



**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**



Ústav obecné hygieny 3. LF UK

**Simon Rejdovjan**

**Nemoci způsobené potápěním**

**Diving diseases**

*Diplomová práce*

Praha, říjen 2008

Autor práce: Simon Rejdovjan

Studijní program: Všeobecné lékařství s preventivním zaměřením

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Evžen Hrnčíř, CSc.

Pracoviště vedoucího práce: Klinika pracovního a cestovního lékařství 3. LF UK, Praha

Datum a rok obhajoby: 12. 11. 2008

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato diplomová práce byla používána ke studijním účelům.

V Praze dne 31.10.2008

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Doc. MUDr. Evženu Hrnčířovi za poskytnutí podnětných informací a materiálů. Děkuji také svým přátelům za korektorskou pomoc při vytváření mé diplomové práce.

## **Souhrn**

Tato práce zmiňuje základní fyziologické a fyzikální principy v potápění, zabývá se nemocemi a zraněními, které vznikají v souvislosti s potápěním. Nemoci jsou rozděleny podle fáze ponoru, ve které vznikají, a to na: Nemoci vznikající při změně tlaku okolí, nemoci související se setrváním v hloubce a nemoci vznikající po vynoření na hladinu. Hluběji zpracovaná kapitola o Dekompresní nemoci zahrnuje i škálu predispozičních faktorů k tomuto postižení. Dále pak zmiňuje nemoci nesouvisející se změnou okolního tlaku. V této části práce popisuje různé formy otrav vdechovanými plyny, infekční nemoci, utopení a podchlazení, hypoxii a obsahuje také rozsáhlou kapitolu zabývající se mořskými živočichy a jejich potencionálním nebezpečím lidskému organismu. Práce také odkazuje na některé preventivní postupy, kterými můžeme minimalizovat rizika vzniku těchto nemocí a úrazů.

## **Summary:**

This thesis mentions the basic physiological and physical principles of diving, it deals with diseases and injuries that occur in the connection with diving. The diseases are divided according to the phase of the diving as follows: The diseases originating from the change of surrounding pressure, diseases connected with staying in the depth and diseases stemmed after emerging above the surface of the water. Deeply elaborated chapter about Decompression disease includes a scale of predispositioning factors to this disablement. Next it mentions diseases that are not connected with the change of surrounding pressure. This part of my thesis describes the different forms of poisoning by enhaled gases, infectious diseases, drowning, hypothermia, hypoxia and it also includes an extended chapter that deals with sea animals and their potential danger for human organism. The work also references to some preventive processes which can minimalize the risks of occurrence of these diseases and injuries.

Obsah:

<b>NEMOCI ZPUSOBENÉ POTÁPĚNÍ .....</b>	<b>1</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>1.NEJDŮLEŽITĚJŠÍ FYZIKÁLNÍ A FYZIOLOGICKÉ FAKTORY V POTÁPĚNÍ.....</b>	<b>9</b>
<b>2.NEMOCI VZNIKAJÍCÍ PŘI ZMĚNĚ TLAKU OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>13</b>
2.1 Nemoci vznikající při vzestupu okolního tlaku.....	13
2.1.1 <i>Barotraumata při vzestupu okolního tlaku.....</i>	<i>13</i>
2.2 Nemoci vznikající při poklesu okolního tlaku .....	15
2.2.1 <i>Barotraumata při poklesu okolního tlaku.....</i>	<i>15</i>
2.2.2 <i>Dekompresní meteorismus .....</i>	<i>16</i>
<b>3.NEMOCI VZNIKAJÍCÍ V SOUVISLOSTI SE SETRVÁNÍM V HLOUBCE .....</b>	<b>17</b>
3.1 Intoxikace inertními plyny .....	17
3.2 Intoxikace kyslíkem .....	19
3.3 HPNS syndrom.....	19
3.4 Snížení ventilace plic .....	19
<b>4. NEMOCI VZNIKAJÍCÍ PO VYNOŘENÍ NA HLADINU .....</b>	<b>20</b>
4.1 Dekompresní nemoc.....	20
4.2 Predispozice ke vzniku dekompresní nemoci .....	22
<b>5. NEMOCI Z POTÁPĚNÍ NESOUVISEJÍCÍ SE ZMĚNOU OKOLNÍHO TLAKU.....</b>	<b>26</b>
5.1 Utonutí.....	26
5.2 Podchlazení .....	27
5.3 Otrava oxidem uhelnatým .....	27
5.4 Otrava oxidem uhličitým.....	27
5.5 Nedostatek kyslíku .....	28
5.6 Infekční nemoci.....	28
5.7 Poranění o předměty.....	28
5.8 Poranění způsobená vodními živočichy .....	29
5.8.1 <i>Vodní hadi.....</i>	<i>29</i>
5.8.2 <i>Homolice.....</i>	<i>29</i>
5.8.3 <i>Medúzy.....</i>	<i>29</i>
5.8.4 <i>Ryby.....</i>	<i>30</i>
5.8.5 <i>Hlavonožci.....</i>	<i>32</i>
5.8.6 <i>Mořští ježci.....</i>	<i>32</i>
5.8.7 <i>Obecný postup při poranění mořským živočichem.....</i>	<i>33</i>
<b>7. ZÁVĚR.....</b>	<b>34</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>35</b>

## Úvod

Potápění je relativně bezpečným a především v posledních letech velmi atraktivním sportem, kterému propadá stále více lidí. Ne vždy jsou však tito lidé kvalitně vycvičení a dostatečně obeznámeni s riziky tohoto zajímavého sportu, čehož je bohužel každoročně důkazem nezanedbatelný počet potápěčských (smrtebných) nehod – nejen ve světě, ale i u nás v ČR.

Přes fakt, že potápění se progresivně zdokonaluje a používají se při něm stále lepší přístroje, které vedou ke zlepšení bezpečnosti tohoto sportu, stále je tu lidský faktor, který vždy nemůžeme ovlivnit a kontrolovat. Na tento popud vznikla následující práce, jež popisuje, čím je nutné se zabývat a proč se dané problémy musí řešit. V této práci bych Vás rád seznámil s nejčastějšími a také nejzávažnějšími formami potápěčských nemocí. Abych demonstroval možnosti a výkony tohoto progresivního odvětví, uvádím pár úspěchů dosažených v tomto sportu. Chtěl bych se zmínit o Marku Ellyattovi, který dosáhl rekordní hloubky 313 metrů a to za použití odlišného postupu a míchání vlastních směsí, tento postup ve finále vedl k pravděpodobně nejhlubšímu bezproblémovému ponoru na volné vodě. Ponor trval pouhých 6 hod 36 min!!! Druhým protagonistou je náš potápěč Martin Štěpánek. Tento sedminásobný držitel světových rekordů překonal největší mety v disciplínách konstantní váha bez ploutví (Sestupuje i vystupuje se prsovým stylem bez ploutví), kde hloubkou - 80 metrů překonal stávající rekord - 66 metrů rakouského závodníka Herberta Nitcha. A další výsledek snažení bylo Martinových 136 metrů v disciplíně variabilní váha (Potápěč se snaží dosáhnout co největší hloubky za pomoci zařízení zvané sled - tažný výtah. Po dosažení dané hloubky se sportovec musí dostat na hladinu za pomoci vlastních sil, ploutví nebo ručkování po laně), ve které pokořil Venezualana Carlose Costu - 135 metrů.



# 1. Nejdůležitější fyzikální a fyziologické faktory v potápění

Pod vodní hladinou se více než kde jinde uplatňují některé fyzikální zákony, jejichž poznání je nutností pro správné a bezpečné provozování potápění ať už jako sportu nebo pracovní činnosti.

