Vysoká škola zdravotnická, o.p.s.

Praha 5

NEHODY PŘI POTÁPĚNÍ V PŘEDNEMOCNIČNÍ PÉČI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ONDŘEJ LÍNEK

Praha 2013

VYSKOKÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ, o.p.s., Praha 5

NEHODY PŘI POTÁPĚNÍ V PŘEDNEMOCNIČNÍ PÉČI

Bakalářská práce

ONDŘEJ LÍNEK

Stupeň kvalifikace: Bakalář
Komise pro studijní obor: Zdravotnický záchranář
Vedoucí práce: Mgr. Marek Schober

Praha 2013

VYSOKÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ, o.p.s.
se sídlem v Praze 5, Duškova 7, PSČ 150 00

Ondřej Línek
3. C ZZ

Schválení tématu bakalářské práce

Na základě Vaší žádosti ze dne 15. 10. 2012 Vám oznamuji schválení tématu Vaší bakalářské práce ve znění:

Nehody při potápění v přednemocniční péči

Prehospital Care for Diving Accidents

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Marek Schober

Konzultant bakalářské práce: PhDr. Karolina Moravcová, RN

V Praze dne: 31. 10. 2012

prof. MUDr. Zdeněk Seidl, CSc.
rektor

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité zdroje literatury jsem uvedl v seznamu použité literatury.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své bakalářské práce ke studijním účelům.

V Praze dne

podpis

Abstrakt

LÍNEK, Ondřej. *Nehody při potápění v přednemocniční péči.* Vysoká škola zdravotnická, o.p.s. Stupeň kvalifikace: Bakalář (Bc.). Vedoucí práce: Mgr. Marek Schober, Praha. 2013. 59 s.

Tématem bakalářské práce jsou nehody při potápění v přednemocniční péči. Teoretická část popisuje fyzikální zákony, které lze aplikovat na problematiku daného tématu. Dále jsou zde pojmenovány části lidského těla, které jsou při potápění ohroženy a poslední kapitola podrobně popisuje potápěčskou nemoc jednu po druhé. Velký důraz je kladen na správné poskytnutí přednemocniční péče a je zde zmíněna dekompresní komora jako důležitý prostředek léčebné terapie. Praktická část popisuje konkrétní případy, jejich řešení a následný rozbor.

Klíčová slova
Potápění. Nehoda. Nemoc. Přednemocniční péče. Dekompresní komora.

Abstract

LÍNEK, Ondřej. *Diving Pre-hospital Care for Diving Accidents.* Nursing College, o.p.s. Degree: Bachelor: (Bc.). Tutor: Mgr. Marek Schober, Prague. 2013. 59 pages.

The topic of this thesis is diving pre-hospital care for diving accidents. The theoretical part describes the laws of physics that can be applied on the given topic. The parts of human body affected while diving are mentioned in the next part and finally the last chapter is devoted to a detailed description of certain diving illnesses one by one. The right way of the pre-hospital care is greatly stressed here and also the importance of decompression chamber as a crucial instrument of therapeutic process is mentioned. The practical part focuses on real cases, their solution and their analysis.

Key words
Diving. Accident. Illness. Pre-hospital Care. Decompression Chamber.

Předmluva

Pracuji u HZS hl. m. Prahy na pozici výjezdový hasič se specializací potápěč. Kdo se o potápění zajímá jako já, jistě ví, že je plno situací, které se mohou pod vodou stát a které mohou mít za následek nějaký úraz nebo život ohrožující stav, někdy s fatálními následky.

V dnešní době, kdy v České republice zažívá sportovní potápění veliký rozkvět a potápět se může každý, kdo si může koupit relativně drahou potápěčskou výbavu a nepotřebuje mít žádné oprávnění, bude podle mého názoru potápěčských nehod přibývat.

V mnohých knihách s problematikou potápění, se kterými jsem se setkal během výcviku, nebo i později, jsou popsány potápěčské nehody, jak k nim dochází a jejich následný vliv na lidský organismus. Ovšem nikde nebylo podrobně popsáno, jak postupovat, pokud k takovéto krizové situaci dojde. Ani v odborných knihách urgentní medicíny není o potápěčských nehodách často ani zmínka, nebo je tato otázka zmíněna pouze velice okrajově.

Proto jsem si zvolil toto téma bakalářské práce a rozhodl jsem se zaměřit se na vznik a vývoj potápěčských nehod a následné poskytnutí první pomoci a přednemocniční péče.

Práce je určena všem nelékařským pracovníkům, kteří se s tímto druhem úrazu mohou setkat a zároveň o této problematice nemají mnoho informací. Dále pak pro všechny ostatní, kteří se o tuto problematiku zajímají.

Rád bych také touto cestou vyslovil poděkování vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Marku Schoberovi za pomoc, podporu a podnětné rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce, a Mudr. Štěpánu Novotnému za cenné rady a informace podložené mnohaletými zkušenostmi spojenými s jeho profesí.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ
SEZNAM ZKRATEK
SEZNAM ODBORNÝCH VÝRAZŮ
ÚVOD ... 13
1 Fyzika a potápění ... 14
1.1 Tlak ... 14
1.2 Stavová rovnice plynů ... 15
1.3 Směsi plynů a jejich tlaky ... 15
1.4 Rozpustnost dýchacích plynů v kapalinách ... 16
2 Fyziologie a anatomie vybraných částí těla ... 17
2.1 Dýchání ... 17
2.2 Oběhový systém ... 19
2.3 Tělní dutiny vyplněné vzduchem ... 20
3 Nemoci související s problematikou potápění ... 23
3.1 Barotrauma ... 23
3.1.1 Barotrauma plic z přetlaku ... 23
3.1.2 Barotrauma plic z podtlaku ... 25
3.1.3 Ostatní barotraumata ... 26
3.2 Arteriální plynová embolie ... 27
3.3 Dekompresní nemoc ... 28
3.4 Tonutí ... 33
3.5 Otrava dýchacími plyny ... 33
4 Kazuistika č. 1 ... 35
4.1 Diskuse ... 43
4.2 Přínos pro praxi ... 45
5 Kazuistika č. 2 ... 46
5.1 Diskuse ... 53
5.2 Přínos pro praxi ... 54
ZÁVĚR ... 56
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ... 57
SEZNAM PŘÍLOH

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Léčebná tabulka 6A U. S. NAVY 40

SEZNAM ZKRATEK

AGE .....arterial gas emboliím
Bolus .....okamžité podání léku
atm .....atmosféra
CNS.....centrální nervová soustava
CO.....oxid uhelnatý
CO_2 .....oxid uhličitý
DCI .....decompression illness
DCS.....decompression sicknes
ERC .....european recuscitation council
HBO.....hyperbarická oxygenoterapie
HZS.....hasičský záchranný sbor
i.v......intravenózní
IM .....infarkt myokardu
K.....kelvin
kPa .....kilopascal
KPR .....kardiopulmonární resuscitace
Mpa.....megapascal
MV .....ministerstvor vnitra
N.....newton
O_2 .....kyslík
ORL .....otorinolaryngologie
PČR .....Policie České republiky
PFO.....perzistující foramen ovale
RZP.....rychlá zdravotnická pomoc
SpO_2.....saturace krve kyslíkem
s.c. .....subcutální
U. S. NAVY .....Vojenské námořnictvo Spojených států amerických

SEZNAM ODBORNÝCH VÝRAZŮ

Aberantí .....odchylně uložený

Arterial gas embolism.....arteriální plynová embolie

Aspirace.....vdechnutí

Atmosféra.....jednotka tlaku

Barotrauma.....poranění tkání způsobné rozdílem tlaků

Cyanózu.....modrofialové zbarvení kůže

Decompression illness .....společné označení pro DCS a ostatní nemoci způsobené změnou tlaku

Decompression sicknes .....Dekompresní nemoc

Desaturace.....vysycení

Difúze.....samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice látky druhé

Diuretikum.....léčivo navozující zvýšené vylučování vody

Embolie .....náhlý uzávěr cévy

Emfyzém .....nahromadění vzduchu v tkáních

European recuscitation council....Evropská rada pro resuscitaci

Hyperbarická oxygenoterapie.....podávání O_2 při vyšším atmosférickém tlaku

Hyperventilace.....zrychlené a prohloubené dýchání

Hypotezenze.....nízký tlak

Hypoxemie .....nedostatek kyslíku v krvi

Infarkt myokardu .....ischémie srdečního svalu

Inkontinence .....neschopnost udržet stolici a moč

Intravenózní.....způsob aplikace do krevního oběhu

Kardiotonikum.....léky zvyšující sílu srdečních stahů

Kelvin .....základní jednotka SI

Kilopascal.....jednotka tlaku a násobná jednotka pascalu

Kinetóze.....nemoc z pohybu

Medioklavikulární.....čára procházející střední částí klíční kosti

Megapascal .....jednotka tlaku a násobná jednotka pascalu

Myringotomie .....chirurgické propíchnutí ušního bubínku

Newton.....jednotka váhy

Nitrox.....vzduch obohacený o určité procento kyslíku

Nystagmus.....kmitavý pohyb očních bublbů

Otorinolaryngologie.....oddělení nosní, ušní, krční

Parestezie .....svědění, pálení kůže

Perzistující foramen ovale.....otvor mezi srdeční síní a komorou

Saturace.....nasycení

Subcutální .....způsob aplikace do podkoží

Tachykardie.....zrychlená srdeční frekvence

Tachypnoe.....zrychlená dechová frekvence

Tinitus .....hučení, pískání v uších

TRIMIX .....dýchací směs kyslíku, dusíku a helia

ÚVOD

Toto téma pro bakalářskou práci jsme si vybrali, protože je to oblast, na kterou se směrem k urgentním stavům v přednemocniční péči často zapomíná. Současně se vzhledem k narůstajícímu počtu amatérských potápěčů pravděpodobnost zásahu u nehody tohoto typu stále zvyšuje.

Cílem bakalářské práce je pojmenovat všechny závažné úrazy, které se mohou při potápění stát. Dále se pokusíme popsat jejich vznik, důsledek pro organismus a optimální řešení tohoto stavu vzhledem k přednemocniční péči.

Práce má dvě části, teoretickou a praktickou. Teoretická část obsahuje tři kapitoly. První kapitola je věnována fyzice a fyzikálním zákonům, které jsou pro pochopení vzniku potápěčských nehod naprosto zásadní. Bez těchto znalostí nelze ani pochopit mechanizmus úrazu. Druhá část je zaměřena na fyziologii. V této kapitole jsou popsány všechny části lidského těla, které jsou ohroženy v souvislosti s potápěním. Třetí, poslední část se zabývá přímo konkrétními nemocemi, jejich vznikem a následnou optimální terapií. V praktické části jsou vybrané příklady nehod, jejich řešení s následnou konfrontací.

Vypracovaná práce bude komplexním shrnutím dané problematiky a lze ji využít jako teoretický manuál první pomoci pro nelékařské pracovníky, záchranné složky, potápěče a studenty zdravotních škol.

1 Fyzika a potápění

Pro správné pochopení nemocí a úrazů způsobených při potápění je nezbytně nutné znát některé fyzikální zákony, jejich fungování pod vodní hladinou a jejich vliv na člověka. Pro danou problematiku jsou nejvíce důležité znalosti o chování kapalin a plynů. Zákony termomechaniky a některé zákony optiky a akustiky již nejsou tak zásadní.

1.1 Tlak

Účinky tlaku jsou z hlediska potápění nejzásadnější. Tlak figuruje v mnoha důležitých zákonech týkajících se potápění a podstatný je i jeho fyziologický účinek. *Tlak definujeme jako podíl velikosti síly, působící kolmo na plochu a obsahu této plochy, tj. tlak p vyvolaný silou F rovnoměrně rozloženou na ploše S, tedy p=F/S* (DOBEŠ, 2005, s. 63). Jednotkou tlaku je 1 Pa, síly 1 N a plochy 1 m^2. Protože pascal je velmi malá jednotka, v potápěčské praxi se tlak měří v jednotkách násobných. Běžně se tedy užívá jednotek jako 1 bar = 1 atm = 0,1 Mpa = 100 kPa.

Atmosférický tlak je tlak, který působí na člověka v okolním vzduchu. Při hladině moře počítáme s atmosférickým tlakem 1 bar. Tento tlak je dán pomyslnou tíhou vzduchového sloupce působící na čtvereční metr vodorovné plochy od zemského povrchu až na hranice atmosféry. Se zvyšováním nadmořské výšky se zmenšuje výška vzduchového sloupce a tím i klesá atmosférický tlak. Ve výšce 5500 m. n. m. je atmosférický tlak o polovinu menší než při mořské hladině. Přestože je hranice atmosféry ve výšce 100 km, polovina její tíhy je do výšky 6 km. Z toho plyne, že pokles tlaku v závislosti na výšce neprobíhá lineárně. Rychleji tlak klesá v menších nadmořských výškách a pomaleji ve větších.

Hydrostatický tlak je tlak, který vzniká v kapalině její tíhou. Protože má voda daleko větší hustotu než vzduch, má také podstatně větší nárůst tlaku s přibývající hloubkou než pokles tlaku vzduchu s přibývající nadmořskou výškou. Se zvětšující se hloubkou se zvětšuje výška vodního sloupce působící na pomyslnou vodorovnou plochu a tlaková síla se o hodnotu odpovídající tíze sloupci vody nad touto plochou zvětší.

Deset metrů vysoký vodní sloupec působí tedy na plochu $1cm^2$ tlakem 1 bar. Hydrostatický tlak se zvětšuje lineárně, tudíž se tlak s každými deseti metry hloubky vždy o 1 bar zvýší, resp. každý metr znamená zvýšení o 0,1 baru.

Absolutní tlak je součet atmosférického a hydrostatického tlaku. Tedy součet tlaku působícího na hladinu vody a tlaku vody panujícího v dané hloubce. Například v hloubce deseti metrů je absolutní tlak 2 bary (viz příloha A).

1.2 Stavová rovnice plynů

Stavová rovnice vyjadřuje změny chování tlaku, objemu a teploty ideálního plynu. Konkrétně lze stavovou rovnici vyjádřit způsobem $p_1 . v_1/T_1 = p_2 . v_2/T_2$. Index 1 vyjadřuje výchozí stav plynu a index 2 vyjadřuje konečný stav plynu. Teplota plynu v této rovnici se dosazuje v kelvinech. Převodní vzorec je K = °C + 273. V některých případech můžeme stavovou rovnici zjednodušit. To lze provést, pokud je jedna z veličin rovnice konstantní. Příkladem zjednodušení jsou děje izotermické, izobarické a izochorické. Pro naše potřeby stačí rozvést pouze děj izotermický (DOBEŠ, 2005).

Při izotermickém ději je konstantní teplota plynu a mění se tlak a objem. V tomto případě můžeme rovnici vyjádřit jako $p_1 . v_1 = p_2 . v_2$. Takto vyjádřená rovnice se nazývá Boylův - Mariottův zákon a vyjadřuje, že pokud se teplota nemění, objem plynu se mění nepřímo úměrně s tlakem. Typickým příkladem tohoto děje může být změna objemu vzduchu v balónku vypuštěném z hloubky, kdy objem balónku narůstá tím víc, čím blíže je k hladině (viz příloha B). Dále může posloužit příklad, kdy potápěč se šnorchlem plavající v hloubce 10 m má objem plic o polovinu menší, tlak vzduchu v plicích je ovšem dvakrát větší než na hladině. Tento jev je ze všech jevů z hlediska potápěčských nehod nejdůležitější.

