

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

Bakalářská práce

2017

Marek Mikesz

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

FYZIOLOGICKÉ ASPEKTY FREEDIVINGU

Bakalářská práce

Autor: Marek Mikesz, Rekreologie – management životního stylu

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Olomouc 2017

Jméno a příjmení autora: Marek Mikesz

Název bakalářské práce: Fyziologické aspekty freedivingu

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Rok obhajoby: 2017

Abstrakt:

Tato bakalářská práce kompilačního charakteru, ve které byly použity poznatky z aktuálních odborných zdrojů, vznikla za účelem vytvoření uceleného studijního materiálu pro širokou veřejnost. V první části popisuje historii etnických skupin, pro něž byl freediving forma obživy a přežití. Následující kapitola se zabývá charakteristikou této disciplíny, v rámci které je čtenář obeznámen se soutěžním odvětvím tohoto sportu. Další kapitola popisuje fyziologické změny během ponoru, v které jsou popsána také patofyziologická rizika tohoto sportu a v neposlední řadě psychologické aspekty freedivingu.

Klíčová slova: freediving, apnea, potápění na nádech, fyziologie, patofyziologie, adaptace.

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Marek Mikesz

Title of the master thesis: Physiological aspects of freediving

Department: Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

The year of presentation: 2017

Abstract:

This compilation bachelor thesis was written for a purpose of creating comprehensive studying materials using latest latest up-to-date studies. The first part is about history of ethnic groups living from breath hold diving as a form of survival. Next chapter is oriented on characteristics of this discipline from competitive point of view. The last chapters describe the physiological and pathophysiological view of this sport, focus on the psychological findings has also been involved.

Keywords: freediving, apnea, breath-hold diving, physiology, pathophysiology, adaptation.

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedl jsem všechny použité literární a odborné zdroje a řídil jsem se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle.....	10
2.1	Dílčí cíle	10
3	Metodika	11
4	Historie nádechového potápění.....	12
4.1	Potápění ve starověku.....	12
4.1.1	Ama.....	12
4.1.2	Mořští nomádi.....	13
4.1.3	Adaptace	14
4.2	Potápění v novověku – Freediving	16
4.2.1	Charakteristika freedivingu.....	17
4.2.2	AIDA.....	17
4.2.3	Disciplíny.....	17
4.2.4	Světové rekordy	23
4.2.5	Výstroj.....	24
5	Fyziologické aspekty potápění na nádech.....	29
5.1	Akvatický potenciál člověka	29
5.2	Fyziologie dýchání	30
5.2.1	Vnější a vnitřní dýchání	30
5.2.2	Statické plicní objemy.....	31
5.2.3	Transport kyslíku a oxidu uhličitého	32
5.2.4	Regulace dýchání	33
5.2.5	Apnea – zadržetí dechu	33
5.2.6	Hypoxie – nedostatek kyslíku.....	34
5.2.7	Hyperventilace	35

5.2.8	Diving reflex	36
5.2.9	Evoluce vývoje konceptu dosažení maximální hloubky.....	39
5.2.10	Změny v organismu probíhající během působení tlaku na tělo	39
5.3	Fyziologie sleziny	41
6	Psychologické aspekty freedivingu.....	42
7	Patofyziologické jevy a nehody vznikající během freedivingu	43
7.1	Barotrauma	43
7.1.1	Rozdělení barotraumat	44
7.2	Dekompresní choroba.....	44
8	Závěry	47
9	Souhrn	48
10	Summary	49
11	Referenční seznam	50

1 Úvod

Soulad různých anatomických a fyziologických aspektů nám jako lidem dává výborné předpoklady pro potápění, které není běžné mezi suchozemskými savci. Potápění představuje přirozené jednání člověka, jako příklad si můžeme vzít novorozeně, které po ponoření do vody je schopno synchronně a přirozeně střídát fáze plavání pod vodou s fází nádechovou (Varveri, Karatzaferi, Pollatou, & Sakkas 2016).

Nádechové potápění (známé také jako apnea diving nebo freediving) je nejstarší známou formou potápění. Už od antických dob je pro různé etnické skupiny freediving otázkou přežití. Tyto skupiny stráví hodiny denně pod vodou, aby zabezpečily svoji rodinu, ať už jde o sběr potravin, mořských hub, perel nebo rybolov. V pozdější době se nádechové potápění začalo využívat také pro vojenské účely, záchranné mise na moři, až po dnešní podobu jako sportovně-rekreační aktivitu.

Oceán tvoří 71 % povrchu planety. Člověk doposud prozkoumal jenom pár procent této plochy, vlastníme detailnější mapy měsíce než našich vod (Abrahamsson & Schagatay, 2014). Hlavním důvodem, proč tomu tak je, je hydrostatický tlak, který v hlubinách moře panuje. Toto je i činitel, proč je freediving tak málo prozkoumaný a také proč lidi tak láká tato aktivita – je to svoboda pohybu a nekonečný prostor, který mohou objevovat. Freediving odjakživa ohromoval vědce, kteří se touto tematikou zabývali. V momentě, kdy stanovili na základě výzkumu maximální hloubku, do které se člověk mohl potopit, se stalo to, že člověk opět překonal všechna očekávání a pokořil tuto hranici o desítky metrů. Tyto činy vědce přinutí k tomu, aby znovu pokračovali ve studiu této záhadné disciplíny. V momentě, kdy se jedinec ponořil do hloubky 254 metrů na nádech, stanovil nový milník tohoto odvětví a motivaci spojenou s úžasem, čeho je člověk schopný a kam až může posunout zdánlivé fyziologické hranice. Všechny tyto faktory mě natolik zaujaly, že jsem se rozhodl tuto málo zkoumanou disciplínu popsat a rozšířit povědomí o této nádherné aktivitě.

V této práci se budu zabývat historií etnických skupin z Japonska, tzv Ama potápěček, korejských žen a indonéských mořských lidí – Sama Bajaou, samostatnou kategorií bude nádechové potápění na profesionální úrovni. Budu porovnávat, jak se potápění vyvinulo od úrovně lidského přežití až po rekreační aktivitu, se svým zázemím, s různými disciplínami a profesionálním vybavením. V kapitole fyziologie se budu zabývat nejnovějšími výzkumy a bádáním vědců a zahrnu též adaptační změny organismu na opakované ponory, ať už na

rekreační nebo pracovní úrovni. Opakované ponory do extrémních hloubek s sebou nesou velké nebezpečí a mohou způsobit vážné akutní zdravotní problémy a jiné patofyziologické jevy, které popisují na konci práce.

2 Cíle

Cílem této bakalářské práce je vytvořit kompilační text opírající se o zahraniční studie, který popíše problematiku freedivingu s potenciálem pro základní orientaci a vhléd do dané disciplíny.

2.1 Dílčí cíle

- Vytvořit text, který umožní základní orientaci v této disciplíně.
- Seznámit s nejnovějšími poznatky o freedivingu.
- Popsat historii nádechového potápění.
- Charakterizovat freediving a jeho oficiální disciplíny.
- Popsat základní fyziologické a patofyziologické aspekty freedivingu.

3 Metodika

Ve své práci jsem vycházel z obsahové analýzy dokumentů. Pro sběr zdrojů jsem použil vědeckých databázi EBSCO, MEDLINE a Proquest. Výsledky hledání jsem pak následně třídil podle relevance, roku vydání a shodou s tematikou práce. Ačkoliv výsledků bylo mnoho, jen zlomek odborných textů se týkal výhradně nádechového potápění. Proto jsem čerpal také z literárních pramenů zabývajících se přístrojovým potápěním. Cenným informačním zdrojem pro mě také byly internetové stránky a diplomová práce (Schuster, 2009) zabývající se freedivingem. Nalezené poznatky jsem roztrídil do jednotlivých kapitol, aby byl vytvořen ucelený text.

4 Historie nádechového potápění

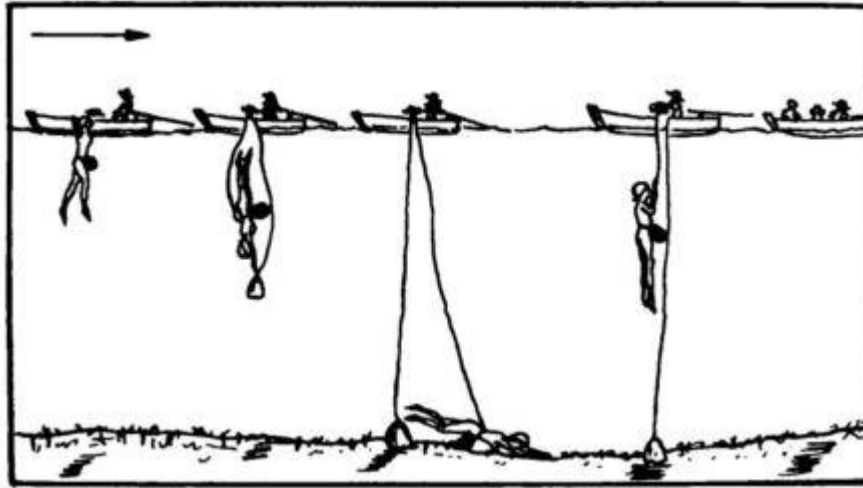
4.1 Potápění ve starověku

Historie nádechového potápění se datuje 2000 let zpátky, první zdroje o potápění japonských žen zvaných Ama jsou datovány už do 3. století před Kristem (Yokoyama & Rahn, 1965). Do této skupiny patří taktéž korejské Hae Nyo nebo mořští nomádi z indonéských vod Sama – Bajau, jejichž kultura se datuje na 1000 let stáří (Abrahamsson & Schagatay, 2014). Tito mořští sběrači se opakovaně den co den hodiny potápějí s žádným nebo jen nutným vybavením (často velmi primitivním). Aby dosáhli co největšího úspěchu, snaží se potápěči docílit co nejdelšího času, který stráví pod vodou lovem nebo sběrem plodů (Schagatay, 2014).