## Hydrostatický tlak a absolutní tlak v hloubce

$$p_h = \rho g H$$

$p_h$  - hydrostatický tlak [Pa]  $\rho$  - hustota vody [ $\text{kg/m}^3$ ]  $g$  - gravitační zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]  $H$  - hloubka [m]

Pokud dosadíme za hustotu vody přibližně  $1000 \text{ kg/m}^3$ , za gravitační zrychlení přibližně  $10 \text{ m/s}^2$  a hloubku dosadíme v metrech, vyjde nám, že například v 10 metrech hloubky je tlak  $100\,000 \text{ Pa}$ , ve 20 metrech  $200\,000 \text{ Pa}$  a tak dále. Toto je hydrostatický tlak.

Abychom dostali tlak, který v dané hloubce opravdu vládne, musíme, zcela samozřejmě, připočítat tlak, který působí na hladinu - tedy tlak atmosférický  $p_a$ . Atmosférický tlak je závislý na výšce nad hladinou moře. Na hladinu moře pak působí tlakem přibližně  $101\,325 \text{ Pa}$ , ale bereme  $100\,000 \text{ Pa}$ . Pak tedy dostáváme:

$$p = \rho g H + p_a$$

Absolutní tlak v hloubce 5 m -  $150\,000 \text{ Pa}$ ,  $p_{10 \text{ m}}$  -  $200\,000 \text{ Pa}$ ,  $p_{20 \text{ m}}$  -  $300\,000 \text{ Pa}$ ,  $p_{25 \text{ m}}$  -  $350\,000 \text{ Pa}$  a tak dále. Z toho také vyplývá, že v hloubce 10 metrů je dvojnásobný tlak oproti tlaku na hladině, ve 20 metrech trojnásobný, ve 30 metrech čtyřnásobný a tak dále.

Ovšem pro praktické potápění jsou hodnoty tlaku značně vysoké a i čísla  $200 \text{ kPa}$  či  $0,2 \text{ kPa}$ , jsou pro praktické použití a počítání přímo u vody, jen tak z hlavy, poněkud nešikovné. Proto potápěči s oblibou používají jednotek "bar".

1 bar je  $100\,000 \text{ Pa}$

Na hladinu moře působí tlak 1 bar a každých 10 metrů další 1 bar přibývá. Tedy: 5 m - 1,5 baru, 10 m - 2 bary, 20 m - 3 bary atd..

Bary taky ve svých absolutních číslech vyjadřují násobek tlaku pod vodou vůči hladině.

V potápění se můžeme ještě setkat s tlakovými jednotkami atm (atmosféry) a psi (libra na čtvereční palec). A hloubka se rovněž někde vyjadřuje ve stopách namísto metrů.

Tabulka č. 1. Používané jednotky tlaku a jejich převody

Jednotka	Převod do barů
jednotka SI - Pascaly Pa	100 kPa = 1 bar
Atmosféra atm	1 atm = 1,01325 bar
Torr mm Hg	1 torr = 1.33322 bar
libra na čtvereční palec psi (lb/inch <sup>2</sup> )	100 psi = 6.89 bar

Tabulka č. 2. Používané jednotky délek ( hloubek)

Jednotka	Převod na metry
stopy ft	1 ft = 0,305 m

### Stavová rovnice Boyle – Mariotteův zákon

Závislost tlaku a objemu vyplývá z "**Boylova zákona**":  $P_1V_1 = P_2V_2$ , který říká, že pokud zmenšíme objem uzavřené nádoby na polovinu, tlak v ní se zvětší dvojnásobně. Pro plynné látky platí: stavová rovnice ideálního plynu:  **$p \cdot V / T = \text{konstanta}$**

**T** je absolutní teplota udávaná ve stupních Kelvina, rozdíly teplot plynů mezi organismem a prostředím při potápění mohou být maximálně 37°, je možné výše uvedenou rovnici používat ve zjednodušené formě:  **$p \cdot V = \text{konstanta}$**

Také říká, že balónek, který nafouknu na hladině, bude mít v 10 metrech, kde je dvojnásobný tlak, objem 2 krát menší, ve 20 metrech 3 krát menší, protože je zde proti hladině 3 násobný tlak atd. Cestou nahoru se zase balónek bude podle stejného zákona roztahovat.

Také to například znamená, že potápěč, který má spotřebu na hladině 20l/min, bude mít v 10 metrech, při dvojnásobném tlaku, také dvojnásobnou spotřebu, protože vdechne vzduch dvojnásobně stlačený.

Největší objem plynů (vzduchu), nacházejících se v lidském organismu, je v dýchacím systému, v daleko menším množství je ve střevě a někdy v tělních dutinách (např. vedlejší dutiny v lebečních kostech nebo v zubech pod plombou).

Na každých 10 m vodního sloupce vzrůstá tlak o 1 atm = 100kPa. Podle stavové rovnice se v odpovídajícím poměru mění jejich objem. Veškeré plyny jsou v organismu stlačeny vlivem vzrůstajícího hydrostatického tlaku pod vodní hladinou a celkový objem se zmenšuje.

Při potápění na nádech, kdy potápěč vědomě zadrží dech a provede ponor se vzduchovou zásobou v plicích, je tedy teoretickým limitem hloubka 30m. V této hloubce se

vlivem hydrostatického tlaku stlačí objem v plicích na 25% vitální kapacity ( t.j. Rovná se reziduálnímu objemu). Prakticky však člověk tuto hranici překonal. Také výsledky potápění na nádech některých savců tento výpočet nepotvrzují, například vorvaň tuponosý se dokáže potopit na 2 hodiny a dosáhnout hloubky až 3200 metrů.

Tabulka č. 3 .Změna objemu plynu v závislosti na hloubce.

100	50	33	25	20	17	Přibližný objem plynu v %
0	10	20	30	40	50	Hloubka v m

Aby mohl člověk ve vodě dýchat, musí zabezpečit přívod dýchacího plynu pod stejným tlakem, jaký je v bezprostředním okolí (maximální rozdíl může být do 5 kPa = 50 cm H<sub>2</sub>O, při větším rozdílu není možný nádech).

### **Dalším důležitým fyzikálním faktorem je teplota**

Pro běžnou látkovou výměnu a chemické reakce v lidském organismu je nutná relativně stálá teplota 37°C. Protože lidský organismus neustále vyzařuje teplo do svého okolí, je nutné jej chránit před nadměrnou tepelnou ztrátou (běžně se chráníme oblečením). Voda má však oproti vzduchu mnohonásobně vyšší vodivost, proto oděv potápěče musí být přizpůsoben daným podmínkám. Organismus však sám dokáže určitým způsobem omezit tepelné ztráty.

Ochrana organismu proti tepelným ztrátám:

#### **Vazokonstrikce v kůži**

Při dlouhodobém působení chladu však vazokonstrikce selhává vlivem vasomotorické paralýzy (ochabnutí hladkých svalů stěn cév)

#### **Polyurie**

zvýšená tvorba moči vzniká snížením tvorby antidiuretického hormonu v hypotalamu, má za následek snížení tepelné vodivosti kůže až o 50%.

#### **Chladový třes svalů**

Svalové kontrakce o frekvenci 8 Hz, dokáží zvýšit produkci tepla ve svalech až o 400%.

#### **Svalová práce**

Účinnost energie spotřebované při svalové kontrakci je asi 25% (75% se přeměňuje na teplo). U trénovaného plavce tedy nedochází k poklesu centrální teploty ani po 6ti hodinovém plavání ve vodě o teplotě 15°C.

