

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Dušan Blažek

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Metody prodloužení času při potápění na nádech a rizika s tím spojená

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. et Mgr. Miloš Fiala, Ph.D.

Vypracoval:

Dušan Blažek

Praha, srpen 2011

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou 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

3.8. 2011

Dušan Blažek

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou 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 Mgr. Davidu Vondráškovi, za odborné konzultace a objasňování věcí týkajících se sledované problematiky.

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

Abstrakt:

Název: Metody prodloužení času při potápění na nádech a rizika s tím spojená

Cíle: Hlavním cílem této práce je popsat jednotlivé metody a techniky, které ovlivňují zvýšení výdrže pod vodou při potápění na nádech. Dalším cílem je upozornit na možná rizika a traumata, která se mohou objevit při potápění na nádech a popsat jejich řešení. Tato práce si klade za cíl navrhnout optimální metody, které vedou ke zvýšení výkonnosti a minimalizaci rizik, případně následků souvisejících s potápěním na nádech.

Metody: V práci bylo použito obsahové analýzy dokumentů. Především bylo využíváno literárních pramenů týkajících se fyziologie člověka a bezpřístrojového potápění.

Výsledky: Návrh optimálních metod, které vedou ke zvýšení výkonnosti a minimalizaci rizik, případně následků souvisejících s potápěním na nádech.

Klíčová slova: Potápění, hypoxie, ventilace, kyslík, hyperventilace, freediving

Abstract:

Title: Methods of under water time extension on one breath and risks connected with it

Objectives: The main goal of this labour is to compare several sources related to freediving. Find out methods of under water time extension on one breath. Detailly zoom them to reader and alert him to risks connected to it. Further inform reader about shocks and diseases connected with freediving and outline its resolution. For understanding global problem of this labour is also one of the goals put near physiology of breathing. This labour has mainly informative charakter, witch can help to increase efficiency and minimalization of risks, even minimalization of bad effects connected with freediving.

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

Results: Suggest optimal methods, which result in raiseing output, and minimalization of risks, or consequences related to freediving.

Keywords: diving, hypoxia, ventilating, oxygen, hyperventilation, freediving

Obsah:

Úvod:	11
1. Rozdělení nádechového potápění	12
1.1 Rekreační nádechové potápění.....	12
1.2 Lov harpunou na nádech	12
1.3 Soutěžní nádechové potápění.....	13
1.3.1 Statická apnea	13
1.3.2 Dynamická apnea	13
1.3.3 Hlubkové potápění.....	13
2. Složení atmosférického vzduchu	15
2.1 Dusík	15
2.2 Kyslík	15
2.3 Vzácné plyny:	17
2.3.1 Argon, neon a vodík	17
2.3.2 Oxid uhličitý.....	17
2.3.3 Helium	18
1.3.5 Krypton	18
1.3.6 Metan	18

3. Fyziologie dýchání.....	19
3.1.1 Zevní dýchání.....	19
3.1.2 Ventilace plic	19
3.1.3 Dechový objem.....	20
3.1.4 Dechová frekvence.....	20
3.1.5 Minutová plicní ventilace.....	20
3.1.6 Vitální kapacita plic	20
3.1.7 Zbytkový (reziduální) objem	21
3.1.8 Mrtvý prostor.....	21
3.2.1 Výměna plynu v plicích.....	21
3.3.1 Řízení ventilace	22
3.3.2 Vnitřní dýchání.....	22
3.3.3 Spotřeba kyslíku	22
3.3.4 Produkce oxidu uhličitého	23
3.3.5 Nedostatek kyslíku (hypoxie).....	23
3.3.6 Dušení (asfyxie).....	24
Cíle a úkoly:.....	25
4. Hlavní část	25
4.1 Metody a techniky ovlivňující délku pobytu pod vodou.....	25
4.1.1 Prohloubení účinku diving reflexu.....	25

4.1.2 Aktivace blood shift fenomenu	27
4.1.3 Packing	27
4.1.4 Reverse packing	28
4.1.5 Zvýšení tolerance vůči Hyperknapii	28
4.2 Optimální metoda	33
4.3. Traumata a psychické stavy spojené s potápěním na nádech	36
4.3.1 Ztráta vědomí v malé hloubce Shallow water blackout (SWB)	36
4.3.2 Samba near black out.....	37
4.3.3 Blue orb syndrom	37
4.3.4 Barotraumata.....	37
5. Závěr	41
Použitá literatura:	44
Internetové odkazy:.....	45

Úvod:

Všechny potápěče, ať už začínající „šnorchlisty“, či pokročilejší freediverky jistě zajímá, jak zvýšit svou výkonnost a vydržet pod vodou co nejdéle dobu, bez nutnosti nádechu. Zásadní roli zde hraje kyslík. Je všeobecně známo, že při fyzické námaze dochází ke zvýšené spotřebě kyslíku. Pokud by tedy byl potápěč před výkonem schopen přijmout větší množství kyslíku, nebo snížit jeho spotřebu, byl by teoreticky schopen zvýšit svou výkonnost.

Bohužel, v české literatuře neexistuje mnoho publikací zabývajících se danou problematikou a pokud už takovou knihu nalezneme, pak mnohdy neproniká hlouběji do sledované problematiky.

V následující práci je čtenáři přiblíženo několik způsobů, jak tohoto cíle dosáhnout. Neznalost dané techniky, její špatné vyložení, nebo špatná aplikace může zbytečně vést ke zdravotní újmě, či dokonce mít fatální následky. Proto ať se jedná o různá dechová cvičení, packování, či hyperventilaci, všechny techniky by měly být prováděny pod odborným dohledem a v žádném případě nesmí být prováděny ve vodním prostředí o samotě.

Dechové techniky zmíněné v této práci jsou pouze jedním z mála faktorů ovlivňující délku pobytu pod vodou. Nejedná se o zásadní složku výkonu, ovšem zcela určitě se také nejedná o zanedbatelnou část. Další složky výkonu, jako například efektivita pohybu, psychická pohoda a tělesné zklidnění, pokud jsou vůbec zmíněny, tak jen okrajově a mají za úkol pouze informovat čtenáře o dalších možnostech zvýšení výkonu u freedivingu.