4.1.1 Ama

Ama, neboli v japonském překladu oceán, je jméno pro japonské rybáře, kteří lovili s pomocí vlastních sil na jeden nádech. Toto zaměstnání připadlo ženám, muži se zabývali lovením ryb z bezpečí svých lodí nebo na břehu. Tvořili také jeden z prvních buddy systémů (proces, kdy dvě osoby pracují jako jedna, dávají na sebe pozor a jsou schopny kdykoliv zakročit a pomoci tomu druhému), kde pomáhali většinou svým partnerkám s úlovky nebo během ponoru. Jejich rutina vypadala následovně: během čtyřhodinové směny strávily přibližně 120 minut pod vodou (kdysi tyto časy byly ještě větší – 6-8 h, ale vzhledem k regulaci rybolovu byla celková doba omezena na 4 h), průměrná délka ponoru se pohybovala kolem 40 sekund (Yokoyama & Rahn, 1965). Musím také zdůraznit, že průměrná teplota vzduchu se pohybuje okolo 12°C v zimě, 20°C v létě a teplota vody okolo 23°C. Japonky se většinou potápěly nahé, nebo jen s minimální pokrývkou těla, proto si vytvořily unikátní obranu proti chladu jako výsledek dlouhé adaptace (viz adaptace). Během stovek let si osvojily různé pomůcky a „vychytávky“, které jim umožnily se potápět déle, méně odpočívat, klesat rychleji, prostě řečeno mít co největší ekonomický zisk. Mezi tyto konfigurace patřil výše zmíněný buddy systém – nejpokročilejší metoda sběru - funado, během kterého sestupovaly na dno se závažím, což jim umožnilo rychlé ponoření, dosažení větší hloubky až 25 m a pak následné vynoření po laně, které táhl její pomocník na lodi (Yokoyama & Rahn, 1965). Aby mohly potápěčky zabezpečit svou rodinu, musely se držet ve výborné kondici. Nejednalo se jen o fyzické zdraví, ale i mentální, tato práce vyžaduje maximální soustředěnost a uklidnění těla před každým

ponorem. Ženy vykonávaly svou práci většinou po celý život, mezi aktivní potápěčky se řadí ženy překračující hranici 60, 70 i 80 roků. Schagatay při výzkumu v místní vesnici potkal 97letou ženu, která se ještě aktivně potápěla, sice jen do malých hloubek, ale i tento výkon je úžasný pro takto úctyhodný věk.



Obrázek 1. Technika funado (Yokohama & Rahn, 1965)

4.1.2 Mořští nomádi

Mořští lidé neboli Bajau Laut jsou zkušené potápěči, žijící na teritoriu filipínských ostrovů, Malajsie a Indonésie, kteří si díky nádechovému potápění zajišťují potravu harpunováním (Abrahamsson & Schagatay, 2014). Život těchto lidí je úzce spojen s oceánem, jejich příbytky jsou buď postaveny uprostřed moře, nebo je tvoří síť hausbótů. Celý jejich život se točí kolem potápění, se kterým děti už začínají ve velmi brzkém věku, některé dokonce dřív, než se naučí chodit. Některé zdroje dokonce udávají, že matky rodily přímo do vody. Díky teplému klimatu nevyužívají nomádi žádné speciální vybavení, jenom plavky, podomácku vyrobenou harpunu a plavecké brýle (Abrahamsson & Schagatay, 2014).

Jejich ponory se pohybují od 3–30 m, protože v této hloubce je moře nejvýživnější, poskytuje největší spektrum potravy ryb, mořských řas apod. Průměrný čas strávený pod vodou během pracovní směny může činit 5 h a více podle úlovku. Toto číslo je ohromující a unikátní mezi komunitami, které se živí nádechovým potápěním. Nomádi tedy stráví ve vodě 2-9 h buď aktivním potápěním, nebo přípravou na ponor (Schagatay, 2014). Během tohoto času jsou schopni nasbírat 1 až 8 kg mořských plodů. Vzhledem ke klimatickým změnám a extrémnímu rybolovu se počet ryb zmenšuje a tím pádem se i prodlužuje doba, kterou musí strávit ve vodě. Bohužel k některým změnám přispívají i samotní lidé z této komunity, kteří s vidinou velkého

výdělku (prodej ryb akvaristům) se uchylují k ilegálním metodám odchytu ryb jako např. odpalováním podvodních bomb nebo za použitím metody kyanidu pro omráčení ryb. Ničí tak svoje prostředí, svůj domov, svoje živobytí.



Obrázek 2. Typický mořský lovec, používající dřevěné plavecké brýle a klasickou harpunu Loader (2012)

4.1.3 Adaptace

Opakované ponory, které jsou nezbytné k tomu, aby si tito lidé zajistili živobytí, vyžadují několik fyziologických adaptací. Tito lidé musí mít zvýšenou kapacitu kumulovat O_2 a CO_2 , omezit funkci metabolismu prostřednictvím potápěcího reflexu, mít toleranci na zvýšený parciální tlak kyslíku (pO_2) a oxidu uhličitého (pCO_2) a schopnost rychlého zotavení po hypoxii (nedostatek kyslíku pro tělesný metabolismus). Musí také mít výbornou funkci všech sensorů např. kvůli vyrovnávání tlaku, který jim pomáhá se efektivně pohybovat pod vodou. Člověk je teplotkrevným organismem proto zvýšená tolerance vůči zimě je nezbytná a jedna z hlavních adaptací (Schagatay, 2014).

4.1.3.1 Adaptace na chlad

Jak jsem se zmínil v předchozím odstavci, Ama se potápěly buď nahé, nebo používaly bavlněné obleky, když k tomu připočítáme, že se potápěly i v zimě v teplotách okolo 10°C, bylo jejich tělo denně vystavováno extrémnímu stresu v podobě velmi chladných pracovních podmínek. Jak bylo výzkumem zjištěno, podkožní vrstva tuku zůstávala v normálu v porovnání s nepotápějícími se ženami v Japonsku, proto adaptace nespočívala ve vytváření větších tukových vrstev, tak jako u mořských savců, ale ve větší odolnosti na chlad a lepší schopnosti izolovat tělo. CWT (critical water temperature) můžeme charakterizovat jako teplotu, při níž je tělo ponořené ve vodě po dobu tří hodin, aniž by se začalo chvět zimou. Efekt, kdy kožní perfúze (průtok krve pokožkou) dosahuje minima a tělesná izolace maxima. CWT u průměrného amerického občana s 4mm vrstvou podkožního tuku činí okolo 33-34°C, u Ama s 2mm vrstvou je tolerance pod 30°C bez jakéhokoliv náznaku, že je tělo vystavené tak nízké teplotě. Tato fakta nasvědčují tomu, že tělo bylo schopné silnější periferní vazokonstrikce, potápěčky měly nižší bazální metabolismus a zredukovanou tepelnou ztrátu skrze končetiny. Všechny tyto adaptace se udály nezávisle s nádechovým potápěním, díky vystavení těla chladu. Je pozoruhodné, že neoprenový oblek umožňující větší tepelnou izolaci těla zapříčinil ztrátu této adaptace a zánik unikátní schopnosti lidského těla (Ferretti & Costa, 2003).

4.1.3.2 Adaptace respiračního systému

Ačkoliv nebyly zjištěny žádné převratné informace týkající se respiračního systému, předpokládá se, že díky vystavení velkému parciálnímu oxidu uhličitého, k takovým změnám určitě dochází (Ferretti & Costa, 2003). Pro všechny potápěče živící se tímto řemeslem není úplně prospěšné, aby měli vytvořenou velkou imunitu vůči asfyxii nebo hypoxii, protože vedlejší produkty těchto jevů by jim znemožnily kontinuální potápění a došlo by ke snížení produktivity práce. Potápěči mají proto vytvořené nějaké přirozené schéma, které jim umožňuje se opakovaně vystavovat vyššímu parciálnímu tlaku, aniž by museli tvořit větší pauzy mezi ponory (Schagatay, 2014). Avšak bylo jasně prokázáno u skupiny Ama, že dochází ke zvětšení plic, které jim umožňuje kumulovat větší množství kyslíku a díky tomu regulovat vztlak – schopnost udržet se na hladině. Pro tyto potápěče je totiž velice nepřínosné, když musí překonávat veliký vztlak kvůli velkému obsahu vzduchu v plicích, proto se nadechují jen do 85 % celkové kapacity plic (Schagatay, 2014).

4.1.3.3 Zrak

Jedním z nejpodstatnějších smyslů nejen pro rybáře a potápěče je zrak. Základním předpokladem pro úspěšný lov je najít potravu. Obecně řečeno schopnost člověka vidět pod vodou není moc dobrá. Avšak mořští nomádi si tuto vlastnost výborně osvojili (Abrahamsson & Schagatay, 2014). Někteří členové se potápějí bez brýlí, a proto došlo k adaptaci zraku. Podle Schagataye (2014) jsou jejich děti schopné pod vodou vidět dva krát tak lépe, než je tomu u evropských dětí a nadto jsou tolerantnější vůči soli v mořské vodě. Můžeme předpokládat, že do doby, než se na trhu objevily plavecké a potápěčské brýle, se tato vlastnost projevovala u všech kultur žijících se prostřednictvím nádechového potápění.