### **Koeficient nasycení, kritický koeficient přesycení<sup>1</sup>**

Koeficient nasycení spolu s fyzikálně mechanickými vlastnostmi tkáně rozhoduje o tom, zda se v jisté tkáni organismu vytvoří při dekompresi plynové bubliny. Bubliny plynu vznikají až tehdy, je-li překročen "kritický koeficient přesycení". Vzniklé bubliny obsahují směs plynů, jejichž poměrné zastoupení je velmi blízké poměru jejich parciálních tlaků (v ustáleném stavu je s ním totožné). Ve většině případů jsou plynové bubliny tvořeny z největší části dusíkem, jehož parciální tlak ve vzduchu je při normálním tlaku asi 78 kPa a o stejnou hodnotu stoupá při vzestupu okolního tlaku o každých 100 kPa. Kyslík a oxid uhličitý se na tomto jevu téměř neprojevují, neboť kyslík je využíván k oxidačním procesům, takže se zde nehromadí a množství oxidu uhličitého rozpuštěného ve tkáních rovněž nezávisí významnou měrou na tlaku okolního prostředí. Za normálních okolností bývá jeho tkáňový tlak asi 6 až 7 kPa. Pro úplnost je třeba dodat, že plynové bubliny vzniklé v těle jsou vždy nasyceny vodními parami, jejichž parciální tlak při teplotě 37° C je vždy 6,3 kPa (bez ohledu na tlak okolního prostředí). Jiné plyny než dusík, kyslík, oxid uhličitý a vodní pára se v plynových bublinách vytvořených ve tkáních při rychlé dekompresi prakticky nevyskytují. Jen v případě, že pracovníci pobývající v hyperbarickém prostředí dýchají jiné plyny než vzduch (kupř. různé směsi obsahující helium nebo neon), objevují se tyto plyny ve vzniklých bublinách, a to v množství, které je úměrné jejich parciálním tlakům dosaženým v jednotlivých tkáních.

Ve vodě se jinou rychlostí než na vzduchu šíří zvuk, voda jinak láme světelný paprsek a je tu ještě mnoho dalších změn oproti pobytu na souši, ale tyto změny nemají až tak zásadní vliv na vznik nemocí způsobených potápěním.

---

*1 Doc. MUDr. Evžen Hrnčíř, CSc. převzato z časopisu NEMO č.3, který vyšel v roce 98*

## **2. Nemoci vznikající při změně tlaku okolního prostředí**

### **2.1 Nemoci vznikající při vzestupu okolního tlaku**

#### **2.1.1 Barotraumata při vzestupu okolního tlaku**

Příčinou je poškození tkáně vlivem podtlaku vzduchu v organismu při překročení meze stlačitelnosti při potápění na nádech nebo při nekontrolovaném sestupu (velmi rychlý = pád do hlubiny) nebo překonáním velkého nádechového odporu. Vlivem podtlaku dochází ke krevnímu výronu do tkáně, v krajním případě k poškození celistvosti povrchu postižené části. Závažnost poranění závisí na rozsahu poškození.

#### **Barotrauma středního ucha**

Podtlak ve středoušní dutině (při neprůchodnosti Eustachovy trubice) může mít za následek perforaci ušního bubínku. Příznakem je prasknutí v uchu s náhlým zhoršením sluchu, někdy provázené závratí a ztrátou orientace, což není bezprostředně životu nebezpečné, protože po vyrovnání tlaku se stav rychle stabilizuje. Je zde však riziko nekontrolovaného panického výstupu.

#### **Barotrauma vedlejších dutin nosních**

Barotrauma přínosních dutin bývá nenápadné, často se projevuje pouhým krvácením z nosu (při nedostatečné komunikaci vedlejších dutin s dýchacími cestami dochází ke vzniku bolesti a následnému krvácení, nebo uvolnění hlenu s příměsí krve). Hlavním nebezpečím tohoto postižení je možný rozvoj chronického zánětu přínosních dutin při opakované traumatizaci.

#### **Barotrauma nedokonale ošetřeného zubu**

K barotraumatu zubu dojde v případě nedokonalého ošetření zubu. Pod plombou zůstává dutina vyplněná plynem, ten při sestupu zmenšuje svůj objem a vzniká relativní podtlak. U vitálního zubu může podtlak způsobit takovou bolest, že dokončení ponoru je nemožné.

### **Barotrauma obličeje**

V případě, že potápeč v průběhu sestupu nepřifukuje plyn do prostoru mezi obličejem a potápěčskou maskou, může dojít k barotraumatu obličeje. Vznikající podtlak může zapříčinit od překrvení části obličeje, krvácení do spojivek až po krvácení do sítnice a protruze bulbů.

### **Barotrauma hlavy (v případě použití potápěčské přilby)**

V dobách, kdy se ještě nepoužívaly přilby s pojistnými ventily, které zabraňují rychlému poklesu tlaku, mohlo dojít k barotraumatu hlavy. Tato situace byla způsobena nejčastěji protržením hadice, kterou byla do potápěčské přilby hnána dýchací směs, a to v místě nad hladinou. Tlak v potápěčské přilbě velmi rychle klesnul na úroveň tlaku atmosférického, hydrostatickým tlakem v dané hloubce byla pak nasáta hlava a i ostatní části potápeče do místa vyústění hadice do přilby.

### **Barotrauma kůže**

Do této kapitoly by se dala zařadit ještě barotraumata kůže, která vznikají při používání suchých potápěčských obleků. Podtlak mezi oblekem a tělem potápeče může způsobit krevní výrony. Tato komplikace je ale relativně nezávažná v porovnání s předchozími.

## **2.2 Nemoci vznikající při poklesu okolního tlaku**

### **2.2.1 Barotraumata při poklesu okolního tlaku**

Rychlý pokles okolního tlaku může být příčinou barotraumat středoušní dutiny, zubu, žaludku a plíce.

#### **Barotrauma středoušní dutiny**

Barotrauma středoušní dutiny při vynoření se většinou nevyskytuje, neboť může nastat jen v případě, že při sestupu byla Eustachova trubice průchodná, ale při výstupu se plyn nemůže stejnou cestou dostat ven. Přitom uvolnění plynu ze středouší je většinou snazší než jeho průnik do středoušní dutiny. Teoreticky by se nabízela situace, kdy potápeč před sestupem použil dekongesční přípravek (Sanorin) kvůli zánětu nosohltanu a jeho účinek odezní v průběhu ponoru. Projev tohoto barotraumatu je stupňující se bolest během vynořování. Protržením ušního bubínku se bolest zmírní.

#### **Barotrauma zubu**

K barotraumatu zubu během výstupu může dojít také za velmi nepravděpodobných okolností. Dutina pod plombou v zubu by musela komunikovat s dutinou ústní ventilovým mechanismem. S klesající hloubkou by se plyn v dutině musel hromadit a při výstupu na hladinu by nedocházelo k jeho uvolňování. Tato situace by se projevovала bolestí vitálního zubu během vzestupu, mohlo by dojít až k destrukci zubní korunky způsobené vnitřním přetlakem.

#### **Barotrauma žaludku<sup>2</sup>**

Barotrauma žaludku bylo popsáno zatím jen dvakrát, a to v obou případech u potápeče, který během stresové situace při pobytu pod hladinou spolykal velké množství vzduchu a pak se rychle vynořil. Důsledkem bylo prasknutí žaludeční stěny.