Nedílnou součástí potápění na nádech je nemožnost nádechu pod vodou. Proto se tento faktor snaží sportovci obejít různými prostředky. Ať se jedná o různá cvičení, či dýchání předem připravených směsí. Pobyt pod vodou a zejména ve větších hloubkách přináší vždy určité rizika a nebezpečí. Proto jsou v této práci popsány možné nemoci a traumata, která s freedivingem souvisí. Velmi důležitou

podčástí je léčba nemocí a traumat, kterou by měl jistě mít každý potápěč do určité míry osvojenou.

1. Rozdělení nádechového potápění

Základní rozdělení nádechového potápění je následující:

- ▶ **Rekreační nádechové potápění**
- ▶ **Lov harpunou na nádech**
- ▶ **Soutěžní nádechové potápění**

1.1 Rekreační nádechové potápění

Rekreační nádechové potápění, nebo také šnorchlování, je považováno za oblíbený relaxační sport. S výkonnostním potápěním nemá mnoho společného a je provozováno zejména pro zábavu. Pro šnorchlování je specifická maska a dýchací trubice (šnorchl) a ploutve. Šnorchl vyčnívá nad hladinu a tím umožňuje potápěči dýchat s hlavou ponořenou do vody a pozorovat tak prostředí pod hladinou.

1.2 Lov harpunou na nádech

Jedná se o velmi kontroverzní odvětví nádechového potápění. Potápěč se nadechne a po zanoření loví ryby harpunou. Jelikož je v České republice lov harpunou zakázán, můžeme se s ním setkat pouze u moře, kde je poměrně rozšířen. V mnoha zemích se také jedná o soutěžní disciplínu a řadí se ke zdrojům obživy.

1.3 Soutěžní nádechové potápění

Soutěžní potápění rozdělujeme na 3 základní skupiny:

- a) Statická apnea
- b) dynamická apnea
- c) hloubkové potápění

1.3.1 Statická apnea

Jedná se o výdrž v klidovém stavu na jeden nádech, kdy se plavec vznáší na hladině. Je maximálně uvolněný a zbytečně nezapojuje svaly. Statická apnoe se nejčastěji provádí v bazenu na klidné hladině.

1.3.2 Dynamická apnea

Jedná se o plavání na jeden nádech, při kterém se měří vzdálenost, kterou potápeč uplavál. Plave se buď s ploutvemi, nebo bez nich.

1.3.3 Hloubkové potápění

Jak již název vypovídá, jedná se o potápění do hloubky, při němž hlavním cílem je vždy dostat se do největší hloubky. Rozdílné je zpravidla pouze použití prostředků, jak se potápeč dostane dolů a nahoru. Pro všechny hloubkové ponory je charakteristické vodící lano spuštěné z hladiny do hloubky.

Pro soutěžní disciplínu Constant weight (konstantní zátěž) je charakteristické, že o dosažení největší hloubky závodníci usilují pouze vlastní silou a nepomáhá jim žádné zařízení.

Soutěžní disciplína Free immersion (volný ponor) je velmi podobná, s tím rozdílem, že potápeč smí ručkovat po laně.

Soutěžní disciplína Variable weight (variabilní zátěž) je charakteristická tím, že do největší hloubky se potápěč dostane za pomoci zatížení. Po dosažení určité hloubky odhodí zátěž a ručkuje po laně zpátky na hladinu.

Soutěžní disciplína No limits (bez omezení) je z výše uvedených disciplín nejvíce technického charakteru a dosahuje se při ní největších hloubek. Potápěč je do hloubky dopraven pomocí zátěže. Poté na hladinu vytažen vztlakovým zařízením (nejčastěji vzduchovým vakem).

2. 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.

2.1 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 parciálních 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)

2.2 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

používaný 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)

2.3 Vzácné 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%).

2.3.1 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.

2.3.2 Oxid uhličitý

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

2.3.3 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 a často bývá přítomen v nalezištích ropy. Pro potápění nemá zvláštní využití.

3. Fyziologie dýchání

Dýcháním označujeme celý proces dodávky kyslíku do tkání a odstraňování plyných zplodin látkové výměny. Plicní ventilace je výměna vzduchu mezi vnějším prostředím a plicemi. Dýchání se dělí na vnější a vnitřní. Vnější dýchání pak je výměna plynů mezi vzduchem a krví v alveolách (plicních sklípcích). Vnitřním dýcháním nazýváme výměnu plynů mezi krví a tkáněmi (tkáňové dýchání - spotřebovává se kyslík, uvolňuje se oxid uhličitý).

3.1.1 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. (Maťák, 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.

3.1.2 Ventilace plic

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

3.1.3 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.

3.1.4 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.

3.1.5 Minutová plicní ventilace

Je množství vzduchu, které projde plícemi 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. (Mat'ák, 1997)

3.1.6 Vitální kapacita plic

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

3.1.7 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.

3.1.8 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.

3.2.1 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. (Mat'ák, 1997)

3.3.1 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. (Mat'ák, 1997)

3.3.2 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%.

3.3.3 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). Organismus člověka může po krátkou dobu spotřebovávat více kyslíku, než mu může krev dodat, popřípadě pracovat bez něj. Tím vzniká kyslíkový dluh, který se musí po snížení zatížení nahradit. (Mat'ák, 1997)

3.3.4 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.

3.3.5 Nedostatek kyslíku (hypoxie)

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

- zastavení nebo omezení ventilace plic
- nemoci plic, jež 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)

3.3.6 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)

Cíle a úkoly:

Cíle: Hlavním cílem této práce je popsat jednotlivé metody a techniky, které ovlivňují zvýšení výdrže pod vodou při potápění na nádech. Dalším cílem je upozornit na možná rizika a traumata, která se mohou objevit při potápění na nádech a popsat jejich řešení. Tato práce si klade za cíl navrhnout optimální metody, které vedou ke zvýšení výkonnosti a minimalizaci rizik, případně následků souvisejících s potápěním na nádech.

4. Hlavní část

4.1 Metody a techniky ovlivňující délku pobytu pod vodou při potápění na nádech

V následující kapitole jsou podrobně popsány zejména techniky, které lze provádět bezprostředně před ponorem. Jejich provedení zpravidla není vázáno na vybavení potápěče. Proto jsou následující techniky a metody určeny široké veřejnosti, od začínajících potápěčů, po pokročilé free diversy, bez ohledu na jejich finanční zabezpečení.

