

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Dušan Blažek

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Vliv hyperventilace při potápění

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. et Mgr. Miloš Fiala, Ph.D.

Vypracoval:

Dušan Blažek

Praha, duben 2011

Prohlašuji, že jsem závěrečnou (bakalářskou/diplomovou) práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování:

Rád bych poděkoval panu Bc. Davidu Vondráškovi , za odborné konzultace a objasňování věcí týkajících se sledované problematiky. Zejména také za možnost absolvovat popisovaný stav hyperventilace pod jeho odborným dohledem.

Dále bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. et Mgr. Milošovi Fialovi, Ph.D., za možnost konzultovat s ním danou problematiku.

Abstrakt:

Název: Vliv hyperventilace na potápění

Cíle: Hlavním cílem této práce je porovnat více zdrojů zabývajících se problematikou dýchání a dojít k závěru, zda hyperventilace a inhalace vysokoprocentního kyslíku může mít vliv na výkon v potápění bez přístroje. Cílem této práce je také upozornit na možná rizika, týkající se dané problematiky. Velmi důležitým cílem této práce je informovat čtenáře o nemocích a traumatech spojených s potápěním a první pomoci při jejich nástupu. Tato práce může sloužit jako zdroj informací pro začínající potápěče.

Metody: V práci bylo použito obsahové analýzy dokumentů. Především bylo využíváno literturních pramenů, týkajících se fyziologie člověka a přístrojového potápění.

Výsledky: Z práce vyplývá, že hyperventilace a inhalace vysokoprocentního kyslíku zvyšuje výkonnost v potápění bez přístroje a může mít pozitivní vliv na výkon v krátkých úsecích plavání. Zbytek práce má zejména informační charakter o fyziologii a rizicích spojených s potápěním. Práce splňuje informační charakter, tudíž může sloužit jako zdroj informací pro začínající potápěče.

Klíčová slova: Potápění, hypoxie, ventilace, kyslík, acidóza, tetanie,

Abstract:

Title: Hyperventilation in diving

Objectives: The main goal of this labour is to find out, if hyperventilation and inhalation of high-percent oxygen has influence on sport effort in diving. Also outline possible danger and hazards in diving. Very important goal of this labour is to inform reader about diseases and shocks connected with diving, and first aid when they come actual.

Methods: In this labour, I used analysis method of documents. It was mainly used literature sources related to human physiology and scuba diving.

Results: From this labour results, that hyperventilation and inhalation of high percent oxygen rises achievement at free diving and may have positive influence in short route swimming. The rest of this labour has mainly informative character about physiology and dangers connected to diving. Labour can serve as informative material for beginning divers.

Keywords: hypoxya, ventilating, oxygen, acidosis, tetany

Obsah:

Úvod:	11
Cíle a úkoly:.....	12
1 Složení atmosférického vzduchu	13
1.1 Dusík.....	13
1.2 Kyslík.....	13
1.3. Vzácné plyny	15
1.3.1 Argon, neon a vodík.....	15
1.3.2 Oxid uhličitý	15
1.3.3 Helium	16
1.3.5 Krypton	16
1.3.6 Metan	16
2. Fyziologie dýchání.....	16
2.1.1 Zevní dýchání	17
2.1.2 Ventilace plic	17
2.1.3 Dechový objem.....	17
2.1.4 Dechová frekvence	18
2.1.5 Minutová plicní ventilace	18
2.1.6 Vitální kapacita plic	18

2.1.7 Zbytkový (reziduální) objem	18
2.1.8 Mrtvý prostor	19
2.2.1 Výměna plynu v plicích	19
2.3.1 Řízení ventilace.....	19
2.3.2 Vnitřní dýchání	20
2.3.3 Spotřeba kyslíku	20
2.3.4 Produkce oxidu uhličitého	20
2.3.5 Nedostatek kyslíku (hypoxie)	21
2.3.6 Dušení (asfyxie).....	21
3. Holotropní dýchání a její historie	22
3.1. Průběh holotropního dýchání.....	22
3.2 Nebezpečí holotropní terapie	23
4. Hyperventilace	24
4.1.1 Hyperventilace s použitím atmosférického vzduchu	25
4.1.2 Hyperventilace s použitím čistého kyslíku	26
4.1.3 Hyperventilace v běžném životě.....	26
4.1.4 Využití hyperventilace ve sportu	26
4.2.1 Hyperventilační tetanie	28
4.2.2 Příznaky hyperventilační tetanie.....	28
4.2.3 První pomoc	28

5. Kyslík jako jed	30
5.1 Acidóza	30
5.2 Vliv překysličení na GABA.....	31
5.3 Pomalá otrava kyslíkem.....	31
6. Barotraumata.....	32
6.1 Barotraumata plic způsobená podtlakem v plicích.....	33
6.1.1 Fyziologický vliv barotraumat způsobených podtlakem na tělo potápěče	33
6.2.1 Barotraumata plic způsobená přetlakem v plicích.....	34
6.2.2 První pomoc	36
6.3.1 Dekompresní nemoc (Kesonova nemoc).....	36
6.3.2 Příznaky dekompresní nemoci.....	38
6.3.3 První pomoc	39
6.4 Opakované ponory	40
6.5 Hloubkové opojení.....	41
6.6. Otrava oxidem uhelnatým.....	42
7 Závěr	43
Použitá literatura:	45
Internetové odkazy:.....	46

Úvod:

Všechny potápěče jistě zajímá, jak zvýšit svou výkonnost a vydržet pod vodou co nejdelší dobu, bez nutnosti nádechu.

Hyperventilace je zrychlené a prohloubené dýchání. Jednou z možností prodloužení pobytu pod vodou je technika hyperventilace. Jedná se o soubor základních dechových dovedností, které jistě zvládne každý průměrný jedinec. Člověk se poté cítí při pohybu pod vodou odpočínutější a bez většího nutkání nádechu.

Hyperventilace je skutečný stav, ve kterém dochází k vytěsnání oxidu uhličitého a jeho nahrazení kyslíkem. Tento proces ovšem není takto jednoduchý, proto je podrobněji rozebrán v kapitole hyperventilace. V lidském těle, existuje určitá bilance plynů. Pokud ovšem nastane nerovnováha mezi těmito plyny, má to vždy určité vedlejší účinky, které budou dále zmíněny v této práci.

Je všeobecně známo, že při fyzické námaze dochází ke zvýšené spotřebě kyslíku. Pokud bychom byli schopni před výkonem přijmout větší množství kyslíku, vytvořili bychom si jakousi jeho zásobu, či rezervu na následující činnost, čímž by se zvýšil potenciální výkon potápěče.

Hlavní využití hyperventilace, je v krátkém rychlostním zatížení, či ve sportech, ve kterých je možnost nádechu zcela nemožná. Například u hloubkového potápění bez přístroje, či ploutvovém potápění na vzdálenost, by mohla přítomnost hyperventilace, či ventilace vysokoprocentního kyslíku před výkonem zásadně ovlivnit konečný výkon jedince.

Bohužel, v naší literatuře neexistuje publikace, která by se touto problematikou zabývala obsáhleji. Vždy se jedná o pouhé útržky z celkového kontextu a aby člověk pochopil celistvý problém hyperventilace, musí přečíst značné množství knih. Proto jsem se rozhodl v této bakalářské práci porovnat různé publikace autorů, nastínit možná rizika, i možné výhody a následné využití.

Přestože se jedná o velmi atraktivní metodu zvýšení výkonu v potápění, její neznalost a chybné vyložení může vést ke zbytečné zdravotní újmě, či dokonce mít fatální následky. Proto jsou v této práci zmíněna také možná onemocnění a traumata související s danou problematikou.

Za zmínku jistě také stojí, že dýchání vysokoprocentního kyslíku před závodem je zakázáno. Tuto metodu proto při závodu nelze využít, hyperventilaci však ano.

Ne všichni autoři se ve všem shodují, proto vždy, když dochází k rozporu mezi nimi, je vždy uvedena i druhá varianta, aby si čtenář mohl udělat svůj vlastní obrázek o dané problematice. Uvedené informace jsou pouze ze seriózních zdrojů a publikací, proto se je nebojím uvádět příkladem.

Práce vychází z obecných faktů a přesouvá se ke konkrétním věcem a specifikům, pro jasnější pochopení cele problematiky.

Cíle a úkoly:

Práce se zabývá zejména problematikou hyperventilace a dýcháním vysokoprocentního kyslíku. Cílem této práce je z dostupné literatury dojít k závěrům potvrzujícím, nebo vyvracejícím pozitivní vliv hyperventilace a ventilace vysokoprocentního kyslíku na výkon jedince. Dále má za úkol přiblížit čtenáři fyziologické procesy spojené s danou problematikou a prohloubení čtenářovy znalosti ohledně hyperventilace a potápění. Tato práce popisuje nejčastější výskyt nemocí a traumat spojené s potápěním, čímž při prostudování může zvýšit bezpečnost potápění jedince. Zejména důležitým cílem této práce je poukázat na možnost předcházení a léčení nemocí a traumat.