1.3 Směsi plynů a jejich tlaky

Nejčastěji používaná směs plynů při potápění je vzduch, dále pak v různých poměrech smíchaná směs kyslíku a dusíku nebo směs kyslíku, dusíku a helia. Proto je dobré znát, jak se chovají plyny v těchto směsích při měnících se tlacích a teplotách během potápění. Některé plyny totiž působí v závislosti na jeho parciálním tlaku narkoticky nebo toxicky. Takové plyny jsou oxid uhelnatý, oxid uhličitý, dusík, a

dokonce i kyslík. Chování několika mezi sebou chemicky netečných plynů ve směsi popisuje Daltonův zákon, který říká: *Ve směsi ideálních plynů, které spolu chemicky nereagují, se každá z plynných složek chová tak, jako by daný objem zaujímala sama a řídí se svou vlastní stavovou rovnicí. Přitom se celkový tlak směsi rovná součtu parciálních (dílčích) tlaků všech složek směsi* (DOBEŠ, 2005, s. 79). Lze tedy tento zákon vyjádřit ve vzorci $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots p_n$. Kde p je tlak směsí a p_1, p_2, p_3, … p_n jsou parciální tlaky první až n – té složky směsi. Ve směsi se složky navzájem neovlivňují a každá složka se chová tak, jako by celý objem zaplňovala sama. Složky se také mohou mísit v jakémkoliv poměru. Parciální tlak každé složky vypočítáme po dosažení objemové koncentrace dané složky v procentech a tlaku, v kterém se nachází, do vzorce: $p_i = p \,.\, X_{vi}/100$. Lze říci, že parciální tlak směsi s narůstající hloubkou stoupá. Jako příklad můžeme vyjádřit maximální možnou hloubku, v které můžeme dýchat vzduch. Pokud tedy víme, že maximální přípustný parciální tlak kyslíku je 1,6 baru, a správně dosadíme do vzorce, díky výše uvedeným znalostem zjistíme, že maximální hloubka, ve které můžeme dýchat vzduch, je 66 metrů.

1.4 Rozpustnost dýchacích plynů v kapalinách

Plyn, který se vyskytuje nad hladinou nějaké kapaliny, ale chemicky s ní nereaguje, se v této kapalině bude rozpouštět. Rozpouštění se děje tak, že molekuly nejbližší k hladině kapaliny pronikají jejím povrchem do kapaliny, kde dochází k sycení tekutiny daným plynem. Sycení kapaliny nejprve probíhá rychle a postupně se zpomaluje, až do úplného zastavení. Stále pomalejší sycení zapříčiňuje zmenšující se rozdíl mezi tlaky nad kapalinou a v kapalině. K úplnému nasycení kapaliny plynem dochází, pokud se dílčí tlaky nad kapalinou a uvnitř ní vyrovnají. V tomto případě se již nemění množství rozpuštěného plynu v kapalině. Tento rovnovážný vztah se nazývá saturace a je závislý hlavně na parciálním tlaku plynu a teplotě kapaliny (viz příloha C). *Závislost rozpustnosti na tlaku charakterizuje Henryho zákon, který říká, že látkové množství plynu fyzikálně rozpuštěného v ustáleném stavu v kapalině při dané teplotě je přímo úměrné parciálnímu tlaku nad kapalinou* (DOBEŠ, 2005, s. 88).

2 Fyziologie a anatomie vybraných částí těla

Dříve, než se začneme podrobně zabývat nemocemi z potápění, musíme se seznámit s částmi lidského organismu, které jsou při potápění zatíženy více nebo jiným způsobem než při ostatních suchozemských činnostech.

2.1 Dýchání

Dýchání je proces, při kterém dochází k zásobování tělních tkání kyslíkem a odvádění plynných zplodin látkové výměny z těla. Proces, kdy dochází k výměně plynů v plicích, označujeme jako zevní dýchání, též jako plicní ventilaci. Proces, kdy dochází k výměně plynů mezi krví v krevních vlásečnicích a tkáněmi, nazýváme vnitřní dýchání.

Při zevním dýchání jde vzduch přes ústní nebo nosní dutinu, nosohltan, hltan, hrtan, průdušky, průdušinky. Průdušinky přecházejí do sklípkových chodbiček, které jsou zakončeny plicními sklípky. Během průchodu vzduchu přes ústní nebo nosní dutinu, nosohltan a hltan se vzduch zbavuje nečistot a zároveň se zvlhčuje a ohřívá, aby se citlivá plicní tkáň nepoškozovala. Takto vymezený prostor nazýváme horní cesty dýchací. O části od hrtanu až do plicních sklípků mluvíme jako o dolních cestách dýchacích.

Při vnitřním dýchání dochází k výměně plynů mezi tkáněmi a krví. Kyslík, který prostoupí do krve v plicních sklípcích, je do tkání přenášen prostřednictvím červených krvinek. Zde se chemicky váže na červené krevní barvivo a díky tomu se může do krve dostat kyslík a z krve do plic se vyloučí oxid uhličitý a voda (DVOŘÁKOVÁ, 2005).

- **Plíce**

Plíce jsou uloženy v hrudní dutině a zde zabírají největší část tohoto prostoru. Rozdělujeme je na pravou a levou plíci. Levá, menší plíce má dva laloky a pravá plíce má tři laloky. Tyto dvě části od sebe odděluje mezihrudí přepážka. Každá plíce je vlastní elastický dýchací orgán houbovitého tvaru. Obě mají své tělo vyplněno síťovitou strukturou průdušek a jsou pokryty blánou poplicnicí a pohrudnicí. Poplicnice kryje

samotný povrch plíce a pohrudnice kryje hrudní stěnu. Tyto hladké lesklé blány jsou vyplněny kapalinou, kterou nazýváme plicní mok. Tato kapalina umožňuje při dýchání pohyb plic bez tření. K nádechu dochází díky pohybu mezižeberních svalů a bránice. K výdechu dochází po ochabnutí bránice a mezižeberních svalů, plíce se smršťuje na původní velikost pomocí elastických vláken a vzduch z těla odchází ústy a nosem pasivním procesem.

- **Dechové objemy**

Celková kapacita plic je u dospělého člověka obvykle mezi 4 – 8 litry. Objem vzduchu, který vdechneme nebo vydechneme v klidovém stavu a za normálních podmínek, je 0,5 litru. Při fyzické námaze se zrychluje dechová frekvence, dýchání se prohlubuje, objem se zvětšuje a tím vzrůstá spotřeba vzduchu. V klidovém stavu se za jednu minutu nadechneme přibližně 12krát. Vitální kapacita plic je maximální množství vzduchu, které lze po maximálním nádechu vydechnout. Toto maximální množství vzduchu, které se může v plicích pohybovat, je 4,5 litru. Zbytkový objem vzduchu v plicích je objem, který nedokážeme z plic vypudit ani usilovným výdechem. Tento objem je přibližně 1,5 litru. Z uvedených hodnot lze říci, že minutový dechový objem, tedy množství spotřebovaného vzduchu za jednu minutu při atmosférickém tlaku 1 bar a normální dechové frekvenci, je 6 litrů za minutu (viz příloha D).

- **Výměna plynů**

Výměna plynů v plicích se řídí podle fyzikálních zákonů difúze. Difúze je přestup molekul plynu z místa vyšší koncentrace do místa s nižší koncentrací. V alveolech vzduch přichází na tenkou alveokapilární membránu, za kterou je nejtenčí krevní vlásečnice kapilára. Ta přivádí z těla odkysličenou krev a při kontaktu s membránou se krev díky tlakovému gradientu zbavuje oxidu uhličitého a zároveň se saturuje kyslíkem. Kyslík je chemicky vázán na červené krevní barvivo a červenými krvinkami přenášen rozvětvenou sítí cév ke všem tělesným orgánům a tkáním. Cestou dochází ke spotřebě kyslíku ve tkáních a vytváří se oxid uhličitý, který se vrací zpět do plic. Pro úplnost můžeme dodat, že ve vdechovaném vzduchu je 21 % kyslíku, 78 % dusíku a 1 % zbytkového plynu, zatímco ve vydechovaném vzduchu je 17 % kyslíku, 4% oxidu uhličitého, 78 % dusíku a 1 % zbytkových plynů (ROKYTA, 2007).

- **Řízení dýchání**

Centrum řízení dýchání je umístěno v prodloužené míše. Zde jsou umístěny nervové buňky, které určují hloubku nádechu a dechovou frekvenci. Tyto nervové buňky stále sledují hladinu CO_2 v krvi, a pokud jeho hladina dosáhne kritické koncentrace, dýchací centrum vyvolá dýchací reflex. Čím je hladina CO_2 nižší, tím méně jsou drážděny nervové buňky v dechovém centru a tělo nemá potřebu se nadechnout. Také receptory citlivé na hladinu O_2 v krvi stimulují dýchací centra, ovšem jeho podíl na řízení dýchání je oproti oxidu uhličitému méně významný (HOLZAPFEL, 2004).

2.2 Oběhový systém

Krevní oběh zajišťuje transport krve. Ta plní funkci dopravního prostředku všech důležitých látek potřebných pro zachování životních funkcí do tkání a odvod zplodin látkové výměny. Distribuce krve se v lidském organismu děje prostřednictvím uzavřené soustavy cév, ve které krev proudí. Ta se v cévách pohybuje díky srdci. To plní v těle funkci výkonného čerpadla vhánějícího krev do jednotlivých částí cévního systému a zajišťuje její dopravu k jednotlivým orgánům. Tento systém významně ovlivňuje i termoregulaci organismu.

- **Srdce**

Tento orgán je uložen v dutině hrudní ve vazivovém obalu perikardu. Srdce je dutý svalový orgán složený z příčně pruhovaného svalstva a slouží jako pumpa dopravující krev do všech částí lidského těla.

Srdce je rozděleno na levou a pravou část. Tyto části jsou od sebe odděleny přepážkou. Každá polovina srdce obsahuje jednu síň a jednu komoru. Krev přitéká do síní, které se jí plní a poté je krev vypuzena do komor. V této fázi se díky stoupajícímu tlaku uzavírají chlopně, které jsou mezi síněmi a komorami. Krev se následně hromadí v komorách, kde se postupně zvyšuje tlak, který následně otevírá poloměsíčité chlopně, a krev je vypuzena do aorty nebo plicních tepen. Srdce se plní při diastole a krev ze srdce je vypuzována při systole.

U nenarozeného člověka je ve stěně oddělující levou a pravou část srdce v úrovni srdečních síní otvor foramen ovale. Tento otvor umožňuje, aby tudy proudila krev a tím se vyhnula plicnímu oběhu, který ještě neplní svoji funkci. Po narození a během růstu se má tento otvor automaticky uzavřít. U třetiny lidí se však tento otvor úplně neuzavře. Neuzavření tohoto prostoru není v běžném životě nikterak významné. Pokud se však budeme s otevřeným foramen ovale potápět, může to mít pro potápěče fatální následky. Více o této problematice bude popsáno v následující kapitole.

Srdce je vyživováno prostřednictvím okysličené krve, která je přiváděna koronárními tepnami. Pokud dojde k uzávěru této tepny nebo její větvě, dochází k infarktu myokardu a rozpadu příslušné části svalu. Z koronárních tepen putuje krev do srdečních žil a jako odkysličená je odváděna přímo do pravé síně.

Srdeční činnost řídí centrální nervová soustava s centrem uloženým v prodloužené míše. Toto řídící centrum určuje tepovou frekvenci a tepový minutový objem. V klidovém stavu je tepová frekvence srdce 70 – 80 tepů za minutu a je přečerpáno 5 – 6 litrů krve.

- **Krevní oběh**

Krevní oběh tvoří dva okruhy, které jsou spolu vzájemně propojeny. Malý plicní oběh a velký tělní, nebo také periferní oběh. Malý oběh odvádí odkysličenou krev z pravého srdce plicními tepnami do plic, kde na alveokapilární membráně dochází k jejímu okysličení. Následně je tato okysličená krev plicními žílami přivedena do levého srdce. Velký oběh navazuje na malý. Z levého srdce se krev odvádí přes aortu, která se dělí na menší tepny vyživující orgány a tkáně. V tkáních se krev odkysličuje a žíly vedou tuto krev do horní a dolní duté žíly a odtud rovnou do pravého srdce (ROKYTA, 2007).

2.3 Tělní dutiny vyplněné vzduchem

Všechny dutiny v lidském těle vyplněné vzduchem podléhají změnám tlaku okolí, ke kterým dochází i při potápění. Proto je třeba se o nich zmínit i v této kapitole. Tělní dutiny rozlišujeme na pevné a pružné.

- **Ucho a Eustachova trubice**

Ucho je součástí sluchového ústrojí, které zajišťuje sluch a rovnováhu. Tento orgán lidského těla je velice složitý a zároveň velmi zranitelný. Z anatomického hlediska lze ucho rozdělit na vnější, střední a vnitřní. Eustachova trubice spojuje střední ucho s nosohltanem.

Vnější ucho je prostor mezi ušním boltcem a ušním bubínkem. Povrch zvukovodu vnějšího ucha tvoří jemná tkáň, která je pokryta ušním mazem, jenž má za úkol tuto tkáň chránit.

Střední ucho je tvořeno dutinou o velikosti přibližně 1 cm^3 a je od zevního zvukovodu odděleno bubínkem. Stěnu bubínku tvoří pružná, velmi tenká membrána. Bubínek je schopen do určité hodnoty kompenzovat rozdílné tlaky mezi vnějším zvukovodem a středním uchem. Pokud již kompenzace není možná, dojde k jeho protržení. Malé kůstky kladívko, kovadlinka a třmínek přenášejí vzruch z bubínku dále do vnitřního ucha.

Vnitřní ucho je uloženo v nejtvrdší části lebky - ve skalní kosti a je tvořeno hlemýžděm a rovnovážným ústrojím, které obsahuje tři rovnovážné chodbičky. Vzruchy přicházející přes sluchové kůstky do vnitřního ucha se v hlemýždi mění na nervové impulsy, které jsou odesílány do mozku. Orgán rovnováhy je vyplněn tekutinou a při jakékoliv změně polohy těla vysílá nervové impulzy. Pokud se informace vyslaná orgánem rovnováhy liší od signálu, který je vnímán okem, dochází ke kinetóze. Při podráždění rovnovážného ústrojí vnějšími vlivy dochází ke ztrátě orientace, závrati až nevolnosti.

Eustachova trubice je v klidovém stavu uzavřena. Automaticky se otevře jen při polykání, zívání nebo mluvení. Úkolem trubice je vyrovnávat tlak vzduchu ve středouší a umožnit tak bubínku volně kmitat a zajistit optimální podmínky pro slyšení. Díky trvalému uzavření trubice je středoušní část chráněna před prudkými tlakovými změnami při kýchání či kašli. Trubici si lze představit jako jednosměrný ventil umožňující odchod vzduchu ze středního ucha. Opačným směrem je průchodná pouze na okamžik během polykání a to je za normálních okolností dostatečná doba pro vyrovnání tlaku. (DVOŘÁKOVÁ, 2005).

- **Lebeční dutiny**

Lidská lebka má řadu dutin vyplněných vzduchem. Obvykle se jedná o čtyři páry dutin – čelní, čelistní, vedlejší čichové a klínové. Čelní dutiny jsou umístěny v lebce nad očima a jejich velikost se liší od velkých až po téměř neviditelné. Čelistní dutiny jsou umístěny v lícních kostech a obvykle jsou velmi velké. Vedlejší čichové dutiny nalezneme za nosem. Klínové dutiny leží ještě hlouběji za nosem. Nos a všechny lebeční dutiny jsou vystlány sliznicí, která je silně prokrvena. Všechny lebeční dutiny jsou spojeny s nosohltanem malým otvorem, který je zpravidla otevřený. Díky tomuto otvoru jsou dutiny schopné komunikovat s atmosférickým tlakem vzduchu automaticky. Funkce a účel dutin nebyly prozatím objasněny (SCHNICK, 2007).

- **Zuby**

Pokud jsou zuby zdravé, nepředstavují pro potápěče žádné riziko. Problém může nastat po úraze dutiny ústní, při zubních kazech nebo špatně provedeném zubařském zákroku, kdy zůstane v zubu uzavřená dutina pod plombou.

- **Ostatní dutiny**

Další duté orgány, které můžeme jmenovat, jsou plíce, žaludek a střevo. Ty podléhají stejně jako ostatní dutiny vlivům tlaku. Zdravé plíce se mohou poškodit, vzhledem k jejich elasticitě, pouze při zadržení dechu během vynořování z hloubky. Žaludek a střeva jsou také velmi elastické orgány, a proto jsou poranění způsobená tlakem prakticky vyloučena. Navíc se mohou plyny obsažené v žaludku a střevech vylučovat z těla přirozenou cestou.