4.1.1 Prohloubení účinku diving reflexu

Diving reflex není u lidí příliš silný, ale vhodným tréninkem, dobrou psychickou a fyzickou kondicí se dá jeho účinnost značně posunout. Jedná se o jeden z nejefektivnějších způsobů prodloužení pobytu pod vodou. Tento reflex se vyvolá zanořením obličejové části do studené vody. Nejcitlivější na dráždění chladem (vyvolání silnějšího diving reflexu) je čelo a oblast kolem očí. Proto se při tréninku diving reflexu nevyužívá potápěčská maska. Už při samotném zadržení dechu se

mírně snižuje tepová frekvence. Při ponoření obličejové části do studené vody se tento efekt ještě zvyšuje. U nezkušených potápěčů jsou hodnoty klidové tepové frekvence při zadržení dechu a ponoření obličeje do vody o 20-30 % nižší, u trénovaných freediverů je zpomalení výraznější - o 40-50 %, u závodních potápěčů může vyvolat tepovou frekvenci dosahující 20 tepů za minutu i méně (Štěpánek, 2007). Při nácviku diving reflexu je nutné postupovat obezřetně. Zejména u začátečníků mohou nastat stavy nevolnosti, motání hlavy, či dokonce krátkodobé mdloby způsobené prudkým klesnutím tepové frekvence. Proto se pro první treninky využívá méně studená voda. Postupem času se může začít využívat voda chladnější, či dokonce s kousky ledu. Pokud se nenacházíte v podmínkách, které umožňují přirozené trénování ve studené vodě, je možné diving reflex rozvíjet i v obyčejném latoru, či vaně, do které není problém připravit požadované množství vody o určené teplotě. Za upozornění jistě stojí, že diving reflex se prohlubuje pouze schlazením obličejové části, nikoliv zbytku těla. Zanořením jiné části těla do studené vody naopak dochází ke zvýšení klidového metabolismu, až o stovky procent a tím k značnému omezení pobytu pod vodou na nádech. Proto při nácviku diving reflexu s ponořeným tělem ve vodě se doporučuje využívat ochranné obleky. Tyto obleky jsou vyrobeny zejména z neoprenového materiálu, kvůli jeho dobrým izolačním vlastnostem. Při tréninku diving reflexu spojeného s potopením celého těla se využívá následující tloušťka neoprenu:

1,5mm - velmi teplá voda, (30° C)

3 mm- teplá voda, vlažná voda (18-30° C)

5 mm-studená voda (10-18° C)

7,5 mm- ledová voda (10-0° C)

Z důvodů finanční a technické náročnosti tréninku diving reflexu v ledové vodě se provádí nácvik buď v zimním období (lze využít i sněhu), nebo pouze v obličejové části.

4.1.2 Aktivace blood shift phenomenu

Jedná se o jakési vypuštění rezervy červených krvinek ze sleziny do krevního řečiště, čímž lze uchovat vyšší množství kyslíku v těle a tím přímo zvýšit výkon potápěče. Tento system lze aktivovat opakovanými ponory během krátké doby. Ideální je proto hloubka 6 metrů při počtu 45-50 ponorů do hodiny. Tím lze navýšit počet červených krvinek až o 10%. Tento efekt se bez následujícího tréninku postupně vytrácí a po 10 dnech je již zcela minimální. Proto je ideální 5 dní před závodním sestupem aktivovat tuto složku na maximum a poté ji udržovat formou alespoň 30 ponorů do 6 metrů za půl hodiny denně. Jelikož se jedná o relativně nenáročné ponory s dostatkem času na regeneraci, může provádění těchto ponorů svádět k prudkým pohybům. Proto stále musíme mít na mysli korektní techniku od zanoření, záběrových pohybů, až po výstup. Nesmíme také opomíjet, že i přesto že se jedná o lehké ponory, je jich značné množství. Proto bereme v potaz zvýšené nároky na regeneraci.

4.1.3 Packing

Packing je technika kterou potápěč do plic dostane další 4 litry vzduchu navíc, než při maximálním hlubokém nádechu. Tento vzduch se dovnitř plic vtlačuje kořenem jazyku který působí jako píst. Využití této techniky je velmi efektivní zejména u hloubkového potápění. U statické apnoe se tato metoda příliš nevyužívá, z důvodu přílišného napětí v oblasti hrudního koše, čímž se omezuje stav uvolnění a relaxace.

Při hloubkovém potápění však dochází vlivem zvyšujícího se okolního tlaku ke stlačení hrudního koše a tím i k vyrovnání nepříjemného přetlaku v plicích. Tato metoda se dá využívat i u mírně pokročilých. U začátečníků se ji doporučuje vynechat, jelikož hrudní koš začátečníka není zvyklý na velké objemové změny a tato technika by u nich mohla způsobit pneumotorax. Nácvik je poměrně jednoduchý. Potápěč se maximálně nadechne a poté začne malými doušky polykat vzduch. Touto technikou by neměl strávit více než 5 vteřin.

Pokud se potápěč rozhodne před ponorem využít packing, jedná se o poslední dechovou techniku těsně před zanořením.

4.1.4 Reverse packing

Jak již název vypovídá, jedná se opět o techniku packingu, tentokrát ovšem z plic směrem ven. Přestože má s předchozí metodou velmi podobný název, její účel je zcela odlišný. Tato metoda se používá zejména k výměně rezervního výdechového vzduchu za vzduch atmosferický. Opět se využívá kořene jazyka jako pístu, tentokrát však v opačném směru. Použitím této techniky lze vyměnit část plicního vzduchu s nižším podílem kyslíku (14%) za atmosferický vzduch (21% O₂). Tuto metodu využíváme před samotným packingem, či během hyperventilace. Nejčastěji se využívá jednoho výdechu.

Tato metoda se také používá ke simulaci hloubkových ponorů, kdy je hrudní koš stlačen na své teoretické minimum (50m) s tím rozdílem, že potápěč je v mnohem menší hloubce. Nutno ovšem podotknout, že u této techniky opět hrozí poškození plic, tentokrát z důvodu vysokého podtlaku. Proto je opět tato technika určena pouze pokročilým potápěčům.

