tym idzie temperatury wody, a szczególnie od temperatury wody na głębokości znajdowania się zwłok. Zasadniczym czynnikiem wpływającym na okres pozostawania zwłok pod wodą jest oczywiście stopień rozkładu ciała, a to z kolei zależy bezpośrednio od temperatury wody.

Ad. c)

Trzeci przypadek jest w zasadzie najtrudniejszy do omówienia. Warto jednak zacząć od sprecyzowania tego zagadnienia. Nie należy oczywiście tego mylić z przypadkami omówionymi z punkcie a), gdzie zwłoki zostają wrzucone do wody. Mam tutaj na myśli raczej zabójstwo, polegające na dokonaniu czynu przestępnego w wodzie. Zasadniczo można tutaj rozróżnić dwa podstawowe przypadki. W pierwszym czyn przestępny dokonany zostaje poprzez wepchnięcie osoby do akwenu wodnego. Drugi przypadek dotyczy tzw. utopienia zbrodniczego już w zbiorniku wodnym.

Samobójstwo dokonane w środowisku wodnym może być w wielu przypadkach mylone z zbrodniczym wepchnięciem do wody. Jest jednak kilka różnic, zresztą bardzo charakterystycznych. Przede wszystkim samobójcy mają zwyczaj dociążania ciała, przykładowo poprzez przymocowanie kamieni czy nawet podwiązania i wypełnienia nogawek piaskiem. Na ciele samobójcy nie występują uchwytny ślady walki, w związku z czym należy zwrócić szczególną uwagę na pochodzenie jakichkolwiek obrażeń, ponieważ może to mieć kluczowe znaczenie dla zróżnicowania samobójstwa od zabójstwa.

Zabójstwo dokonane w wodzie poprzez wepchnięcie osoby do akwenu wodnego, technicznie jest możliwe w przypadkach sztucznych i zamkniętych zbiorników wodnych, tj. basen, zalew lub przy wyrzuceniu ofiary z łódki. Ofiara w takiej sytuacji zostaje „wrzucona, do akwenu wodnego. Sytuacja taka wiąże się bezpośrednio z brakiem śladów walki, w przypadku wepchnięcia z zaskoczenia oraz przy założeniu większej dysproporcji siłowej napastnika. Należy jednak zaznaczyć, że charakterystyka

wepchnięcia polega na działaniu napastnika z zaskoczenia. Osoba nie umiejąca pływać (lub pływająca słabo), ma praktycznie zerowe szanse na samodzielne uratowanie. Nawet jeżeli dany osobnik potrafi pływać, moment zaskoczenia napastnika może znacznie osłabić szanse na uratowanie nawet w takim przypadku. Może się tak stać pod wpływem szoku termicznego wywołanego gwałtownym wepchnięciem do wody, związanym ze zbyt dużą różnicą temperatur. Jest to również związane z próbą obalenia pewnego mitu. Oczywiście nieprawdą jest, że wypadkowe utonięcia dotyczą tylko i wyłącznie osób, które słabo pływają lub nie potrafią pływać. W przypadkach szoku termicznego, silnych skurczów mięśni lub tzw. nietypowych utonięć, czyli przypadków zawałów mięśnia sercowego lub padaczki w wodzie, mogą one być przyczyną utonięcia bez względu na stopień zawansowania umiejętności pływackich. Nie należy również zakładać od samego początku, że typowość stroju ofiary - czyli przykładowo kąpielówki pływackie, może świadczyć o wypadkowości danego zdarzenia. Jeżeli ofiara posiada pełny ubiór, to wcale nie musi to przemawiać za uczestnictwem osób trzecich. Zdarzają się bowiem wypadki wpadnięcia do wody osób po wcześniejszym spożyciu alkoholu.