3 Nemoci související s problematikou potápění

Za potápěčskou nemoc nebo úraz můžeme považovat jakékoliv poškození nebo ohrožení organismu vznikající v přímé souvislosti s potápěním. Pokud k takovému poškození nebo ohrožení dojde, hovoříme o této situaci jako o potápěčské nehodě. Nerozlišujeme přitom, zda se jedná o potápění přístrojové, nebo potápění nádechové. K potápěčské nehodě může dojít z mnoha důvodů. V zásadě lze říci, že k nehodám dochází při: nesprávném chování potápěče, nedodržení bezpečnostních norem během ponoru a po něm, nedostatečném výcviku, špatné kontrole výstroje před ponorem, použití nevhodné výstroje, překročení fyzických a psychických limitů.

3.1 Barotrauma

Slovo barotrauma je složeno ze dvou latinských slov. Jsou to slova baros a trauma. Tedy tlak a poškození. Za barotrauma můžeme označit všechna poranění způsobená tlakem během ponoru v tělních dutinách naplněných vzduchem. K takovému poškození dojde, pokud potápěč špatně nebo vůbec nevyrovnává tlak.

Pokud se plyny v dutinách, stejně jako v potápěčské masce, suchém obleku a vyvažovací vestě vlivem vzrůstajícího tlaku stlačují, hovoříme o kompresní fázi a v dutinách dochází k podtlaku. Tato situace nastává při sestupu potápěče do hloubky. Naopak, pokud potápěč z hloubky vystupuje, plyny v dutinách, potápěčské masce, suchém obleku a vyvažovací vestě se vlivem klesajícího tlaku roztahují, hovoříme o fázi dekompresní a v dutinách dochází k přetlaku (SCHNICK, 2007).

3.1.1 Barotrauma plic z přetlaku

K poranění tohoto typu může dojít v jakékoliv hloubce. Nejnebezpečnější je však v malých hloubkách nebo při bazénovém potápění s přístrojem. Často proto, že v malých hloubkách se vyskytují začátečníci, kteří nemají automaticky zažité prvky bezpečného potápění, ale také proto, že v hloubkách do deseti metrů je objemový rozdíl plynu v závislosti na okolním tlaku nejmarkantnější. Pokud například nafoukneme balónek pěti litry vzduchu v hloubce deseti metrů, na hladině se objem balónku dvakrát zvětší a naopak. To samé se v této hloubce děje s plícemi, pokud nezvládneme techniku

potápění a při vynoření z hloubky zadržíme dech, čímž zamezíme volnému odchodu vzduchu z plic. U takto vzniklého úrazu můžeme předpokládat, že nedojde pouze k jedné z níže uvedených komplikací, ale k jejich kombinaci.

- **Pneumotorax**

Pokud vzduch pronikne do dutiny pohrudniční, hovoříme o pneumotoraxu. Při rozsáhlém pneumotoraxu je postižený dušný, trpí dráždivým suchým kašlem a má pocit úzkosti a strachu. Zapojuje pomocné dýchací svaly, a pokud leží, zaujímá pozici na boku, přičemž naléhá na postiženou stranu. Dále nacházíme tachypnoe, tachykardii, při těžkých stavech nitkovitý tep, cyanózu a SpO_2 je nízká. Při poslechu je zřetelné oslabené dýchání na straně postižené.

Pneumotorax můžeme rozdělit na otevřený, zavřený a ventilový. Otevřený komunikuje s dutinou pohrudniční skrz hrudní stěnu a při barotraumatu z přetlaku nevzniká. Při uzavřeném se vzduch dostává do dutiny porušenou plicní tkání a ta kolabuje. Jestliže vzduch pouze vniká do dutiny pleurální a nemá možnost unikat zpět, mluvíme o ventilovém pneumotoraxu. Ten může kdykoliv přejít do formy tenzního, který postiženého bezprostředně ohrožuje na životě, protože dochází nejen ke kolapsu plíce, ale ještě ke zvětšování objemu vzduchu, který utlačuje srdce a velké cévy, čímž dochází k velkému zatížení pravé komory. Díky tomu vázne žilní návrat a srdce selhává nejdříve pravostranně, následně i levostranně. Takovou krizovou situaci lze vyřešit pouze urgentní punkcí a převedením tak tenzního pneumotoraxu na pneumotorax otevřený. Punkcí provedeme jednorázové vyprázdnění dutiny pohrudniční. Pokud se jedná o rozsáhlý uzavřený pneumotorax spojený s dušností, poruchou hemodynamiky a výraznými rychlými a dramatickými změnami příznaků, je hrudní punkce také indokována. Další léčba probíhá symptomaticky (POKORNÝ, 2003).

Pokud se rozhodneme pro akutní punkci hrudníku v terénu, nejvýhodnější je poloha pacienta v sedu nebo polosedu. V podmínkách přednemocniční péče se však postižený bude nacházet nejčastěji vleže. Jako nástroj pro zákrok volíme širší intravenózní kanylu, kde jehla plní funkci vodiče. Obvykle se pneumotorax punktuje v druhém nebo třetím mezižebří medioklavikulárně. Do hrudníku musíme pronikat vždy při horním okraji žebra spodního, protože při dolním okraji žebra se nachází nervový svazek a cévní zásobení. Snažíme se postupovat maximálně sterilně. Jehlu zavádíme do

kůže proti zvolenému žebru, poté jehlu i s kůží posouváme k hornímu okraji žebra. Zde pronikneme do pohrudniční dutiny. Tato technika, kdy posouváme jednotlivé vrstvy, je výhodná, protože při vyjmutí kanyly se díky posunu těchto vrstev zpět punktované místo lépe uzavře. Při správném zavedení kanyly do dutiny pohrudniční postupujeme hlouběji již jen drénem, čímž zamezíme poranění nitrohrudního orgánu. Po odsátí vzduchu a vyjmutí nástroje je třeba nezapomenout přiložit jednosměrný ventil zabraňující opětovnému nasátí vzduchu (POKORNÝ, 2004).

- **Mediastinální emfyzém**

Tím rozumíme stav, kdy se nahromaděný vzduch z plic dostane abnormálně vzniklým otvorem do mediastina. To vyvolává tlak v tomto prostoru a podle množství proniknutého vzduchu jsou zde utlačovány hlavně měkké struktury, tedy převážně žíly a ostatní velké cévy, srdce a plíce. Příznaky mohou být podobné jako u pneumotoraxu, nebo imitují symptomy infarktu. Postižený obtížně dýchá, je cyanotický a cítí velikou bolest za hrudní kostí. Pacient volí úlevovou polohu. Podáme kyslík a dále léčíme symptomaticky. Po odstranění příčin emfyzému se vzduch sám vstřebá.

- **Podkožní emfyzém**

O podkožním emfyzému mluvíme, pokud vzduch vystupuje podél struktur průdušnice, jícnu a velkých žil do podkožních vrstev v oblasti krku. Potápěč může cítit bolest, tlak a plnost. Charakteristický je třaskavý zvuk při pohybu hlavou nebo při dotyku na takto postiženou kůži (VOKURKA, 2004).

3.1.2 Barotrauma plic z podtlaku

Vlivem zvyšujícího se tlaku okolního prostředí při sestupu do hloubky se objem vzduchu v plicích smršťuje. Pokud je překročena určitá hranice podtlaku, vystupuje plazma z krevního řečiště do plic a dochází k nekardinálnímu plicnímu edému.

K tomuto stavu může dojít při potápění na nádech nebo při potápění se vzduchovým přístrojem. Pokud se potápíme na nádech, hrozí poškození po překročení takové hloubky, v níž se plíce plně nadechnutého člověka na hladině vlivem okolního tlaku stlačí na objem odpovídající usilovnému výdechu. Tento zbytkový objem plic činí asi 1,5 liru. Dle fyzikálních zákonů lze za hraniční hloubku pro vznik plicního edému

při nádechovém potápění určit 3O metrů. Při použití vzduchového přístroje k potápění je nebezpečí spojeno s nekontrolovatelným pádem do hloubky, jestliže při tom dojde k přerušení dodávky vzduch. Tím myslíme zadržení dechu, křeč hrtanu, vypadnutí automatiky z úst apod. Následný nárůst tlaku stlačující hrudník při klesání působí na dýchací svaly, které nemohou překonat rozdíl tlaků mezi plícemi a okolím, tím je znemožněn nádech. Se vzrůstající hloubkou se zvyšuje podtlak v plicích až na kritickou hranici (MOUNTAIN, 1996).

Základem první pomoci je léčba normobarickým kyslíkem, přetlaková komora není indikována. Provádíme stálou monitoraci základních životních funkcí a pacienta zklidníme. Dále můžeme podat diuretika k lepšímu odvodnění. Pokud se jedná o méně závažný stav, příznaky odezní a pacient se díky schopnosti plic absorbovat tekutinu sám vyléčí. U závažného otoku plic se stav nezlepší a je třeba zahájit terapii, jako by se jednalo o tonutí, případně zahájit resuscitaci.

3.1.3 Ostatní barotraumata

U těchto stavů již zpravidla nedochází k závažnému poškození organizmu. Postižený není ohrožen na životě a je schopný sám vyhledat zdravotní pomoc. Tato poranění jsou na druhou stranu daleko častější vzhledem k jejich snadnému vzniku, a proto je dobré se o nich alespoň zmínit.

- **Barotrauma ucha**

Při zanoření narůstá tlak okolního prostředí vůči střednímu uchu, které je odděleno bubínkem. Ve středním uchu je tedy tlak menší a bubínek se prohýbá dovnitř směrem do středního ucha. Díky Eustachově trubici, která po otevření komunikuje mezi středním uchem a nosohltanem, dojde k vyrovnání tlaku. Pokud se tak z jakéhokoliv důvodu nestane, hrozí otok vnitřního ucha, krvácení výstelkové tkáně středoušní dutiny a pohmoždění sluchových kůstek. Nejzávažnější poranění je, pokud se protrhne ušní bubínek. K protržení bubínku může dojít i směrem ze středního ucha do vnějšího během výstupu. Příčinou může být použití nosních kapek při rýmě. Zduření tkáně v okolí Eustachovy trubice se před ponorem uvolní. Během ponoru kapky přestanou účinkovat a to zamezí vyrovnání tlaku během výstupu. Při protržení bubínku dojde ke ztrátě rovnováhy, závrati a nevolnosti. Tento stav však po chvilce ustoupí. Postižené ucho je

dobré sterilně krýt a nechat prohlédnout na ORL. Poškozený bubínek se zpravidla zhojí sám.

- **Barotrauma dutin**

Za normálních podmínek se děje vyrovnávání tlaku v dutinách automaticky prostřednictvím spojovacích kanálků, které jsou volně otevřeny. Jestliže sliznice v okolí z nějakého důvodu natečou, dojde k uzavření kanálků a nelze tlak vyrovnat. Pokud se dutina uzavře při sestupu, vznikne v dutině podtlak a dochází ke krvácení do dutiny ze sliznic. Projevuje se pocity tlaku a bolestí. Uzavření dutiny při výstupu je závažnější. V dutině narůstá tlak a vzduch nemůže unikat. Může dojít až k explosivnímu průniku vzduchu do okolní obličejové tkáně a k jejímu poškození.

- **Barotrauma očí**

Prostor v potápěčské masce je vyplněn vzduchem. I tato dutina podléhá stejným změnám tlaku jako kterékoliv jiné tělesné dutiny. Při sestupu se potápěčská maska vlivem relativního podtlaku přisaje k obličeji. Tento tlak vyrovnáme jednoduchým vydechnutím vzduchu nosem do masky. Pokud tak neučiníme, vyvolá podtlak v masce poškození jemných cévek, krvácení do spojivky, krvácení očních víček, nebo dojde ke zhmoždění očí. Ve výjimečných a obzvláště těžkých případech může dojít k natržení zrakového nervu a nenapravitelným poškozením oka.

3.2 Arteriální plynová embolie

Arteriální plynová embolie AGE je velmi závažné onemocnění, které vzniká v přímé souvislosti s barotraumatem plic z přetlaku. Toto onemocnění je vyvoláno průnikem plynu do krve přes porušené plicní cévy a tkáně při nadměrném roztažení nebo roztržení plic. Tyto plynové bubliny jsou unášeny krví z plic do srdce a odtud přes levou síň a levou komoru do velkého krevního oběhu. Bubliny cestují krevním oběhem a v závislosti na její velikosti ucpou nějakou tepnu a tím uzavřou přívod okysličené krve do příslušné tkáně. Dalším důvodem vzniku AGE je volný prostup bublin plynu patologicky přítomným PFO nebo plicním zkratem při aberantní plicní žíle. Poslední dvě jmenované příčiny embolie nevznikají v souvislosti s přetlakem v plicích, mají ovšem stejný průběh, a proto na ně z hlediska terapie lze pohlížet stejně jako AGE vzniklé barotraumatem (SCHNICK, 2007).

Kritické jsou hlavně případy, kdy bubliny plynu zamezí přístupu krve do mozku, míchy nebo srdce. Lehká forma AGE v centrální nervové soustavě se projeví mravenčením a chvěním dolních končetin společně s pocitem závratě. Těžkou formu AGE v centrální nervové soustavě signalizují různě silné parestézie až ochrnutí, křeče, poruchy smyslů a někdy bezvědomí. Při embolizaci do srdečních tepen může dojít k infarktu s jeho typickými příznaky. Zde je vzhledem k léčbě důležité určit, zda se jedná o IM spojený s AGE, nebo nikoliv. Pokud dojde k masivnímu zavzdušnění arteriální krve, jedná se o nejzávažnější formu AGE, kdy dochází hlavně k srdečnímu selhání jako pumpy, protože srdce nepřečerpává krev, ale jakousi pěnovou směs z krve a vzduchu. Tato situace se dá přirovnat k zavzdušněnému čerpadlu, které díky nedostatku vody nepřečerpává vodu, ale jede naprázdno (SCHNICK, 2007).

Obecně lze říci, že nejčastějším projevem vniknutí vzduchu do velkého srdečního oběhu jsou neurologické symptomy. Komplikace se objevují prakticky ihned po vniknutí vzduchu do cévního řečiště. Jedná se tedy o časové období v rámci sekund, maximálně několika minut. U takto postiženého pacienta je nutné zahájit neprodleně rekompresy v dekompresní komoře a dále provádět symptomatickou léčbu.

3.3 Dekompresní nemoc

Veškeré nemoci vznikající v souvislosti se změnou tlaku označujeme dle anglické terminologie DCI. Tím se rozumí nejenom projevy dekompresní nemoci DCS, ale také barotraumata a AGE (Interview se Štěpánem, NOVOTNÝM).

Dýchací medium je zpravidla vzduch, který obsahuje velké množství dusíku. Při zvýšení okolního tlaku během ponoru přechází do krve v plicních sklípcích, a když krev z plic odtéká, je dusíkem prakticky zcela nasycena. Během průchodu krve krevními vlásečnicemi většina takto rozpuštěného dusíku přechází do tkání. Krev se poté vrací zpět do plic, kde může přijmout další množství plynu. Pokud je zvýšen parciální tlak dusíku v plicích, zvýší se přímo úměrně také parciální tlak dusíku v tepenné krvi. Přes stěny krevních vlásečnic se potom pohybují do místa s menší koncentrací a díky tomu se postupně tkáně sytí dusíkem. Fáze sycení probíhá do té doby, kdy již tkáně nejsou schopny přijmout další plyn při daném tlaku okolního prostředí. Množství dusíku, které se v těle během ponoru rozpustí, je závislé na hloubce, tedy tlaku a době, po kterou byl

tomuto tlaku potápěč vystaven. Dále sycení závisí na rozpustnosti dusíku v daných tkáních. Platí, že čím více krve danou tkání protéká, tím lépe se sytí. Z tohoto hlediska se tedy nejlépe a nejrychleji sytí mozek, játra a ledviny, o trochu hůře svaly a nejhůře kosti, chrupavky a tuk (Interview se Štěpánem, NOVOTNÝM).