4.1.5 Zvýšení tolerance vůči Hyperknapii

Hyperknapie je stav, kdy je v organismu vyšší množství oxidu uhličitého, než za normálních okolností. Zadržáním dechu, prováděním fyzické práce, či zvýšením bazálního metabolismu se v těle zvyšuje hladina oxidu uhličitého. A zejména vysoká hladina tohoto plynu v krvi nutí potápěče k nadechnutí. Proto posunutím tolerance vůči tomuto plynu můžeme přímo zvýšit délku pobytu stráveného pod vodou. Bohužel jelikož se jedná o jakýsi varovný mechanismus před nedostatkem kyslíku, posunutí tolerance vůči hyperknapii za určitou mez může mít fatální následky. Proto vždy i pouhý trénink provádíme za přítomnosti druhé osoby. Toleranci lze zvýšit hned několika způsoby, přičemž všechny jsou bezpečné, ovšem při špatném výkladu, či provedení se mohou stát rizikovými.

4.1.5.1 Cílený trénink tolerance vůči hyperknapii

Cílený trénink tolerance vůči hyperknapii spočívá v držení, či dokonce zvyšování hladiny oxidu uhličitého v těle po delší dobu, než je ponor. Pro pochopení problematiky CO₂ je nutné si uvědomit, že povrchový interval pro vydýchání přebytečného oxidu uhličitého po ponoru je 3 minuty.

Trenink na zvýšení tolerance probíhá formou opakované statické apnoe po dobu 2 minut. Liší se pouze pauzy, které má potápěč mezi jednotlivými ponory. Začínáme u 3 minut, poté po každém ponoru ubíráme 30 vteřin pauzy, až po dobu 2 minut. Od této hodnoty odebíráme již pouze 15 vteřin. Celkový počet statických výdrží by měl být kolem 8. Závěrečná výdrž proto bude vypadat takto: 45 vteřin pauza, 2 minuty výdrž.

4.1.5.2 Prodloužení hypoxického stavu potápěče

Když se potápěč vynoří, tak většinou začne zhluboka lapat po dechu. Tím, že dýchá atmosferický vzduch, se jeho stav rychle zlepšuje a brzy se dostává do normální hladiny oxidu uhličitého v krvi. Pokud ovšem po vynoření dostane potápěč igelitový pytlík, či pet lahev s malým množstvím otvorů, stav hyperknapie se ještě trochu prohloubí a zejména prodlouží, vlivem dýchání vzduchu o menším procentu kyslíku. Počet nádechů je značně individuální, zejména kvůli odlišnosti pomůcek, které se při této technice používají. Optimální počet nádechů je 3-5 podle typu zvolené pomůcky. Provedením tohoto jednoduchého manevru si potápěč posune svůj práh citlivosti a při dalším ponoru bude mít menší nutkání nadechnout se.

4.1.5.3 Fyzické a psychické zaměstnání

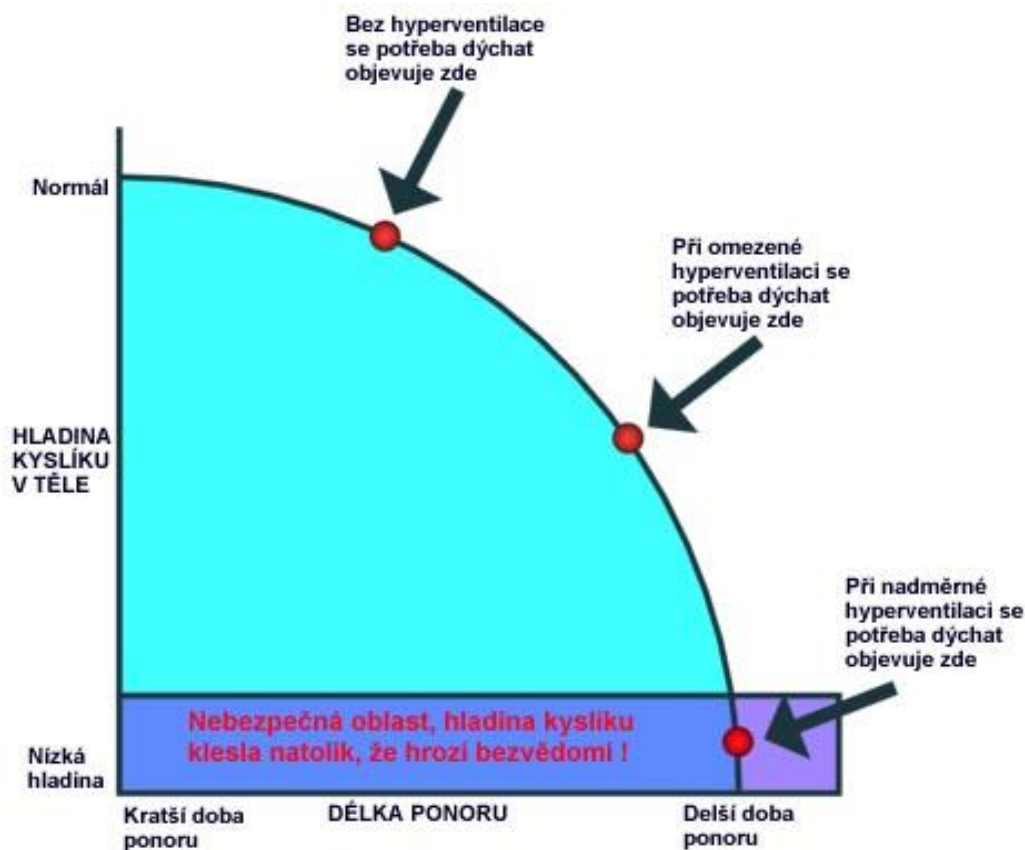
Jedná se o ověřenou techniku prodloužení při pobytu pod vodou na nádech. V okamžiku, kdy potápěč začne mít nutkání k nádechu, je zaměstnán fyzickou, či psychickou činností. Fyzická činnost by měla být minimální (mačkání dlaně, přežvýkování) aby nedocházelo ke zbytečnému úbytku energie. Psychicky se může

potápěč zaměstnat třeba počítáním, vnímáním úderů svého srdce, či recitováním. Použití těchto rozptilovacích prvků vede ke snížení nutkavosti nádechu a tím i k prodloužení výkonu.