1 Složení atmosférického vzduchu

Jelikož celá problematika této práce se týká dýchání, uvádím zde rychlý přehled procentuálního zastoupení jednotlivých složek atmosférického vzduchu a vliv těch nejdůležitějších na organismus. Veškeré uváděné hodnoty týkající se složení atmosférického vzduchu jsou mírně nepřesné a záměrně zaokrouhleny. Nicméně pro účely této práce zcela dostačující.

1.1 Dusík

Dusík je plyn, který tvoří největší zastoupení v naší atmosféře. Je zde zastoupen přibližně 78%. Při dýchání se dostává difúzí skrze plíce do krevního řečiště, ale nehraje žádnou roli v metabolismu. Při dýchání vzduchu při potápění ve větších hloubkách je dusík plynem, který hraje hlavní roli v dekompresi. Pro potápění je dusík používán na ředění kyslíku, ale má mnoho nevýhod v porovnání s ostatními plyny. Když se dýchá za zvýšeného parciálního tlaku (cca 3 bary a více) má účinky jako anestetikum. To má za následek toxikaci organismu, která je charakteristická ztrátou úsudku a dezorientací, kterou nazýváme dusíková narkóza. (Kliner, 2001)

1.2 Kyslík

Kyslík je nejdůležitější ze všech plynů a je jedním z prvků, který se nachází téměř všude na Zemi. V atmosféře je zastoupen přibližně 21%. Bez kyslíku by nehořel oheň a lidé bez něj nemohou přežít. Jedná se o plyn bez barvy, chuti a zápachu, který často reaguje s ostatními prvky. Ze vzduchu, který člověk dýchá je kyslík nejdůležitější. Stoprocentní kyslík je často používán k dýchání v nemocnicích,

letadlech a přetlakových zdravotnických léčebnách. Občas je 100% kyslík používán v potápění v mělkých vodách a v některých fázích potápění. Pro potápění v hloubkách je procentuelní zastoupení kyslíku nižší než v atmosféře. Procentuelní zastoupení kyslíku, které je na souši nedostatečné, může být v určité hloubce pod vodou optimální. Míchání směsí nízkoprocentního kyslíku je velmi složité a nebezpečné. Špatný poměr může způsobit nedostatek kyslíku, hypoxii a následné bezvědomí, poškození mozku či smrt.

Při vyšších koncentracích je toxický. Hraje zásadní roli při dekompresi. Dýchání čistého kyslíku může ovlivnit centrální nervovou soustavu a různé části těla.

Kyslík je prvek, který není sám o sobě výbušný. Aby kyslík hořel, musí být přítomný spolu s palivem a zdrojem zapálení. Způsobuje, že materiál hoří rychleji a dravěji.

Kyslík rozdělujeme na 3 základní skupiny:

- palivový kyslík
- zdravotnický/průmyslový kyslík
- technologický kyslík

Palivový kyslík je extrémně suchý, aby nedocházelo k zamrznání. Jinak je naprosto stejný jako zdravotnický kyslík.

Za zmínku jistě stojí, že zdravotnický kyslík je evidován jako léčivo a s tím přímo souvisí povinnosti související s jeho používáním a přepravou.

Technický (svářečský) kyslík pochází ze stejného zdroje jako zdravotnický, ale nádoba nemusí být úplně čistá a může obsahovat zbytky předchozích plynů. Proto není doporučován pro potápění. Nicméně pokud se jedná o jediný dostupný kyslík při dekompresní nemoci, tak je také využíván. Kyslík se uchovává v nádobách označeným zeleným pruhem. (Kliner, 2001)

1.3. Vzácne plyny:

Jejich zastoupení v atmosféře je minimální. Proto do této skupiny řadíme hned několik plynů. Díky jejich nízkému zastoupení, je u mnoha těchto plynů těžké získávání ve vyšších koncentracích. Další jejich společná charakteristika je, že jsou v porovnání s atmosférickým vzduchem značně dražší. Jednotlivé zastoupení v atmosféře je přibližně následující: Argon (0,93%), neon (0,00182%), vodík (0,000055%), metan (0,00017%), oxid uhličitý (0,0385%), helium (0,000524%), krypton (0,00014%).

1.3.1 Argon, neon a vodík

Argon, neon a vodík se používaly k pokusům naředit kyslík v tlakových lahvích. Dnes se tyto plyny nepoužívají. Argon má narkotické účinky a způsobuje „tupost“. Tato vlastnost ho dělá nevhodným pro dýchání. Často je využíván pro plnění suchých obleků, protože má vysokou hustotu, čímž má lepší izolační vlastnosti než normální vzduch. (Kliner, 2001)

Neon způsobuje menší hlasové zakřivení. Je extrémně drahý a také má vedlejší účinky.

Vodík je relativně dostupný a je lehčí než ostatní plyny, ale je výbušný, což zamezuje jeho další využití.

1.3.2 Oxid uhličitý

Jedná se o plyn který je produkován metabolismem dýchání. Přestože se nepovažuje za jedovatý, může být smrtelný pro potápěče.

1.3.3 Helium

Helium je používáno v hloubkovém potápění jako ředící plyn kyslíku. Má menší hustotu než dusík a nezpůsobuje problémy spojené s dusíkovou narkózou. Avšak helium má mnoho nevýhod. Dýchání heliových směsí způsobuje zakřivení hlasu. Helium má také vysokou tepelnou vodivost, což může vést k rychlému odvádění tělesného tepla, zejména z dýchacích cest.

1.3.5 Krypton

Jedná se o bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu. Je téměř nereaktivní. Chemické sloučeniny tvoří pouze vzácně s fluorem a kyslíkem. Má nízký elektrický odpor a tudíž skvělou vodivost.

1.3.6 Metan

Jedná se o plyn bez zápachu a chuti. Je lehčí než atmosférický vzduch. Jedná se o hlavní složku zemního plynu. Často bývá přítomen v nalezištích ropy. Pro potápění nemá zvláštní využití.

2. Fyziologie dýchání

Dýcháním označujeme celý proces dodávky kyslíku do tkání a odstraňování plynných zplodin látkové výměny. Vnější dýcháním pak označujeme plicní ventilaci (výměna vzduchu mezi vnějším prostředím a plicemi) a výměnu plynů

mezi vzduchem a krví. Vnitřním dýcháním pak označujeme výměnu plynů mezi krví a tkáněmi a tkáňové dýchání (spotřebovává se kyslík, vydává se oxid uhličitý).

2.1.1 Zevní dýchání

Při zevním dýchání prochází vzduch nosní nebo ústní dutinou horními a dolními cestami dýchacími do plic. Při průchodu vzduchu nosní dutinou se vzduch ohřívá žilními pleteněmi, zvlhčuje nosní sliznicí a očišťuje od prachových částic, které jsou zachycovány drobnými chloupky. Proto by člověk měl dýchat přednostně nosem. Nádech je aktivní proces, kdy vzduch je do plic nasáván stahem bránice a roztažením hrudníku zevními mezižeberními svaly. (Mařák, 1997)

Výdech je na rozdíl od vdechu děj pasivní. Vzduch je z plic vytlačován uvolněnou bránicí a hrudním košem, který se vrací do původní polohy. Teprve při usilovném dýchání se na vdechu i výdechu účastní i další tzv. pomocné svaly dýchací.

2.1.2 Ventilace plic

Jedná se o mechanickou výměnu vzduchu v plicích (výdech, nádech).

2.1.3 Dechový objem

Jedná se o objem vzduchu, který člověk nadechne jedním dechem. V klidu činí 0,3-0,5 litru, při intenzivní tělesné činnosti může dosáhnout i 2-3 litrů a více.

2.1.4 Dechová frekvence

Je počet dýchacích cyklů (výdech, nádech) za jednu minutu. Normálně se pohybuje v rozsahu 10-20 dechů za minutu. Při intenzivní tělesné činnosti však může stoupnout až na 30-50 dechů/min.

2.1.5 Minutová plicní ventilace

Je množství vzduchu, které projde plicemi za jednu minutu. Značně se mění s intenzitou tělesné činnosti. V klidu činí asi 6-8 litrů/min., při vysokém zatížení může dosahovat hodnoty až 100 litrů/min. Pro potápění je důležitá, protože limituje spotřebu vzduchu potápěče. Zvyšuje se také působením stresu. Zkušenější potápěč se pohybuje pod vodou účelněji a ekonomičtěji a proto má menší spotřebu vzduchu. Tím se stejnou zásobou vzduchu vydrží pod vodou déle, než začínající potápěč. Při pohybu potápěče pod vodou s přístrojem se udává orientační hodnota plicní ventilace okolo 30 litrů/min. (Maťák, 1997)

2.1.6 Vitální kapacita plic

Jedná se o maximální výdech, po maximálním nádechu. Objem tohoto vzduchu v průměru činí u mužů 4-5 litrů, u žen okolo 3,5 litru.