Desaturace tkání se z pohledu fyziologického i fyzikálního děje při snižování tlaku. Tedy při výstupu z hloubky. Dochází ke snížení parciálního tlaku plynu ve vzduchu v plicních sklípcích a proces pohybu plynu se obrací. Vylučování plynu ze tkání probíhá stejným způsobem jako sycení, ale obráceně. Tedy zpočátku je vysycování rychlé a postupně se zpomaluje. Škodlivě se při desaturaci může projevit rychlý pokles tlaku při výstupu. V tomto případě se plyn rozpuštěný ve tkáních nebude stačit vylučovat difuzí v plicích, ale začne se vylučovat formou bublinek v celém těle. Jestli se objeví příznaky DCS, určuje místo výskytu, velikost a množství těchto bublinek. Ty se mohou vyskytnout v žilní krvi a ve tkáních. Pokud se vyskytují v žilní krvi, jsou obvykle vyloučeny z těla v plicích. Jestliže se bublinky během a po nedostatečné dekompresi objeví ve tkáních, způsobují typickou dekompresní nemoc DCS.

Celý problém si lze představit na jednoduchém příkladu se zavřenou lahví sodovky. Je-li otevřena rychle, v tu chvíli uvidíme uvnitř vzniknout velké množství bublinek. Když je láhev otevírána pomalu, žádné bublinky nevidíme. To samé se děje ve tkáních potápěče.

Potápěčskou dekompresní nehodu lze tedy definovat jako život ohrožující událost, která vznikla při vynořování díky rychlému poklesu tlaku a projevuje se vznikem volných bublin plynu v krvi a tkáních, které reagují s organismem. Bubliny stlačují mechanicky tkáně nebo embolizují venózní řečiště a chovají se v něm jako cizorodá tělesa. Následně mohou způsobit aktivaci kaskádových systémů a tím způsobit sekundární poškození (BARCAL, 2000).

- **Rizikové faktory**

Je mnoho faktorů, které zvyšují riziko vzniku DCS. Ty je dobré znát a mít je na paměti. Zpravidla to bývá jejich kombinace. Mezi tyto rizikové faktory můžeme zahrnout: Dehydrataci, která zvyšuje možnost DCS, protože dusík se může rozpustit

pouze, pokud má dostatek kapaliny, při nedostatku kapaliny se zvýší riziko tvorby bublin. Ponory do hloubek větších než 30 metrů, kde je zvýšena absorbce dusíku. Opakované ponory během jednoho dne kdy se množství dusíku ve tkáních sčítá. Dekompresní ponory, při kterých je tělo potápěče nasyceno natolik, že musí při výstupu dodržovat předepsané zastávky v určitých hloubkách. Otevřené foramen ovale kdy při zátěži během ponoru mohou bubliny dusíku přejít z žilního do tepenného oběhu a způsobit DCI. Další zhoršující faktory jsou teplo, chlad, alkohol, drogy, kouření, pohlaví, věk, tuková tkáň, létání po potápění, nevhodná strava, oblek bránící krevnímu oběhu, špatná fyzická kondice, chybný plán ponoru, rychlý výstup, závady měřících přístrojů a fyzická námaha ve vodě (SCHNICK, 2007).

- **Formy DCS**

Podle místa, kde bublina dusíku vznikla, nebo kde se zachytila, můžeme sledovat odlišné projevy. Díky těmto projevům můžeme určit i formu DCS. Formy jsou kožní, lymfatické, svalově kosterní, plicní, nervové, žaludečně střevní a postižení středního ucha. Kožní forma vzniká v důsledku ucpávání drobných cév v pokožce. Vykazuje sníženou, nebo zvýšenou citlivost. Na kůži je patrné mramorování nebo drobné skvrny. Tyto příznaky obvykle za dva až tři dny samy vymizí. Lymfatická forma je způsobena vyloučením bublin v mízních cévách. Svalově kosterní forma je způsobena přítomností bublinek ve svalech a velkých kloubech převážně horních končetin. Tato forma je značně bolestivá a nutí postiženého držet končetiny v pokrčené poloze. Pokud není včasně léčeno, přetrvává bolest několik dnů a hybnost kloubů se obnovuje bez dalších následků. Tento typ postižení při DCS bývá nejčastější. Při plicní formě dojde k ucpání vlásečnic a je blokována výměna dýchacích plynů. Projevuje se velikou bolestí na hrudi hlavně při nádechu, dušností, kašlem, cyanozou, povrchním zrychleným dýcháním a můžou se vyskytnout projevy podobné infarktu. Kvůli znesnadněnému průchodu krve ucpanými plicními cévami je přetížena pravá srdeční komora a hrozí její selhání. Nervovou formu zapříčiňuje působení bublinek na mozek a nervovou soustavu. Vlivem těchto překážek na CNS dochází ke špatnému prokrvení a tím k nedostatečnému okysličení tkání, které jsou na nedostatek kyslíku obzvláště citlivé. Tím jsou vyvolány změny, které se projevují poruchami smyslů, pohybových funkcí, rovnováhy a bezvědomím. Toto je nejzávažnější forma dekompresní nemoci a vyžaduje okamžitou léčbu. Postižení vnitřního ucha je také závažnou formou DCS. Dochází k jednostranné, nebo oboustranné ztrátě sluchu. Dále pak může být popisován

tinitus. Pokud je zasaženo ústrojí rovnováhy, dochází ke ztrátě orientace, závrati a zvracení. Žaludečně střevní forma se projevuje neurčitými bolestmi břicha a v horších případech nucením ke zvracení (Interview se Štěpánem, NOVOTNÝM).

- **Typy DCS**

Podle příznaků a jejich závažnosti dělíme DCS na dvě skupiny – typ I a typ II. DCS typ I se projevuje nápadnou únavou, svěděním kůže, zduřením podkožních tkání a mízních uzlin, bolestmi břicha, plynatostí a průjmem. Tyto příznaky hodnotíme jako mírné a v polovině případů se projeví do 60 minut od ukončení ponoru. U této formy nedochází k vážným nebo trvalým postižením. Mnohem závažnější je DCS typ II. Příznaky DCS II se objeví bezprostředně po vynoření nebo ještě během ponoru a potápěč může být ohrožen na životě. U postiženého se mohou projevovat tyto příznaky: mramorové skvrny na kůži, parestezie, změna citlivosti kůže, bolest kloubů, bolest hlavy, dušnost, bolest na hrudi, nevolnost, tělesná slabost, extrémní únava, třes, ztráta koordinace, porucha svěračů, ochrnutí, porucha sluchu, porucha vidění, nystagmus, závrať, porucha řeči, změny osobnosti, poruchy paměti, bizarní chování, emoční labilita, porucha vědomí všech stupňů, šokový stav.

- **Péče o postiženého**

Při zjištění příznaků DCS typ I zahájíme specifickou první pomoc. Tedy podáme 100 % O_2 bez ohledu na dýchanou směs během ponoru. Zajistíme příjem dostatečného množství tekutin. Tím myslíme 1/2 – 1 litr nealkoholických nápojů bez kofeinu a jiných stimulátorů nebo infuzního roztoku. Chráníme postiženého proti chladu a přehřátí a provedeme základní pětiminutový neurologický test (viz příloha E). Pokud i po zahájení specifické první pomoci přetrvávají příznaky déle než 30 minut, je potřeba s postižným zacházet jako při těžkých příznacích, tedy jako by se jednalo o dekompresní nehodu typu II.

Pokud se jedná o závažnou DCS II, postupujeme následujícím způsobem. Potápěče při plném vědomí položíme na záda nebo do úlevové polohy. V ostatních případech do stabilizované polohy. Co nejdříve zahájíme dýchání 100 % kyslíku bez ohledu na dýchanou směs během ponoru. Pokud postižený dýchá spontánně, podáme kyslík dobře těsnící maskou se zásobním vakem a průtokem 15 – 25 litrů za minutu. Pokud postižený nedýchá spontánně, zahájíme umělou plicní ventilaci se zajištěním

dýchacích cest dle platných postupů. Léčba kyslíkem je prováděna bez přerušení až do umístění postiženého do hyperbarické komory. Podáváme 0,5 až 1 litr za hodinu náhradních roztoků i.v. Podání glukozy je kontraindikováno. Další medikace je pouze dle zásad urgentní léčby. Provedeme neurologické vyšetření. Nejlépe pětiminutový neurologický test. Zavedeme močový katétr, pokud je indikováno. Zabezpečíme dobré tepelné podmínky a chráníme před nadměrným teplem a zimou. Kontaktujeme lékaře se znalostí potápěčské medicíny kvůli zhodnocení stavu pacienta. Zajistíme potápěčskou techniku, která umožní rekonstrukci ponoru a nehody. Postiženého transportujeme k nejbližšímu zařízení disponujícímu léčebnou hyperbrickou komorou (viz příloha F). Odsun pacienta můžeme provést letecky i pozemně. Pokud zvolíme k transportu vrtulník, musíme dodržet nízkou letovou hladinu. Letová hladina nesmí přesáhnout 300 metrů od výšky místa ponoru. Pokud použijeme automobil, musíme myslet na horské přejezdy, kterým je lepší se vyhnout. Obecně tedy volíme transport takový, kde zabráníme změnám tlaku do nižších hodnot, než byly v místě potápěčské nehody. Během transportu pokračujeme ve specifické první pomoci a opakujeme pětiminutové neurologické vyšetření.

V případě potřeby, tedy pokud by se tím zkrátila doba od vzniku DCS do zahájení HBO, lze povolat na místo nehody HZS, který disponuje transportní hyperbarickou komorou (viz příloha G). Posádka je proškolena v obsluze a je schopna po dohodě s lékařem začít s pacientem léčebnou rekompresi přímo na místě nehody a zároveň zahájit transport pacienta do zdravotnického zařízení. Zde také odpadá nutnost zabránit změnám tlaku do nižších hodnot, než byly v místě potápěčské nehody vlivem terénních rozdílů, neboť v barokomoře je udržován konstantní tlak (Interview se Štěpánem, NOVOTNÝM).

- **Závěrem k dekompresní nemoci.**

Jedinou účinnou formou léčby DCS je rekomprese v dekompresní komoře. Včasné diagnostikování dekompresní nemoci je z hlediska léčby naprosto zásadní. Pokud postižený zpočátku jeví příznaky lehké dekompresní nemoci, může se tento stav rychle změnit na formu těžké dekompresní nemoci. Musíme počítat s tím, že každá abnormalita po sestupu může být příznakem dekompresní nemoci.

3.4 Tonutí

Obecně je tonutí způsobené vdechnutím vody. Výjimku tvoří pouze, pokud dojde ke křeči hlasivek, kdy hovoříme o suchém tonutí. Pokud je příčinou smrti tonutí, hovoříme o utonutí. První pomoc je shodná s platnými postupy KPR. Dále podáváme kyslík v přetlaku, morfin, diuretikum, kardiotonikum a nepodáváme infuzní roztoky. Každý musí být po tonutí hospitalizován a vyšetřen k vyloučení sekundárních postižení. Tím jsou myšleny i stavy, při kterých nemusela být zahájena KPR (POKORNÝ, 2003).

3.5 Otrava dýchacími plyny

Jednotlivé složky plynů v dýchané směsi, jako je oxid uhličitý, oxid uhelnatý, kyslík a dusík, mají na tělo potápěče různé účinky. Ty nastanou buď při procentuálním podílu plynu, nebo když je tento plyn vdechován pod vyšším tlakem. Pro představu lze uvést, že dýchání CO v koncentraci 0,1 % může vyvolat lehkou otravu, zatímco dýchání stejné směsi v hloubce 40 metrů je většinou smrtelné. Pokud dojde k otravě těmito plyny při potápění, tak důsledkem těchto otrav je zpravidla utonutí (DOBEŠ, 2005).

- **Oxid uhličitý CO_2**

Oxid uhličitý je ve vzduchu obsažen nepatrně, v množství asi 0,03 %. Ve tkáních lidského těla vzniká jako odpad metabolické výměny. Krví je transportován do plic, kde je odváděn z těla. V těle řídí acidobazickou rovnováhu a jeho obsah v krvi ovlivňuje dechovou frekvenci. Zvýšení hladiny CO_2 v krvi vede ke zvýšenému dýchacímu reflexu a na hranici dvanáctiprocentní koncentrace CO_2 dochází k zástavě dechu a následné smrti. Naopak při snížené hladině CO_2, ke které dochází při hyperventilaci, potápěč necítí nucení k nádechu, protože hladina je příliš nízká. V buňkách se však stále spotřebovává kyslík a přeměňuje se na CO_2. Při poklesu O_2 na kritickou úroveň dojde ke ztrátě vědomí, čímž se mozek snaží uspořit zbytky kyslíku. CO_2 v krvi stále stoupá, dokud není vyvolán dýchací reflex. Pod vodou však dojde k vdechnutí vody a následnému tonutí. Protože k nehodám tohoto druhu dochází často v plaveckých bazénech, nazývá se tento fenomén bazénové bezvědomí.

- **Oxid uhelnatý CO**

Oxid uhelnatý není cítit, je bezbarvý a vzniká při nedokonalém spalování. Nebezpečí otravy hrozí, pokud je používán kontaminovaný vzduch k plnění

potápěčských lahví. Váže se dvěstěkrát víc na hemoglobin než kyslík a ten pak nemůže být distribuován do tkání. Dochází k hypoxii, iracionálnímu jednání a typické jsou třešňově zbarvené rty. Při těžkých otravách je nezbytná HBO.

4 Kazuistika č. 1

Arteriální plynová embolie

Postižený potápěč:

Postižený je muž J.N.

Věk: 34 let

Výška: 189 cm

Váha: 92 kg

Stav: Svobodný

Fyzická kondice je na dobré úrovni

Plavecké schopnosti výborné

Pravidelně běhá

Potápění se věnuje dva roky

Poslední ponor absolvoval včera (18m/30min)

Poslední opakované ponory osm měsíců před událostí

Předtím neměl nikdy žádnou potápěčskou nehodu

Účastníci události:

Instruktor potápění

Vedoucí potápěč

Kapitán lodi

Ošetřující lékař – vedoucí kliniky hyperbarické medicíny

Potápěčský partner postiženého

Místo události:

Červen 2005

Chorvatsko – zátoka v západním cípu ostrova Hvar.

Počasí a potápěčské podmínky:

Panuje pěkné slunečné počasí

Fouká mírný jihozápadní vítr

Teplota vzduchu 26 °C

Teplota vody 22 °C

Viditelnost pod vodou 15 - 20 metrů

Moře je klidné s mírnými vlnkami.

Činnost před nehodou:

Asi 30 minut před zahájením ponorů kapitán zakotvil a vyvázal loď na plánovaném místě. Cílem dnešních ponorů byl vrak člunu ležící v hloubce 28 – 32 metrů. Vedoucí potápěč vyznačil pomocí bóje a sestupového lana místo ponorů. Na stožár byla vztyčena modrobílá vlajka vlajkového kódu alpha. Tato vlajka signalizuje mezinárodní označení „potápěč ve vodě“. První dvojice potápěčů zahájila ponor kolem dvanácté hodiny. Nejprve bylo nutno doplavat na hladině přibližně dvacet metrů k bóji. Zde byl po krátkém odpočinku zahájen ponor po sestupovém laně.

První minuty po zjištění nehody

Čas 00:00

Vedoucí potápěč, který již svůj ponor ukončil, se věnuje činnostem, které musí udělat každý potápěč po ponoru. Náhle si všímá potápěče, který zahájil ponor přibližně před deseti minutami, jak leží nehybně v poloze na znak u bóje se sestupovým lanem.

Čas 00:01

Vedoucí potápěč se snaží s potápěčem komunikovat. Zároveň se velkou rychlostí, která jasně překračuje doporučené výstupové limity, vynořuje na hladinu partner J.N. Otáčí nehybného kolegu obličejem vzhůru a signalizuje zvednutou paží o pomoc.

Čas 00:02

Vedoucí potápěč okamžitě bere křísící kyslíkový přístroj „Saturn oxy“, nasedá do přivázaného motorového člunu, který již připravuje k odjezdu jiný člen posádky a následně odjíždí k postiženému potápěči.