4.1.5.4 Hyperventilace

Jedná se o nejrizikovější, ovšem také o nejúčinnější metodu zvýšení tolerance vůči hyperknapii. Tato metoda spočívá v provedení několika hlubokých nádechů a výdechů před ponorem. Tím se z těla vyloučí velké množství oxidu uhličitého, čímž se sníží dráždění chemoreceptorů a potápěč je schopen pod vodou vydržet mnohem déle, než při ponoru bez této techniky.

Laika by také mohlo napadnout že lze touto technikou vypudit veškerý oxid uhličitý z těla a zcela jej nahradit kyslíkem. Tímto by se teoreticky zvýšila výdrž pod vodou až o několik stovek procent. Bohužel takového nasycení nelze dosáhnout. Hyperventilací se zejména oddálí stav nepohodlí, spojený s vysokou koncentrací oxidu uhličitého. Samotná zásoba kyslíku se při 4 hlubokých nádeších před ponorem zvýší asi o 30 vteřin u statické apnoe. Schuster (2009) uvádí, že zásoba kyslíku v organismu je u každého člověka ve statické poloze cca na 6 minut 30 vteřin. Také uvádí, že uskutečnění 20 hlubokých vdechů vypudí z těla takové množství oxidu uhličitého, které tělo normálně vyprodukuje za 4 minuty. O tuto dobu lze tedy bez problému prodloužit statický pobyt pod vodou pomocí hyperventilace. U dynamické apnoe se však doporučuje provést maximálně 3-4 nádechy (Miller, 2005) z důvodu zvýšené spotřeby kyslíku při pohybu a možného blackoutu, který by byl způsoben nedostatkem kyslíku. Nicméně u sportovních a závodních potápěčů pod dozorem je tento počet mnohonásobně překračován.



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

4.1.5.5 Saturace organických tkání

Pokročilou metodou hyperventilace a východiskem pro zvýšení účinnosti hyperventilace je takzvaná saturace organických tkání kyslíkem. Jedná se o pokročilou metodu kombinace dechových cvičení spolu s hyperventilačním dýcháním za účelem překysličení organismu. Tato metoda je ovšem ještě nebezpečnější než samotná hyperventilace a je určena pouze pro velmi zkušené potápěče. Jedná se o princip pozvolného dodávání kyslíku do organismu, který jeho nadbytek ukládá do organických tkání, zejména svalů. Touto metodou lze nasycit organismus kyslíkem takovým způsobem, že tělo je schopné vydržet ve statické poloze i přes 11 minut, bez ztráty vědomí a vedlejších zdravotních

následků. Množství kyslíku, které lze ve svalech rozpustit záleží zejména na objemu svalové hmoty potápěče. Proto je trénink free diverů z vysoké části také staven na získávání svalové hmoty v posilovnách.

Stavu saturace kyslíkem lze docílit hned několika způsoby. Buď pomalým hlubokým dýcháním, kde hrozí zejména acidóza organismu, či pomalá otrava kyslíkem, nebo rychlým hlubokým dýcháním, u kterého hrozí zejména hyperventilační tetanie. Jako ideální se považuje kombinace obou těchto technik, kdy se střídá rychlé dýchání (přesycení) s pomalejším relaxačním dýcháním (2 vteřiny nádech, 1 vteřinu zastavit, 2 vteřiny výdech). Nesmíme také zapomenout že při této technice opět dochází k vyloučení velkého množství oxidu uhličitého. Proto je vysoká šance, že ke ztrátě vědomí dojde dříve, než k samotnému nutkání k nádechu. Z tohoto důvodu nikdy nečekáme na tento pocit nutkavosti a stanovujeme si reálné cíle ověřené předchozím tréninkem. Při nácviku začínáme u 10 nádechů a počet navyšujeme podle trénovanosti a fyzického stavu jedince. Trénink a využívání této techniky pouze pod dozorem by mělo být samozřejmostí.

4.1.5.6 Hyperventilace vysokoprocentního kyslíku

Vysokoprocentní kyslík se v potápění na nádech používá zejména jako očištný plyn na konci tréninku, pro odstranění přebytečného oxidu uhličitého z organismu. Nicméně vhodným dýcháním vysokoprocentní směsi výše zmiňovaného plynu lze prodloužit statickou apnoi až na 17 minut. Důvodem je zejména větší saturace svalů kyslíkem, než atmosferickým vzduchem a tím pádem větší celková zásoba kyslíku při ponoru. Za zmínku jistě stojí, že využití této techniky se v mnoha druzích potápění považuje za nepovolený doping. Její výsledek je ovšem bez pochyby nejefektivnější, ale také nejrizikovější. Při nevhodném použití, může vyvolat akutní otravu kyslíkem, která je mnohem nebezpečnější než pomalá otrava. Také velmi hrozí ztráta vědomí z nedostatku kyslíku. Proto platí stejná, ne-li zvýšená bezpečnostní opatření, jako u předchozí metody. Používání této techniky je spojeno pouze s velmi pokročilými potápěči a doporučuje se opět kombinace rychlého dýchání s pomalým relaxačním. Ideální

proto je 1 rychlý nádech a 3 relaxační. Jelikož se jedná o vysoce koncentrovaný plyn, začíná se u pouhých 3 dechových cyklů. Pokud potápěč začne cítit mravenčení v končetinách, motání hlavy, či závratě, měl by okamžitě přestat s dýcháním této směsi. Stav po chvíli sám odezní.

4.1.6 Zvýšení tolerance vůči hypoxii

Hypoxie, neboli nedostatek kyslíku může být přímým, či nepřímým důvodem k ukončení ponoru. Lidské tělo si uvědomuje nutnost nádechu z důvodu nedostatku kyslíku pouze několik málo okamžiků před ztrátou vědomí. Pokud se ovšem hypoxie odehrává pouze na úrovni svalů (práce svalů na aerobní dluh), nejedná se o život ohrožující situaci, ba naopak, u potápění se jedná o důležitou složku výkonu, jelikož svaly pracují bez přísunu kyslíku, který je dodáván do životně důležitých orgánů. Zvýšení tolerance vůči hypoxii je velmi podobné zvýšení tolerance vůči hyperknapii a nelze ani jednu z těchto složek trénovat zvlášť. Vždy rozvoj jedné souvisí i s rozvojem druhé.