#### **Barotrauma plic**

Barotrauma plic patří mezi nejnebezpečnější nehody při potápění a ve srovnání s předchozími barotraumaty bývá i poměrně časté. Dochází k němu v případě, že potápeč nadechne pod

---

<sup>2</sup> Doc. MUDr. Evžen Hrnčíř, CSc. Zdravotnická problematika potápění, Prac. Lék., 59, 2007, s. 54

hladinou stlačený plyn a pak během vynoření místo vydechování zadrží dech. Poškození plicní tkáně je nejzávažnější ze všech barotraumat, protože plicní tkáň je bohatě prokrvená. Mezi příznaky poškození plic patří náhlá bolest, vykašlání zpěněného hlenu s krví, dušnost. Protože může dojít k plicnímu edému a v krajním případě srdečnímu selhání, vyžaduje tato nehoda minimálně lékařskou kontrolu. Dochází k poškození celistvosti povrchu dýchacích cest nebo plicních sklípků, vzduch se dostává do plicního parenchymu a nastává vzduchová embolie. Příznaky embolie je nutné rychle rozeznat a zahájit okamžitou léčbu v přetlaku(hyperbarická komora). V nejhorším případě plyn pronikne do plicních žil a dále do dutin levého srdce a odtud se dostává aortou do velkého systémového oběhu. Embolizace do mozku vede k téměř okamžité ztrátě vědomí a většinou i k rychlé smrti.

#### **Příznaky vzduchové embolie:**

- závratě
- ochromení nebo slabost v končetinách
- rozmazané vidění
- bolest na hrudi
- mělké a rychlé dýchání
- dušnost, event.cyanóza
- záchvat křečí
- bezvědomí
- zástava dechu

Potápěč, který ztratil vědomí před dosažením hladiny nebo krátce po vynoření,musí být považován za pacienta se vzduchovou embolií.

#### **2.2.2 Dekompresní meteorismus**

V zažívacím traktu se nachází určité množství plynu, který je směsí napolykaného vzduchu a plynu vzniklého kvasnými nebo hnilobnými pochody. Při potápění je plyn stlačován na poměrně malý objem a peristaltika bývá rovněž zpomalena. Během výstupu pak plyn získává svůj původní objem a může způsobovat bolest a nadměrný meteorismus.



### 3. Nemoci vznikající v souvislosti se setrváním v hloubce

#### 3.1 Intoxikace inertními plyny

Mechanismus intoxikace inertními plyny není dosud zcela objasněn, jsou-li dýchány pod vysokým parciálním tlakem působí narkoticky až toxicky. Asi nejčastěji je tento jev pozorován u dusíku, protože je hojně používán. Mluvíme o tzv. "Hloubkovém opojení dusíkem" nebo-li dusíkové narkóze ("rapture of the deep", "nitrogen rapture" nebo "the martini effect"). Dusíková narkóza se popisuje jako pocit podobný alkoholovému opojení. Jde o pocit, který se přirovnává k vypití jednoho martini na lačný žaludek. Příznaky jsou individuální, příčinou je narkotický efekt dusíku při vyšším tlaku. Narkotické projevy je možné pozorovat již od hloubky 30 metrů, rozdíly jsou velmi individuální (někteří potápěči nemají obtíže ani v hloubce 60 metrů). Za bezpečnou hranici při potápění se stlačeným vzduchem považujeme hloubku 40 metrů.

##### **Příznaky hloubkového opojení:**

- zpomalení reakcí, otupělé myšlení
- ztráta koordinace a preciznosti pohybů
- pocit bezstarostnosti a dobré nálady
- smyslové halucinace
- bezvědomí

Při snížení parciálního tlaku dusíku příznaky rychle bez následků vymizí. Při potápění do velkých hloubek se používají plyny obsahující určitý podíl helia, neonu, vodíku či jiných plynů. Za těchto okolností se může uplatnit toxické působení jiných plynů než dusíku. Zajímavé je, že neon je 3x méně narkotický než dusík. Vodík začíná mít narkotický účinek až při vysokých parciálních tlacích ve velkých hloubkách. Všechny ostatní inertní plyny mají naopak vyšší narkotický účinek. Argón se experimentálně používá jako náhrada dusíku, avšak je 2x více narkotický než dusík. Na umožnění dýchání a odstranění narkotického efektu dýchané směsi se dnes experimentálně používají např. kyslíko-heliové směsi, kyslíko-neonové směsi (neox) a v neposlední řadě i kyslíko-argónové směsi (argox). Asi nejčastěji je pro hlubší sestupy používáno helium, které má ale výrazně nižší toxicitu než dusík. Helium a neon jsou málo rozpustné v tucích a nemají narkotické účinky.

Tabulka č. 4. Relativní narkotické potenciály inertních plynů. Internacional Tech Divers values, CMAS. Nižší index znamená, že plyn je více narkotický. Vyšší signifikuje naopak toxicitu nižší (tzn. Helium je nejméně narkotické)

Xenon (Xe)	0,039
Krypton (Kr)	0,14
Argon (Ar)	0,43
Dusík (N <sub>2</sub> )	1,00
Vodík (H <sub>2</sub> )	1,83
Neon (Ne)	3,8
Hélium (He)	4,26

#### **Faktory ovlivňující dusíkové opojení:**

- chlad
- stres
- těžká práce
- CO<sub>2</sub> retence (zadržování dechu, nepravidelné dýchání)

Řešení, v případě dostavení se pocitů dusíkové narkózy, je okamžité vystoupení pokud možno do hloubky, kde je jisté, že se projevy narkózy nedostaví (od 30 m výše). Pokud příznaky dusíkové narkózy přetrvávají, je třeba vyplavat na hladinu. V závažných případech je třeba aplikovat 100% kyslík. Jako prevence se doporučuje nepotápět se dalších 24 hodin hlouběji než 33 m.

### **3.2 Intoxikace kyslíkem**

Bývá způsobena dýcháním kyslíku pod zvýšeným tlakem. Akutní forma kyslíkové intoxikace se označuje jako Paul Bertův jev a nastává při inhalaci kyslíku pod tlakem vyšším než 0,3 MPa. Projeví se náhlou ztrátou vědomí a křečemi. Používání kyslíkových dýchacích přístrojů je tedy zakázáno v hloubkách větších než 20 metrů. Z bezpečnostních důvodů by však neměly být používány ani v hloubkách větších než 10 metrů. Až od 160 kPa totiž může dojít k ovlivnění centrálního nervového systému, přichází závrať, nevolnost, kašel a bolesti při dýchání, tunelové vidění, ztráta koordinace až bezvědomí.

Ale i při  $pO_2$  mezi 60 – 160 kPa vzniká po několika dnech chronická otrava, zánětlivé změny plicní tkáně s následným otokem a úbytkem surfaktantu. S touto chronickou formou označovanou jako Lorraine-Smithův efekt se ale u potápěčů nesetkáváme, protože k rozvoji této formy je nutná expozice v řádech desítek hodin.

### **3.3 HPNS syndrom**

Tento specifický jev nastává jen ve velkých hloubkách (160m a hlouběji) při použití směsi helia a kyslíku. Projevuje se poruchou koncentrace, pocitem únavy, poruchou rovnováhy, fascikulacemi a křečemi. Obtíže mizí při vystoupení do menší hloubky nebo přidáním dusíku do směsi.