4.2 Potápění v novověku – Freediving

Jak vznikl freediving jako způsob živobytí, už jsem zmínil v předešlých kapitolách. Novodobý freediving můžeme datovat od roku 1911. Tehdy v řeckém přístavu zůstala armádní loď bez kotvy poté, co se během velké bouře utrhl. Kapitán proto svolal místní rybáře a nabídl jim finanční odměnu, pokud kotvu najdou a zaháknou lanem. Řecký rybář Yorgos Haggi Statti stanovil tehdy první rekord, který činil 77 m. Této hloubky dosáhl přivázáním závaží k pasu a následně vytažením po laně zpět na hladinu. Yorgos se poté stal slavný jako „otec freedivingu“. Během druhé světové války disponovala italská armáda jednotkou potápěčů, jejichž úkolem byla lokalizace a následné zneškodnění podvodních min. Moderní historie soutěžního freedivingu začíná rokem 1949, kdy se Maďar Raimondo Bucher potopil do hloubky 29 metrů a stanovil tím nový milník. Ve stejném roce pak založil sport freediving. Nádechové potápění, tak jak ho známé dnes, získalo svou popularitu během konce 20. století, kdy se dostalo do povědomí více lidí, byly vymyšlené nové pomůcky, disciplíny a samozřejmě lepší vybavení (Dujic, Breskovic, & Bakovic, 2013) Postarali se o to Enzo Maiorka a James Mayola. Tyto dvě osobnosti udělaly na scéně freedivingu velký převrat. Prvním rekordem, který činil 50 m, dal Enzo všem najevo, že přišla nová generace potápěčů. V pozdějších letech se tito dva potápěči předháněli rekordy a většími hloubkami o kterých se myslelo, že jsou fyziologicky pro člověka nepřekonatelné. V roce 1976 byla poprvé překonána magická hranice 100 metrů. Později v roce 1990 pak byla založena světová freediving asociace s názvem AIDA. Mezi poslední rekordy patří překonání hranice 250 metrů rakouskou legendou Herbertem Nitschem, avšak přes

všechna bezpečnostní opatření Herbert během ponoru utrpěl těžkou dekompresní nemoc, která ukončila jeho profesionální kariéru (Ferretti, 2001).

4.2.1 Charakteristika freedivingu

Dvořáková a Svozil (2005) charakterizují freediving jako volné potápění, neboli výkonnostní formu šnorchlování. Rekreační potápění neklade důraz na věk, pohlaví nebo fyzickou kondici. Jde hlavně o mentální a duševní rozpoložení člověka. Naučit se, jak se pod vodou chovat, jak uklidnit svoje myšlenky, tělo a užívat si přítomný okamžik pod vodou. Závodní freediving na druhou stranu klade na tyto hodnoty vysoký důraz.

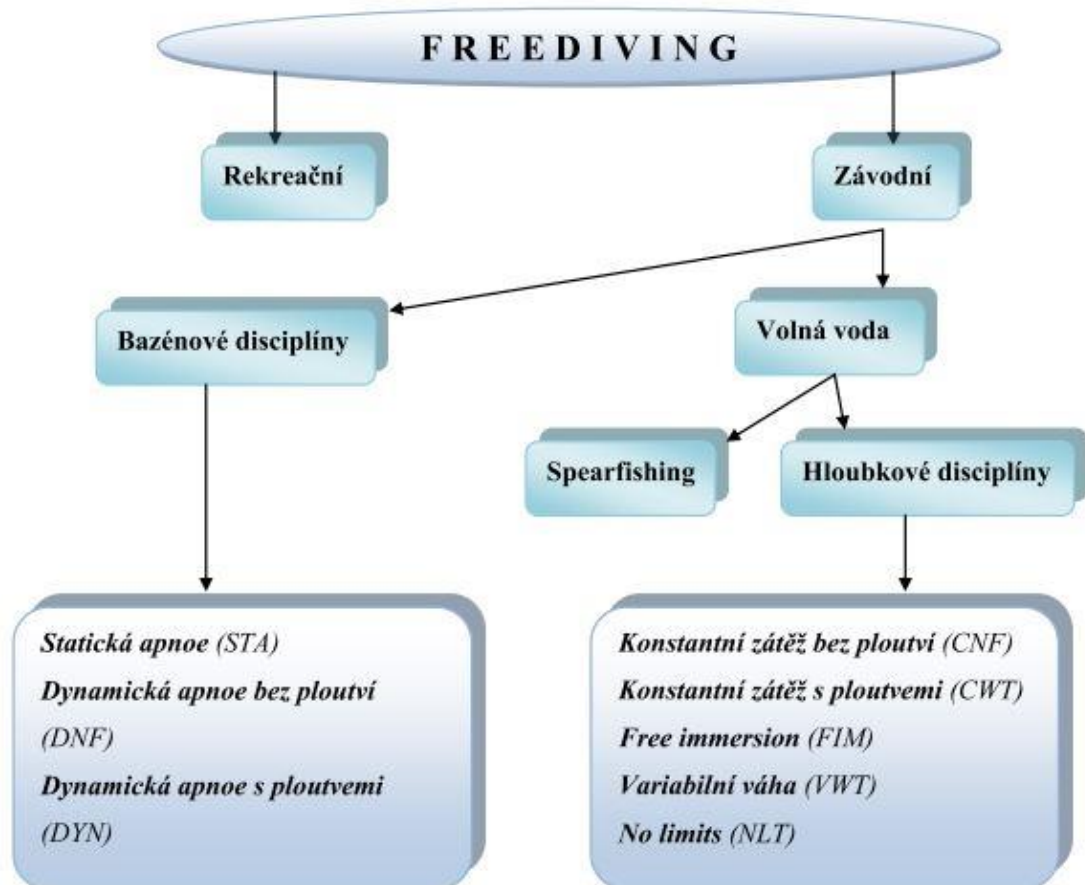
Tento sport je o poznání sebe samého a využívání extrémních podmínek pro poznání svého těla. Ačkoliv všechno nasvědčuje tomu, že tento sport nabízí extrémní adrenalinový zážitek, je tomu naopak. Nic o tom, že tento zážitek je nepřekonatelný, ale adrenalin je naopak velmi nežádoucí v této disciplíně. Jak už bylo zmíněno, je to velmi klidný sport, který vyžaduje velkou dávku soustředění a sebezapření.

4.2.2 AIDA

AIDA (Association Internationale pour le Développement de l'Apnée), tato organizace zastřešuje světovou asociaci freediverů, která byla založena v roce 1990. AIDA organizuje závody, registruje nové členy a závodníky, rozšiřuje povědomí o tomto sportu, vytváří tak základnu pro stávající i nové členy. Jako jediná organizuje mistrovství světa v nádechovém potápění a vytvořila pravidla, která musí být během soutěži dodržována. Bylo vytvořeno 8 základních disciplín, které můžeme dělit na bazénové a hloubkové disciplíny, o kterých budu mluvit v dalších kapitolách (Ostrowski et al., 2012).

4.2.3 Disciplíny

Freediving můžeme rozdělit do dvou kategorií: rekreační a závodní (viz obrázek 3). Závodní odvětví se během posledních dvou dekad rozšířilo o mnoho disciplín.



Obrázek 3. Dělení nádechového potápění (Schuster, 2009, s.68)

4.2.3.1 Bazénové disciplíny

- **Statická apnoe (STA)** – cílem této disciplíny je zadržet dech na co nejdelší dobu, během pokusu musí být ponořený celý obličej. Obvykle se provádí v poloze, kdy se závodník vznáší na hladině, nebo stojí na dně. Je to jediná disciplína, která je založena pouze na času, nikoliv na vzdálenosti. Tato disciplína už nepatří striktně mezi bazénové, ale závodí se také na otevřené vodě. Během této disciplíny je nutné mít neoprenový oblek, aby nedošlo k prochladnutí organismu (AIDA competitive freediving, 2017)



Obrázek 4. Statická apnoe Clent (2016)

- **Dynamická apnoe (DYF)**- dělíme na DYN – disciplínu s ploutvemi a DNF bez ploutví. Dva typy ploutví jsou povolené, speciální dlouhé ploutve nebo monoploutev. Cílem této disciplíny je uplavat co největší vzdálenost na jeden nádech. Kratší délka bazénu může tvořit výhodu pro DNF, kdy se závodník může vícekrát odrazit od stěny a díky setrvačnosti tak může urazit větší vzdálenost. Pro plavce soutěžící v DYN to může být překážka, protože jeho výkon je přerušen obrátkou, během které nelze provést odraz (AIDA competitive freediving, 2017).



Obrázek 5. Dynamická apnoe Ewan (2016)

4.2.3.2 Hlubkové disciplíny

Pro tyto disciplíny je nutné mít otestovaný oficiální hloubkoměr a po ukončení ponoru odevzdat cedulku, na které je napsaný údaj s příslušnou hloubkou. Tato cedulka se nachází na cílové desce, která je umístěna v hloubce podle toho, o jak hluboký ponor se potápeč pokusí.

- **Konstantní zátěž bez ploutví (CNF)** - nejtěžší ze všech kategorií, jejímž cílem je dosažení co největší hloubky, aniž by freediver odhodil závaží, pomohl si ploutvemi, jde čistě o excelentní prsovou techniku. Tato disciplína je příkladem perfektní techniky freedivera (AIDA competitive freediving, 2017).



Obrázek 6. Konstantní zátěž bez ploutvi Koe (2016)

- **Konstantní zátěž s ploutvemi (CWT)** – stejný princip jako u CNF, nadto jsou povoleny ploutve, jinak konstantní váha zůstává stejná. Tyto dvě disciplíny jsou považovány jako měřítko výkonnosti a zdatnosti (AIDA competitive freediving, 2017).
- **Free immersion (FIM)** – freediver využívá pro ponoření i vynoření pouze vlastní síly. Během ponoru nejsou povolené ploutve, ale je k dispozici lano, kterým si může freediver libovolně pomáhat. Je to velmi uklidňující a technicky méně náročná disciplína, proto se těší tak veliké oblibě. Potápeči ji rádi využívají jako tréninkovou metodu pro osvojení různých technik (AIDA competitive

freediving,2017).