Pro trénink na adaptaci vůči hypoxii se doporučují ponory s delšími pauzami (2 min) následované postupně se zvyšující statickou apnoí začínající na 2 minutách a končící na 4. Každý trénink by měl obsahovat cca 8 ponorů s tím, že každý týden se navýší minimální a maximální hranice pobytu pod vodou o 15 vteřin.

4.2 Optimální metoda

Z výše uvedeného textu, lze jednoznačně říci, že nelze stanovit optimální techniku pro potápění na nádech, jelikož každá technika slouží k dosažení svého cíle (prodloužení pobytu pod vodou) odlišným způsobem. Proto se jako vhodné východisko jeví kombinace těchto technik. Musí se také brát v potaz zvýšená rizika, která souvisejí s pokročilými metodami. Tyto rizika se zpravidla snižují s tréninkem a zvyšujícími se zkušenostmi potápěče. Proto jsou doporučené metody rozdělené do tří skupin: začátečníci, pokročilí a vysoce pokročilí. Je logické, že

trénink vysoce pokročilého potápěče bude obsahovat ty nejefektivnější způsoby prodloužení pobytu pod vodou. Přesto je z bezpečnostního a zdravotního hlediska nutné, se k těmto technikám propracovat postupně.

Pro začátečníky je optimální metodou kombinace těchto technik:

- **Trenink diving reflexu ve studené vodě s vhodnou tepelnou izolací, bez masky**
- **Aktivace blood shift phenomenu formou 50-60 sestupů během hodiny do hloubky 6 metrů.**
- **Zvýšení tolerance vůči hyperknapii formou hyperventilačních 3-4 nádechů u dynamické apnoe, 10 nádechy u statické. Dále mačkáním dlaně, či žvýkáním při nutnosti nádechu. V širším horizontu také vhodným tréninkem pro zvýšení tolerance na hyperknapii.**
- **Zvýšení tolerance vůči hypoxii formou opakovaných statických ponorů s dvouminutovými rozestupy a zvyšující se statickou apnoí.**

U pokročilých potápěčů je optimální metodou kombinace těchto technik:

- **Trénink diving reflexu ve studené vodě, s vhodnou tepelnou izolací, bez masky**
- **Aktivace blood shift phenomenu formou 50-60 sestupů během hodiny do hloubky 6 metrů.**
- **Zvýšení tolerance vůči hyperknapii a navýšení kyslíkové zásoby pomocí hyperventilace u dynamické apnoe 5-6 nádechy. Poté 1 reverse packing a těsně před ponorem využití techniky packingu. Při nutkání nádechu využít fyzického či psychického zatížení. Pro statickou apnoii**

provádíme 15 hyperventilačních nádechů, bez reverse packingu a packingu.

- **Pro zvýšení tolerance vůči hypoxii využíváme opakované statické ponory s dvouminotvými rozestupy a zvyšující se statickou apnoí.**

U velmi pokročilých potápěčů je pro maximalizaci pobytu při potápění na nádech optimální kombinace těchto technik:

- **Trénink diving reflexu ve studené vodě, s vhodnou tepelnou izolací, bez masky.**
- **Aktivace blood shift phenomenu formou 50-60 sestupů během hodiny do hloubky 6 metrů.**
- **Zvýšení tolerance vůči hyperknapii a navýšení kyslíkové zásoby pomocí hyperventilace vysokoprocentního kyslíku za použití 1 hlubokého nádechu a 3 relaxačních. Pokud použití kyslíkové směsi pravidla zamezují, využíváme atmosferického vzduchu. Před zanořením u dynamické apnoe využíváme reverse packing a packing.**
- **Pro zvýšení tolerance vůči hypoxii využíváme opakované statické ponory s dvouminotvými rozestupy a zvyšující se statickou apnoí.**

4.3. Traumata a psychické stavy spojené s potápěním na nádech

Jelikož je vodní prostředí člověku nepřírozené, existují pod vodou rizika, se kterými se v normálním životě nad hladinou, téměř nesetkáme. Často se jedná o velmi nebezpečné situace, proto je v následující kapitole vysvětleno, jak daným negativním stavům, či zranění předcházet, či je laicky léčit.

4.3.1 Ztráta vědomí v malé hloubce Shallow water blackout (SWB)

Bezvědomí z nedostatku kyslíku (hypoxie) během potápění na nádech je asi jedna z nejobávanějších a poměrně často se dostavující krizová situace. Jedná se o stav krátkého a náhlého bezvědomí, ke kterému dochází při vynoření na hladinu a nebo při vynořování v malé hloubce, kde jsou největší rozdíly tlaků. Příčinou tohoto bezvědomí je malá koncentrace kyslíku v krvi a vysoká koncentrace oxidu uhličitého, především pokud ponoru předcházela nepřiměřená hyperventilace. Právě ona vede v konečném důsledku ke snížení parciálního tlaku kyslíku. Tento stav vzniká zcela bez varovných příznaků.

Potápěč v hloubce díky zvýšenému parciálnímu tlaku kyslíku necítí potřebu se nadechnout. Teprve při vynořování se parciální tlak kyslíku zmenšuje, kyslík je stále spotřebováván a oxid uhličitý se rychle rozšiřuje. Objem plic se při vynořování vrací do své obvyklé velikosti, ale obsahuje mnohem méně kyslíku. Relativní dechová pohoda z hloubky mizí a potápěč cítí akutní potřebu nádechu. V tuto chvíli může dojít právě k tomuto druhu bezvědomí. Nastává křeč hrtanových svalů, vedoucí ke sevření hlasivkové štěrbině a přechodnému uzavření hrtanu. Právě díky dočasnému uzavření hrtanu do plic neproniká voda a potápěč ještě není v bezprostředním ohrožení života. Při takové situaci je nutno postiženého

bezprodleně dopravit na hladinu. Pokud je transport dostatečně rychlý, dochází k samovolné obnově dýchání během 10-15 vteřin. (Vondrášek 2011)

Pro minimalizaci rizik spojených s nástupem SWB se doporučuje omezit hyperventilaci před ponorem. Dále omezit fyzickou činnost pod vodou na nutné minimum, nepřekračovat zkušenostmi stanovené limity a potápět se vždy v týmu.