Tzw. utopienie zbrodnicze wiąże się z działaniem osób trzecich i podobnie jak opisany wyżej przypadek wypełnia znamiona czynu przestępnego. Siłowe oddziaływanie osób trzecich poprzez kilkakrotne przytapienie (mówiąc bardziej szczegółowo mam tutaj na myśli siłowe przytrzymywanie danej osoby pod powierzchnią wody), co prowadzi w konsekwencji do utopienia. Podobnie jak we wcześniejszych przypadkach, ślady walki na ciele ofiary mogą być znikome, co w konsekwencji może prowadzić do stwierdzenia jako ostatecznej przyczyny zgonu właśnie utonięcia.

Zarówno przy samobójstwach jak i omówionych wyżej zabójstwach, ułożenie zwłok ma zazwyczaj charakter typowy dla utonięć wypadkowych. Jest to związane z tym, że przebieg tonięcia, zarówno przy samobójstwach jak i zabójstwach, ma charakter pięcioetapowy. Ułożenie zwłok odbiegające od pozycji embrionalnej może być odmienne jedynie w przypadkach samobójstwa z dociążeniem ciała. Warto zaznaczyć, że przy utopieniach zbrodniczych mogą występować obrażenia na szyi ofiary, które mogą świadczyć o utopieniu ofiary przez osoby trzecie. Jednak nie należy ich mylić z tzw. bruzdą pośmiertną, która powstaje jako zjawisko pośmiertne, polegające na niewytworzeniu się plam pośmiertnych w miejscu ucisku krawata lub kołnierzyka koszuli. Występowanie bruzdy wiśielczej może być związane z utonięciami wypadkowymi osób kompletnie ubranych. Pełny ubiór może być związany przykładowo ze znacznym spożyciem alkoholu, co w konsekwencji mogło doprowadzić do przypadkowego wpadnięcia do wody (np. wypadnięcie z łódki, osunięcie się z brzegu). Warto jednak zaznaczyć, że z reguły jest to sygnał przemawiający za dokładniejszym zbadaniem danej sprawy. Uściślając, sposób ubrania nie musi być wcale charakterystyczny dla danego zdarzenia. Jeżeli więc odnaleziono ciało osoby w stroju kąpielowym, nie musi to wcale przemawiać za wypadkowością. Pewne „zaszufladkowanie” danego zdarzenia, oparte jedynie na pozorach, może prowadzić w konsekwencji do błędnej kwalifikacji prawnej. **I tak przykładów, tzw. „grzybek piany” jako typowy dla utonięć, może być również jednym z objawów obrzęku płuc.** Z kolei charakterystyczna tzw. skóra praczek – czyli proces nazwany **materacją** skóry, niekoniecznie musi być dowodem utonięcia, świadczy on jedynie o przebywaniu przez dłuższy czas zwłok w wodzie. Przyjmuje się, że charakterystyczną cechą **materacji** skóry jest to, że proces ten rozpoczyna się od kończyn, zarówno górnych jak i dolnych. Określenie dokładne tego procesu może pomóc w oznaczeniu czasu przebywania zwłok pod wodą. Po 3 godzinach na opuszkach palców jest widoczna wodna maceracja naskórka. Po kolejnych 3 godzinach proces ten obejmuje już całe dłonie. Po 3 dniach większość skóry topielca **jest zacerowana**, a po kolejnych 3 dniach zaczyna odrywać się od naskórka. Po 3 tygodniach naskórek ręki można zdjąć wraz z paznokciami.

Oprócz charakterystycznych cech w omówionych wyżej ułożeniach zwłok pod wodą, warto przedstawić szereg czynników wtórnych, które mają wpływ na konkretne przypadki. Niewątpliwie do podstawowych należy zaliczyć temperaturę i głębokość, które są zresztą wzajemnie ze sobą powiązane. Temperatura wody jest zależna od głębokości oraz pory roku. Charakterystyczne jest to, że spadek temperatury następuje do granicy **termokliny**, poniżej której woda bez względu na głębokość i porę roku ma stałą temperaturę **+4 C°**. W zależności od pory roku, termoklina znajduje się na różnej głębokości, jednak maksymalna głębokość nie może znajdować się poniżej 10 m. W zimie granica termiczna znajduje się na płytszych głębokościach, w najcieplejszych miesiącach lata może się znajdować, jak już wspomniałam, max. na 10 m. Co ciekawsze, zimą oznacza to **inwersje** termiczną wody. Wraz ze spadkiem głębokości następuje wzrost temperatury aż do **+4 C°**, czyli do granicy termokliny, poniżej której woda ma już stałą temperaturę.