Čas 00:04

Probíhá přiblížení k postiženému. Ten je nejdříve odstrojen z potápěčské výbavy a poté vtažen do člunu. Již v době, kdy probíhá odstrojování, nemá na sobě J.N. zátěžový opasek.

Čas 00:05

Ve člunu J.N. nedýchá. V ústech jsou zvratky a těžko identifikovatelná modro-šedivá pěna, kterou je pokryta i tvář. Oči má v sloup a jeho pokožka je popelavě modrá. Po částečném vyčištění dutiny ústní zahajuje vedoucí potápěč dýchání z plic do plic.

Čas 00:06

Člun přiráží k lodi a postižený je přenesen na palubu. Zároveň je odstrojeno zbývající drobné příslušenství z potápěče. Tedy nůž, ploutve, maska, rukavice a potápěčský počítač.

Čas 00:07

Jsou vidět náznaky samostatného dýchání, je přiložena polomaska křísícího přístroje „Saturn oxy“ a díky konstrukci přístroje je do plic vháněn kyslík mírným přetlakem. V tento okamžik se do záchrany aktivně zapojuje instruktor potápění.

Čas 00:08

Je vidět obtížné dýchání. Stále je však J.N. v bezvědomí a všechny bolestivé podněty jsou bez reakce. Barva kůže začíná být světlejší. Na těle není krev, ani žádné jiné viditelné známky úrazu a poranění.

Čas 00:12

Stav se stále nemění, proto vedoucí potápěč volá na tísňovou linku a žádá o pomoc.

Převoz do zdravotnického zařízení

Čas 00:13

Probíhá stále kyslíková terapie J.N. Člun s postiženým je směrován do města Hvar. Zde se má setkat na přístavním mole se sanitkou povolanou z místní základny.

Vedoucí potápěč připravuje další láhve s kyslíkem, telefon, peníze a seznam kontaktních čísel.

Čas 00:18

Dochází k rozsáhlým křečím celého těla. Je obtížné vůbec udržet J.N. na palubě lodi a velmi obtížné udržet správné umístění masky s důležitým kyslíkem.

Čas 00:20

První láhev s kyslíkem je prázdná. Při výměně regulátoru z prázdné flašky na plnou je J.N. odstaven od příjmu kyslíku a již po chvíli je vidět zhoršení stavu. Přestává dýchat a jsou zjevné známky cyanózy. Nutnost rychlé výměny kyslíkových láhví ještě zvyšuje stres na palubě. Během transportu, který trvá asi dvacet minut, je na lodi nutné vyměnit kyslíkové láhve celkem třikrát.

Čas 00:33

Člun doráží na místo setkání a J.N. je přeložen do sanitky. S velkými obtížemi se nakonec daří zajistit žilní linku, podat infuzi a následně vysokou dávku sedativ. Pacient je i se svými kolegy transportován sanitním vozem na stanici první pomoci ve městě Hvar.

Čas 00:44

Postižený je dopraven do zdravotnického zařízení a uložen na příjmové lůžko. Zde dodýchává poslední zbytky kyslíku z křísícího přístroje „Saturn oxy“ patřícího potápěčské skupině.

Čas 00:47

Oxygenoterapie je převedena na nemocniční zdroj. Všechny láhve s kyslíkem mají namontovaný regulátor kontinuálního přívodu plynu. Nelze tedy zajistit přívod kyslíku do plic s přetlakem. Nelze ani vyměnit regulátor ze „Saturn oxy“, protože chorvatské jsou napevno připevněné převlečnou matkou. Takto podávaný kyslík je nedostačující a dochází k opětovnému zhoršení stavu díky nedostatečné ventilaci. Tento problém však nelze nijak vyřešit.

Čas 00:49

Dochází ke křečím celého těla. Na popud potápěčských kolegů, nikoliv zdravotnického personálu, je J.N. přeložen z příjmového lůžka na zem. Tím je zabráněno vzniku sekundárních úrazů při křečích.

Čas 00:50

Kolegové J.N. důrazně upozorňují personál, že je potřeba postiženého dopravit co nejrychleji do dekompresní komory.

Čas 01:00

Situace J.N. se nijak nezlepšuje a zdravotnický personál stanice první pomoci je evidentně bezradný a nejeví žádnou konstruktivní aktivitu. Vedoucí potápěč proto volá ze svého telefonu známého, předního odborníka na hyperbarickou oxygenoterapii v Chorvatsku, který je také potápěč a se kterým již v minulosti spolupracoval. Rychle vysvětluje situaci a poté předává sluchátko místnímu doktorovi ke konzultaci. Výsledkem je jednoznačné doporučení transportu J.N. do dekompresní komory. Závěr je tedy stejný, jaký doporučovali kolegové J.N. již dříve.

Čas 01:02

Vedoucí potápěč volá sám vlastním telefonem vrtulník a domlouvá převoz J.N. na cílové pracoviště.

Čas 01:03

Transport sanitním vozem k heliportu na vyvýšené místo u města. Jsou podány další sedativa ke zklidnění J.N.

Čas 01:11

Přilétá vrtulník a celá skupina je transportována do nemocnice ve městě Split. Během letu stále pokračují problémy s distribucí kyslíku.

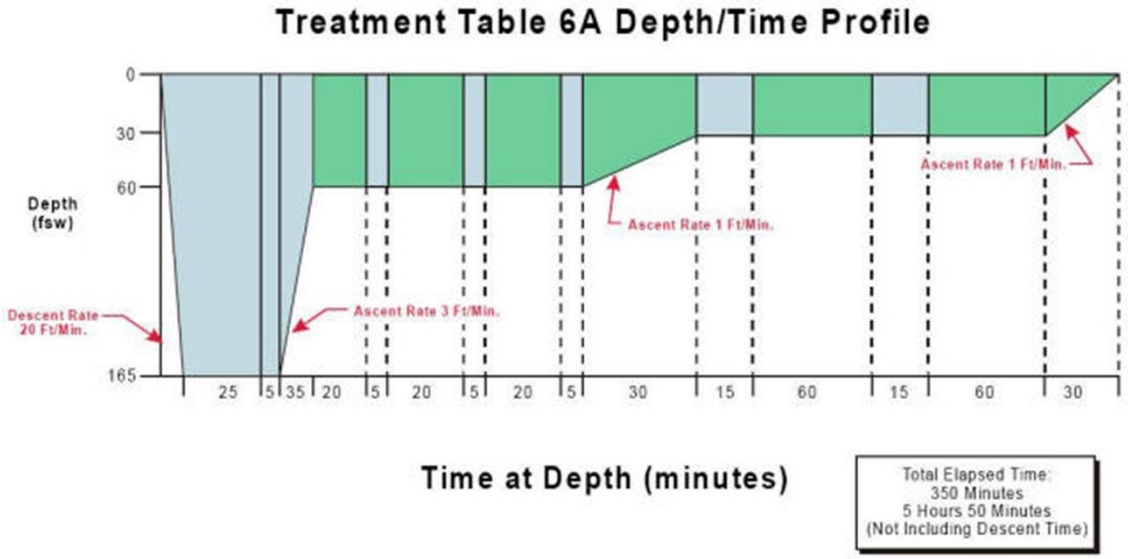
Čas 01:23

Přistání a okamžitý přesun skupiny společně s J.N. do přistavené sanitky, která všechny odváží do hyperbarického střediska chorvatského vojenského námořnictva, které se nachází nedaleko nemocnice

Léčba v dekompresní komoře

Čas 01:40

Příjem na kliniku probíhá velice profesionálním způsobem. Velení tu přebírá ošetřující lékař, který je předním odborníkem na hyperbarickou medicínu. Nechává se rychle seznámit se situací a podle algoritmu hyperbarické léčby potápěčské nehody (viz příloha H) okamžitě rozhoduje o terapii v dekompresní komoře dle léčebné tabulky 6A U. S. NAVY obrázek 1.



Zdroj: United States NAVY, 2008, s. 20 - 42

Obrázek 1 - Léčebná tabulka 6A U. S. NAVY

Čas 01:45

Ošetřující lékař, jeho asistentka a J.N. jdou do přetlaku v dekompresní komoře na simulovaných 50 metrů Stav J.N. je komatický a nadále kritický.

Čas 02:15

Teprve nyní si nechává ošetřující lékař podrobně vylíčit celou událost, stav pacienta těsně po vynoření a profil ponoru.

Čas 02:50

Simulovaná hloubka v komoře je 24 metrů. Po krátké konzultaci jde jako další do přetlaku přes předkomoru také vedoucí potápěč. Tento postup je zvolen, protože je předpoklad, že se postižený probere a poté s ním bude nutné komunikovat v rodném

jazyce. Další důvod je, že pokud uvidí postižený po probuzení známou tvář, jistě to přispěje k jeho zklidnění.

Čas 03:15

Postižený se stále neprobírá, neleží klidně a bouchá se o stěny komory. I když je nyní v komoře o jednoho člověka více, stále je problém ho udržet.

Čas 03:40

Simulovaná hloubka v komoře je nyní 18 metrů. Stav J.N. zůstává stejný, ovšem další komplikace je, že nyní je potřeba nasadit masku s kyslíkem, což je velice obtížné.

Čas 03:56

Pacient se probírá. Je ve skrčené poloze lidského plodu. Působí apaticky a jeho pohled je nepřítomný. Při snaze o mluvení nedokáže správně artikulovat.

Čas 04:40

Simulovaná hloubka v komoře je nyní 15 metrů. a stav J.N. se začíná výrazně zlepšovat. Je schopný odpovídat na jednoduché otázky typu jméno, adresa, datum narození. Ovládá močení. Začíná spolupracovat s personálem a pomalu se seznamuje s celkovou situací.

Čas 04:50

Provádí se série neurologických vyšetření. Po 4 hodinách a 50 minutách v bezvědomí je J.N. schopný se postavit a sám se napít.

Čas 04:55

Nyní se J.N. cítí velice unavený. Momentálně není ovšem možné ho nechat spát.

Čas 05:00

Pobyt v komoře se stává rutinní záležitostí. Podává se káva a obložené chleby. Všichni v komoře si užívají momentální klid a pohodu vzhledem k velmi příznivému vývoji celé situace.

Čas 07:40

Léčebný pobyt v barokomoře je ukončen. Celkový čas strávený v tomto zařízení byl 5.55 hodin a pacient vychází po vlastních nohách do přistavené sanitky, která ho odváží do místní nemocnice na interní oddělení.

Teprve nyní se začíná řešit pojištění postiženého. Naštěstí pro něho uzavřel před odjezdem pojištění léčebných výdajů v zahraničí s připojištěním na potápění. Kolegové ještě vyplní za J.N. v nemocnici potřebné dokumenty a absolvují s ním přijímací vyšetření. Poté se ocitají špinaví a potrhaní na ulici před nemocnicí.

Následná terapie

V průběhu následujících tří dnů je J.N. poslán do komory ještě pětkrát. Ovšem tentokrát na podstatně kratší časové úseky než v prvním případě. Čtvrtý den po nehodě je postižený propuštěn z nemocnice jako vyléčený a celkem zdravý člověk.

Doporučení od ošetřujícího lékaře zní jasně a neúprosně. Doživotní zákaz létání, potápění, skákání s padákem a vyvarovat se jakýchkoliv prudkých tlakových změn.

Diagnóza

Ošetřující lékař mohl jednoznačně a bez jakýchkoliv pochyb určit diagnózu jako typickou „arteriální plynovou embolii“, a to v její nejhorší mozkové formě. Příčinou vzniku byl stanoven rychlý nekontrolovaný výstup z hloubky na hladinu, kdy došlo zároveň k zadržení dechu a částečné neprůchodnosti dýchacích cest.

O nehodě

Při zjišťování příčin nehody vypovídal partner postiženého potápěče to, že první minuty ponoru probíhaly podle plánu a vše se jevilo naprosto normálně. Kolem osmé minuty ponoru se J.N. najednou z nejasných příčin odpoutal a směřoval velkou rychlostí k hladině.

Potápěčský počítač Suunto octopus postiženého J.N. zobrazoval parametry ponoru:

- maximální hloubka 30,3 m

- celková doba ponoru 9 minut
- nejnižší teplota vody 20 °C
- došlo k překročení výstupové rychlosti
- čas zanoření 12.18 hodin

Zátěžový opasek byl nalezen na dně pod místem vynoření a jeho upínací přezka byla zapnutá. Lze se tedy domnívat, že prvotní příčinou nehody byla ztráta opasku, neschopnost řešit danou situaci a zvyšování stresu. Všechny tyto zmíněné příčiny znemožnily racionálně uvažovat a potápěč udělal chyby, které ho málem stály život.

4.1 Diskuse

Po zjištění nehody velmi správně a velice rychle zareagovali všichni členové potápěčského týmu. Vedoucí potápěč nezapomněl vzít kyslíkovou láhev. I když kyslík byl nakonec z technických důvodů podán teprve po návratu na loď, bylo dobře, že ji měl s sebou připravenou k okamžitému použití.

Správné bylo také zhodnocení celkové situace. Maximální hloubka byla 32 metrů a od zanoření potápěče do zpozorování, jak nehybně leží na hladině, neuběhlo déle než deset minut. Podle dekompresní tabulky pro potápění s dýchacími přístroji se stlačeným vzduchem zn. Dräger, vydaných firmou Drägerwerk Aktiengesellschaft Lűbeck v březnu 1989 (viz příloha I) lze vyčíst, že se nemůže jednat o dekompresní nemoc, protože dle tabulky může být potápěč 17 minut v hloubce 33 a teprve po překročení této hranice se ponor stává dekompresním a je nutné při výstupu z hloubky dělat hloubkové zastávky dle tabulek. Navíc příznaky nastupují pozvolna v řádu minut až hodiny. Protože se nejprve na hladině objevil J.N. a následně se vynořil jeho kolega, který evidentně vystupoval z hloubky daleko rychleji, než je doporučená výstupová rychlost, lze předpokládat, že J.N. vystupoval ještě rychleji. Tyto získané a zjištěné informace nám napovídají, že příčina stavu J.N. bude souviset s barotraumatem plic z přetlaku.

Proběhlo včasné spuštění záchranného řetězce. Transport k pobřeží a zapojení záchranné složky nastalo 12 minut po vzniku události a šest minut po dopravení postiženého na palubu lodě. Komplikace během převozu na lodi, kdy po vydýchání

jedné kyslíkové láhve bylo potřeba vyměnit regulátor, lze zmírnit pouze pořízením dalšího regulátoru. Toto řešení je ovšem ekonomicky náročné.

Předání pacienta a transport na stanici první pomoci byl díky správné komunikaci proveden standardním způsobem. Další problém s připojením J.N. na odpovídající kyslíkovou terapii na stanici první pomoci nebyl nijak vyřešen. Alternativní řešení v danou chvíli neexistovalo. Větší a zarážející chybu v následném postupu vidíme u zdravotnického personálu. Přestože se stanice první pomoci nachází v oblasti často navštěvované kvůli potápěčské turistice, nebyli pracovníci na tento typ pomoci připravení a personál nezareagoval správně. I když kolegové J.N. přítomní na stanici první pomoci se snažili vysvětlit, že transport do zařízení s hyperbarickou dekompresní komorou je nutný, dlouhé minuty se nic nedělo a personál si nevěděl rady. V této chvíli by personálu pomohl i jednoduchý algoritmus postupu při potápěčské nehodě (viz příloha J). Algoritmus by v tomto případě jasně ukázal, jak poskytnout okamžitou léčbu a naprostou nutnost transportu do hyperbarické komory.

Pouze díky znalostem místních poměrů se dostalo J.N. odborné pomoci, kdy vedoucí potápěč zprostředkoval hovor mezi odborníkem na hyperbarickou medicínu a lékařem stanice první pomoci, poté došlo k velmi důležitému transportu na kliniku hyperbarické medicíny. Dále je zarážející, že transport vrtulníkem musel domlouvat vedoucí potápěč ze svého vlastního telefonu a nikoliv zdravotnický personál.