4.3.2 Samba near black out

Jedná se o postižení, které je spojeno s vysokým stupněm hypoxie. Jak již název napovídá, tento stav může těsně předcházet bezvědomí. Nejčastěji se s ním setkáváme u výkonostních free diverů, kteří rádi posouvají své hranice. Postižení se projevuje nekontrolovatelnými pohyby těla, z důvodu hypoxického postižení centrální nervové soustavy. Tento stav nejčastěji nastává těsně po vynoření na hladinu. Neohrožuje potápěče přímo na životě, ale je nutno dbát zvýšené pozornosti, jelikož snadno může tento stav přejít do bezvědomí. Příznaky odezní krátce poté, co se vyrovná potápěčova hypoxie. Pro minimalizaci rizik nepřeceňujeme schopnosti potápěče.

4.3.3 Blue orb syndrom

Jedná se o panický stav bez racionální příčiny. Potápěč se začne chovat iracionálně a dopouští se jednání, kterého by se za normálních okolností nedopouštěl. Příčinou je dezorientace a selhání smyslů. Nejčastěji postihuje začínající potápěče. Tento stav je velmi nebezpečný, jelikož potápěč ohrožuje nejen sebe, ale také záchranný tým, případně buddyho z důvodu nepředvídatelného chování. Pokud víme o potápěči, u kterého hrozí toto postižení, je vhodné pro minimalizaci rizik dbát při jeho ponoru zvýšené pozornosti, či posilnit jistící tým.

4.3.4 Barotraumata

Jedná se o zvláštní rozsáhlou kapitolu zranění, která si může potápěč způsobit při nevhodně provedeném ponoru. Všechna tato zranění jsou způsobena rozdílem tlaků v potápěči (dutinách) a tlaku okolního prostředí. Jak je jistě známo, se

zvyšující se hloubkou se zvyšuje i tlak. Proto při hloubkovém potápění je riziko barotraumat vyšší, než u potápění v mělkých vodách. Z hlediska fyziologie, je při potápění na nádech daleko nebezpečnější a na barotraumata náchylnější sestup než výstup. V následujících řádcích jsou uvedeny informace zejména o těch, které se ve freedivingu vyskytují nejčastěji.

4.3.4.1 Barotrauma středního ucha

Je způsobeno přetlakem vnějšího prostředí a relativním podtlakem ve středoušním prostoru. Se zvyšující se hloubkou se rozdíl tlaků stále zvyšuje a tím i riziko proražení ušního bubínku. Tlak lze jednoduše vyrovnat například pomocí Valsavova manévru. Tento manévr spočívá ve stisku nosu mezi ukazováčkem a palcem a následném "profouknutí" dutin. Pokud nejsou tlaky vyrovnány a dojde k prasknutí ušního bubínku, potápěč je krátkodobě silně dezorientován. Samotné zranění zpočátku příliš nebolí, ale rozhodně je důvodem k ukončení ponoru. Prevencí je časté vyrovnávání tlaku ve středouší.

První pomoc při proražení bubínku je dostat potápěče bezpečně na hladinu, nenásilně vylít vodu z postiženého ucha a překrýt sterilním obkladem. Následně přepravit do nemocnice. Postižení zpravidla není život ohrožující, ale léčba je nepříjemná a zdlouhavá. Zraněný by se měl také vyvarovat kýchání a smrkání.

4.3.4.2 Barotrauma vnitřního ucha

Nejčastěji je způsobeno při usilovném vyrovnávání tlaku ve středouší. Přílišná snaha o vyrovnání může vést k přetlaku ve středouší a přílišnému vyklenutí kulatého okénka, což při překročení jisté meze může způsobit jeho rupturu. Příznaky jsou opět dezorientace, krvácení uší, bolest uší. První pomoc je totožná s předchozím zraněním. Jako prevence poslouží výborné osvojení Valsavova manévru, aby nedocházelo ke zbytečnému přetížení vnitřního ucha.

4.3.4.3 Barotrauma očí

Toto postižení hrozí zejména při sestupu. Jelikož mezi maskou a obličejovou částí vznikla umělá dutina, musíme i v ní vyrovnávat tlak. Jedná se o jednoduchou, většinou automatickou činnost přifukování vzduchu do masky nosem. Při výstupu se přetlak automaticky vyrovná upouštěním vzduchu přes lícnici masky. Pokud potápěč opomine vyrovnávat tlak, vzniká při sestupu v masce podtlak, který způsobuje popraskání očních kapilár a zkrvavení očního bělma. Ačkoliv toto zranění vypadá děsivě, zpravidla není nebezpečné a ani není nutné vyhledat lékařskou pomoc. Při barotraumatu očí je možné se dále potápět, za předpokladu, že již nebude docházet k prohlubování tohoto stavu. Prevencí je instruktáž potápěčů ohledně vyfukování vzduchu, případně ponory bez masky.

4.3.4.4 Barotrauma plic z podtlaku (lung squeeze)

Jedná se o barotrauma, které je způsobené stlačením plic za své minimum. U výkonostních potápěčů je toto riziko aktuální od 40 metrů hlouběji. Při maximálním výdechu (reverse packingu) a následujícím ponoru však toto riziko hrozí již od 1,5 metru. Pokud je ponor proveden příliš rychle, nebo hlouběji, než je tělo potápěče zvyklé, může dojít k popraskání průdušnice, poškození plic, či dokonce zlomeninám žeber. Při rychlém vynořování také hrozí, efekt sekundárního topení ve vlastní krvi, která vyplňuje prostor plicních sklípků. Příznaky jsou vykašlávání krve, obtíže s dýcháním, zrychlený srdeční tep, dušnost, napětí v oblasti hrudního koše, šelesti na srdci.

Při lehkých příznacích není nutné vyhledat lékařskou pomoc, ale je nutné zamezit dalšímu namáhání dýchacího systému. Při těžších příznacích je nutné postiženého uvést do stabilizované polohy a bezprodleně vyhledat lékařskou pomoc. Prevencí v tomto případě je postupné posouvání limitů potápěče, přiměřená rychlost sestupu, výstupu a vhodné využívání reverse packingu.