### **3.4 Snížení ventilace plic**

Hypoventilace plic může vzniknout při potápění do větších hloubek se vzduchem. Proudový odpor dýchacích cest je při dýchání stlačeného plynu zvýšen ( plyn je hustší a v dýchacích cestách se větší měrou uplatňuje turbulentní proudění). Proto je lepší ve větších hloubkách používat plyny, při jejichž dýchání je proudový odpor nižší než má vzduch, např. trimix( směs helia, dusíku a kyslíku). Další výhodou těchto směsí ve větších hloubkách je jejich nižší toxicita.

## 4. Nemoci vznikající po vynoření na hladinu

### 4.1 Dekompresní nemoc

Jedná se o uvolnění bublinek dusíku ve tkáních organismu při nedodržení zásad správného výstupu. Vlivem rychlého snížení tlaku zevního prostředí a tedy i dýchací směsi se nestačí rozpuštěný dusík přepravit krevním oběhem do plic a vydýchat ven. V případě, že dojde k tvorbě bublin v rigidní struktuře (např. kost), může dojít k lokálnímu zvýšení tlaku na takovou úroveň, že je omezena cirkulace krve.

Dusík se dostává do organismu ve vzduchu, kde je ho asi 75kPa, difúzí přechází do krve a ta jej transportuje ke tkáním, které jsou jím nasyceny. K úplnému nasycení organismu při změně parciálního tlaku dusíku dojde za 24 hodin.

Za normálního atmosférického tlaku (101 kPa) je v organismu rozpuštěn přibližně 1 litr dusíku. Nejrychleji se nasytí tkáně dobře prokrvené. Rychlost vylučování dusíku je úměrná rozdílu tlaků v plicích a ve tkáni. Bez dostatečných znalostí problematiky dekomprese hrozí nebezpečí trvalého poškození zdraví. Dekompresní nemoc snáze nastává u viz. Kap. *Predispozice ke vzniku dekompresní nemoci*. Projevy onemocnění se liší podle místa vzniku plynových bublin. Vzhledem k tomu, že bubliny mohou vzniknout kdekoli v organismu, jsou příznaky dekompresní nemoci různorodé.

#### Akutní formy

Klinické projevy akutní formy se neobjeví ihned po vynoření, ale až po určité časové latenci. Čím dříve po vynoření se příznaky objeví, tím je průběh závažnější.

Lehčí postižení, **typ A**:

- A1** Postižení kůže (vyrážka, svědění, píchání, bolest)
- A2** Postižení kloubů nejčastějším projevem (až 90 % případů, bolest při ohýbání)
- A3** Postižení lymfatického systému (lymfedém ve spádové oblasti uzlin, do nichž je embolizován plyn)

Těžší postižení, **typ B:**

- B1** Břišní postižení – embolizace plynu do jater přes v. portae (bolest břicha, nadýmání, zvracení)
- B2** Plicní forma – embolizace do a. pulmonalis (bolesti na hrudi, dušnost, cyanóza, cor pulmonale)
- B3** Neurologická forma (výpadové a iritační projevy, bolesti hlavy poruchy zraku, sluchu a rovnováhy, únava, slabost, kolaps, bezvědomí)

Terapie akutní formy je založena na urgentní rekompresi, pobyt v přetlakové komoře. Doplňkovou léčbou jsou analgetika a léky ovlivňující hemokoagulaci.

#### **Chronické formy dekompresní nemoci:**

- Dysbarická osteonekróza (aseptické kostní cysty v oblasti ramenou, kyčlí, vzácně kolen). Osteoarthrosa vznikne při poškození kloubní chrupavky s následnou bolestí a omezením rozsahu pohybu.
- Postižení nervového systému má dle lokalizace za následek: nepohyblivost (při postižení motorických vláken), poruchy citlivosti (senzorické nervy), psychické změny (zasažení CNS)

## 4.2 Predispozice ke vzniku dekompresní nemoci

**I když je striktně dodržována rychlost výstupu a dekompresní zastávky, existuje řada individuálních faktorů, které můžou zvýšit náchylnost ke vzniku onemocnění.**

- dehydratace, průjem
- alkohol
- stáří
- práce a sport
- potápění v horských jezerech, jízda horskými průsmyky a létání po potápění
- krátký povrchový interval
- rychlé výstupy
- opakované sestupy
- chlad
- horká koupel, sauna, horká sprcha
- škrcení popruhem
- obezita
- otevřené foramen ovale

### **Dehydratace, Průjem**

Pod vodou se mění v těle tlakové poměry. Dochází k větší centralizaci oběhu. Větší průtok ledvinami znamená zvýšenou tvorbu moče a vede k hemokoncentraci. Tento proces zrychluje klesající teplota vody (další stimul k centralizaci oběhu). Ztráta tekutin mění reologické vlastnosti krve a zvyšuje náchylnost k trombotizaci a vzniku mikrobublin. Proto by před a po sestupu měl potápěč vypít dostatečné množství tekutin. Nedoporučují se však nápoje s obsahem alkoholu a káva, neboť ty vedou k dehydrataci.

Při průjmu obvykle dochází k ztrátám tekutin a jejich negativní efekt tedy působí na principu dehydratace.

## **Alkohol**

Způsobuje dilataci periferního řečiště a tím také rychlejší sycení. Druhý negativní efekt vzniká sekundárním ochlazením kvůli dilatované periférii a tím pádem horšího vysycování. Dále alkohol podporuje zvýšenou tvorbu moči a tím zvyšuje dehydrataci organismu.

## **Stáří**

Ze změn vyskytujících se ve stáří má pravděpodobně největší vliv na predispozici k vzniku dekompresní nemoci ateroskleróza, která opět vede ke změnám proudění krve a tím ke zpomalování vysycování.

## **Práce a sport**

Fyzická práce a sport před sestupem mohou opět při zvýšeném pocení vést k dehydrataci. Práce během potápění urychluje sycení dusíkem. Ztráty tekutin, působené dýcháním suchého vzduchu z potápěčské lahve, popř. pocením, vedou rovněž ke změnám vlastností proudění krve. Následuje-li fyzická práce nebo sportovní aktivita krátce po potápění, objevuje se rovněž nebezpečí zvýšení tvorby mikrobublin a jejich rychlého vyplavování z tkání.

## **Potápění v horských jezerech, jízda horskými průsmyky a létání po potápění**

Jiné tlakové poměry při potápění v horských jezerech ovlivňují sycení dusíku a jeho vysycení. Při vysokohorském potápění jsou kratší nulové (bezdekompresní)<sup>3</sup> a delší dekompresní časy<sup>4</sup>. Při létání po potápění nebo při průjezdu vysokohorskými průsmyky může ještě docházet u přesycených tkání k tvorbě bublinek.

## **Krátký povrchový interval, opakované sestupy**

Při každém rychlém výstupu z hloubky se tvoří mikrobublinky, což v počátečním stádiu nevede k žádným následkům. Mikrobubliny jsou transportovány žilní krví do plic, tam jsou odbourávány a vydechovány. Odbourávání mikrobublin v plicích probíhá za zvýšeného prokrvení, proces je ovšem pomalý a tím pádem i vysycování dusíku trvá dlouho. Teprve asi po dvou hodinách je prokrvení zcela normální. Dojde-li za tuto dobu k opakovanému sestupu, je nutné počítat s tím, že zbytkové sycení je větší, než by se dalo předpokládat. Tento faktor nesmíme v žádném případě opomenout.

---

<sup>3</sup> Nulový čas : max. doba strávená v určité hloubce, po které ještě není nutné dělat dekompresní přestávku.

<sup>4</sup> Dekomp. Čas: doba strávená na dekompresní zastávce, časy jsou rozdílné podle délky a hloubky ponoru.