2.1.7 Zbytkový (reziduální) objem

Jedná se o objem vzduchu, který zůstává v plicích i po maximálním výdechu. Je důležitým údajem pro stanovení mezní teoretické hloubky ponoru při potápění na nádech.

2.1.8 Mrtvý prostor

Je objem vzduchu, který se nepodílí na výměně plynů. Jedná se o dýchací cesty, včetně průdušinek. Při mělkém dýchání je mrtvý prostor relativně mnohem větší, než u hlubokého dýchání.

2.2.1 Výměna plynu v plicích

V plicních sklípcích (alveolách) dochází k výměně dýchacích plynů podle fyzikálních zákonů. Konkrétně se jedná o takzvanou difúzi plynů. Směr difúze je z místa vyššího parciálního tlaku do místa nižšího parciálního tlaku a rychlost difúze je úměrná tlakovému rozdílu a difúzní konstantě. Složení alveolárního vzduchu se liší od složení vzduchu atmosférického a je relativně stálé. Při normálním atmosférickém tlaku obsahuje 14% kyslíku, 5,6% oxidu uhličitého, 80,3% dusíku, nízké množství argonu a navíc je nasycen vodní parou (6,2%)

Parciální tlaky jednotlivých plynů tedy jsou 13,3 kPa pro kyslík, 5,3 kPa pro oxid uhličitý, 76,4 kPa pro dusík a 6,3 kPa pro vodní páry. Krev přiváděna do plic z tkání má parciální tlak kyslíku asi 5,3 kPa a oxidu uhličitého 6,1 kPa. Proto dochází v alveolách k difúzi kyslíku do krve a naopak oxid uhličitý difunduje z krve do plic. Vydechovaný vzduch obsahuje 16,3 % kyslíku, 4% oxidu uhličitého a 79,7% dusíku a vzácných plynů. Tyto údaje platí pro tělesný klid. Při námaze se zvyšuje obsah oxidu uhličitého a snižuje obsah kyslíku v žilní krvi a ve tkáních. (Mařák, 1997)

2.3.1 Řízení ventilace

Intenzita dýchání je dána za normálních okolností především potřebou odvést z plic oxid uhličitý. Dýchací centra řídící dechovou frekvenci a objem dýchání

jsou umístěna v prodloužené míše a jsou citlivá na obsah oxidu uhličitého v krvi a kyselost krve. Vyšší hladina oxidu uhličitého tato centra dráždí a zvýšenou ventilací se snižuje obsah oxidu uhličitého v krvi, čímž opět klesá nutkání nádechu. Na úrovni ventilace se podílí jistou mírou i chemoreceptory, citlivé na koncentraci kyslíku v krvi, tělesná námaha, teplo, stres a jiné vlivy. Do určité míry je možno plicní ventilaci ovládat vůlí. (Maťák, 1997)

2.3.2 Vnitřní dýchání

Při průchodu vlásečnicemi předává krev kyslík pracujícím tkáním a přebírá od nich oxid uhličitý. Množství předávaných plynů je úměrné rozdílu jejich parciálních tlaků. V klidu odebírají tkáně asi 20% kyslíku z krve. Při tělesné zátěži může tato hodnota stoupnout až na 80%.

2.3.3 Spotřeba kyslíku

Je úměrná intenzitě metabolických procesů. V klidu činí 0,25 litru, při intenzivní činnosti může stoupnout krátkodobě i navíc než 4 litry. Spotřeba kyslíku při pomalém plavání činí 0,8 litrů/min. a při rychlém plavání až 3 litry/min. (přepočteno na normální atmosférický tlak a teplotu 0°C. Organizmus člověka může po krátkou dobu spotřebovat více kyslíku, než mu může krev dodat, popřípadě pracovat bez něj. Tím vzniká kyslíkový dluh, který se musí po snížení zatížení nahradit. (Maťák, 1997)

2.3.4 Produkce oxidu uhličitého

Tvorba oxidu uhličitého v organismu je úměrná spotřebě kyslíku. Na každý litr spotřebovaného kyslíku vznikne 0,7 až jeden litr oxidu uhličitého. Při potápění může dojít k nežádoucím stavům, které nepříznivě ovlivňují vnitřní dýchání a metabolismus potápěče. Tyto stavy jsou zmíněny v kapitole nemoci a traumata spojená s potápěním.

2.3.5 Nedostatek kyslíku (hypoxie)

Je stav, kdy tkáně nedostávají, popřípadě neodebírají dostatečné množství kyslíku, zejména z důvodů:

- zástava nebo omezení ventilace plic
- nemoci plic, jenž zamezují difúzi kyslíku z plicních sklípků do krve
- poruchy krevního oběhu
- otravy zabraňující buňkám využívat dodaný kyslík

Při náhlých příhodách (např. zablokování průdušnice vdechnutým předmětem) jsou potíže jednoznačné a člověk musí rychle podniknout kroky k nápravě.

Nedostatek kyslíku ve tkáních ústřední nervové soustavy vede k rychlému bezvědomí. Ostatní příčiny a příznaky jsou daleko méně patrné a člověk je nemusí postřehnout. Nedostatkem kyslíku je nejdříve postižen mozek a první příznaky hypoxie se podobají alkoholickému opojení. (Maťák, 1997)

2.3.6 Dušení (asfyxie)

Je stav, při němž je ve tkáních současně nedostatek kyslíku a přebytek oxidu uhličitého. Zástava dechu může být způsobena zablokováním průchodnosti dýchacích cest překážkou, nebo zraněním. Při potápění k tomu může dojít vdechnutím vody a s tím spojenou křečí hlasivek, vdechnutím slin, zvratků, nebo vdechnutím cizího předmětu (potrava, umělý chrup apod.) Jazyk osoby v bezvědomí může zapadnout do krku a ucpat dýchací cesty. Bez včasné pomoci následuje asfyxie, poškození mozku a během několika minut smrt. (Pyš, 1996)

3. Holotropní dýchání a její historie

Holotropní dýchání je metoda, kterou v polovině šedesátých let 20. století vyvinul český psychiatr a psychoterapeut Stanislav Grof společně se svou ženou. Manželé se věnovali výzkumu lidského vědomí. Nejvíce se věnovali výzkumu mimořádných stavů, vyvolaných například požitím psychotropních látek, jako je LSD. Experimentování s těmito látkami však bylo zakázané, jelikož se s nimi pojila spousta rizik. Grofovi se proto snažili najít neškodnou a přesto účinnou metodu přinášející holotropní (tj. zcelující) zážitky, jaké někdy přinášelo i užití psychotropních látek.

Manželé Grofovi takovou metodu našli a nazvali ji holotropním dýcháním. Tato terapeutická strategie vzešla z předpokladu možnosti vyvolání jiných stavů vědomí pomocí intenzivního dýchání nebo naopak zadržování dechu. Změn dýchání se využívá také v různých šamanských praktikách, domorodých léčitelských obřadech, určitých formách hypnózy a jiných psychoterapeutických a duchovních praktikách. Experimenty s těmito různými technikami dovedli nakonec manželé Grofovi až k té, dle jejich zkušeností nejúčinnější - prohlubování a zvyšování tempa dechu (hyperventilaci), jež nazvali holotropním dýcháním. (URL ₂)

3.1. Průběh holotropního dýchání

Holotropní dýchání bývá dnes provozováno většinou skupinově. V této skupině, se dále pracuje po dvojicích. Tito dva lidé se dále spolu střídají tak, že každý z nich jednou dýchá a jednou dohlíží na průběh dýchání svého partnera. Pomáhá mu, poslouží v případě potřeby fyzického kontaktu, zajišťuje prostor a klid na prožívání. Zúčastnění by měli být oblečeni do pohodlných volných šatů, které netlačí, nebrání dýchání a neomezují krevní oběh. (URL ₂)

Všichni účastníci holotropního dýchání jsou ještě před jejím počátkem seznámeni s průběhem dýchání a možnostmi prožitků, jež se mohou vyskytnout. Účastníkům bývá doporučováno setrvat v poloze vleže, mít zavřené oči (popř. zavázané šátkem), soustředit se na vnitřní procesy a nijak je intelektuálně nehodnotit a nesnažit se prožitky ovlivňovat nebo měnit. Samotné holotropní dýchání doporučuje Stanislav Grof zahájit krátkou meditací a relaxací. Poté jsou účastníci žádáni, aby prohloubili svůj dech a zvýšili jeho frekvenci. (URL 2)

U každé osoby je průběh a intenzita holotropních sezení jiná. Také je různá u stejné osoby, při dalších sezeních. Tuto metodu lze prožívat v klidu, ale také je možné emoce vyjadřovat tělesně a prožívat je tělesně, zvuky i jinak. Nicméně pouze do té míry, dokud cvičící osoba neruší ostatní účastníky.