Obrázek 7. Free immersion Whelan (2016)

- **Variabilní váha (VWT)** – závodník se potápí pomocí speciálního závaží, které ho táhne dolů, výstup zpátky zajišťuje svými vlastními silami. Pro sestup je využito speciální zařízení nazývané sled (v doslovném překladu sáňky). VWT je provozována pouze jako pokus o rekord, není soutěžní disciplínou (AIDA competitive freediving, 2017).

- **No limitis (NLT)** – jak už samotný název napovídá, pro dosažení maximální hloubky nejsou stanovené žádné limitující podmínky. Jako v předešlé kategorii se používá speciální sled, který pomáhá co nejrychleji sestoupit. Pro výstup na hladinu se používá různé zařízení np. balónu naplněného vzduchem. Tato disciplína je velmi nákladná a náročná na bezpečnost (AIDA competitive freediving, 2017).

Herbert Nitsche pod záštitou firmy Breitling sestrojil unikátní sled, který ho svezl do neuvěřitelné hloubky 254 m. Bohužel na zpáteční cestě Herbert omdlel a nestihl tak dekompresní zastávku, což mělo za příčinu silnou dekompresní nemoc a také neplatný pokus (Tetzlaff, Schöppenthau, & Schipke, 2017). Tato disciplína se stala v historii osudnou pro více závodníků, ale bohužel s rostoucí konkurencí a trendem potápět se pořád níž, stoupá popularita i riziko této disciplíny.



Obrázek 8. No limit Nitsche (2012)

4.2.4 Světové rekordy

Doba, kdy se o světové rekordy předháněla hrstka závodníků, je dávno za námi. Dnešní konkurence je obrovská, freediving se stal velmi populární, a proto se může stát, že se během roku na čele tabulky vystřídá několik závodníků. Rekordy svědčí o tom, jak velkou mírou je člověk schopen adaptovat lidský organismus, aby dosáhl takovýchto výsledků.

Tabulka 1. Aktuální světové rekordy k 20. červenci 2017 (<http://www.freedive-earth.com/aida-freediving-world-records>)

Constant weight Apnea Without Fins (CNF)	
Rekord: 102 m Jméno: William TRUBRIDGE (NZL) Datum: 2016-07-20	Rekord: 72 m Jméno: Sayuri KINOSHITA (JPN) Datum: 2016-04-26
Constan Weiht Apnea (CWT)	
Rekord: 128 m Jméno: Alexey MOLCHANOV (RUS) Datum: 2013-09-19	Rekord: 101 m Jméno: Natalia MOLCHANOVA (RUS) Datum: 2011-09-23
Dynamic Apnea Without Fins (DNF)	
Rekord: 244 m Jméno: Mateusz MALINA (POL) Datum: 2016-07-02	Rekord: 185 m Jméno: Magdalena SOLICH (POL) Datum: 2016-07-02
Dynamic Apnea (DYN)	
Rekord: 300 m Jméno: Mateusz MALINA (POL) Datum: 2016-07-03	Rekord: 237 m Jméno: Natalia MOLCHANOVA (RUS) Datum: 2014-09-26
Static Apnea (STA)	
Rekord: 11 min 54 sec Jméno: Branko PETROVIC (SRB) Datum: 2014-09-07	Rekord: 9 min 02 sec Jméno: Natalia MOLCHANOVA (RUS) Datum: 2013-06-29
Free Immersion Apnea (FIM)	
Rekord: 124 m Jméno: William TRUBRIDGE (NZL) Datum: 2016-02-5	Rekord: 92 m Jméno: Jeanine GRASMEIJER (NL) Datum: 2016-09-06
Vaiable Weight Apnea (VW)	
Rekord: 146 m Jméno: Stavros KASTRINAKIS (GRE) Datum: 2015-10-01	Rekord: 130 m Jméno: Nanja VAN DEN BROEK (NLD) Datum: 2015-10-18
No Limits Apnea (NLT)	
Rekord: 214 m Jméno: Herbert NITSCH (AUT) Datum: 2007-06-14	Rekord: 160 m Jméno: Tanya STREETER (USA) Datum: 2002-08-17

4.2.5 Výstroj

Výstroj není zdaleka tak komplikovaná nebo obsáhlá jak je tomu u přístrojového potápění, ačkoliv pro rekreační potápění bychom si vystačili pouze se základní ABC výstrojí, čili ploutve, maska, šnorchl, pokročilé výkony, zejména na profesionální úrovni, vyžadují sofistikovanější vybavení. Patří mezi ně speciální neopren, zátěžový systém a další vymoženosti, které byly během moderní éry freedivingu vymyšlené. Celá výstroj má poskytovat lepší podmínky přežití pod vodou, komfort, zvýšit bezpečnost a v neposlední řadě pozitivně ovlivnit výkon. Doba, kdy na trhu byl pouze úzký výběr vybavení, je dávno za námi, aktuálně je trh skoro tak obsáhlý jak trh s vybavením pro přístrojové potápění.

4.2.5.1 Maska

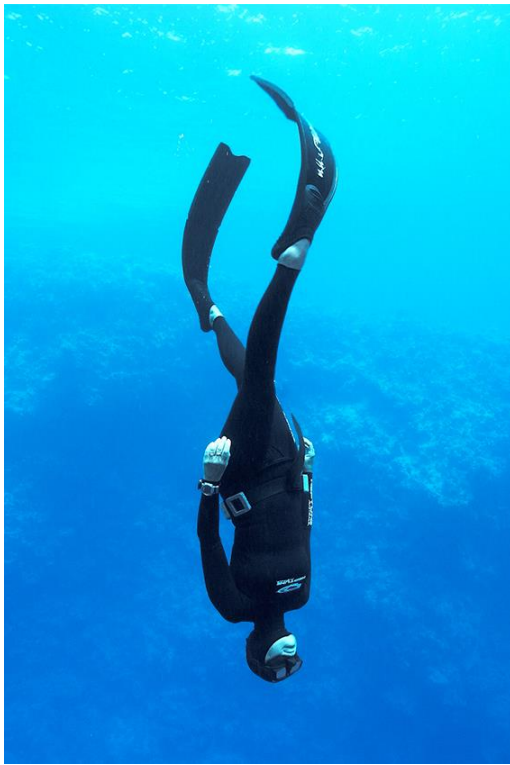
Jedním z nejdůležitějších aspektů během ponoru je mít přehled, co se děje kolem a samozřejmě obdivovat vodní svět. Pro freediving je důležité, aby maska měla co nejmenší vnitřní objem z důvodu bezpečnosti – menší objem zabrání barotraumatu očí a uspoří cenný vzduch při vyrovnávání tlaku během vdechování vzduchu do masky. Samozřejmostí je komfort, který musí maska poskytovat, proto je důležité před nákupem masku dobře vyzkoušet.

4.2.5.2 Oblek

Neoprenový oblek zajišťuje tepelný a mechanický komfort. Pro tento hlavní účel je přizpůsobený materiál, střih obleku i způsob, jakým oblek izoluje. Materiál vhodný pro tyto účely musí být velmi elastický. Základem obleku jsou dvě části vysoké kalhoty a horní díl s integrovanou kuklou (Pelizzari & Tovagliari, 2005). Tyto obleky jsou specifické svými materiály. Vnitřní hladký materiál, ačkoliv se hůř obléká, svou přilnavostí vytváří „druhou kůži“, čímž zajišťuje větší tepelný komfort. Vnější povrch je spíše otázkou podle použití, hladký s menším odporem vody pro profesionální závodníky a s textilním povrchem pro delší výdrž obleku. Samozřejmě nejlepší možnost a funkce obleku bude zajištěná ušitím na míru. Standardní tloušťka se pohybuje mezi 1,5–5 mm. Větší tloušťka má sice lepší izolační vlastnosti, avšak značně omezuje komfort pohybu.

4.2.5.3 *Ploutve*

Základní prvek freedivingu, ploutve, umožňují pohyb potápěče pod vodou i na hladině. Jsou hlavním zdrojem kinetické energie a schopnosti manévrovat pod vodou. Freedivingové ploutve jsou specifické hlavně svojí délkou, která dosahuje až 90 cm, flexibilitou a použitým materiálem (plast, laminát a karbonový kompozit). Karbon je nejoblíbenějším materiálem kvůli jeho výborné pevnosti a pružnosti v poměru k hmotnosti. Větší a tvrdší list ploutví je charakteristický pro hloubkové potápění a pro silnější freedivery. Měkčí a kratší jsou pak určeny pro mělké nebo bazénové ponory kvůli lepší manévrovatelnosti (Pelizzari & Tovaglieri, 2005).



Obrázek 9. Dlouhé ploutve
(www.freedivexpert.com)



Obrázek 10. Monoploutev Magee(2012)

Monoploutev je kategorie sama o sobě. Samozřejmostí je výborná technika delfinového kopu, bez této dovednosti je plavání kontraproduktivní a velmi náročné. Velikost ploutve se pohybuje okolo 70x70 a 15 cm na šířku, proto poskytuje unikátní zážitek z plavání a ladnost pohybu.

4.2.5.4 Šnorchl – dýchací trubice

Podle Zajace (2017) je šnorchl nedílnou součástí vybavení a používá se pro dýchání na hladině a těsně před zanořením se „vyplivne“ z úst. Freediverská výstroj by měla být co nejjednodušší, proto se nepoužívá šnorchl s ventilem, ale obyčejná trubice. Šnorchl by měl mít co nejmenší hydrodynamický odpor a měl by se dát dobře uskladnit během ponoru, aby potápěči nepřekážel.

4.2.5.5 Opasek a zátěžový systém

Zátěžový opasek je nedílnou součástí vybavení. Bez nich by sice ponor byl možný, ale byl by velmi energeticky náročný a nekomfortní. Hlavní funkcí závaží je vyvážení vztlaku výstroje a lidského těla. Pro freedivingový pásek je charakteristické to, že je vyrobený z pružného materiálu, a to z gumy nebo ze silikonu. Elasticita je důležitá kvůli přizpůsobení opasku k tělu, protože se zvyšujícím se okolním hydrostatickým tlakem dochází k deformaci těla. Samozřejmostí je taky bezpečnostní přezka, která v nesnázích pomocí jednoho zatažení uvolní opasek. Zátěž se volí podle tloušťky neoprenu, typu ponoru, lokality a zkušeností (Zajac 2017).