Speyfiką granicy termicznej nie wpływa w zasadzie w żaden sposób na ułożenie zwłok pod wodą. Termoklina jest „granica wypływalności” zwłok. W temperaturze **+4 C°** procesy gnilne zostają zdecydowanie spowolnione do tego stopnia, że tworzące się w niewielkich **ilościach lub gazy** gnilne są niewystarczające do „wyniesienia” zwłok na powierzchnię wody. Medyczo-sądowa zasada Caspra, mówiąca, że „zwłoki przebywające na powietrzu gniją dwa razy szybciej niż w wodzie i osiem razy szybciej niż w ziemi”. **Wobec można** przyjąć, że po ośmiu tygodniach przebywania zwłok w ziemi, procesy gnilne będą tak daleko posunięte, jak w zwłokach, które przez dwa tygodnie przebywały w wodzie lub przez tydzień na powietrzu. Należy jednak zaznaczyć, że zasada ta w bardzo ogólny sposób traktuje przebywanie zwłok pod wodą. Owszem, regułą jest, że zwłoki wolniej rozkładają się w wodzie, ale jak już zaznaczyłam, czynniki wtórne, takie jak termoklina, w znaczny sposób spowalniają rozkład gnilny. **Z całą pewnością nie można stworzyć alogicznego porównania, w przypadku gdy zwłoki znajdowały się w wodzie przykładowo na 20 metrach przez cztery tygodnie.** Posunięcie procesów gnilnych w tym przypadku na pewno nie będzie porównywalne z rozkładem gnilnym zwłok, które w tym czasie przez dwa tygodnie znajdowały się na powierzchni lądowej. Zresztą 20 m głębokości, bez względu na porę roku, to co najmniej 10 metrów poniżej granicy termokliny, a w zasadzie przyjmuje się, że zwłoki znajdujące się poniżej granicy termicznej nie wypłyną. Wobec tego przyjmując za T. Marcinkowskim, że jeżeli zwłoki przebywają przez dłuższy czas w wodzie, to **wówczas rozkład ulegają** one przeobrażeniom tłuszczowo - woskowemu, polegającym na przechodzeniu wolnego nienasyconego kwasu tłuszczowego w kwas nasycony stały. Występowanie tego procesu na zwłokach już na samym wstępie powinno sugerować przebywanie zwłok poniżej granicy termokliny. Jest to związane z tym, że do tego rodzaju przemiany dochodzi dopiero po kilku miesiącach przebywania zwłok pod wodą. Charakterystyczne jest to, że w takich przypadkach powłoki ciała i narządy wewnętrzne mają barwę szarobiaławą lub brudnożółtawą. Co ważniejsze, występowanie przemiany tłuszczowo - woskowej jest związane z dobrym zachowaniem kształtu zwłok, czy nawet rysów twarzy.

Podobnie jak termoklina, „zerowa pływalność zwłok”, jest związana z przedłużeniem okresu pozostawania zwłok pod wodą. Zjawisko to zachodzi tylko i wyłącznie w zbiornikach z wodą stojącą. Specyfika „zerowej pływalności” zwłok jest związana przede wszystkim z tym, iż jest to w zdecydowanej większości stan chwilowy, polegający na zawieszeniu zwłok w toni wodnej, w pozycji zależnej od sposobu dociążenia ciała np. poprzez ubranie. **Zwłoki w takiej sytuacji albo wypłyną na powierzchnię wody i będzie to zależne od stopnia rozkładu i wytworzenia się gazów gnilnych.** W przypadkach, gdy zwłoki są zawieszony w toni poniżej granicy termokliny, proces rozkładu ciała będzie zachodził znacznie wolniej, wobec tego zwłoki, zamiast „unosić”, się w skutek wytworzenia się gazów gnilnych w stronę powierzchni wody, nie wypłyną, tylko opadną na dno zbiornika wodnego.