Často se vyskytují problémy - svalové napětí, bolesti hlavy či jiných částí těla, křeče, nevolnost, zvracení. Zvracení se bere jako přirozená součást procesu která působí očištně (připraveny by měly být papírové ručníky na utírání a plastové kbelíky nebo sáčky na zvracení), napětí a bolesti hlavy se uvolňují prací s tělem. Překonání těchto problémů má dle Grofa očištný a léčebný efekt. (URL 2)

Výše popsané problémy jsou klasickými příznaky otravy kyslíkem. Tento stav je blíže popsán v kapitole nemoci a traumata potápěčů.

3.2 Nebezpečí holotropní terapie

Průběh holotropního dýchání bývá spojen, jak už bylo zmíněno, s motorickými projevy. Během holotropního dýchání proto musí pořadatel zajistit, aby všichni dýchající byli pod dobrým dohledem a nehrozilo zranění. Je nutné, aby byla místnost dostatečně prostorná s měkkou podlahou.

Holotropního dýchání by se neměli účastnit lidé s kardiovaskulárními problémy, epileptici, osoby po operacích popř. a těhotné ženy. Osoby, které mají vážné

psychické problémy by se měly zúčastnit pouze s vědomím svého ošetřujícího psychiatra. Holotropní dýchání by nikdy nemělo být prováděno bez odborného dohledu. (URL 2)

Nebezpečí holotropní terapie vidí část lékařské veřejnosti v možnosti škodlivého vlivu na mozkové buňky, během holotropního procesu hyperventilace, při němž dochází k překysličení mozku. Zastánci holotropního dýchání argumentují tím, že hyperventilace jako taková paradoxně změnou kyselosti krve navozuje v určitých částech těla relativní nedokysličení. Relativní do té míry, že organismus disponuje řadou korekčních mechanismů jemu vlastních, mezi něž patří právě udržet si potřebné množství kyslíku jak v tělních tekutinách, tak i v buňkách. (URL 2)

Jelikož je holotropní dýchání spojeno zejména s potížemi psychického rázu a člověk je při něm uvolněný, není celý její obsah ve sportu využitelný. Pro potápění je nejvyužitelnější pouze její část, které říkáme hyperventilace. Cílem této kapitoly bylo poukázat na možnosti využití hyperventilace v léčebných procesech.

4. Hyperventilace

Potápění se zadržným dechem je nejstarším způsobem potápění. Netréovaný jedinec dokáže zadržet dech na jednu až dvě minuty. Pak se potřeba nadechnutí stane tak intenzivní, že ji člověk nepřekoná. Je to způsobeno drážděním dechového centra oxidem uhličitým, který se hromadí při zadržení dechu v plicích.

Doba výdrže bez dechu při potápění se dá prodloužit dechovými cvičeními, nebo hyperventilací, dýcháním čistého kyslíku, případně jejich kombinací. Používání těchto technik může mít osudné následky. Při hyperventilaci se usilovným dýcháním vyplaví z organismu člověka oxid uhličitý. Jeho nízká hladina pak nedokáže iniciovat podráždění dechových center a potápěč, aniž by se potřeboval nadechnout ztratí snadno vědomí a utone.

Ke ztrátě vědomí při potápění se základní výstrojí může dojít i při rychlém vynořování, kdy následkem snížení okolního tlaku vody dojde ke snížení parciálního tlaku kyslíku v plicích a tím i v tepenné krvi a mozku. V kombinaci s hyperventilací se tento jev zvyrazňuje. Hyperventilace jako prostředek k dosažení rekordních časů ve výdrži pod vodou je velkým rizikem a pro praxi při potápění se základní výstrojí naprosto nevhodná. Pokusy o největší výdrž pod vodou by se měly dělat pouze za ideálních podmínek a přísného dozoru. (Pyš, 1996)

Podle jiného výkladu (Mařák, 1997) je zvýšení sportovní výkonnosti pomocí hyperventilace nemožné. Zdůvodňuje to tím, že krevní barvivo více kyslíku nepojme. Opět říká, že dochází pouze k vypuzení oxidu uhličitého, čímž snižuje nutkavost nádechu. Výrazně tento způsob prodlužování pobytu pod vodou odsuzuje a uvádí příklady, kdy došlo k utonutí zkušeného potápěče, i v bazénu.

Nicméně acidóza způsobená kyslíkem dokazuje, že při přesycení hemoglobinu kyslíkem se začíná kyslík rozpouštět v krevní plazmě a z té jde rovnou do tkání. Čímž se ovšem nezvýší sportovní výkon, ale dokazuje to, že i přes nasycení hemoglobinu kyslíkem, dochází k ukládání kyslíku do těla. Pojem acidóza je podrobněji popsán v kapitole problematika kyslíku.

4.1.1 Hyperventilace s použitím atmosférického vzduchu

Tato technika se provádí několika hlubokými vdechy a výdechy rychle po sobě. Zvýší se tím dechový objem i frekvence. Rychlým dýcháním se začne z organismu vyplavovat oxid uhličitý a jeho koncentrace v krvi poklesne pod normální hodnotu. Nádechy se provádějí rovnoměrně a nesmějí přesáhnout více než 12-15 nádechů, jelikož extrémně nízký obsah oxidu uhličitého není normální stav a mohl by způsobit závrať, nevolnost, nebo křeče. Bez hyperventilace dochází k odumírání mozkových buněk již po pěti minutách. Tuto hodnotu ovšem můžeme pomocí hyperventilace překročit až na hodnotu okolo devíti minut. (Schuster, 2009)

Roman Virt (2001) naopak varuje, že hyperventilace by neměla překročit tři až čtyři nádechy, z důvodu poklesu přirozené hladiny oxidu uhličitého. S čímž se shoduje i většina instruktorů plavání a potápění na Fakultě Tělesné Výchovy a Sportů v Praze.

Množství nádechu u Schustera (Schuster, 2009) lze tedy chápat jako doporučený počet nádechů pro profesionální potápěče, nikoliv pro začátečníky a pokročilé.

4.1.2 Hyperventilace s použitím čistého kyslíku

Při této technice se využívá klasické hyperventilace s tím rozdílem, že v druhé polovině se nedýchá atmosférický vzduch, ale vysokoprocenní, nebo čistý kyslík. Tento způsob může prodloužit apneu na 7-8 minut, nicméně současný rekord je okolo patnácti minut. (Schuster, 2009)

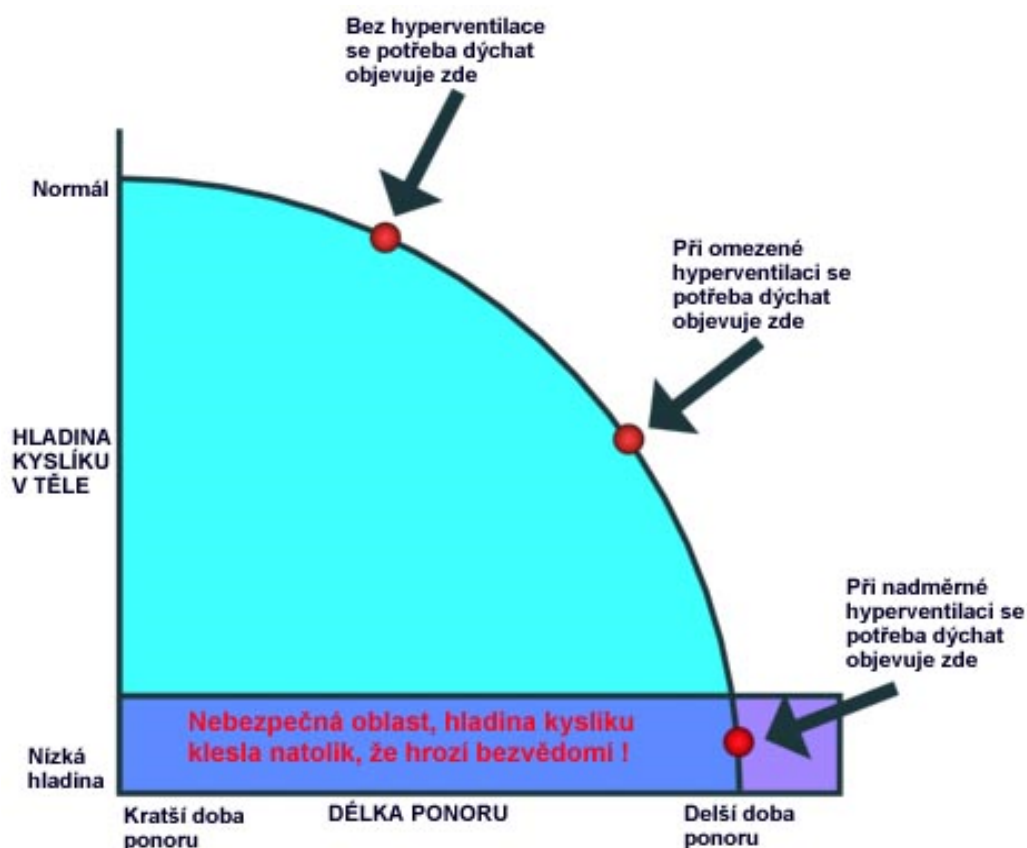
4.1.3 Hyperventilace v běžném životě

Přestože se to na první pohled nezdá, s hyperventilací se nevědomě setkává více, či méně každý. Jedná se o běžnou reakci na „boj nebo útěk“ a jejím úkolem je bránit tělo před nebezpečím. Změny spojené s hyperventilací připravují tělo na akci, aby se mohlo vyhnout potenciálnímu nebezpečí. Automatickou reakcí mozku při nevědomé hyperventilaci je tedy okamžité očekávání nebezpečí.