4.2.5.6 Měřicí technika, počítače

Mezi základní funkce freedivingových hodinek patří: měření hloubky, čas ponoru, povrchový interval (minuty: sekundy), počet ponorů a teplota vody. V pokročilých modelech pak najdeme funkce jako měření sestupové a výstupové rychlosti, dekompresní funkci ve smyslu hlídání povrchového intervalu, funkci warm upů pro prevenci poškození plic z podtlaku, měření tepové frekvence freedivera, několik hloubkových alarmů, alarmy sestupové a výstupové rychlosti a mnoho dalších. Samozřejmě nesmí chybět základní funkce hodinek, stopky a countdown timer (Zajac 2017). Všechny tyto funkce poslouží k tomu, abychom nashromážděná data využili jako zpětnou vazbu pro trénink a záznamy o našem ponoru.

4.2.5.7 Ostatní pomůcky a vybavení

Mezi ostatní pomůcky řadíme nosní klip(skřípec), bezpečnostní úvazek, nůž a bójku. Skřípec na nos zabraňuje vniknutí vody do nosní dutiny a usnadňuje vyrovnávání tlaku ve středouší bez pomoci rukou. Je taky hojně využíván během bazénových disciplín pro potápění pouze v plaveckých brýlích. Bezpečnostní úvazek – krátké lanko, které má freediver uchycené na zápěstí a karabina na druhém konci je uchycena na sestupové lano. Úvazek je povinnou součástí hloubkových disciplín, kterou zavedla AIDA. Mezi další bezpečnostní prvky patří nůž, který slouží spíše jako pojistka při potápění v neznámých vodách, ať už kvůli sebeobraně nebo při zapletení do rybářské sítě. Pro nádechového potápěče je nesmírně důležité, aby měl místo potápění řádně označené. Pro trénink hloubky se používá speciální freediverská bójka s lanem a zátěží. Měla by být opatřena teleskopickou tyčí s potápěčskou vlajkou dobře viditelnou i při mírně zvlněné hladině. Podle pravidel by se plavidla plující kolem neměla přiblížit na méně než 25 metrů (Zajac 2017).

4.2.5.8 *Nové trendy*

S rostoucí popularitou a růstem trhu ve freedivingové sféře byly vynalezeny různé nové pomůcky a vybavení. Mezi ně patří například speciální monoploutev Lunocet zobrazena na obrázku 12. Tato ploutev byla navržena na základech delfíní ploutve. Ploutev je odnímatelná a připevňuje se na cyklistické boty. Kopíruje tvar, geometrii, měřítko i morfologickou dynamiku. Umožňuje tak plavat rychleji, ale s menší vynaloženým úsilím. Další novinkou jsou speciální rukavice Darkfin – obrázek 11/12, které vytváří speciální blánu mezi prsty a zvětšují tím záběrovou plochu.



Obrázek 11. Darkfingloves (dakfinglovesblog.com)



Obrázek 12. Lunocet
(dakfinglovesblog.com)



Obrázek 13. Darkfingloves
(dakfinglovesblog.com)

5 Fyziologické aspekty potápění na nádech

V této kapitole popíšu fyziologii dýchání a co se děje v hypoxických podmínkách při zadržení dechu. Potom nastupuje ponor a s ním spojený diving reflex (potápěcí reflex), během kterého se sníží srdeční činnost – tepová frekvence (bradykardie), což zapříčiní snížení spotřeby energie a kyslíku. Se zvyšující se hloubkou roste též hydrostatický tlak na tělo. Proto popíšu, jak tělo pomocí vazokonstrikce a dalších tělesných funkcí bojuje s tímto faktorem. Svou roli během ponoru odehrává i slezina, její unikátní funkce tím pádem nemůžou být nezmíněné. Během tréninků a soutěží si závodníci vytvářejí specifické adaptace, některé tudíž zmíním a blíže popíšu.

5.1 Akvatický potenciál člověka

Než vůbec začnu popisovat tento jev, je důležité vymezit, co vůbec pojem akvaticita ve spojení s člověkem znamená. Podle Varveri, Karatzaferi, Pollatou, & Sakkas (2016) akvaticita je schopnost suchozemského savce fungovat, pracovat a přizpůsobit se vodnímu prostředí. Úroveň adaptace záleží na mentálních a fyzických předpokladech jedince a četnosti vystavení se akvatickému prostředí.

Vývoj člověka je už od pravěku spojen s vodou. Teorie o tom, že předchůdci člověka pochází z vody, je stará tisíce let. Naše tělo není tak skvěle přizpůsobené, jak je tomu u zejména mořských savců, ale v rámci suchozemských savců naše akvaticita patří k těm nejlepším. Člověk se nemůže chlubit vlastnostmi, jako mají mořští živočichové, zejména kytovci, kteří dokážou vydržet pod vodou hodiny a potápět se do stovek metrů. Avšak mentálním a fyzickým tréninkem se může k těmto výkonům v jisté míře přiblížit. Nejdůležitější vlastnost, kterou si neseme už od pravěku která umožňuje adaptabilitu člověka ve vodním prostředí, se nazývá diving reflex (potápěcí reflex nebo potápěcí odpověď). Jde o souhrn psychicko-fyzických změn vedoucí k redukci spotřeby kyslíku, snížení úrovně aktivity metabolismu, srdeční činnosti atd. Všechny tyto předpoklady dávají člověku značný potenciál, který bohužel zůstává pro většinu populace nepoznán (Exner, 2002).

5.2 Fyziologie dýchání

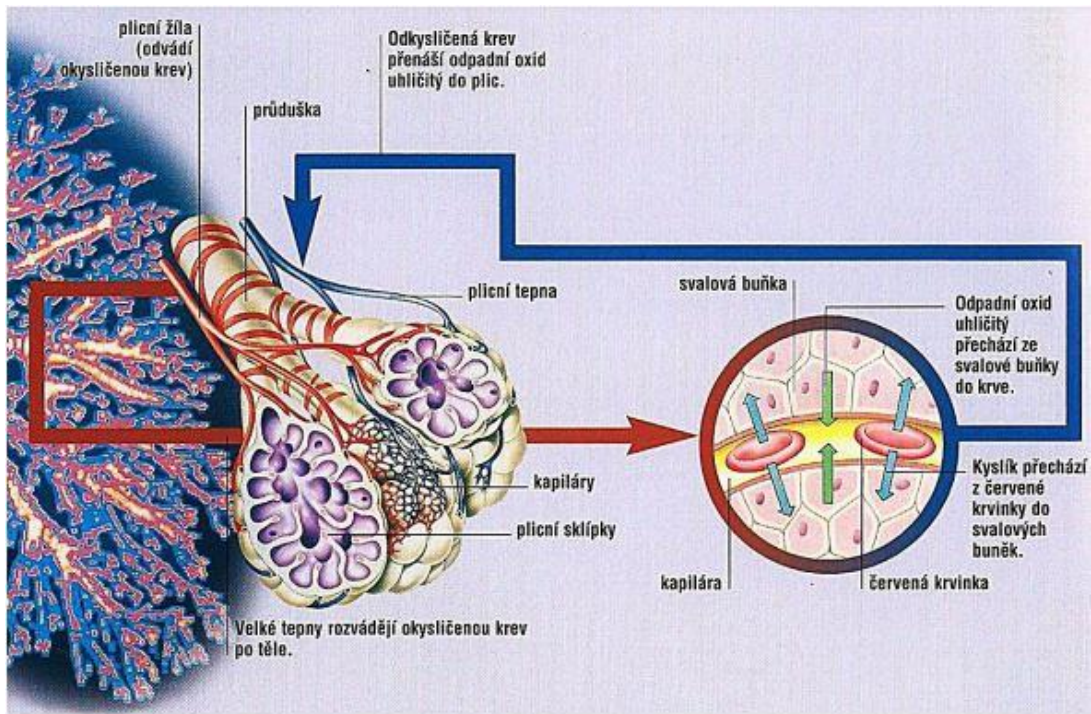
Podle Rokyty et. al (2016) je dýchání procesem, během kterého dochází k výměně dýchacích plynů mezi vnitřním a vnějším prostředím. Stálý přívod kyslíku je důležitý pro správnou funkci metabolismu, každé buňky, každého svalového vlákna. Zároveň během tohoto procesu je důležité zbavovat se zplodin z této přeměny. Zdravý člověk vymění během nádechu a výdechu přibližně 500 ml vzduchu. Za minutu se v plicích vymění 6-8 l vzduchu, což odpovídá frekvenci dýchání 12–15krát za minutu. Při oxidativních procesech vzniká oxid uhličitý, který je během procesu vydechován. Plíce zajišťují vnější dýchání – výměna plynu mezi organismem a atmosférou. Krev zajišťuje transport dýchacích plynů, vnitřní dýchání (respirace) probíhá na buněčné úrovni.