V hyperbarickém středisku chorvatského vojenského námořnictva probíhalo vše na vysoké zdravotnické úrovni. Ošetřující lékař postupoval podle algoritmu hyperbarické léčby potápěčské nehody (viz příloha H) a určil zahájení léčby podle léčebné tabulky 6A U. S. NAVY (viz příloha K). Podle této tabulky bylo sestoupeno do simulované hloubky 50 metrů při sestupové rychlosti 6 metrů za minutu. Po třiceti minutách v této hloubce se zahájil výstup rychlostí 0,9 metru za minutu. Do hloubky 18 metrů. Zde je podán celkem třikrát na dobu dvacet minut k inhalaci čistý kyslík. Mezi každou sérií je interval pět minut, kdy byl přívod kyslíku vypnut a postižený dýchal vzduch. Následoval další výstup do 15 metrů, postižený dýchal kyslík a výstupová rychlost byla 0,3 metru za minutu. V cílové hloubce se dvakrát podal na patnáct minut vzduch a na šedesát minut kyslík. Poté následoval pomalý výstup 0,3 metru za minutu

na 0 metrů s kyslíkem a ukončení terapie. Tato léčba zachránila postiženému J.N. život a zdraví.

Následná terapie na interním oddělení již byla standardní a několik, v dalších dnech absolvovaných, léčebných pobytů v barokomoře bylo normálních, bez komplikací. Dalším a posledním šťastným momentem pro J.N. bylo, že se před celým pobytem pojistil i pro případ nehody při potápění.

4.2 Přínos pro praxi

Můžeme říci, že postiženému zachránily život tři skutečnosti. První byla včasná záchrana a okamžité podání kyslíku, bez kterého by J.N. určitě nepřežil. Druhá skutečnost se týkala znalosti místních specialistů a možnost se s nimi spojit díky vedoucímu potápěči. Třetí skutečností byl transport do hyperbarického střediska chorvatského vojenského námořnictva, kde byla zahájena cílová terapie. Pokud budeme tedy v případě zásahu aplikovaně postupovat podle těchto tří bodů a připojíme symptomatickou léčbu, můžeme situaci jenom zlepšit.

Dále zjišťujeme, že ani přímořské státy nemají problematiku potápěčských nehod v první linii nějak kvalitně propracovanou jak z hlediska teoretických znalostí, tak z hlediska materiálního zabezpečení. V ČR také není zvykem, aby si postižený volal vrtulník k transportu ze zdravotnického zařízení na vyšší pracovitě sám. Následná léčba ve specializovaných zařízeních hyperbarické medicíny je již na srovnatelné a velmi kvalitní úrovni.

5 Kazuistika č. 2

Dekompresní nemoc

Postižený potápěč:

Postižený je muž P.K.

Věk: 39 let

Výška: 172 cm

Váha: 77 kg

Stav: Ženatý

Fyzická kondice je na vysoké úrovni

Plavecké schopnosti výborné

Pravidelně cvičí

Několik posledních dní málo spal

Včera se zúčastnil rodinné oslavy

Potápění se věnuje čtrnáct let

Poslední ponor absolvoval před týdnem (42m/53min)

Poslední opakované ponory dva měsíce před událostí

Předtím neměl nikdy žádnou potápěčskou nehodu

Účastníci události:

Lékař na místě události zajišťující akci s mobilní barokomorou

Řidič

Obsluha barokomory

Zajišťující potápěči

Místo události:

Prosinec 2008

Chrustenice – okres Beroun

Nepoužívaný důl na železnou rudu se zatopenými šachtami

Úpadní štola se sklonem 45° končící závalem

Maximální hloubka 110 metrů

Uzavřená hladina

Přístup na místo je pěšky nebo důlním vozíkem štolou dlouhou asi 400 metrů a dále vede k hladině na nástupní molo 25 schodů.

Počasí a potápěčské podmínky:

Vlhký a zatuchlý vzduch

Teplota vzduchu 18 °C

Teplota vody 12 °C

Viditelnost pod vodou velmi dobrá 8 - 12 metrů

Plán ponoru:

Plánovaný ponor do hloubky 107 metrů

Celkový čas ponoru 72 minut

Čas na dně 12 minut

Pro ponor použit uzavřený okruh, TRIMIX + kyslík

Stupňovitá dekomprese s hloubkovými zastávkami

- od 21 metrů Nitrox 50
- od 6 metrů kyslík 100%

Ponor je plánovaný se zajištěním
- třemi jistícími potápěči
- zajistní dekompresní komorou a
- lékařem na místě

Průběh po vynoření

Čas 00:00

Od zanoření do vynoření je správný čas podle plánu ponoru. Tím myslíme 72 minut.

Čas 00:02

Lékař okamžitě zjišťuje, jak probíhal ponor, a jestli bylo vše podle plánu bez komplikací. Potápěč normálně reaguje a odpovídá, že je vše v pořádku a ponor probíhal správně.

Čas 00:02

Po vynoření následuje výstup po 25 schodech s celou výstrojí ke štole se zaparkovanými důlními vozíky.

Čas 00:04

Na vrcholu u vozíků si lékař všímá extrémní dušnosti a slabosti potápěče. Okamžitě je odstraněna výstroj a rozepnut suchý oděv

Čas 00:06

Při podrobnějším vyšetření je zjištěn zrychlený pulz 110 za minutu s velmi omezeným plněním. V poloze vleže se obtíže zmírňují.

Čas 00:07

Na dotaz lékaře, zda bylo během ponoru vše provedeno podle plánu, odpovídá potápěč že ano.

Čas 00:10

Stále přetrvává dechová tíseň jako vedoucí příznak obtíží. Nikdo neví, proč má P.K. takovéto obtíže. Je vznesena myšlenka, že tento stav mohla vyvolat špatně namíchaná dýchací směs NITROX nebo Trimix při plnění láhví během přípravy ponoru.

Čas 00:12

Na cílený opakovaný dotaz lékaře P.K. připouští problémy při výstupu a oznamuje skutečný profil ponoru. Po dosažení hloubky byl výstup prováděn podle výstupového lana naslepo, bez možnosti zjištění výstupové rychlosti a hloubky s namátkově prováděnými hloubkovými zastávkami z důvodu prakticky nulové viditelnosti. Od 30 metrů je již viditelnost zlepšená a lze tedy vystupovat správnou výstupovou rychlostí. Hranice 21 metrů byla díky nepříznivým podmínkám ponoru dosažena o 7 minut dříve, než bylo stanoveno podle plánu ponoru. V průběhu dekomprese potápěč dále pociťoval zimu. Vzhledem k použití hliníkové láhve s dekompresním plynem a její malou váhou je nucen z oděvu vypudit vzduch. Přesto jej narůstající vztlak trvale nutil k vynoření a tím zvyšoval jeho stres.

Zjištění skutečného stavu

Čas 00:15

Po zjištění všech okolností a zhodnocení stavu podle algoritmu postupu při potápěčské nehodě (viz příloha J) má postižený P.K. jasné symptomy těžké dekompresní nemoci typu II. Lékař, ostatní kolegové a členové týmu nakládají postiženého na důlní vozík a rychle ho odvážejí ven k mobilní hyperbarické komoře, kde mohou začít s léčbou.

Čas 00:17

Během cesty k východu z dolu se potápěči dýchá ještě hůř, jeho celkový obraz se zhoršuje a volí si úlevovou polohu. Transport je obtížný, protože v chodbě není dostatek místa.

Čas 00:21

Dosaženo východu a je zjištěno, že během pobytu v dole klesla teplota na mínus dva stupně celsia a je naprostá tma. Připravuje se barokomora k použití a P.K. je položen na místo pro vyšetření.

Čas 00:22

Obsluha otevírá barokomoru, startuje elektrocentrálu, rozsvěcí světla ve vozidle a zapíná přídavné topení v nástavbě vozidla. Pacient je dušný, ve světle je patrná cyanóza, má nitkovitý pulz a jeho tlak je 80/neměřitelno.

Čas 00:23

Je zajištěn tepelný komfort pacienta a k dýchání podán kyslík, který lze momentálně jako jediný terapeutický prostředek použít.

Čas 00:24

Nelze použít infuzní roztoky, set a léky pro jejich nízkou teplotu. Vše se zahřívá a připravuje se horká lázeň na rozehřátí infuze a léků. Tato časová prodleva nijak neprospívá ke klidu P.K.

Čas 00:29

Připravena ohřátá infuze fyziologického roztoku 500ml, do něho Tenzamin 500mg. Napíchnuta žíla, podána infuze, kapání se řídí podle reakce postiženého. Dále lékař ordinuje Solumedrol 500mg i.v. jako bolus a Fraxiparin 0,8 s.c.

Čas 00:35

Původní myšlenka o zahájení léčebné dekomprese v mobilní komoře je opuštěna. Nelze ji dostat do provozuschopného stavu vzhledem k teplotě. I při maximálním výkonu topení je v komoře teplota kolem 0 stupňů celsia a teplota již nestoupá. Dále je rozhodnuto o přesunu do nejbližšího zdravotnického zařízení, kde se nachází stabilní komora.

Transport

Čas 00:36

Probíhá příprava k transportu do zdravotnického zařízení. Pacient je zabalen do termofolie a deky. Poté je uložen do osobního automobilu a s infuzní léčbou a dýcháním kyslíku je zahájen transport do stabilní barokomory umístěné v areálu nemocnice Kladno.

Čas 00:57

Zdravotní stav se nadále zhoršuje. Projevují se výrazné bolesti kloubů a svalů. Dýchání je obtížné. Pacient zvrací a začíná být inkontinentní.

Čas 01:13

Ke zdravotním komplikacím se přidávají drobné poruchy smyslů a pacient opět zvrací.

Čas 01:28

Příjezd do zdravotnického zařízení s barokomorou (viz příloha F). Obsluha dělá poslední přípravy a vše ještě jednou kontroluje před samotným spuštěním. U pacienta probíhají standardní přípravy na léčebnou terapii. Vše se dělá vzhledem ke stavu P.K. co nejrychleji.

Léčba v dekompresní komoře

Čas 01:39

Zahájena léčba v dekompresní komoře. Podle algoritmu hyperbarické léčby potápěčské nehody (viz příloha H) volí lékař léčebnou tabulku 6A U. S. NAVY (viz příloha K). V přetlaku je s postiženým P.K. ještě lékař.

Čas 01:48

Je dosaženo maximální simulované hloubky 50 metrů. Reakce pacienta je okamžitá a dochází ke zlepšení jeho stavu.

Čas 02:53

Proběhl plánovaný výstup do hloubky 18 metrů. Do komory je podáno jídlo a pití pro pacienta i lékaře. Dále se postupuje podle léčebné tabulky.

Čas 04:38

Další výstup, tentokrát do simulované hloubky 9 metrů. V průběhu léčby došlo ke stabilizaci hodnot, vymizela bolest kloubů i dechová tíseň. Subjektivně cítí postižený také výrazné zlepšení stavu.

Čas 05:08

Začíná závěrečný výstup z 9 na 0 metrů. Oproti léčebné tabulce je léčba z technických důvodů ukončena o dvě hodiny dříve. Při zahájení vypouštění z komory se u P.K. objevuje zhoršení symptomatologie. Jeho stav je ovšem daleko lepší než při vstupu do komory. Celkový pobyt v přetlaku byl čtyři hodiny.

Čas 05:38

Léčebný pobyt je ukončen. Celková doba v přetlaku byla čtyři hodiny. Pacient je vzhledem ke zhoršení stavu během závěrečného výstupu předán k další léčbě a sledování na anesteziologicko-resuscitačním oddělení.

Následná terapie

Druhý den po nehodě je P.K. propuštěn do domácího ošetřování. V průběhu následujícího týdne absolvuje ještě celkem čtyři rekondiční pobyty v dekompresní komoře. Tyto již nejsou tolik časově náročné.

Po ukončení všech léčebných procedur lékař konstatuje, že pacient přežil nehodu bez následků a může nadále bez omezení pokračovat v potápěčské činnosti.

Diagnóza

Lékař po zjištění všech dostupných informací určil diagnózu jako rozvinutou plicní formu dekompresní nemoci. Za příčinu vzniku bylo určeno nedodržení výstupové rychlosti a špatně provedené hloubkové přestávky, kde nebyla dodržena správná hloubka a ani správná doba přestávky.

Příčinou vzniku byl stanoven rychlý nekontrolovaný výstup z hloubky na hladinu, kdy došlo zároveň k zadržení dechu a částečné neprůchodnosti dýchacích cest.

O nehodě

Při zjišťování příčin bylo rozhodnuto, že hlavním důvodem byl špatně provedený výstup k hladině. Po klidném a standardním sestupu do hloubky došlo ke zvíření kalu, který se drží na stěnách štoly do takové míry, že při zahájení výstupu P.K. byla nulová viditelnost a nebylo viděl ani na potápěčský počítač, který měl postižený na ruce. Proto celý výstup probíhal bez možnosti kontroly hloubky a rychlosti výstupu až do 30 metrů, kde se již viditelnost zlepšila. Výstup probíhal tedy rychleji, než bylo v plánu. Díky tomu došlo k nedostatečnému vysycení dusíku ze tkání a následné dekompresní nemoci. Na celý průběh a vznik nemoci měl také vliv fakt, že se jednalo o extrémní hloubkový ponor, dále na potápěče během ponoru působil chlad a stres. Jako poslední zhoršující vliv lze uvést nedostatek spánku a dehydratace před ponorem.

Dále se počítalo s možností, že k celkovému zhoršení stavu při dekompresní nemoci mohla přispět špatně namíchaná směs, kterou potápěč během hloubkového ponoru pod vodou z připravených flašek dýchal. Následným rozborem všech dýchaných směsí se zjistilo, že vše bylo v pořádku a láhve obsahovaly dýchací plyny ve správném

poměru. Tím byla tato možnost vyloučena a jako jedinou příčinou celého problému zůstala pouze první varianta.

5.1 Diskuse

Po vynoření potápěč informoval lékaře o tom, že ponor proběhl bez komplikací. I když došlo ke změně jeho zdravotního stavu, stále neřekl pravdu. Teprve na další naléhání oznámil skutečný profil ponoru a jeho průběh. To byla z jeho strany jednoznačná chyba. Pokud by došlo k náhlému bezvědomí ještě před zjištěním skutečného stavu věci, byla by tím diagnostika ještě více obtížná.

Postižený byl dušný hned od samého začátku, transport pomocí důlního vozíku trval ven z dolu šest minut. Myslíme si, že podání kyslíku mělo být okamžité. Lékař měl mít láhev s kyslíkem připravenou k použití přímo na místě ponoru, nikoliv venku v přistaveném vozidle.

Podle algoritmu postupu při potápěčské nehodě (viz příloha J) bylo jednoznačně vidět, že postižený spadal do skupiny s těžkými symptomy a má být zahájena okamžitá léčba. Ta byla zahájena správně, vzhledem ke komplikacím ovšem s určitou časovou prodlevou. Oproti tabulce nebyl kontaktován odborník, protože sám lékař je odborníkem na hyperbarickou a potápěčskou medicínu.

Po stránce technické nebylo při plánování ponoru počítáno s vnějšími vlivy. Na základě této zkušenosti byla komora pokusně zprovozněna v zimních měsících ještě jednou. Vyhřátí této komory na přijatelnou teplotu trvalo přibližně dvě hodiny. Dále bylo zjištěno, že vyhřátí 1700 kg železa je provázeno velkým množstvím kondenzované vody.

Rozhodnutí nečekat na vyhřátí komory na místě bylo správné. Časová prodleva zahájení léčebné dekomprese by byla příliš velká. Navíc v nemocnici bylo k dispozici veškeré potřebné zázemí pro případ komplikací. K transportu do nemocnice na Kladně byl použit soukromý osobní automobil a nebyla povolána zdravotnická záchranná služba. Tato varianta byla také správná, protože s postiženým byl lékař a čekání na příjezd RZP by nepřineslo žádný benefit. Další možností bylo povolat na místo HZS

s transportní barokomorou. Ani tato možnost nebyla výhodná, protože příjezd na místo by jednotce trval déle, než byla doba transportu do nemocnice. Pro lepší orientaci jsme zde uvedli organizace disponující mobilní nebo transportní komorou.