4.1.4 Využití hyperventilace ve sportu

Jak již bylo několikrát zmíněno, vlivem hyperventilace pouze „ošálíme“ mozek, který nám tím pádem dovolí sáhnout hlouběji do kyslíkové rezervy (viz. obr. 1).

Doporučuje se ovšem zůstat u tří až čtyřech nádechů. Hyperventilace tedy má svůj smysl, protože o chvíli oddálí nepříjemné pocity potřeby se nadechnout. Je užitečná pro statickou i dynamickou apnoi, ovšem i pro sprinty v plavání (50m, 100m kraul). Pro ostatní výkony je zbytečná, ale neuškodí, pokud se používá jako předstartovní rituál na uklidnění a soustředění pozornosti.



obr 1. Grafické znázornění vztahu potřeby dýchat a hladiny kyslíku v těle při hyperventilaci (URL₃)

Je ovšem nutné dodržovat již dříve zmíněné pokyny. Maximálně tři až čtyři hluboké nádechy a pouze za účasti druhé osoby. Nikdy neprovádíme hyperventilaci o samotě. Ve sportu se při závodech běžně vyskytují závodníci, kteří nevědomě hyperventilují. Poté si mohou stěžovat na nevolnost a závratě. Pokud pozorujeme, že závodník opakovaně, nevědomě provádí prohloubené a

zrychlené dýchání, v žádném případě nezahajujeme hyperventilaci a na skutečnost nevědomé hyperventilace závodníka upozorníme. Samozřejmostí je nácvik hyperventilace při tréninku, nikoliv až na závodech.

4.2.1 Hyperventilační tetanie

Hyperventilační tetanie je akutní stav mnohdy natolik závažný, že bez včasné a správně poskytnuté první pomoci může dojít i ke ztrátě vědomí. S bezvědomím se lze v praxi setkat v situacích, kdy postižený nadměrně dýchá. K nadměrnému dýchání může dojít například vlivem psychického rozrušení, nebo při velké fyzické zátěži a tím může dojít ke snížení koncentrace kyslíčnicku uhličitého v organismu.

Zjednodušeně řečeno Dochází k vytěsnání kyslíčnicku uhličitého z organismu pomocí dýchání. Jeho kritické snížení může zapříčinit vyvolání stavu, kdy dochází ke křečím žvýkacích svalů a celkové ztuhlosti.

4.2.2 Příznaky hyperventilační tetanie

Postižený je bledý, celý ztuhlý, má rychlý puls a silně se potí. Navíc je pozorovatelné, že postižený se nemůže nadechnout ani vydechnout. Typickým znakem je, že chybí nafialovělé zbarvení dásní a rtů, které bývá přítomné při hypoxii. Na dlaních rukou a v okolí úst jsou pozorovatelné křečové stahy.

4.2.3 První pomoc

V případě že není v blízkosti lékař, postiženého verbálně uklidníme, poté se ho uložíme do polohy v polosedě. Následně vyzveme postiženého, aby dýchal do

papírového sáčku, čímž dojde ke zvýšení hladiny kysličníku uhličitého v organismu.

5. Kyslík jako jed

Otrava kyslíkem navozuje v závislosti na rychlosti jejího nástupu a síle život ohrožující situaci. Nejvíce zasahuje centrální nervovou soustavu. Zvýšený tlak kyslíku vyvolává v těle acidózu a omezuje GABA (gama – aminomáselnou kyselinu).

Příznaky otravy kyslíkem:

- tunelové vidění
- poruchy slyšení-
- nevolnost, třes svalů
- závratě, dezorientace
- ztráta vědomí (blackout)

5.1 Acidóza

Acidóza je nebezpečný stav překysličení. Hemoglobin se sytí kyslíkem, až je zcela nasycen. Přebytečný kyslík se fyzikálně rozpouští v krevní plazmě. Zásobované tkáně se díky difúzi sytí kyslíkem přímo z krevní plazmy. Kyslík který je chemicky vázán na hemoglobin, nyní není možné tkáním předat. V důsledku toho však také není možné z těla odvádět oxid uhličitý, protože oxid uhličitý k transportu z těla potřebuje hemoglobin. Přebytečný oxid uhličitý reaguje s krevní plazmou na H_2CO_3 , která redukuje hodnotu PH krve (acidóza). Uvedený proces naruší základní tělesnou rovnováhu, což bezprostředně ovlivní krevní oběh. Klesne tak puls. Koronární artérie a myocardní tkáně nemohou být dostatečně zásobovány. K přerušení zásobování mozku dojde sice až nakonec, ale již při $PO_2=1$ bar klesá zásobování až o 13%. (Kliner, 2001)

5.2 Vliv překysličení na GABA

Mnoho enzymů, které buňky pro svou činnost potřebují, je při překysličení působením vysokého parciálního tlaku kyslíku omezováno.

Nejdůležitějším postiženým enzymem je GABA (Gamma-aminobutyric acid = gama aminomáselná kyselina). GABA řídí aktivitu mozku tím, že brzdí přenašeče v CNS, patří mezi tzv.inhibiční neurotransmitery způsobující hyperpolarizaci na membráně nervové buňky. Klesne-li hladina GABA, může dojít díky tomu k nadměrným přenosům vzruchů na neuronech a tím k nekontrolovatelnému třesu svalů. Potápěč nedokáže kontrolovat svou motoriku. Nelze provádět kontrolované úkony, protože svaly se svévolně aktivují (dochází k opakovaným krátkým křečím).(Hunstein, 2001)

5.3 Pomalá otrava kyslíkem

Existuje ještě druhá forma otravy kyslíkem. Jedná se o otravu plic. K té dochází zejména při dlouhodobém hloubkovém potápění. Je způsobena zejména několikahodinovými ponory. Vlivem dílčího tlaku kyslíku dochází k podráždění plicní tkáně, což vede k hromadění tekutin v plicích. Nahromaděná tekutina může vést k plicnímu edému, pokud působení trvá více hodin nebo dnů.

Poškození ustupuje, pokud se sníží parciální tlaku kyslíku. Pokud jsou plíce i nadále vystaveny vysokému parciálnímu tlaku kyslíku, dojde k nenapravitelnému poškození plic a v konečném důsledku může dojít i ke smrti

6. Barotraumata

Patří do skupiny zranění, jejichž společným znakem je, že vznikají vlivem rozdílného tlaku plynů v tělesných dutinách vůči zevnímu prostředí. Přitom nerozhoduje, jde-li o přetlak nebo podtlak, případně relativní podtlak. Tento tlakový rozdíl vytváří sílu, která poškozuje organismus potápěče svým mechanickým účinkem. Název tohoto zranění je odvozen z řeckého slova baros (tíha) a latinského trauma (poranění, úraz). Abychom tomuto druhu poškození zabránili, je třeba tlak plynů v tělesných dutinách neustále vyrovnávat s okolním tlakem, v našem případě s tlakem vody. Tohoto vyrovnání dosáhneme polykáním, nebo stisknutím nosu mezi ukazováček a palec a následujícím vytlačení vzduchu z plic do nosní dutiny. (Chytil, 2005)

Pokud dojde k protržení ušního bubínku, je nutné otřít krev kolem ucha a přiložit na zraněné ucho co nejvíce sterilní obvaz. Vnější zvukovod se nečistí od krve z důvodu rizika zanesení infekce, čímž by mohly vzniknout zbytečné komplikace. Zároveň krevní sraženina tvoří přirozenou ochranu proti infekci. Při protržení bubínku se nesmí smrkat, aby nedošlo k ještě většímu poškození. Je nutné vyhledat lékařskou pomoc. Obvyklá doba léčby bez komplikací se pohybuje mezi jedním až dvěma týdny, většinou bez následků.