5.2.1 Vnější a vnitřní dýchání

Vnější dýchání – plicní podle Rokyty et al. (2016) můžeme rozdělit do čtyř skupin:

- Ventilace – pohyb vzduchu z vnitřního prostředí (výdech) do vnitřního (nádech)
- Distribuce – redistribuce vzduchu v dýchacích cestách od dutiny nosní až po plicní sklípky
- Difúze – transport kyslíku a oxidu uhličitého alveolokapilární membránou
- Perfúze – průtok krve plicemi (= malý krevní plicní oběh)

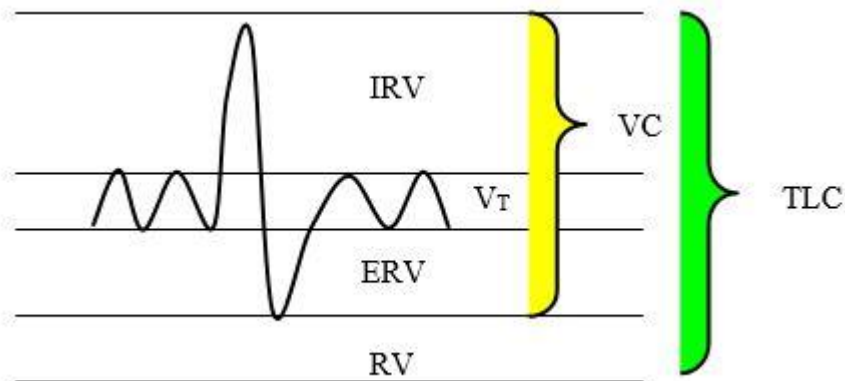
Vnitřní dýchání – je následná výměna plynů mezi krví a tkáněmi, které umožňují tkáňovou oxidaci.



Obrázek 14. Vnitřní dýchání (Long, 2002)

5.2.2 Statické plicní objemy

Tyto objemy jsou ukazatelem ventilace:



Obrázek 15. Plicní objemy (Kohlíková, 2007)

- V_T = dechový objem – velikosti nádechu a výdechu při klidovém dýchání. U dospělého 500 ml
- IRV = inspirační rezervní objem – maximální vdechnutelný objem po klidovém nádechu - 2 500 ml
- ERV = expirační rezervní objem – maximální vydechnutelný objem po klidovém výdechu - 1 500 ml

- RV = reziduální objem – objem, který v plicích zůstane po maximálním výdechu (1 500 ml)
- VC = vitální kapacita (4 500 ml) – objem vydechnutý s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu. VC je součtem VT + IRV + ERV.
- IC = inspirační kapacita – objem rovný maximálnímu nádechu z polohy klidového výdechu. IC je součtem VT + IRV.

5.2.2.1 Lung packing – umělé navýšení kapacity plic

Během posledních let si freediveri osvojili speciální respirační manévr, během kterého jsou schopni uměle navýšit kapacitu plic až o 2 l. Účelem této techniky je začít ponor s co největší vitální kapacitou plic. Jde o manévr, během kterého potápěči využívají hltanu jako záklopku a doslova hltají vzduch – pumpují ho do plic. Tento druh metody také používají potápěči, jejichž plíce se smrští na tak malý objem, že dýchací svaly nemají požadovanou sílu, aby vytlačily vzduch do horní části plic, což nutně k tomu, aby vykonali Valsalvův manévr a vyrovnali tak tlak ve středouší (Lindholm & Lundgren, 2009).

Lung packing se nepoužívá jenom bezprostředně před ponorem, ale také v rámci tréninku na „suchu“, v rámci meditace apod. Potápěči tak rozpínají a protahují svoje plíce, můžou tak dosáhnout objemu plic, který je charakteristický pro plicní emfyzém (rozedma – trvalé abnormální rozšíření dýchacích cest), (Lindholm & Lundgren, 2009).

5.2.3 Transport kyslíku a oxidu uhličitého

Transport kyslíku je zajišťován krevním řečištěm. Kyslík putuje krví ve dvou formách. Největší množství – 97 % je transportován pomocí hemoglobinu v červených krvinkách, na které se O₂ váže. Jedna molekula hemoglobinu může na sebe navázat čtyři molekuly O₂ proto je kapacita krve pro kyslík až 20 ml na 1 l krve. Zbylá 3 % jsou fyzikálně rozpuštěna v plazmě a v této formě putují do periferních tkání. Správný transport O₂ je ovlivněn rychlostí proudění krve, jejím složením nebo obsahem hemoglobinu (Rokyta, 2016).

CO₂ je stejně jako kyslík transportován jednak v erytrocytech, rozpuštěný v plazmě a také přenášen v podobě bikarbonátu.

- Fyzikálně rozpuštěný v plazmě - CO₂ je 20x víc rozpustný v plazmě než kyslík, činí asi 8 % celkového množství. Toto množství může vypadat zanedbatelně, ale

pouze tento rozpuštěný CO_2 je detekován chemoreceptory, což má velmi důležitý význam ve freedivingu, který blíže vysvětlím níže.

- Navázaný na proteiny – hlavně na hemoglobin.
- Ve formě bikarbonátu HCO_3^- . Je to nejdůležitější forma transportu z tkání do plic – 84 %. Bikarbonát vzniká rozpuštěním CO_2 , který se slučuje s vodou za vzniku kyseliny uhličitě, která pak disociuje na H^+ a HCO_3^- (Rokyta, 2016).

5.2.4 Regulace dýchání

Většinu života probíhá dýchání spontánně (automaticky, mimovolně), ale pro jeho průběh jsou důležité informace z dýchacích cest a plic, vedené vagovým nervem stejně jako informace o dýchacích plynech v arteriální krvi. Dýchání je automaticky přizpůsobováno řeči nebo hře na hudební nástroj. Dýchání lze také ovlivnit volným rozhodnutím. V řízení uplatňujeme regulaci chemickou i nervovou (Rokyta, 2016).

- **Chemická regulace** – podněty pro chemickou regulaci dýchání jsou změny pO_2 , pCO_2 a pH, které jsou monitorovány centrálními (prodloužená mícha) a periferními chemoreceptory (karotická tělíška).
- **Nervová regulace dýchání** – řídí jej dva oddělené nervové mechanismy. Jeden je zodpovědný za volní dýchání (mozková kůra) a druhý za automaticitu (prodloužená mícha, Varolův most).

5.2.5 Apnea – zadržení dechu

Apnea - stav kdy člověk přestává dýchat, neboli doba, po kterou je freediver schopen zadržet svůj dech a zůstat pod vodou. Jedna z hlavních funkcí dýchání je zbavovat se CO_2 (přednáška Botek, 2017). Během spalování živin vzniká tato odpadní látka jako vedlejší produkt. Jak jsem výše zmínil, máme 3 různé formy, jak je CO_2 transportován po těle. Vyšší koncentraci CO_2 v plazmě snižuje pH, což zaregistrují centrální chemoreceptory, které intenzivně zvýší alveolární ventilaci, což v praxi znamená silné nucení k nádechu (Rokyta, 2016). Tato zvýšená koncentrace oxidu uhličitěho je nazývána kritická hranice nebo též hyperkapnie. Délka zadržení dechu, neboli tolerance na nízkou hladinu kyslíku (hypoxii) a kritickou hranici, se dá trénovat, proto nelze přesně definovat a jde o velmi individuální jev.

Potápěč vyvíjí během tréninku schopnosti ukládat více O₂ a CO₂, což prodlouží délku strávenou pod vodou, v neposlední řadě má velký vliv na výkon také psychický a mentální stav jedince, který mu pomáhá vypořádat se s nepříjemným pocitem dušení neboli asfyxie (Novomeský, 2013).

5.2.6 Hypoxie – nedostatek kyslíku

Tento název označuje nedostatek kyslíku v těle nebo jednotlivých tkáních. Tento stav vzniká, kdy potápěči během ponoru začne klesat pO₂. Tělo může normálně pracovat, pokud tělo nepřekročí minimální hranici kyslíku, tj. 16 %. Hypoxie se projevuje v závislosti, kolik kyslíku už tělo stačilo použít (Pelizzari & Tovaglieri, 2005).

5.2.6.1 Patologické hledisko – *samba*, *blackout*, *hypoxická synkopa*

První příznaky hypoxie můžou být pro nezkušeného potápěče téměř nerozeznatelné, jedná se o nepřesnou koordinaci pohybů, mírnou ospalost nebo naopak rozjaření. Dalším stádiem je pocit nepohodlí, u méně trénovaných pak nastává *samba*, na kterou navazuje ztráta vědomí – *blackout*.

- ***Samba*** – tento stupeň hypoxie se projevuje hlavně u závodních freediverů, kteří pokoušejí hranice hypoxie víc a víc. Tento jev si své jméno zasloužil charakteristickými rysy, jako nekontrolovatelné pohyby, ztráta motorické zručnosti, křeče, grimasy, euforie nebo točení hlavy. K *sambě* většinou dochází hlavně během vynoření na hladinu. Tento stav se nesmí podcenit ze strany buddyho, potápěč v tento moment potřebuje pomoc, protože hrozí pravděpodobnost upadnutí do bezvědomí – *blackout*.
- ***Blackout*** – ztráta vědomí, přichází velmi rychle a místy nečekaně. Můžeme jej rozdělit na shallow water blackout (SWB) – výpadek v malé hloubce, nebo deep water blackout (DWB) – ve velké hloubce. V 90 % případu dochází k SWB, který nastává v relativně malé hloubce okolo 5 metrů. Během ponoru udržuje hydrostatický tlak výši pO₂ v těle na úrovni, která člověku vyhovuje a může s ní pracovat, naopak klesající tlak vody během vynořování snižuje také pO₂ v plicích, což způsobuje přesunutí kyslíku z krve zpátky do plic, čímž se tlak může snížit na méně než 4 kPa,

což vede k ztrátě vědomí. Ta nastává během dvou sekund a bez přítomnosti doprovodu hrozí utonutí (Pelizzari & Tovaglieri, 2005). Tento jev můžeme také popsat jako *hypoxická synkopa* – krátkodobá ztráta vědomí způsobená nedostačujícím zásobením mozku kyslíkem.

5.2.7 Hyperventilace

Jedná se o rychlené a prohloubené dýchání, během kterého přísun vzduchu překračuje potřebu organismu. Hyperventilace vede k hypokapnii – poklesu koncentrace oxidu uhličitého v těle neboli respirační alkalóze. Je to série hlubokých nádechů a výdechů, tímto způsobem se zbavíme většiny CO₂ v těle. Ve freedivingu se tato technika používá k tomu, aby se prodloužila doba, kterou je možné strávit pod vodou, a to až o celé 4 minuty.