Transportní:

• Odborné učiliště požární ochrany MV ČR	Borovany	tel: 150
• OKD Hlavní báňská záchranná stanice	Ostrava	tel: 596258111
• Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy	Praha	tel: 150

Mobilní:

• PČR, správa Jihomoravského kraje	Brno	tel: 150
• Divecentrum CZ s.r.o.	Hradec králové	tel: 777739013
• Kübeck s.r.o	Kladno	tel: 312606146
• Vojenský záchranný ústav VZÚ 9519	Olomouc	tel: 150

Pokud bychom aplikovali pětiminutový neurologický test (viz příloha E), byl by v závislosti na čase jasně zřetelný zhoršující se stav. První vyšetření by bylo bez odpovědi NE. Vyšetření po 30 minutách by ukázalo změny citlivosti a sluchu. Po 60 minutách již není možné některé vyšetření ani provést, protože postižený volí pouze úlevovou polohu, zvrací a jeho stav se zhoršuje.

Léčebná dekomprese podle tabulky 6A U. S. NAVY (viz příloha K) byla ukončena o dvě hodiny dříve. Pokud by léčba proběhla přesně podle tabulky, patrně by došlo k úplnému vyléčení na místě a postižený by nemusel být hospitalizován na resuscitačním oddělní.

5.2 Přínos pro praxi

Zjistili jsme, že potápěčská nemoc se rozvíjí v řádu několika minut až hodin. Jako první pomoc bychom měli poskytnout kyslík k dýchání a následně postupovat podle tabulky okamžité léčby uvedené v algoritmu postupu při potápěčské nehodě (viz příloha J).

Vždy je třeba se zaměřit na správné směrování pacienta k nejbližšímu zdravotnickému zařízení s možností léčby v dekompresní komoře a nebát se konzultovat postup při zásahu s odborníkem.

Dále jsme zjistili, že postižený nemusí z různých důvodů vždy říkat pravdu o průběhu ponoru. V případě pochybností je třeba využít cílených dotazů k ověření skutečnosti.

Veškeré léky a infuze je třeba uchovávat v teple a mít je připravené pro okamžité použití. Pokud se jedná o zajištění ponoru, je třeba věnovat zvýšenou pozornost a čas přípravě.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo pojmenovat všechny závažné úrazy, které se mohou při potápění stát. Dále popsat jejich vznik, důsledek pro organismus a optimální řešení tohoto stavu vzhledem k přednemocniční péči.

Teoretická část se nám podle našeho názoru povedla zpracovat jak obsahově, tak i věcně správně. Nezabývala se zbytečným množstvím nepodstatných informací a vyzdvihla pouze to podstatné a důležité.

V praktické části jsme konfrontovali poznatky získané v teoretické části na reálných příkladech z praxe. Zde se nám potvrdilo, že postupy doporučené v teoretické části jsou správné a mají v přednemocniční péči své opodstatnění. Stejně se nám potvrdilo, že včasné zahájení následné léčby ve specializovaném zdravotnickém zařízení je neméně důležité a pro zdravotní vývoj postiženého zásadní.

V práci jsme došli k závěru, že v případě potápěčské nehody, ke které dochází statisticky dvacetkrát za rok a pouze čtyři končí fatálně, je nejdůležitější provést záchranu, podat kyslík, zahájit specifikou léčbu, kontaktovat specialistu, léčit symptomy a dopravit postiženého co nejdříve do dekompresní komory k hyperbarické léčbě. Dalším poznatkem je, že potápěč nelékař a nezdravotník může o dané problematice vědět více než profesionální záchranář a není ostuda si od něho vyslechnout radu.

Myslíme si, že celkově se tato práce povedla a může rozšířit povědomí o problematice nejenom nelékařským pracovníkům, záchranným složkám, potápěčům a studentům zdravotních škol, ale i lékařům samým. Stejně tak může posloužit jako teoretický manuál první pomoci

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ADAMS, Anon, 1999. *Sestra a akutní stavy od A do Z.* Z ang.orig. přel. Ivana Suchardová. Praha: Grada. ISBN 80-7169-893-8
2. BARCAL, R., M. EMMEROVÁ a M. HADRAVSKÝ, 2000. *Hyperbarie a hyperbarická oxygenoterpie.* Plzeň: Kuna. ISBN 80-902017-7-6
3. DOBEŠ, Dušan, 2005. *Přístrojové potápění*. Brno: CP Books. ISBN 80-251-0700-0
4. DRÁBKOVÁ, Jarmila, 1997. *Akutní stavy v první linii.* Praha: Grada. ISBN 80-7169-238-7
5. DVOŘÁKOVÁ, Zuzana, 2005. *Potápění*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1100-1
6. FENEIS, Heinz, 1981. *Anatomický obrazový slovník.* Praha: Avicenum. ISBN 08-096-81
7. GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HZS ČR, 2008. S*bírka interních aktů řízení - částka 65*
8. HOLZAPFEL, Rudolf, 2004. *Potápění.* Z něm.orig. přel. Radka Grollová. České Budějovice: Koop. ISBN 80-7232-231-1.
9. CHROBÁK, Ladislav, 1997. *Propedeutika vnitřního lékařství.* Praha: Grada. ISBN 80-7169-274-3
10. Interview se Štěpánem, NOVOTNÝM, lékař, specialista na hyperbarickou medicínu. Kladno 10. 3. 2013.
11. KAPOUNOVÁ, Gabriela, 2007. *Ošetřovatelství v intenzivní péči.* Praha: Grada ISBN 978-80-247-1830-9
12. MOUNTAIN, Alan, 1996. *The diver´s handbook*. New Holland.
13. NĚMCOVÁ, Jitka, 2012. *Příklady praktických aplikací a seminář k bakalářské práci.* Plzeň: Maurea. ISBN 978-80-904955-5-5
14. NOVOTNÝ, Štěpán a Hana PÁCOVÁ, 2011. *Doporučený postup diagnostiky a léčby potápěčské dekompresní nehody.*
15. POKORNÝ, Jiří et al. 2004. *Urgentní medicína.* Praha: Galén. ISBN 80-7262-259-5
16. POKORNÝ, Jiří, 2003. *Lékařská první pomoc.* Praha: Galén. ISBN 80-7262-214-5
17. ROKYTA, Richard, D. MAREŠOVÁ a Z. TURKOVÁ, 2007. *Somatologie.* Praha: Eurolex Bohemia. ISBN 80-86432-49-1
18. SCHNICK, Andrea a Peter SCHNICK, 2007. *Teorie a praxe potápění.* Z něm.orig. přel. Vítězslav Čížek. Praha: Solitér. ISBN 978-80-7234-704-9.

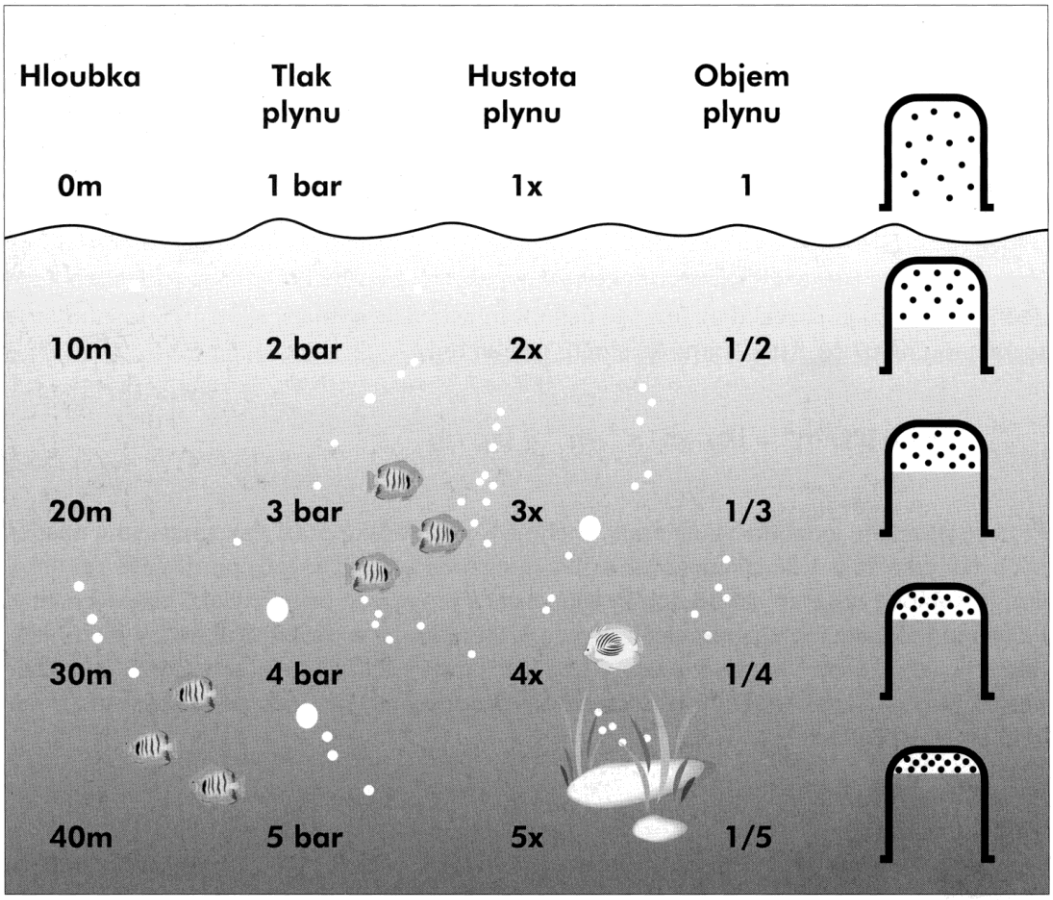
19. UNITED STATES NAVY, 2008. *U. S. Navy Diving Manual.* 6. vyd. USA: Direction of comander. SS521-AG-PRO-010
20. VIRT, Roman a David SKOUMAL, 2007. *Open water diver manual.* Praha: Galén.
21. VOKURKA, Martin a Jan HUGO, 2004. *Velký lékařský slovník.* Praha: Maxdorf. ISBN 80-7345-037-2
22. VONDRÁČEK, Lubomír, 2011. *Základy praktické terminologie pro sestry.* Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3697-6
23. VONDRÁŠEK, David, 2009. *Vltava, po dně staré řeky.* Praha: Ondřej Novák. ISBN 978-80-254-4616-4
24. www.stranypotapecske.cz, *Strany potápěčské.*

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Působení tlaku v závislosti na hloubce	I
Příloha B – Závislost objemu plynu na okolním tlaku	I
Příloha C – Rozpustnost plynů v závislosti na tlaku	II
Příloha D – Dechové objemy	II
Příloha E – Pětiminutový neurologický test	III
Příloha F – Barokomora provozovaná v nemocnici kladno	IV
Příloha G – Transportní barokomora HZS hl. m. Praha	V
Příloha H – Algoritmus hyperbarické léčby potápěčské nehody	VI
Příloha I – Dekompresní tabulka	VII
Příloha J – Algoritmus postupu při potápěčské nehodě	VIII
Příloha K – Léčebná tabulka 6A U. S. NAVY	IX

Příloha A

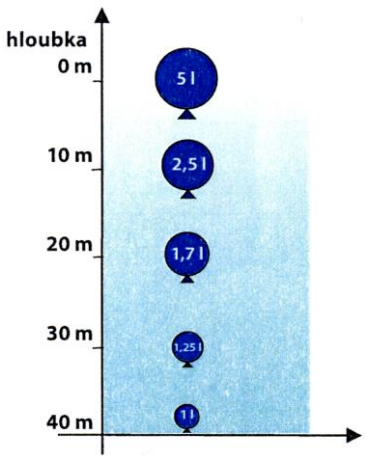
Zdroj: Dobeš, 2005, s. 64



Působení tlaku v závislosti na hloubce ponoru

Příloha B

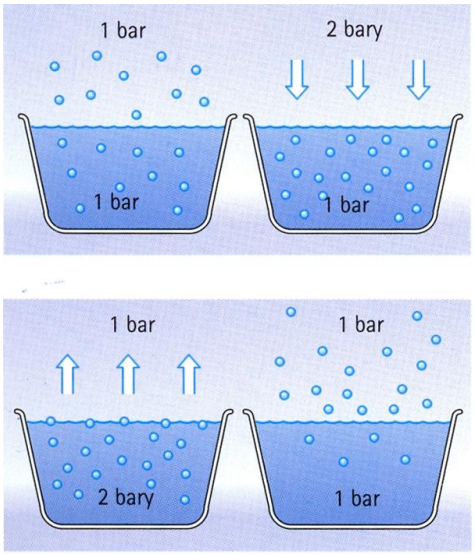
Zdroj: Virt, 2007, s. 36



závislost objemu plynu na okolním tlaku

Příloha C

Zdroj: Schnick, 2007, s. 16

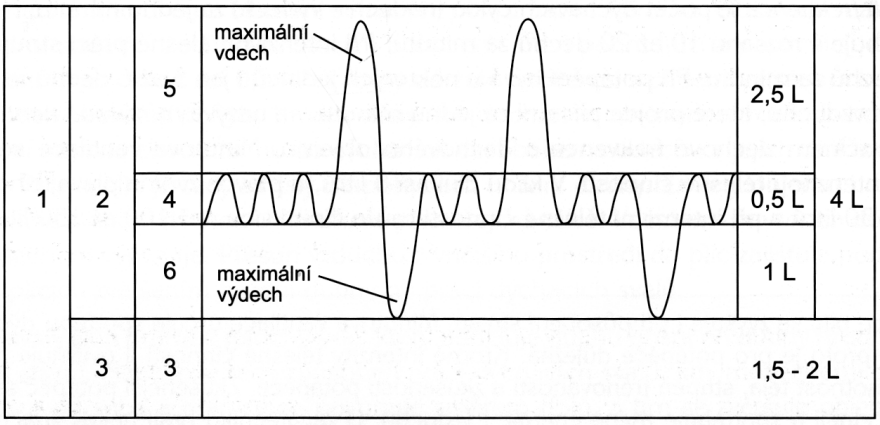


Při stejném tlaku je v kapalině týž počet molekul plynu jako v množství plynu. Když se tlak zvýší, molekuly plynu se rozpouštějí v kapalině, dokud není nastolena rovnováha.

Když se tlak v kapalině opět sníží, rozpuštěné molekuly plynu z ní vystupují.

Příloha D

Zdroj: Dobeš, 2005, s. 24



Definice dechových objemů: 1 – celková kapacita plic, 2 – vitální kapacita plic, 3 – zbytkový objem, 4 – klidový nádechový objem, 5 – nádechový rezervní objem, 6 – výdechový rezervní objem

Příloha E

Zdroj: Novotný, 2011, s. 11

Pětiminutové neurologické vyšetření

podle DANu přeložil MUDr. Arnošt Růžička, zpracovali Zdeněk Šraier a Tomáš Sládek, www.stranypotapecske.cz

Test slouží pro určení aktuálního stavu potápěče po dekompresní nehodě nebo jiném postižení nervového systému. Výtisk by měl být součástí potápěčské lékárničky. Výsledky testu předej zdravotnickému personálu, který převezme postiženého.