Krevní výrony ve spojivkách při barotraumatu oka, nebo krevní výrony při barotraumatu kůže, které vznikají většinou v záhybech tuhých obleků, není zpravidla nutné lékařsky ošetřovat – je to spíše kosmetický defekt. (Chytil, 2005)

Při bolestech zubů, které vznikají na podobném principu jako ostatní barotraumata, jde o postižení především zkažených, nebo nedokonale opravených zubů. Takové zuby mohou totiž obsahovat dutinky, spojené s ústní dutinou tenkým kanálkem, který neumožňuje dostatečně rychlé vyrovnání tlaků – tím dochází k bolestem. Vznikajícím podtlakem se nasává do dutiny tekutina (krev) a také vzduch. Po vyrovnání tlaku v dutinách bolesti ustávají. Když se však potápěč začne vynořovat, vzduch v dutině začne zvětšovat svůj objem a dochází

k prudkým bolestem. Tlakem vzduchu může dokonce dojít i k uvolnění zubních plomb. I když jsou bolesti zubů v těchto případech kruté, bezprostředně neohrožují celkový zdravotní stav potápěče. Abychom předešli podobným nepříjemnostem, stačí dát si včas odborně opravit chrup a pravidelně o něj pečovat. (Chytil, 2005)

6.1 Barotraumata plic způsobená podtlakem v plicích

K poškození zdraví potápěče podtlakem v plicích dochází především při potápění na nádech do větších hloubek. Setkáváme se s ním zejména při sportovním hloubkovém potápění. K rychlému dosažení velké hloubky se používá volné závaží, jímž se bez fyzického napětí člověk nechá táhnout.

6.1.1 Fyziologický vliv barotraumat způsobených podtlakem na tělo potápěče

Potápěč se před zanořením zhluboka nadechne a začne sestupovat pod vodu. Se vzrůstající hloubkou (a tím i tlakem) se objem vzduchu v jeho plicích zmenšuje. Například v hloubce deseti metrů již na polovinu. Při dalším sestupu tento děj pokračuje až do okamžiku, kdy objem vzduchu v plicích je stlačen natolik, že se hrudník dostane do výdechového postavení a dále už nemůže svůj objem zmenšovat. Dalo by se říci, že by potápěč mohl pokračovat v sestupu až do hloubek, kdy by mu hrozilo rozdrčení hrudního koše okolním tlakem. Meze stlačitelnosti hrudní dutiny však už bylo dosaženo. Zvětšuje-li se přesto vnější tlak dále, musí v hrudní dutině zákonitě vzniknout podtlak. Teoreticky by se mohl potápěč s vitální kapacitou šesti litrů potopit bez újmy na zdraví do hloubky 30 metrů, protože v této hloubce se objem stlačí na 1,5 litru, což představuje přibližně zbytkový objem hrudníku při výdechovém postavení bez vzniku

relativního podtlaku. Z toho vyplývá, že z velikosti vitální kapacity a zbytkového objemu lze pro jednotlivce vypočítat maximální možnou hloubku ponoru na nádech. Jakmile však tuto hloubku překročíme, vzniká zmíněný relativní podtlak, který vyvolává barotraumata plic. Tento podtlak nasává krev a ostatní tělní tekutiny do plic, dochází k otoku plicních sklípků a překrvení jejich kapilár (vlásečnic). Pravá srdeční komora nestačí překonávat tento efekt relativního podtlaku (nastává zvětšování tlaku v malém oběhu), dochází k jejímu akutnímu selhání a současně se nedostatečně plní levá srdeční komora. Výsledkem je pokles množství krve a zmenšení jejího obsahu ve velkém (tělním) oběhu a tím dochází k nedostatečnému kyslíkovému zásobování celého těla, zvláště mozku, což může vést ke ztrátě vědomí a utonutí. (Chytil, 2005)

6.2.1 Barotraumata plic způsobená přetlakem v plicích

K natržení, či úplnému roztržení plicní tkáně nadměrným přetlakem vzduchu v plicích dochází při přístrojovém potápění, zadržuje-li potápeč při výstupu k hladině dech (ať již z neznalosti, nebo v havarijní situaci), nebo při nedodržení správné rychlosti výstupu. K tomuto poškození může dojít například již při výcviku potápeče, odloží-li v hloubce deseti metrů přístroj a vystoupí k hladině jen se zadrženým dechem. Tento prvek výcviku je sám o sobě naprosto správný, protože slouží k adaptaci na možné havarijní situace. Může se však stát, že nováček z obavy, aby po dobu výstupu nepocíťoval dechovou tíseň, nevydechuje přebytečný objem vzduchu. K podobnému stavu může dojít i po křečích hlasivek po nadechnutí vody, například vinou špatně těsnícího výdechového ventilu. (Chytil, 2005)

Co konkrétně se tedy děje v plicích potápeče, který nevydechuje při výstupu z hloubky deseti metrů při odložení přístroje, se budu snažit popsat v následujících řádcích.

Při plném nádechu má v hloubce deseti metrů v plicích šest litrů vzduchu pod tlakem 0,2 MPa (asi 2kp/cm²). Při výstupu k hladině by vzduch vlivem zmenšování okolního tlaku zvětšil svůj objem dvakrát, tj. na dvanáct litrů. Hrudník však není schopen natolik zvětšit svůj objem, takže tlak v plicích se bude dále zvětšovat, až vyvolá poškození plicní tkáně. Z příkladu je vidět, jakou zvláštní opatrnost musí potápěč zachovávat i při výstupu z deseti metrů, kdy objem vzduchu v plicích se zvětšuje dvakrát, tedy o plných 100%. Rozsah poškození organismu závisí především na velikosti přetlaku. Při přetlaku 5000 Pa (asi 0,05 kp/cm²) může dojít k těžkým poruchám krevního oběhu vlivem stlačení velkých dutých žil a srdce v hrudní dutině. Dosáhne-li vnitroplicní tlak hodnoty 10 000-20 000 Pa (asi 0,1-0,2 kp/cm²), je překonána pružnost plicní tkáně, stěny plicních sklípků a vlasečnice praskají a vzduch je pod tlakem vháněn do cév – dochází ke vzduchové embolii, vzduchové bubliny ucpávají cévy vedoucí krev k životně důležitým orgánům. (Mat'ák, 1997)

Roztržením plicní tkáně se může uniklý vzduch dostat i do pohrudniční dutiny, což vyvolá smrštění plicní tkáně a podle množství vzduchu dojde k různě velkému vyřazení postižené části plic z funkce (zkolabovat může i celá polovina plic). Navíc může vzduch proniknout do mezihrudí přepážky a tlačít na cévy a nervy. Z toho všeho vyplývá, že charakter poškození může být rozmanitý a také příznaky budou pestré. Někdy se mohou projevit ihned při výstupu k hladině, jindy potápěč nepocítuje nic až do okamžité ztráty vědomí. Vzduchové bubliny však s největší pravděpodobností uváznou v mozku, nebo ve věnčitých tepnách srdečního svalu, což vede v každém případě k těžkému poškození zdraví. Hlavní příznaky poškození jsou poruchy krevního oběhu a dýchání, s výraznými projevy celkové zchvácenosti. Kůže, zejména v obličeji, nabývá tmavě modrého zbarvení. Postižený cítí bolesti hrudníku, které se zvětšují kašlem. Projevem poškození mozku mohou být různé formy ochrnutí nebo křečí. Zpravidla po jedné až dvou minutách po výstupu dochází ke ztrátě vědomí. (Rejdovan, 2008)

6.2.2 První pomoc

Nemocného je třeba uklidnit, pokud možno uložit do vodorovné polohy či polohy, která je mu pohodlná. Pak jej co nejrychleji musíme dopravit do přetlakové komory k léčebné rekompresi podle příslušných tabulek.

Není-li po ruce přetlaková komora, je situace běžnými léčebnými postupy nezvladatelná. Rozhodující roli hrají minuty. I když se laikovi zdá případ beznadějný, v každém případě musí dopravit postiženého do nejbližší přetlakové komory.

Prevence je založena na dobré teoretické a praktické přípravě potápěče. Platí především tyto zásady:

- Při výstupu nikdy nepřekračovat rychlost výstupu nejmenších vydechovaných bublin
- Návčik provádíme vždy podle dobře zakotveného lana.
- Před zahájením výstupu se nikdy maximálně nenadechujeme a během výstupu necháme volně unikat přebytečný vzduch z plic.

6.3.1 Dekompresní nemoc (Kesonova nemoc)

Toto onemocnění získalo svůj název od potápěčského zvonu – kesonu, který umožňoval různé práce na dně přístavů a řek. Po určité době pobytu v kesonu vznikal u dělníků celý soubor příznaků, který byl označen jako kesonová nemoc. Šlo o ochrnutí různých částí těla, ve vážnějších případech končící smrtí.