Při opakovaných sestupech může dojít ke zbytkovému přesycení a také k částečnému blokování plicní filtrace mikrobublinami a tím ke zpomalení desaturace.

### **Rychlé výstupy**

Mohou vést ke zvýšené tvorbě mikrobublin, i když je dodržován bezdekompresní čas a také se zvyšuje riziko nebezpečí tvorby větších bublin, které v důsledku blokování plicní filtrace zpomalují vysycování.

### **Horká koupel, sauna, horká sprcha**

Rychlé zahřívání končetin má za následek zvýšenou tvorbu mikrobublin ve venózní části kapilár, filtrační účinek plic již nepostačuje a mikrobubliny mohou být vtlačovány do arteriálního oběhu.

### **Chlad**

Při nižší teplotě se v organismu rozpustí více dusíku a zároveň je horší desaturace vlivem snížené cirkulace v místech s nižší teplotou, organismus se tak brání nadměrným ztrátám tepla. Centralizací oběhu vzrůstá produkce moči a opět se zde uplatňuje dehydratace a změna proudění krve.

### **Škrčení popruhem**

Omezená cirkulace ve tkáních způsobená přiškrčením příliš těsným nebo úzkým popruhem na potápěčské výstroji může rovněž ovlivnit vysycování tkání.

### **Obezita**

V tukové tkáni se rozpouští nejvíce dusíku ze všech tkání v těle, až 5 krát více než v tkáních s větším zastoupením vody (sval). Podle způsobu potápění se tím mění poměry sycení a vysycování tkáně.

### **Otevřené foramen ovale**

Vznikající mikrobubliny při nedokonalém uzávěru mohou pronikat rovnou z venózního do arteriálního řečiště. Tento faktor by mohl objasnit řadu dekompresních nehod při potápění s nulovým časem.



Tabulka. č. 5. Maximální bezdekompresní limity (nulové časy) v jednotlivých hloubkách při potápění se vzduchem. PADI, Diver manual

10	12	14	16	18	20	22	25	30	35	40	42	hloubka v metrech
199	134	92	70	55	44	36	28	19	13	8	7	bezdekompresní limit(min)

Tabulka. č. 6. Hraniční bezdekompresní limity (nulové časy) v jednotlivých hloubkách při potápění se vzduchem. Při dosažení těchto limitů je však bezpodmínečně nutné provést tzv. BEZPEČNOSTNÍ ZASTÁVKU. PADI ji stanovuje v hloubce 5m na dobu 3 min. Její význam spočívá především v tom, že pomáhá tělu pomalu vylučovat přebytečný dusík. Je to ale také příležitost jemně vyrovnat vlastní vztlak před závěrečnými pěti metry k výstupu ke hladině.

10	12	14	16	18	20	22	25	30	35	40	42	hloubka v metrech
219	147	98	72	56	45	37	29	20	14	9	8	bezdekompresní limit(min)

## 5. Nemoci z potápění nesouvisející se změnou okolního tlaku

### 5.1 Utonutí

Existují dvě formy utonutí, tzv. utonutí mokré a utonutí suché.

#### **Mokrý utonutí**

Dochází k němu při průniku vody do plic bez laryngospasmu, nebo průniku vody do plic s laryngospasmem (tzn. tonoucí prochází nejdříve suchým tonutím). Křeč po upadnutí do bezvědomí povolí, tonoucímu se obnoví dechová aktivita a protože má hlavu pod vodou, začne opět masivně vdechovat vodu a tonoucí utone resp. se udusí s vodou v plicích

#### **Suché utonutí**

Průniku vody do plic s laryngospasmem, tj. s uzavřením hlasivkové štěrbiny. Tato štěrbina je pak zcela neprůchodná, do plic nemůže pronikat žádný vzduch a tonoucí se dusí (popř. se pak i zcela udusí) bez průniku vody do plic.

Utonutí je jednou z nejčastějších příčin úmrtí potápěčů. Nejčastěji k němu dochází v důsledku technických poruch, nezvládnutí stresových situací, ze ztráty orientace či z neodhadnutí fyzických sil.

Při potápění na nádech riziko utonutí značně zvyšuje hyperventilace před ponorem. Fyziologicky je nadbytek  $\text{CO}_2$  pro organismus významnějším podnětem pro obnovení dýchání než nedostatek  $\text{O}_2$ . Naplněné plíce poskytují organismu určitou zásobu  $\text{O}_2$  a prostor pro difúzi  $\text{CO}_2$  z cévního řečiště plic. Hyperventilací snížíme parciální tlak  $\text{CO}_2$  v alveolárních sklípcích ze 40 na 15 mm Hg a tím prodloužíme dobu vzestupu jeho koncentrace v apnoe. Při potápění se v hloubce mění parciální tlaky jednotlivých plynů v alveolech. Přibližně v hloubce deseti metrů se obrátí difúze  $\text{CO}_2$  a plyn přechází z alveolárního vzduchu do krve, zvyšující se parciální tlak  $\text{O}_2$  má za následek jeho rozpouštění v plazmě. Při výstupu klesá parciální tlak kyslíku tak rychle, že může dojít k akutní hypoxii a tím ke ztrátě vědomí.

## 5.2 Podchlazení

To může nastat zvláště v chladných vodách, dokonce až smrt podchlazením. Při nízkých teplotách je proto nutné používání speciálních obleků nebo dokonce obleků s aktivním vyhříváním.

## 5.3 Otrava oxidem uhelnatým

Jedinou možností otravy je znečištění dýchací směsi. To se stávalo hlavně v minulosti, kdy byly tlakové láhve plněny pomocí kompresorů poháněných benzínovými motory.

Do sání kompresorů se dostávaly výfukové plyny.

Příznaky otravy oxidem uhelnatým:

- ospalost, otupělost, dezorientace až ztráta vědomí
- bolest hlavy, bušení ve spáncích
- nekoordinované pohyby
- zrychlené dýchání
- třešňově červená barva rtů a nehtových lůžek

Pro tento typ otravy je charakteristické, že se otrava stupňuje bez ohledu na hloubku. V dnešní době se otrava oxidem uhelnatým téměř nevyskytuje.

**Th:** dýchání čistého kyslíku v přetlaku (barokomoře)

## 5.4 Otrava oxidem uhličitým

Hlavní zdroj tohoto typu otravy je při nadměrném zadržování dechu při potápění na nádech. Hyperkapnie však většinou nemá závažné klinické projevy, projevuje se periferní vazodilatací, opocením, tachykardií a hyperkinetickou cirkulací. K závažnějším projevům může dojít při:

- nedostatečné ventilaci plic
- špatné funkci pohlčovače CO<sub>2</sub> u přístrojů s uzavřeným okruhem
- znečištění dýchací směsi
- nadměrně velké mrtvé dýchací prostory

Při těchto stavech mohou následující projevy vypadat takto:

- otupělost
- dezorientace, zmatenost
- zrychlený tep a dech
- celkové křeče
- bezvědomí

Th: jednoduchá – dostatečná ventilace čistým vzduchem, inhalace kyslíku

## **5.5 Nedostatek kyslíku**

Tento jev je spíše patrný u potápění na nádech, kdy je potápeč poměrně dlouhou dobu nucen zadržovat dech. Další možností je záměna směsi při hloubkovém potápění. Směs určená do větší hloubky má nižší koncentraci kyslíku a jestliže dojde k výměně dříve, než v adekvátní hloubce pro danou směs, potápeč rovněž může trpět hypoxií. Nebezpečí hypoxie tkví v náhlé ztrátě vědomí, aniž by předcházely zřetelné varovné symptomy. Hypoxie se výrazně manifestuje, je-li spojená s hyperkapnií, ta navíc vede k akutnímu pocitu nedostatku vzduchu s nutkáním urgentně přerušit apnoickou pauzu.