Warto zaznaczyć, że środowisko wodne różni się w zależności od rodzaju zbiornika wodnego. Obligatoryjnym obowiązkiem organu procesowego dokonującego oględzin miejsca znalezienia zwłok powinno być umiejętne podejście do specyfiki zbiornika **wodnego w swoim terenie działania.** Rozpatrując dany przypadek z kryminalistycznego punktu widzenia, obowiązkiem powinno być umiejętne scharakteryzowanie zbiornika wodnego przynajmniej w stopniu podstawowym. Występowanie pewnych zjawisk podwodnych jest związane w wielu przypadkach tylko z konkretnym rodzajem zbiornika wodnego.

Szczegółowe podejście do miejsca znalezienia zwłok pod wodą, z kryminalistycznego punktu może wiele wyjaśnić już na samym wstępie. Otóż przykładowo, jeżeli mamy do czynienia z jeziorem naturalnym, którego cechą charakterystyczną jest bujna roślinność na dnie, to już na początku sugerować to może występowanie swego rodzaju „podwodnej pułapki” jaką są podwójne dna. W wyniku procesów gnicia roślinności podwodnej tworzy się wyżej dna górna warstwa, która po pewnym okresie czasu staje się coraz grubsza i twardsza. W wyniku obciążenia owego „prowizorycznego dna” następuje zapadnięcie się tej części warstwy. Jest to bardzo niebezpieczne zjawisko dla płetwonurków poszukujących zwłok w danym akwenu wodnym. Warto jeszcze zaznaczyć, że zwłoki, które znajdują się pomiędzy dnem właściwym a górną warstwą roślinności, nie wypłyną na powierzchnię, bez względu na temperaturę wody i głębokość.

Oględziny zwłok pod wodą ze względu na odmienną środowiskową powinny skłaniać organy dokonujące tej czynności do wszechstronnego i fachowego podejścia do tego zagadnienia. Jak zaznaczyłam na początku, wypadkowość w wodzie stanowi bardzo duży odsetek przypadków, jednak z całą pewnością ukrycie czynu przestępnego właśnie w tym środowisku wydaje się być najprostszą rzeczą. Warto więc dążyć do ustalenia wszystkich szczegółów dotyczących miejsca zdarzenia, względnie znalezienia zwłok pod wodą. Nie chodzi nawet o to, aby organ prowadzący znał w dokładnie specyfikę poszukiwań podwodnych, czy przykładowo topografię dna danego akwenu. Po pierwsze, najważniejsze wydaje się być odpowiednie podejście prowadzącego postępowanie do płetwonurków poszukujących zwłok, którzy jako pierwsi dokonują w praktyce oględzin miejsca znalezienia zwłok. Jeżeli już nawet w literaturze prawniczej czy kryminalistycznej podkreśla się wagę i znaczenie oględzin, to z całą pewnością nie uwzględnia się specyfiki ich przeprowadzania w poszczególnych rodzajach przestępstw, nie mówiąc już o podkreślaniu zasadniczych różnic w zależności od środowiska. Dlaczego wobec tego pomija się fakt, że oględziny miejsca przestępstwa stanowią jedno z pierwszych źródeł informacji o czynie i jego sprawcy? **Określenie reguł i zasad determinujących specyfikę kryminalistycznych czynności oględzinowych ze względu na kategorię przestępstwa jak i rodzaj środowiska, w jakim odnaleziono zwłoki.** Na koniec nie wypada mi wprost nie zacytować sztandarowej zasady kryminalistycznej: „Oględziny nie są sztuką dla sztuki. Realizując cele śledztwa, stanowią jego bodaj najistotniejszą część. *Niemi świadkowie, czyli dowody rzeczowe, mogą przemówić zrozumiałą mową, pod warunkiem, że będą przestrzegane wszelkie zasady dotyczące tego zagadnienia*”.