Příčinou tohoto onemocnění je skutečnost, že člověk dýchá pod vodou vzduch pod zvýšeným tlakem. Plicní automatika upravuje tlak vdechovaného vzduchu tak, aby vždy odpovídal tlaku vody v dané hloubce. Plyny jsou však v kapalinách rozpustné (Henryho zákon), takže dojde k rozpuštění plynů i v tekutinách lidského

těla, jichž je značné množství (podle věku 55 až 75%). Například již za běžných atmosférických podmínek je v lidském organismu rozpuštěno asi jeden až jeden a půl litru dusíku. Toto množství se pod vodou zvětšuje vlivem dýchání plynů pod zvětšeným tlakem. Více dusíku pak bude po difúzním spádu pronikat z plic do krve a z ní do jednotlivých tkání těla tak dlouho, až dojde k vyrovnání jeho dílčího tlaku. Hnací silou při tomto sycení je větší dílčí tlak dusíku v plicích než v krvi. (Maťák, 1997)

Nadbytek dusíku v organismu člověka se nezdá být sám o sobě, alespoň do určité míry škodlivý. Dusík se v těle chová jako netečný plyn a na rozdíl od kyslíku není tkáněmi spotřebováván.

Problém nastává v okamžiku, když se potápěč začne vynořovat. Začne se zmenšovat tlak okolní vody a tím i vdechovaného vzduchu. Vlivem toho se stane dílčí tlak dusíku v krvi a ve tkáních větší než ve vdechovaném vzduchu a bude se vylučovat (opět po difúzním spádu) z krve do plic, jimiž se vydýchá. Dusík však z určitých tkání difunduje pomalu, proto se jeho nadbytek z těla obtížně odstraňuje. Pro bezpečnou denaturaci organismu od všeho přebytečného dusíku je nutná určitá doba. Proto se potápěč, který byl delší dobu ve větší hloubce, musí vynořovat pomalu a dělat přestávky podle dekompresních tabulek. (Chytil, 2007)

Zkrácení doby dekomprese, nebo její vynechání má za následek zvětšení dílčího tlaku dusíku ve tkáních. Dusík se neudrží v rozpuštěném stavu a začne se uvolňovat v podobě bublinek (jako otevřená limonáda uvolňuje bublinky).

Bublinky dusíku vznikají po celém těle, zejména pak ve tkáních bohatých tuk (například kostní dřevina, nebo nervová tkáň). Tuková tkáň má zvláštní vztah (afinitu) k dusíku, proto se jí zvýšeně sytí. Prokrvení tukové tkáně je však malé, takže tuková tkáň není dostatečně rychle schopna předávat dusík do krve. Proto jsou kesonovou nemocí ohroženi více lidé otlí než hubení. (Chytil, 2007)

Základní příčinou dekompresní nemoci je tedy obvykle ucpání průsvitu cév dusíkovými bublinkami, což vede k nedokrevnosti tkání, které leží za místem

ucpání. V postiženém místě vzniká místní nedostatek kyslíku a tkáňové buňky nemohou provádět buněčné dýchání. Tkáňové ložisko případně až odumírá, což vede k trvalému poškození. Známe i jiné případy nedokrevnosti. K poškození kostí a kloubů může dojít vznikem bublin v kostní dřeni, kdy uvnitř kostí vzroste napětí, protože kost má tuhé a nepoddajné stěny. Cévy kostní dřeni se tlačí a vzniká nedokrevnost. Na kostech a zejména na kloubních chrupavkách takto vznikají trvalé chorobné změny, omezující pohyb kloubu. (Chytil, 2007)

Dlouhé výběžky nervů tzv. axony jsou obaleny myelinovou pochvou a myelin je látka tukové povahy. Protože dusík se nerozpouští v tucích, může se jej nahromadit větší množství v centrálním nervstvu. Po jeho uvolnění mohou bublinky trhat křehkou nervovou tkáň. Dojde tak k mechanickému poškození míchy a mozku, které může vést k trvalému ochrnutí v těchto oblastech i k poruchám vyšší nervové činnosti. Pokud bublinky na nervovou tkáň pouze tlačí, vzniká přechodné ochrnutí v příslušné oblasti, které se po léčebné rekompresi rychle upravuje. (Chytil, 2007)

6.3.2 Příznaky dekompresní nemoci

Vzhledem k tomu, že se mohou ucpávat cévy na různých místech těla, jsou i příznaky poškození velmi pestré a lze je i logicky odvodit, známe-li příčiny onemocnění. K projevům kesonové nemoci dochází zpravidla krátce po vynoření, ale téměř vždy do dvanácti hodin po vynoření. (Chytil, 2007)

Většinou toto onemocnění je charakteristické svěděním kůže, nebo pocitem mravenčení. Kůže má místy zrudlou barvu s bílými místy uprostřed (tzv. mramorování kůže). Tento příznak bývá nejméně nebezpečný. Ovšem je varujícím signálem před dalším možným vážnějším poškozením.

Častým a dá se říci převládajícím příznakem je hluboká, neodbytná bolest v kostech, kloubech, nebo svalech, která se zhoršuje fyzickou zátěží. Tyto bolesti znamenají těžší stupeň poškození a vyžadují pokud možno okamžitou rekompresi.

K nejvážnějším příznakům onemocnění dochází, ucpou-li dusíkové bublinky cévy v mozku, v míše, srdci nebo plicích. Při poškození míchy dochází k oboustrannému ochrnutí níže od místa poškození. Zanesením bublinek do věnčitých tepen srdce vznikají stejné příznaky jako u infarktu myokardu. Objevuje se prudká bolest za hrudní kostí, šíří se do krku, ramene a levé paže. Je spojena se zvláštním pocitem úzkosti a strachu ze smrti. Postižení mozku způsobuje ztrátu vědomí, křeče, různé formy ochrnutí a smyslové poruchy. (Chytil, 2007)

Při ucpání plicních cév dochází k poklesu krevního průtoku v plicích, vážne zásobené kyslíkem a vzniká dušnost. Kromě toho je bublinkami zpěněná krev stlačitelná, takže srdce není schopné ji vypudit (podobně jako čerpadlo, které nasává vzduch). Současně se tím srdce vyčerpává a brzy dochází k jeho selhání. Průběh onemocnění má pak dramatický spád, rozhoduje každá vteřina a především dostupnost přetlakové komory. (Chytil, 2007)

6.3.3 První pomoc

První pomoc v případě dekompresní nemoci je prakticky totožná s první pomocí u pacienta postiženého arteriální plynovou embolií způsobenou plicním barotraumatem viz kapitola 6.2.2. Výrazný rozdíl je v rychlosti nástupu příznaků, které mají u arteriální plynové embolie mnohem rychlejší nástup. Před transportem pacienta do léčebného zařízení je vhodné konzultovat postup s lékařem.

6.4 Opakované ponory

Všechny ponory, které se uskuteční do dvanácti hodin po vynoření, musíme považovat za opakované, protože po každém ponoru (i když byl proveden podle dekompresních tabulek) zůstává v těle určité množství dusíku, který označujeme jako zbytkový. Jeho nebezpečí spočívá v tom, že množství zbytkového dusíku se po každém ponoru sčítá a tak dochází k jeho hromadění. Proto se může stát, že z několika ponorů, které dekompresi nevyžadují, vznikne ponor, u něhož je dekomprese nutná. Proto musíme znát výpočet dekomprese u opakovaných ponorů.

Všechny případy postižení kesonovou nemocí a případy vzduchové embolie u barotraumat plic je neprodleně léčit rekompresí v přetlakové komoře, podle tabulek léčebné dekomprese. Podstatou léčení je uvést potápěče do přetlaku, což způsobí zmenšení bublinek a jejich opětné rozpuštění. K vyplavení dusíku pomáhá dýchání kyslíku. To stačí k obnovení krevního oběhu a k opětovnému rozpuštění dusíkových bublinek v krvi. Není-li na místě k dispozici přenosná přetlaková-dekompresní komora, je nutné přepravit postiženého do nejbližší dekompresní komory. Při transportu dbáme, aby postižený ležel mírně hlavou dolů, čímž se alespoň částečně snažíme zabránit pronikání bublinek do mozkových cév. Pokud možno dáváme dýchat kyslík pro zlepšení vylučování dusíku a rozšíření mozkových cév. Ztratil-li nemocný vědomí, musíme ho chránit před prochlazením. Při zastavení dýchání je nutno zavést umělé dýchání a při poruše srdeční činnosti zahájit nepřímou srdeční masáž srdce rytmickým stlačováním hrudní kosti v její dolní polovině sedmdesátkrát za minutu. Při nepřímé srdeční masáži musí být hmatný „umělý“ tep na velkých tepnách (krkavice, tepna stehenní). (Chytil, 2007)