## **5.6 Infekční nemoci**

Rozvíjejí se hlavně při nechtěném požití znečištěné vody během potápění. Etiologie je nejčastěji bakteriální, virová nebo protozoální.

- Bakteriální (tyfus, paratyfus, cholera, průjmy – E.coli, leptospirózy)
- Virové (virová hepatitida A, poliomyelitida, průjmy – rotavirové)
- Protozoální (amébová dysenterie, giardióza)

## **5.7 Poranění o předměty**

Většinou jde o poranění na končetinách o různé ostré předměty (např. útesy, skály, kameny, korály, vraky a mnoho dalších)

## 5.8 Poranění způsobená vodními živočichy

Typ poranění vodními živočichy je v zásadě trojí: chemický, mechanický a elektrický. S chemickým poraněním se setkáváme hlavně u láčkovců (medúzy, sasanky), u homolic, chobotnic, vodních hadů a některých druhů ryb. Mechanická poranění jsou způsobena většinou oděrem nebo nabodnutím na schránky některých plžů a nebo o struktury korálů. Elektrický výboj dokáže vytvořit úhoří, parejnoci a někteří sumcovití.

*Pod vodní hladinou žije hned pět z deseti nejjedovatějších živočichů na zemi. Patří tam had vodní (a to buď vodnář kobří, vložil ploský nebo vodnář skvrnitý), homolice, medúza (konkrétně čtyřhranice smrtelná) dále odranec pravý a chobotnice skvrnitá*

### 5.8.1 Vodní hadi

Zvláště nebezpeční jsou při koupání vložilové, a to především pro svou zvědavost. Vodnáři jsou velice vzácní a plaší, ale přesto ke smrtelným úrazům dochází - zejména u pobřeží Austrálie - v době páření, kdy jejich agresivita stoupá. Uštknutí způsobí jen malou bolest, takže mnohdy si potápěč ani neuvědomí, v jakém je ohrožení. Přitom smrtelná dávka jedu vodních hadů je pro člověka nejnižší ze všech jedovatých tvorů. Vodnářův jed je třikrát účinnější než jed kobry.

### 5.8.2 Homolice

Homolice patří do skupiny jedovatých plžů šípójazyčných (*Toxoglossa*). U těchto plžů na jazykové pásce chybějí všechny střední zuby. Postranní zuby jsou spirálovitě stočené a duté, značně dlouhé a na konci ostře špičaté se zpětným háčkem. Do těchto zubů ústí jedová žláza umístěná v přední části těla plže. Z ní vede několikrát vinutý, tenký jedový kanálek do hltanu, který vyústuje ve stažitelný chobot. Ten může zvíře vysunout daleko přes okraj mušle. Rezervní zuby se nacházejí v radulární schránce, která se skládá ze dvou nestejně dlouhých ramen. V delším rameni se zuby vyvíjejí a v kratším jsou připraveny k použití. Jsou zasunovány jednotlivě na konec chobotu a po uštknutí zůstávají v těle oběti. V případě, že chobot svůj cíl mine, jsou odvrženy a nový zub se vysune ze schránky. Jed se dostává do dutého zoubku ještě před zavedením do chobotu. Následkem bodnutí je slabost, zhoršená řeč, sluch i vidění a snížená schopnost koordinace. Toxin těchto predátorů není doposud vědecky specifikován, ale víme, že působí na svalovinu a způsobuje paralýzu. Příznaky otravy jsou lokální a projevují se zarudnutím postiženého místa, bolestí, teplotou, zvracením a průjmem. Těžká otrava je příčinou nekoordinovanosti svalových pohybů, následuje ochrnutí bránice a

tím zástava dechu. Při neposkytnutí pomoci do pěti hodin nastává smrt. Léčí se pouze příslušným analgetikem.

### 5.8.3 Medúzy

Jsou to láčkovci z kmene žahavců, do něhož patří třídy medúzovci, čtyřhranky, polypovci, korálnatci a kalichovky.

Tělo medúzy ze třídy medúzovců je zvonovité, plné gelu. Zpod těla vybíhají ramena, která jsou opatřena žahavými buňkami. Tyto buňky slouží k omráčení kořisti – koryšů a měkkýšů, ale mohou poranit i člověka a nebo u něho vyvolat závažnou alergickou reakci.

Jedem, který produkují, naleptávají zasaženou kůži a vyvolávají popáleniny, působí velké bolesti a v krajních případech mohou zabíjet.

Medúza čtyřhrance smrtelná žije u pobřeží Austrálie, je velká zhruba jako fotbalový míč a má chapadla dlouhá 10 centimetrů. Ta se nalepí na kůži, rozkládají ji a tímto způsobem vpouští do těla jed. Dospělého člověka může tato medúza zabít do minuty. Těla obětí vypadají jako sešlehaná hořícími provazy. Ze všech australských jedovatých živočichů má čtyřhrance na svědomí nejvíce obětí.

Ochrana před kontaktem s medúzami spočívá hlavně v mechanické bariéře. Potápěči nosí většinou ochranné oděvy, které však nechrání obličej, ruce a nohy. Pomoci si nicméně mohou speciálními botami a rukavicemi. Další ochranou před medúzami může být speciální gel (*Safe Sea*), který obsahuje látku tvořenou rybou Klaunem očkátým (*Amphiprion ocellaris*). Doba působení gelu je minimálně 45 minut.

### 5.8.4 Ryby

**Pasivně jedovaté ryby:** jejich jed působí až po jejich požití (chrání tak ne jednotlivce, ale celý druh, neboť predátoři časem přijdou na to, že určitý druh kořisti naopak ohrožuje druh jejich.)

**Aktivně jedovaté ryby:** svou jedovou zbraň využívají přímo pro svou potřebu.

Jedovaté ryby rozlišují odborníci podle toho, zda jejich jed působí jako obrana před a při kontaktu, nebo až po jejich požití. Přestože by se mohlo zdát, že z hlediska ryby samotné je působení jejího jedu posmrtně zbytečné, protože ji předem nemůže před záhubou ochránit,

opak je pravdou.

Aktivně nejedovatější rybou na světě je odranec pravý "stonefish", který obývá severní pobřeží Austrálie. Má dokonalé maskování, povrch těla má četně zbrázděný, v záhybech jsou přichyceny řasy a rovněž k němu přisedají další živočichové, a to všechno pak ještě odranec zasype pískem. Ani mnozí zkušení potápěči proto odrance ještě nikdy neviděli, přestože není nijak zvlášť vzácný. K převážně smrtelným úrazům dochází většinou náhodně, když se potápěč opře rukou o "kámen". I když existuje protijed, málokdy je na lodi nebo na pláži k dispozici. Smrt přichází poměrně záhy.

Odranci a další jedovaté ryby - ropušnice, perutýni a další jejich příbuzní - mají u tvrdých ploutevnických paprsků jedové žlázy, odranci navíc i v jakýchsi kapslích přímo na jedových ostnech.

Bodnutí ropušnice je velmi bolestivé, ale přímé ohrožení pro člověka neznamena. Náhlá silná bolest však může vést k panice a odstartovat rychlý nekontrolovatelný výstup (komplikace neadekvátně rychlého výstupu jsou popsány výše). Jed ropušnic způsobuje krom bolesti velké otoky, několikadenní nevolnost a rána se dlouho hojí. První pomocí je co nejrychlejší maximální zahřátí rány (fenováním nebo horkou vodou třeba z chladiče lodního motoru), protože teplo tento jed neutralizuje. Pokud už se však rozšířil krevním oběhem po celém těle, zahřívání příliš nepomůže.