4.3.5 Svalová křeč

Jedná se o nekontrolovaný stah svalu, či svalových skupin. V případě potápění jsou postiženy zejména dolní končetiny. Tento stav není život ohrožující, zpravidla ovšem znamená u freedivingu ukončení ponoru. Pro uvolnění svalové křeče, je doporučováno protažení dané svalové skupiny. Dále nevystavovat sval přílišné zátěži, případně provést uvolňovací cviky.

První pomoc v tomto případě vykonává sám potápěč, protažením dané svalové skupiny. Pokud není schopen křeč povolit, a dopravit se sám na hladinu, uchopíme potápěče zezadu za boky a sami ho tam dopravíme. Prevencí v tomto případě bývá zejména vhodná strava (dostatek hořčíku, vápníku), dostatečná izolace před chladem a dostatečná regenerace.

5. Závěr

Z této práce jednoznačně vyplývá, že nelze stanovit optimální metodu pro prodloužení času při potápění na nádech, jelikož každá technika slouží k dosažení svého cíle (prodloužení pobytu pod vodou) odlišným způsobem. Proto se jako vhodné východisko jeví kombinace těchto technik. Musíme však brát v potaz zvýšená rizika, která souvisejí s pokročilými metodami. Tyto rizika se zpravidla snižují s tréninkem a zvyšujícími se zkušenostmi potápěče. Proto jsou doporučené metody rozdělené do tří skupin: začátečníci, pokročilí a vysoce pokročilí. Je logické, že trénink vysoce pokročilého potápěče bude obsahovat ty nejefektivnější způsoby prodloužení pobytu pod vodou. Přesto je z bezpečnostního a zdravotního hlediska nutné, aby se k těmto technikám propracoval potápěč postupně.

Pro začátečníky je optimální metodou kombinace těchto technik:

- Trenink diving reflexu ve studené vodě s vhodnou tepelnou izolací, bez masky
- Aktivace blood shift phenomenu formou 50-60 sestupů během hodiny do hloubky 6 metrů.
- Zvýšení tolerance vůči hyperknapii formou hyperventilačních 3-4 nádechů u dynamické apnoe, 10 nádechy u statické. Dále mačkáním dlaně, či žvýkáním při nutnosti nádechu. V širším horizontu také vhodným tréninkem pro zvýšení tolerance na hyperknapii.
- Zvýšení tolerance vůči hypoxii formou opakovaných statických ponorů s dvouminutovými rozestupy a zvyšující se statickou apnoí.

U pokročilých potápěčů je optimální metodou kombinace těchto technik:

- Trénink diving reflexu ve studené vodě, s vhodnou tepelnou izolací, bez masky
- Aktivace blood shift phenomenu formou 50-60 sestupů během hodiny do hloubky 6 metrů.

- Zvýšení tolerance vůči hyperknapii a navýšení kyslíkové zásoby pomocí hyperventilace u dynamické apnoe 5-6 nádechy. Poté 1 reverse packing a těsně před ponorem využití techniky packingu. Při nutkání nádechu využít fyzického či psychického zatížení. Pro statickou apnoii provádíme 15 hyperventilačních nádechů, bez reverse packingu a packingu.
- Pro zvýšení tolerance vůči hypoxii využíváme opakované statické ponory s dvouminotvými rozestupy a zvyšující se statickou apnoí.

U velmi pokročilých potápěčů je pro maximalizaci pobytu při potápění na nádech optimální kombinace těchto technik:

- Trénink diving reflexu ve studené vodě, s vhodnou tepelnou izolací, bez masky.
- Aktivace blood shift fenomenu formou 50-60 sestupů během hodiny do hloubky 6 metrů.
- Zvýšení tolerance vůči hyperknapii a navýšení kyslíkové zásoby pomocí hyperventilace vysokoprocentního kyslíku za použití 1 hlubokého nádechu a 3 relaxačních. Pokud použití kyslíkové směsi pravidla zamezují, využíváme atmosferického vzduchu. Před zanořením u dynamické apnoe využíváme reverse packing a packing.
- Pro zvýšení tolerance vůči hypoxii využíváme opakované statické ponory s dvouminotvými rozestupy a zvyšující se statickou apnoí.

Čtenáři je také 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 jsou také popsány nejčastější stavy, traumata a nemoci související s potápěním na nádech, 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 negativními stavy 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 excercise 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. KOZÁKOVÁ, K. *Fyziologické aspekty potápění: zvláštnosti termoregulace při potápění*. Praha. Bakalářská 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. MILER, T., KAUFMAN, J. *Záchranářské minimum pro učitele a trenéry plavání a personál bazénů a koupališť*. Praha : KPS FTVS UK, 2005. 45 s. ISBN 80-903285-3-9.
11. MOUNTAIN, A. *Potápění*. Praha: Svotka & CO, 1998. 160 s. ISBN: 978-80-7352-722-8

12. PYŠ, Jan. *Potápění se základní výstrojí*. Praha : Karolinum, 1996. 36 s. ISBN 80-7184-174-9.
13. REJDOVAN, S. *Nemoci způsobené potápěním*. Praha bakalářská práce FTVS UK 2008. 58s.
14. SUCHOMELOVÁ, H. *Vliv vodního prostředí na změny tepové frekvence* Praha bakalářská práce FTVS UK 2009. 46 s.
15. SCHUSTER, Z. *Metodický postup při potápění na nádech*. Praha: Akcent, 2009 43 s.
16. VAISAR, B. *Potápěčská dýchací technika ve schématech*. Praha: Academia, 1987. 40 s.
17. VIRT, Roman; SKOUMAL, David. *Open water diver*. [s.l.] : IANTD, 2001. 97 s.
18. VONDÁŠEK, D. *Metodika potápění na nádech*. Praha magisterská práce FTVS UK 2011. 106 s.
19. VRÁTNÝ, Z. *Základy potápění, vybavení, potápěčské sporty*. Praha bakalářská práce UK FTVS 2005. 97s.
20. WEINECK, J. *Optimales training*. Erlagen: Fachbuch-Verlagesgesellschaft, 1983 ISBN 3-934211-75-5

Internetové odkazy:

URL ₁ <http://www.jarduvsvet.cz/jak_se_zanorit.htm obrazek 2> [11.4.2011]