6.5 Hloubkové opojení

Příčina tohoto onemocnění tkví v tom, že dusík fyzikálně rozpuštěný v tkáních, působí po dosažení určité koncentrace jako narkotikum. Čím větší je molekulová hmotnost těchto plynů, tím větší je i jejich narkotický efekt. Při běžném atmosférickém tlaku je množství fyzikálně rozpuštěného dusíku v těle malé. Aby se projevil narkotický efekt, musí množství dusíku v těle několikanásobně vzrůst. K tomuto stavu dochází ve větších hloubkách. Proto se pro větší hloubky připravuje speciální dýchací směs, v níž se dusík do značné míry nahrazuje héliem. Naproti tomu xenon, který má větší molekulovou hmotnost než dusík, působí narkoticky již za běžného atmosférického tlaku. Přesto, že ani dnes neznáme přesně mechanismus vzniku hloubkového opojení, všeobecně se uznává, že k němu přispívá i zhoršená plicní ventilace ve větších hloubkách. Dochází k hromadění oxidu uhličitého, se vzrůstem jeho dílčího tlaku. (Chytil, 2007)

Příznaky opojení lze pozorovat u citlivých jedinců již v hloubce kolem třiceti metrů. Zpravidla však k onemocnění dochází v hloubkách šedesát až sedmdesát metrů. U postiženého lze pozorovat stejná stádia jako po nadměrném požití alkoholu. Přes povznesenou náladu (euforii) a nespoutané veselí dochází k útlumu a ztrátě vědomí. Postižený se skutečně cítí jako mírně podnapilý. Má pocit síly a bezstarostnosti, nevnímá nebezpečí a zmenšuje se kritičnost jeho myšlení. Mohou se u něho projevit i sluchové, chuťové a zrakové halucinace. Sestupuje-li dál do větší hloubky (a to se může stát), stupeň opojení se zvětšuje a potápěč se stane apatickým, ospalým a nakonec upadá do hlubokého bezvědomí. Je zřejmé, že za těchto okolností může snadno utonout. (Chytil, 2007)

Hloubkové opojení nevyžaduje léčení, pokud nedojde k jiným komplikacím. První pomoc spočívá ve výstupu do menší hloubky, kde příznaky okamžitě odezní.

6.6. Otrava oxidem uhelnatým

V potápěčské praxi dochází k otravě tímto plynem při nesprávném plnění tlakových lahví vzduchem znečištěným výfukovými plyny spalovacího motoru, který pohání kompresor. I když je množství oxidu uhelnatého ve vdechovaném vzduchu malé, za běžných okolností by nezpůsobil žádné obtíže, hloubkou se zvyšuje jeho dílčí tlak a tím i jeho biologická účinnost. Jedovatý účinek oxidu uhelnatého spočívá v tom, že se mnohem rychleji a pevněji než kyslík váže na barvivo červených krvinek hemoglobin (asi 200x ochotněji), čímž blokuje červené krvinky pro přenos kyslíku. Podstatou otravy oxidem uhelnatým je nedostatek kyslíku v těle, jehož kyslíková potřeba se fyzickou zátěží zvětšuje. Škodlivost oxidu uhelnatého je ještě mnohem širší. Váže se například v srdečním svalu, mozku a játrech více než v jiných orgánech. Příznaky postižení pak závisí na tom, z kolika procent je barvivo červených krvinek blokováno: při 10 až 20% vzniká tlak ve spáncích s pocitem stažení čela, při 20-30% se k těmto příznakům připojuje stupňující se bolest hlavy, svalová slabost, závratě, nejistá chůze a zvracení. Citlivost vůči oxidu uhelnatému je individuální a proto příznaky mohou být různé.

7 Závěr

Cíle práce byly naplněny. V kapitole hyperventilace bylo zjištěno, že hyperventilace a inhalace vysokoprocentního kyslíku má pozitivní vliv na sportovní výkon nejen v potápění, ale také v krátkých úsecích plavání. Sice podle Mařáka (1997) je zvýšení sportovní výkonnosti pomocí hyperventilace nemožné, což zdůvodňuje tím, že krevní barvivo nepojme více kyslíku, na čemž se shodují také ostatní autoři Schuster (2009), Pyš (1996) a Roman Virt (2001). Nicméně na rozdíl od těchto autorů nebere v potaz, že nutkání dýchání se po hyperventilaci snižuje, čímž lze přímo zvýšit délku pobytu pod vodou. A tím zvýšit výkon v potápění. Tohoto jevu lze také využít na krátkých tratích u plavání (do sto metrů). Všichni výše zmínění autoři až na Schustera (2009) se také shodují na tom, že počet usilovných nádechů by při hyperventilaci neměl překročit 4 nádechy. Z důvodů vysokého poklesu oxidu uhličitého v krvi. Z řady výrazně vybočuje Schuster (2009), který uvádí 12-15 vdechů. Tento počet lze odůvodnit pouze tím, že mluví o profesionálních potápěčích, nikoliv o široké veřejnosti a pokročilých. Schuster (2009) také uvádí, že apnea lze hyperventilací prodloužit z pěti minut na osm. S problematikou hyperventilace také souvisí překysličení, které by do jisté míry mohlo také mít pozitivní vliv na sportovní výkon v potápění. Nicméně potvrzení, či vyvrácení této domněnky vyžaduje další podrobnou studii, která nebyla cílem této práce.

Čtenáři je přiblížena fyziologie dýchání pro pochopení celistvé problematiky této práce. Postupuje od všeobecných faktů ke konkrétním detailům, čímž zjednodušuje pochopení celkové problematiky dýchání v potápění.

V práci byla popsána nejčastější traumata a nemoci související s potápěním, čímž může pomoci čtenáři předcházet výše zmíněným stavům a tím zvýšit jeho bezpečnost při potápění.

Velmi důležitou částí práce je zejména první pomoc při postižení traumaty a nemocemi souvisejícími s potápěním. Jelikož je první pomoc zacílena na

všeobecnou veřejnost a obsahuje základní instrukce, které lze plnit téměř bez vybavení a za téměř jakýchkoliv podmínek, přináší čtenáři velmi cenný informační charakter.

Použitá literatura:

1. ANDERSSON, B. *Breath excersise for everyday fitness and sport*. London : Pelham Books, 1981. 165 s.
2. DVOŘÁKOVÁ, H. *Potápění*. Praha : Grada, 2005. 156 s. ISBN 80-247-1100-1
3. HOLZAPFEL, R. *Potápění* České Budějovice : Springer, 2004. 128 s. ISBN 80-7232-231
4. CHYTIL, M. *Onemocnění související s potápěním a jejich prevence*. Praha: Grada, 2007. 165 s.
5. JANDOVÁ, K. *Adaptace mozku na nedostatek kyslíku*. Praha, bakalářská práce FTVS UK, 2006. 91 s
6. JOINER, James Thomas. *NOAA diving manual*. Flagstaff : Best publishing company, 2001. 457 s. ISBN 0-941332-70-5.
7. KOŽÁKOVÁ, K. *Fyziologické aspekty potápění: zvláštnosti termoregulace při potápění*. Praha. Diplomová práce FTVS UK, 2009. 90 s.
8. MAREK, J. *Plynové injekce, metoda reflexní terapie*. Praha: Triton, 2002 55 s. ISBN: 8072542176
9. MAŤÁK, J. *Malá škola potápění*. 2. Praha : GNOM, 1994. 111 s. ISBN 80-85460-04-1.
10. MOUNTAIN, A. *Potápění*. Praha: Svotka & CO, 1998. 160 s. ISBN: 978-80-7352-722-8
11. PYŠ, Jan. *Potápění se základní výstrojí*. Praha : Karolinum, 1996. 36 s. ISBN 80-7184-174-9.
12. REJDOVAN, S. *Nemoci způsobené potápěním*. Praha bakalářská práce FTVS UK 2008. 58s.

13. SUCHOMELOVÁ, H. *Vliv vodního prostředí na změny tepové frekvence*. Praha bakalářská práce FTVS UK 2009. 46 s.
14. SCHUSTER, Z. *Metodický postup při potápění na nádech*. Praha: Akcent, 2009 43 s.
15. VAISAR, B. *Potápěčská dýchací technika ve schématech*. Praha: Academia, 1987. 40 s.
16. VIRT, Roman; SKOUMAL, David. *Open water diver*. [s.l.] : IANTD, 2001. 97 s.
17. VRÁTNÝ, Z. *Základy potápění, vybavení, potápěčské sporty*. Praha bakalářská práce UK FTVS 2005. 97s.
18. WEINECK, J. *Optimales training*. Erlagen: Fachbuch-Verlagsesellschaft, 1983 ISBN 3-934211-75-5

Internetové odkazy:

URL₁ <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Dus%C3%ADk>> [12.4.2011]

URL₂

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Holotropn%C3%AD_d%C3%BDch%C3%A1n%C3%AD#Pr.C5.AFb.C4.9Bh_holotropn.C3.ADho_d.C3.BDch.C3.A1n.C3.AD>
[10.4.2011]

URL₃ <http://www.jarduvsvet.cz/jak_se_zanorit.htm obrazek 2> [11.4.2011]