5.2.7.1 Patologické hledisko

Ačkoliv tato technika poskytuje značné zlepšení výkonu, nese obrovské riziko. Snížení pCO₂ způsobí, že chemoreceptory nezaregistrují zvýšení této hladiny, proto nedají organismu signál k nadechnutí. Dojde totiž ke snížení limitní hodnoty pCO₂ na takou úroveň, že když pO₂ klesne na hodnotu, kdy při normálních podmínkách – bez hyperventilace, by organismus žádal o nádech a ukončení ponoru, receptory jsou obelhány a my pokračujeme v ponoru. V takové situaci dojde k závažné hypoxii, následné ztrátě vědomí a utonutí (Novomeský, 2013). Tato metoda je velmi nebezpečná a stála už život bezpočet lidských životů, ať už profesionálů nebo obyčejných šnorchlistů, kteří si vyslechli tuto „dobrou radu“ od kamaráda.

5.2.8 Diving reflex

Jak už jsem zmínil v kapitole akvatický potenciál člověka, tento jev je výsledkem evoluce, která vytvářela různé adaptační podmínky po dobu tisíců let.

Před více než 30 lety byl do odborné literatury zaveden termín „ponořovací odpověď“, neboť tento termín je schopen lépe vystihnout danou situaci. Jedná se totiž o kombinaci různých změn, jako jsou bradykardie, volní či mimovolní apnoe, periferní vazokonstrikce, hlasivkový uzávěr, bronchokonstrikce a kontrakce sleziny. Tento reflex je považován za nejsilnější autonomní reflex (Bartůňková & Schuster, 2015).

Faktory ovlivňující ponořovací odpověď podle Bartůňkové a Schustera (2015):

- **Ponoření obličeje do vody.** Diving reflex je vyvolán ponořením obličeje do vody s podrážděním nejcitlivějších částí (čela, nosu a úst). Ponoření obličeje je považováno za primárního spouštěče negativní srdeční chronotropie. Srdeční frekvence (SF) se snižuje o 5 až 51 %, u některých jedinců může SF klesnout i pod 20. Ponoření jiné části těla výraznou bradykardii nevyvolává. S ohledem na velkou variabilitu je však reflexní odpovědi obtížně předvídatelná. Bylo zjištěno, že mezi 100 dobrovolníky byla vyvolána bradykardie u 66 % osob, u 34 % se nezměnila nebo dokonce zvýšila.
- **Apnoe.** Zadržení dechu vede rovněž ke zpomalení SF. Při apnoe s ponořením do chladné vody (6–25°C) se SF snižuje rychleji než při apnoe samotné. U nádechových potápěčů je volní apnoe limitována jak jejich tolerancí vůči hypoxii, hyperkapnii (zvýšený pCO₂ v organismu) a úrovni metabolických dějů, tak i psychickou odolností vůči počínající asfyxii (dušení).
- **Teplota vody.** Na rozvoj bradykardie má významný vliv teplota vody. Stejná teplota vody (např. 23°C) je při stejné teplotě vzduchu vnímána citelně chladněji. Pro maximalizaci diving reflexu je ideální teplota pod 21 °C.
- **Poloha těla.** Ukázalo se, že hodnotu reflexně vyvolané bradykardie ovlivňuje i poloha těla. Nejvýraznější bradykardie nastává v horizontální poloze, v lehu na břiše.
- **Věk.** Diving reflex se objevuje již u novorozenců. Dá se vyvolat i silnějším proudem vzduchu působícím na obličej. Diving reflex byl opakovaně sledován v průběhu prvního roku života. U 2–6měsíčních kojenců se reflex objevil ve 100 %

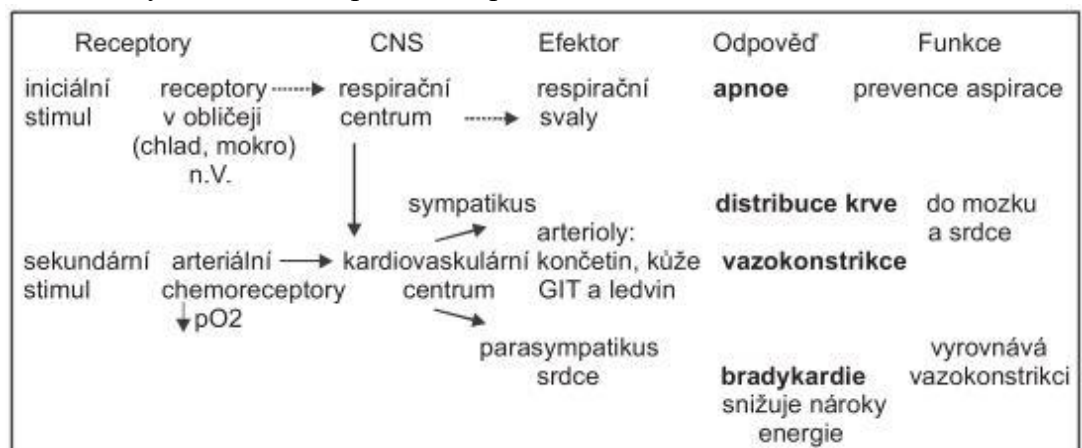
případů, u 6–12měsíčních v 90 %. U dospívajících je pokles SF rychlejší než u dospělých. Je známo, že kardiovaskulární autonomní reaktivita s věkem výrazně klesá, zejména po 60. roce.

- **Adaptace na hypoxii.** Při potopení je nutné udržet co nejdéle aerobní metabolismus, zejména v srdci a mozku. Zvýšenou schopnost kumulovat kyslík umožňuje jak zvýšená vazba O₂ na svalový myoglobin, tak silnější kontrakce sleziny s vyplavením většího počtu erytrocytů. Shagatay (2014) sledovala spouštěče oběhových reakcí při apnoe na vzduchu a apnoe s ponořením do chladné vody. Samotná apnoe vyvolala kontrakci sleziny a hematologické změny (krevní), zatímco apnoe s ponořením obličeje vyprovokovala především bradykardii, zajišťující kyslíkovou úsporu. Mezi člověkem a mořskými savci jsou v možnostech svalů kumulovat kyslík značné rozdíly. Zatímco lidské svaly mají schopnost zadržet jen 12 % celkových zásob kyslíku, mořští savci udrží ve svalech 25–30 % . Mají proto větší schopnost pracovat i po zástavě dodávky O₂.
- **Tréninkový efekt.** Doba ponořovací apnoe se dá ovlivnit tréninkem. Otužilci nebo zkušení potápěči mají vyvinutější diving reflex než netrénovaní jedinci. Pochopení podstaty diving reflexu přispívá k prodloužení apnoe. Odpovídá tomu i vývoj světových rekordů ve freedivingu v soutěžní kategorii statické apnoe. V relativně krátkém čase došlo téměř ke zdvojnásobení doby světového rekordu v zadržení dechu. Zatímco v roce 2001 byl mužský rekord 6:45 min, v roce 2009 se prodloužil na 11:35 min. Podobně se zlepšil i ženský rekord, představující 6:13 min v roce 2002 a 9:00 min v roce 2013. Bradykardie a zástava dechu při potápění na jeden nádech šetří energii.

Možnými způsoby tréninku apnoe se zabývala Schagatay & Andersson (1998). Cílem bylo porovnat efekt fyzického a apnoického tréninku. Oba typy tréninku prodloužily apnoickou pauzu a zvýraznily ponořovací odpovědi. U osob, které měly apnoický trénink, však byla ponořovací odpovědi výraznější a doba zadržení dechu delší.

- **Fyzická zátěž.** Ponořovací bradykardie je u potápěčů ovlivněna i fyzickou aktivitou. Uplatňuje se fyzická zdatnost a předchozí zkušenost. Při vyšší intenzitě zátěže se v pokusech s ponořením a bez ponoření do chladné vody doba apnoe dle předpokladu zkrátila. Můžeme tedy říct, že fyzická zátěž umocňuje diving reflex.

- **Psychické faktory.** O možnosti psychického ovlivnění diving reflexu se zajímali fyziologové již v 80. letech minulého století. V experimentu s ponorem na povel byla vyvolána sympatická poplachová reakce snižující efekt ponořovací bradykardie, zatímco vlastní rozhodnutí ponořit se bradykardii neovlivnilo. Velice důležitou součástí přípravy nádechových potápěčů na ponor je mentální příprava, „ponoření se do sebe sama“, uklidnění, silná koncentrace na výkon. Základem pro mentální trénink je správný poměr mezi nádechem a výdechem. Psychika ovlivňuje podstatným způsobem rychlost dýchání, poměr nádechu a výdechu i to, do kterých částí plic se dýchá. Právě pomalý výdech ovlivňuje SF a uvádí mysl do stavu mentální a svalové relaxace. Souvislost je ovšem obousměrná, dechové centrum v prodloužené míše a zpětná vazba z dýchacích svalů ovlivňují duševní činnost.
- **Dechová manipulace před ponořením.** V soutěžním freedivingu se využívají předponorové respirační manévry a specifická dechová cvičení vycházející z pranajámy (páteřního jógového dýchání). Techniky pranajámy vyvolávají hypoxii, prodlužují apneu, iniciují zvýšení celkové periferní resistance, středního krevního tlaku a snižují SF. Poměr nádechu k výdechu se z počátečních 1:2 mění až na 1:10. Někteří potápěči využívají „napumpování“ (insufiaci) vzduchu do plic. Jiní volí naopak „odsátí“ vzduchu (exsufiaci), vytlačení bránice pomocí břišních svalů do hrudníku. Novomeský (2013) však zároveň upozorňuje, že oba tyto manévry mohou vést k poškození plicní tkáně.