1. Vyšetření		Zaznamenej čas jednotlivých vyšetření, vyšetření opakuj každých 30 až 60 minut	2. Vyšetření	
Ano	Ne	**1. Orientace** [zvláště důležité vyšetření]	Ano	Ne
❑	❑	Zná potápěč své jméno a svůj věk?	❑	❑
❑	❑	Ví potápěč, kde se nachází?	❑	❑
❑	❑	Ví potápěč aktuální čas a datum (reálný odhad vzhledem k situaci)?	❑	❑
Ano	Ne	**2. Oči**	Ano	Ne
❑	❑	Ukaž 2× až 3× rozdílné počty prstů. Spočítá je potápěč správně?	❑	❑
❑	❑	Dokáže potápěč identifikovat vzdálené objekty? (Nenosí brýle?)	❑	❑
❑	❑	Potápěč má hlavu v klidu, případně mu pomoz. Pohybuj vztyčeným ukazovákem asi 50 cm před jeho obličejem, vodorovně i svisle. Jsou oči schopny sledovat prst bez trhavých pohybů?	❑	❑
❑	❑	Jsou zornice (panenky) obou očí stejně velké?	❑	❑
Ano	Ne	**3. Obličej**	Ano	Ne
❑	❑	Potápěč se pokusí zapískat. Stahují se obě strany obličeje stejně (stejné sevření rtů)?	❑	❑
❑	❑	Potápěč stiskne zuby k sobě. Jsou oba žvýkací svaly stejně napjaty?	❑	❑
❑	❑	Potápěče se zavřenýma očima se jemně dotýkej čela a tváře. Je citlivost oboustranně stejná?	❑	❑
Ano	Ne	**4. Sluch**	Ano	Ne
❑	❑	50 cm od ucha tři ukazovák o palec. Vyzkoušej obě uši vícekrát. Během vyšetření musí být ticho (vyzkoušej, jak slyšíš sám).	❑	❑
Ano	Ne	**5. Polykací reflex**	Ano	Ne
❑	❑	Nech potápěče polknout. Pohybuje se ohryzek nahoru a dolů?	❑	❑
Ano	Ne	**6. Jazyk**	Ano	Ne
❑	❑	Nech potápěče vypláznout jazyk. Sleduj, zda je ve středu, bez toho aby špička se uchylovala napravo nebo nalevo.	❑	❑
Ano	Ne	**7. Svalová síla** [zvláště důležité vyšetření]	Ano	Ne
❑	❑	Zjisti, zda potápěč může oběma rameny hýbat, když na ně shora tlačíš a zda vyvine v obou ramenech stejnou sílu.	❑	❑
❑	❑	Vyzkoušej paže potápěče, zda dokáže dát ruce na prsa, zvednout paže do výše ramen a zároveň otáčet ruce dlaní nahoru a dolů. Obě paže musí vyvinout stejnou sílu.	❑	❑
❑	❑	Vyzkoušej, zda potápěč dokáže v leže zvednout obě dolní končetiny od podložky rovnoměrně a zda je chvíli udrží ve vzduchu.	❑	❑
Ano	Ne	**8. Zjištění citlivosti**	Ano	Ne
❑	❑	Dotýkej se těla potápěče, jako v předchozí části obličeje. Začni postupně od shora dolu na trupu, po obou stranách. Potápěč musí mít během vyšetřování zavřené oči. Potápěč musí posoudit každý dotek a posoudit, zda se doteky na srovnatelných místech neliší.	❑	❑
Ano	Ne	**9. Rovnováha a koordinace** [zvláště důležité vyšetření]	Ano	Ne
❑	❑	Necháš potápěče postavit (s chodidly u sebe), oči zavřené a paže předpažené. Musí být schopen držet rovnováhu (pokud je podlaha či paluba v klidu). Připrav se potápěče zachytit, kdyby ztratil rovnováhu.	❑	❑
❑	❑	Potápěč má ruce předpažené a oči zavřené. Poté se ukazovákem jedné a pak druhé ruky pokusí dotknout špičky svého nosu.	❑	❑
❑	❑	V leže na zádech potápěč patou jedné nohy táhne po holeni druhé nohy od kolena dolu. Zkoušku provede postupně oběma nohama.	❑	❑
		10. Další poznámky a postřehy		

Příloha F

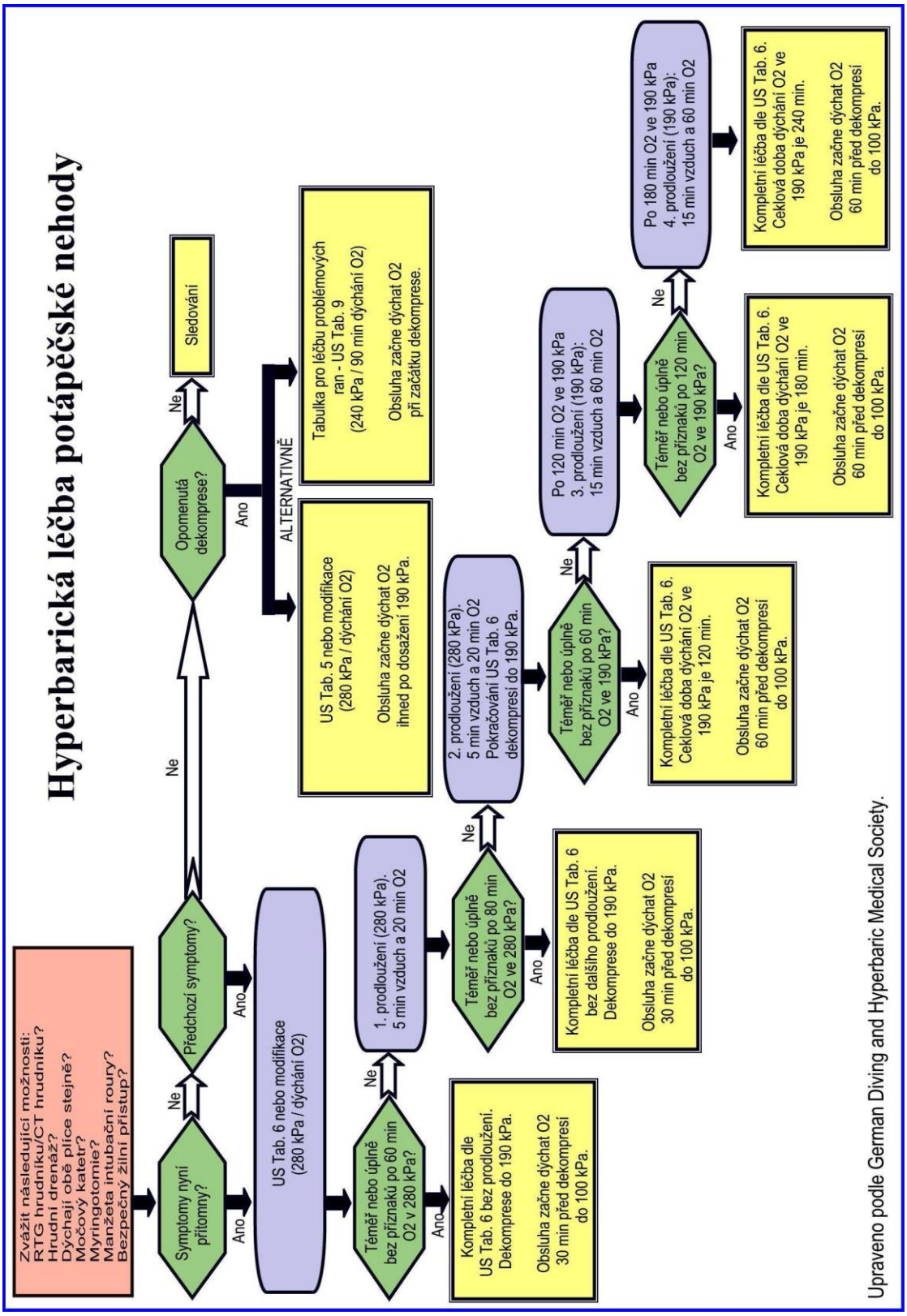
Zdroj: Autor

Příloha G

Zdroj: Autor

Příloha H

Zdroj: Novotný, 2011, s. 10



Příloha I

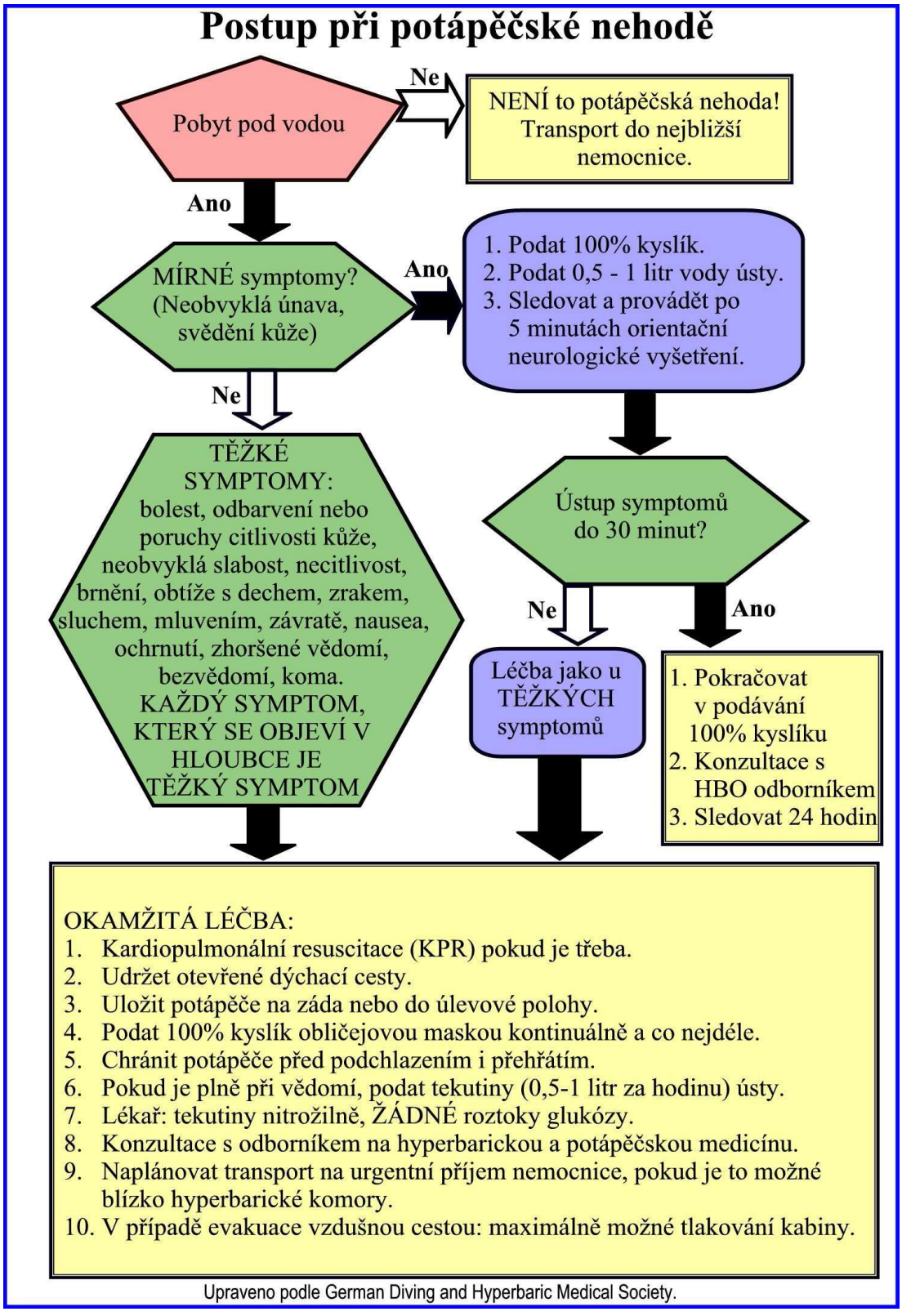
Zdroj: Generální ředitelství HZS ČR, 2008, s. 16

Maximální hloubka ponoru (m)	Doba pobytu na dně [1] (min)	Hloubka a doba pobytu na dekompresní zastávce (min)								Celková doba výstupu (min)
				18 m	15 m	12 m	9 m	6 m	3 m	
30	20									2
	25								5	5
	30							5	5	10
	35							5	10	15
	40							5	15	20
	45							5	20	25
	50						5	5	20	30
	55						5	5	25	35
	60						5	10	30	45
	70						5	20	35	60
	75					5	5	20	40	70
	80					5	5	30	40	80
	90					5	15	30	45	95
	105					5	25	35	50	115
	120				5	10	30	40	50	135
33	17									2
	20								5	5
	25							5	5	10
	30							5	10	15
	35							5	15	20
	40							5	20	25
	45						5	5	20	30
	50						5	10	25	40
	55						5	15	30	50
	60						5	20	35	60
	65					5	5	20	40	70
	70					5	10	20	45	80
	75					5	15	25	45	90
	80					5	20	30	45	100
	90				5	5	20	40	45	115
	100				5	10	25	40	50	130
	110				5	20	30	45	50	150
	120			5	5	25	40	45	50	170
36	14									2
	20								5	5
	25							5	5	10
	30							5	15	20
	35							5	20	25
	40						5	5	25	35
	45						5	10	25	40
	50						5	15	30	50
	55					5	5	20	35	65
	60					5	10	25	40	80
	70					5	20	30	45	100
	75				5	5	20	35	45	110
	80				5	10	25	35	45	120
	90				5	15	30	40	50	140
	100			5	5	20	35	45	50	160
	110			5	15	25	40	45	50	180
	120			5	20	35	40	45	50	195

1) Doba od zanoření do zahájení výstupu.

Příloha J

Zdroj: Novotný, 2011, s. 9



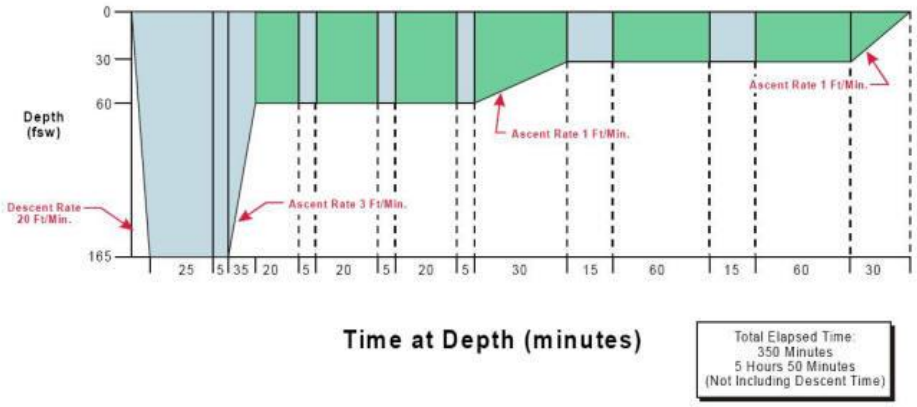
Příloha K

Zdroj: United States NAVY, 2008, s. 20 - 42

Treatment Table 6A

1. Descent rate - 20 ft/min.
2. Ascent rate - 165 fsw to 60 fsw not to exceed 3 ft/min, 60 fsw and shallower, not to exceed 1 ft/min. Do not compensate for slower ascent rates. Compensate for faster rates by halting the ascent.
3. Time at treatment depth does not include compression time.
4. Table begins with initial compression to depth of 60 fsw. If initial treatment was at 60 feet, up to 20 minutes may be spent at 60 feet before compression to 165 fsw. Contact a Diving Medical Officer.
5. If a chamber is equipped with a high-O_2 treatment gas, it may be administered at 165 fsw and shallower, not to exceed 2.8 ata O_2 in accordance with paragraph 21-5.7. Treatment gas is administered for 25 minutes interrupted by 5 minutes of air. Treatment gas is breathed during ascent from the treatment depth to 60 fsw.
6. Deeper than 60 feet, if treatment gas must be interrupted because of CNS oxygen toxicity, allow 15 minutes after the reaction has entirely subsided before resuming treatment gas. The time off treatment gas is counted as part of the time at treatment depth. If at 60 feet or shallower and oxygen breathing must be interrupted because of CNS oxygen toxicity, allow 15 minutes after the reaction has entirely subsided and resume schedule at point of interruption (see paragraph 21-5.5.6.1.1).
7. Table 6A can be lengthened up to 2 additional 25-minute periods at 60 feet (20 minutes on oxygen and 5 minutes on air), or up to 2 additional 75-minute periods at 30 feet (60-minutes on oxygen and 15 minutes on air), or both.
8. Tenders breathes 100 percent O_2 during the last 60 minutes at 30 fsw and during ascent to the surface for an unmodified table or where there has been only a single extension at 30 or 60 fsw. If there has been more than one extension, the O_2 breathing at 30 fsw is increased to 90 minutes. If the tender had a hyperbaric exposure within the past 12 hours, an additional 60 minute O_2 breathing period is taken at 30 fsw.
9. If significant improvement is not obtained within 30 minutes at 165 feet, consult with a Diving Medical Officer before switching to Treatment Table 4.

Treatment Table 6A Depth/Time Profile



Time at Depth (minutes)

Total Elapsed Time:
350 Minutes
5 Hours 50 Minutes
(Not Including Descent Time)