Perutýni využívají jiné taktiky než ropušnice a odranci. Nemaskují se, ale naopak útočníky zastrašují výstražným zbarvením. V případě ohrožení perutýni provádějí krátké rychlé výpady s jedovými paprsky namířenými proti predátorovi. Perutýn ohnivý z čeledi ropušnicovitých se vyskytuje nejen v tropických mořích, ale také v Rudém moři. Poranění perutýnem však nejsou příliš častá.

Ze stejné čeledi je další jedovatý tvor, inimicus vláknitý. Žije v Rudém a Arabském moři. Lze ho jen těžko spatřit, protože pokud se necítí ohrožen, splývá s okolím. V případě ohrožení roztáhne prsní ploutve s oranžovou kresbou, kterou vetřelce zastrašuje. Na krátké vzdálenosti používá své ploutve dvojím způsobem: buď pro plavání, nebo pomocí volných paprsků na jejich koncích "kráčí" po dně.

Mezi další jedovaté ryby patří například sumci koráloví, jejichž jed z trnů působí silnou bolest a dlouhodobé znečitlivění zasaženého místa, dále havýši (*havýš rohatý*), kteří při napadení či doteku uvolňují jed z kůže, a ostnatci, se kterými se můžeme setkat téměř na všech evropských plážích, včetně těch u Baltského a Severního moře. Poranění těmito druhy

však nejsou příliš častá, jsou k nim náchylnější častěji plavci, u kterých hrozí poranění při neopatrném došlápnutí na dno, než potápěči.

### **5.8.5 Hlavonožci**

Malá pestrá chobotnice skvrnitá žijící v australských vodách má modré pruhy na žlutém těle a přestože měří pouhé tři centimetry, má na svědomí smrt více lidí než obávaní žraloci. Její jed je nervosvalový cephalotoxin, mezi jehož příznaky patří ostrá palčivá bolest jako po píchnutí včely, znečtivění jazyka, zastřené vidění, ztráta čítí, obtížné mluvení a polykání, paralýza nohou, těžká nevolnost, vyčerpanost, kóma a s vysokou pravděpodobností následuje do hodiny od otravy smrt, poté, co ochrnou i dýchací svaly. Popsány byly další jedovaté chobotnice, např. jedovatá a modrokroužkovaná.

Z jedu chobotnice skvrnité byly pokusně izolovány látky, které mohou být v budoucnu využity ve farmacii jako nenávyková látka tlumící bolesti.

### **5.8.6 Mořští ježci**

Méně nebezpečná, ale o to častější jsou poranění způsobená ostnokožci, konkrétně hvězdicemi, ježci a sumýši. Z těchto tří zástupců jsou nejčastější poranění vzniklá kontaktem s ježky a zejména při vstupu do vody nebo výstupu z ní.

Ježci žijí téměř ve všech mořích, nezávisle na zeměpisné šířce a teplotě vody, v různých hloubkách, většinou při mořském dně. Povrch jejich těl je pokryt tvrdými a ostrými ostny. Některé druhy jsou jedovaté a mohou způsobit i vážné zdravotní poškození.

Poranění o ostny jsou většinou velmi bolestivá právě vzhledem k přítomnosti jedů. Mořských ježků je známo více než 6 000 druhů, z nich zhruba 80 vytváří jed.

Většina jedovatých druhů se vyskytuje v Indopacifické oblasti a v oblasti Karibiku. Některé druhy mají velmi dlouhé ostny, které jsou schopny propíchnout i botu. K poraněním dochází nejčastěji na nohou a rukou. Pokud osten pronikne do kloubu, může způsobit bolestivý zánět kloubní výstelky a velké krvácení. Zůstane-li v ráně část ostnu, tvoří se okolo něj chronický zánět. Ten může být ještě podporován chronickou infekcí bakteriemi *Mycobacterium marinum*.

Při poranění patnácti až dvaceti ostny najednou může nastat i celková otrava. Projevy jsou poruchy čítí, nízký krevní tlak, ochrnutí svalů a poruchy dýchání. Pokud pacient přežije,



otrava může zanechat i trvalé následky – přetrvávající postižení nervů a kloubů nebo kožní přecitlivělost projevující se puchýři na kůži.

Téměř všechny jedy tvořené ostnokožci jsou citlivé vůči teplu. Proto je nutné ihned po poranění ponořit zraněnou končetinu do co nejteplejší vody smíchané 1:1 s octem. Postiženému to přinese okamžitou úlevu. Potom se pokusíme co nejšetrněji odstranit všechny ostny z rány. Pokud by nějaké v ráně zůstaly, hrozí riziko chronického jizvícího zánětu.

Proto je někdy nutné k potvrzení o odstranění všech ostnů provést rentgenové vyšetření a případně ostny odstranit chirurgicky. Nutná je také prevence tetanu. Častá je infekce rány, která se léčí celkovým podáním antibiotik.

K odstranění zbytků uvízlých ostnů je někdy možno použít YAG laser.

### **5.8.7 Obecný postup při poranění mořským živočichem**

Při poranění mořským živočichem je nutné postupovat

- Ihned ukončit činnost a zahájit bezpečný výstup
- Přiložit škrtidlo nad ránou nebo vytvořit těsnou bandage elastickým obinadlem se zvyšujícím se tlakem k bazi končetiny
- Některé jedy jsou citlivé na vyšší teplotu, proto je výhodou ohřát končetinu
- Při postižení kůže toxinem žahavce vymýt octovou vodou
- Omezit pohyblivost pacienta a zajistit transport k lékaři
- Celou dobu hlídat základní životní funkce

## **7. Závěr**

V své diplomové práci jsem se snažil popsat nejčastější nemoci, poruchy a zranění spojené s potápěním. Zdravotnická problematika je však mnohem obsáhlejší, než je náplň této práce a vyžaduje jiný přístup než klasické lékařské disciplíny. Z odlišností, které panují pod vodní hladinou a z faktů výše uvedených vyplývá, že zdravotním problémům a nemocem potápěčů by se měl věnovat lékař zběhlý v této problematice. Mnohým nehodám a nemocem se dá vyhnout pečlivou přípravou ponoru a kvalitním výcvikem.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BIČ, C., TOMÁŠEK, Z., Fyzika pro potápěče, vydal ústřední výbor svazu pro spolupráci s armádou v roce 1984, s. 27-33, 84-95

DVOŘÁKOVÁ, Z. , Potápění : základy potápění : výcvik a vybavení : potápěčské sporty., 1 . vydání, Praha, GRADA 2005, s. 36 – 72

HRNČÍŘ, E., Nemoci způsobené přetlakem. Pracov. Lék., 2006, 58, č. 4, s 153 – 164

HRNČÍŘ, E., ČERNOCH, O. Zdravotnická problematika potápění. Praha: SPN 1990, s. 80

KINDWALL, E. P. Medical aspects of commercial diving and compressed-air work. In Occupational Medicine. C. Zenz (ed), Chicago : Zdar Book Medical Publisher 1988, s. 383-425

KUKLETA, M., Kapitoly z fyziologie potápěče, vydal ústřední výbor svazu pro spolupráci s armádou v roce 1980, s. 52–67

PIŠKULA, F., PIŠKULA, M., ŠTĚTINA, J., Sportovní potápění, Praha, 1. vydání, 1985, s.130-173