Obrázek 16. Základní komponenty ponořovací odpovědi (Bartůňková & Schuster, 2015)

- *Tučné šipky označují excitační (podráždění) roli, přerušované roli inhibiční (utlumení).*

Mnoho studií se pokoušelo vytvořit jakýsi časový sled procesů během diving reflexu. Caspers, Cleveland a Schipke (2011) ve svém experimentu vytvořili model. Největším problémem byly nejen rozdílné experimentální situace, ale také věk, pohlaví, zdatnost a zkušenost probandů. Podařilo se mu detekovat počáteční zvýšení SF, trvající v průměru 1 ± 3 s. Přechodné zvýšení se objevilo i před ponořením, a proto se mohlo jednat i o emoční poplachovou reakci či o vliv hluboké inspirační apnoe. Z analýzy předchozích srovnatelných studií vyvodil závěry, podle kterých bradykardie vyvolaná baroreceptorovým reflexem se projeví nejdříve za 10 s, zatímco bradykardie při samotné apnoe bez ponoření až za 16 s. Chemoreceptorové reflexy, vznikající při sníženém pO_2 podrážděním karotických a aortálních receptorů a vedené aferentními vlákny X. a IX. hlavového nervu, se projeví nejvýrazněji až za 45 s. Přitom maximální bradykardická odpověď, jako výraz souhry několika reflexů, bývá dosažená v průměru za 34 s (Bartůňková & Schuster, 2015).

5.2.9 Evoluce vývoje konceptu dosažení maximální hloubky

Všechny minulé teorie byly založeny na Boyle-Mariottově zákonu a do 60. let minulého století nikdo nepochyboval o tom, že by se člověk mohl potopit do větší hloubky než je 30 metrů. Roku 1961 Bob Craft uskutečnil ponor do hloubky 73 m. Toto zjištění bylo pro vědce zcela překvapující, po prozkoumání potápěčova těla bylo zjištěno, že Bobova vitální kapacita plic dosahuje nadprůměrných objemů, proto se vědci dál nezabývali tímto faktem, přisuzujíc úspěch tohoto pokusu jeho obrovským plicím. Tento pokus byl však jeden z prvních a s postupem doby se rekordy začala množit a byly pokořovány pořád větší a větší hloubky. Toto zjištění bylo klíčovým faktorem k novým bádáním v tomto záhadném odvětví. Nástup modernější techniky umožnil zkoumání ve větších hloubkách a došlo ke změně zastaralé teorie (Ferretti, 2001).

5.2.10 Změny v organismu probíhající během působení tlaku na tělo

Zahájení ponoru znamená pro potápěče vystavení se většímu hydrostatickému tlaku, tj. 100kPa – 1 bar atmosférického tlaku a každých 10metrů do hloubky tento tlak stoupá o 1 bar. Během ponoru do 30 metrů potápěčovy plíce při TLC 6 litrů a RV 1,5 litrů se stlačí na pouhý reziduální objem 1,5 l. Tento výpočet poukazuje na to, že se během ponoru musí započat nějaké fyziologická reakce, která ochrání a zabrání kolapsu hrudníku (Novomeský, 2013).

Tělo výsledkem dlouhé adaptace vyvinulo schopnost odolávat vysokému tlaku. Aktivace sympatického nervového systému ihned po zahájení ponoru spustí signál pro zúžení cév v místech, kde je tělo méně náchylné na nedostatek kyslíku, zejména v periferních částech těla. Tento mechanismus se soustřeďuje na zásobování kyslíkem pouze těch nejdůležitějších orgánů nutných k přežití – mozek a srdce. Zúžení cév také zvýší krevní tlak. Během ponoru do větších hloubek jsou končetiny zásobovány zcela minimálně, proto jsou závislé na anaerobním metabolismu.

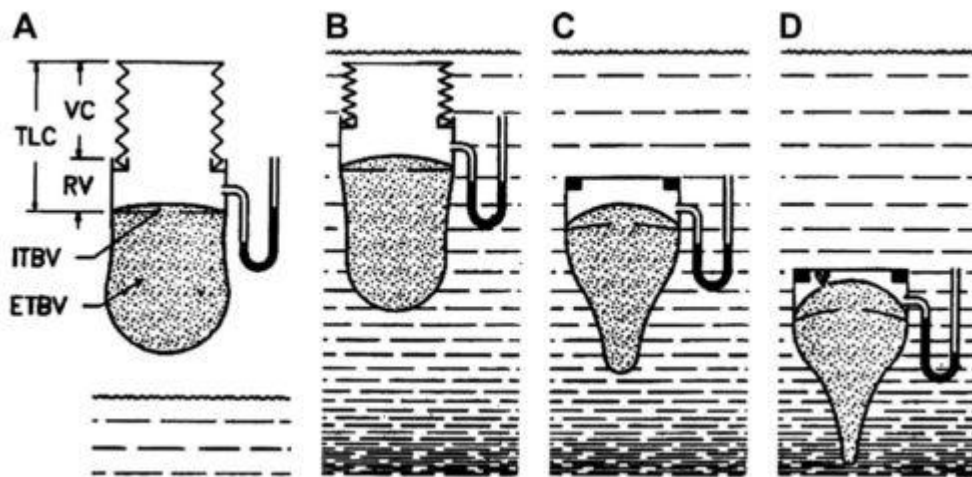
Vazokonstrikce periferních částí těla a simultánní dodávka velkého množství krve do hrudního prostoru definuje fenomén obranyschopnosti organismu proti rozdrcení hrudníku v značných hloubkách.

Jak už bylo zmíněno, obecně bylo přijato, že maximální hloubka ponoru záleží na vitální kapacitě plic a že tato kapacita nemůže klesnout pod úroveň residuální kapacity plic, protože by došlo k nenávratnému poškození plic.

„Blood shunt“, jak se tento jev jmenuje v angličtině, je také podpořen faktem, že plíce jsou chráněné pevnou „konstrukcí“ hrudního koše, který je do jisté míry pod tlakem stlačitelný. Hydrostatický tlak působící na hrudník je také kompenzován odporem vzduchu v plicích a elasticitou hrudníku. Se zvyšující se hloubkou však hrudník není schopen většího zmenšení objemu, jak je tomu u plic, proto se začnou plíce pumpovat krví z oblasti periferních končetin. Blood shunt efekt doprovází také postupné přesouvání vnitřních orgánů z břišní části do hrudníkové, tato reakce je samozřejmě podmíněná elasticitou bránice. Vnitřní orgány na rozdíl od vzduchu nejsou stlačitelné, proto přesunutí do hrudníkové části spolu s naplněním plic a hrudníku krví chrání žebra od zlomení. Účinek blood shunt efektu se zvyšuje se stoupající hloubkou.

Ve 40 metrech pod vodou jsou plíce dodatečně podpořené až 850 ml krve. Plicní sklípky jsou velmi elastické a schopné zvětšit svůj objem až desetinásobně, což znamená, že dokážou pojmout až 1,5 l dodatečné krve.

Ukončení ponoru znamená vrácení všech chemických a fyziologických reakcí do normálu, krev zase začne cirkulovat po celém těle, což naznačuje, že nedochází k trvalým fyziologickým změnám – adaptaci (Ostrowski et al., 2012).



Obrázek 17. Stlačení plic (Lindholm & Lundgren, 2009)

A: Objem plic před ponorem, při plném nádechu, VC – představuje objem vzduchu, který se používá pro vyrovnávání tlaku, RV – představuje nejmenší možný objem stlačených plic, ITBV - udává objem krve obsažený ve všech 4 dutinách srdce na konci diastoly + objem krve v plicních cévách, ETBV- krev mimo hrudník.

B: zahájení ponoru , **C:** stlačení a smrštění plic doprovázené přesouváním krve

D: Plíce dosahují RV, naplněné krví

5.3 Fyziologie sleziny

Slezina má za úkol v těle různé funkce, ať už jde o imunitu, udržování homeostázy, filtraci krve, nás ovšem zajímá funkce úzce spojená s touto aktivitou. Jde o uvolňování krevních buněk – erytrocytů, které vstoupí do krevního oběhu a pomáhají s distribucí kyslíku po těle. Kontrakce sleziny je spojená jako jedna z funkcí ponořovací odpovědi. Samozřejmě naše tělo nedosahuje takových výsledků, jako je tomu třeba u tuleňů, kdy jejich tělo je schopné navýšit úroveň hemoglobinu až o 50 %. Člověk se nemůže chlubit takovýmto úctyhodným číslem, avšak 10 % během výkonu udělá svoji práci (Schagatay, 2014). Tomuto jevu se v angličtině říká blood shift phenomem. Aktivace tohoto fenoménu je úplná, pokud potápeč před hlavním ponorem uskuteční pár warm up (na zahřátí) ponorů. Výsledkem může být navýšení kapacity kyslíku v krvi až o 10 %, což znamená intenzivnější zásobování orgánů, jako mozek nebo srdce, ale také lepší práci při „blood shunt“ (naplnění plic krví) efektu tak nezbytným během ponoru. Všechny reakce v těle nastupujících ve specifickém časovém sledu do sebe zapadají a vytvářejí unikátní schopnosti pro člověka (Dujic et al., 2013).

6 Psychologické aspekty freedivingu

Mentální a psychická příprava je každodenní rutinou pro freedivery. Je proto zajímavé porovnat různé psychologické stavy a porovnat je s běžnou populací. Studie Alkan & Akise (2013) se tímto jevem zabývala a výsledky poukázaly na to, že potápěči měli větší odolnost vůči stavům úzkosti, příznakům stresu. Tato zjištění napovídají, že potápěči na nádech mají méně stresových symptomů a jsou méně náchylní vůči negativním situacím, než je tomu u běžné populace.

Mezi další schopnosti, kterými se freediveri odlišují, jsou větší sebevědomí a kontrola nad vlastním tělem, ať už během krizové situace nebo v normálním životě. Zajímavé bylo, že dosáhli vysoké korelace mezi vnitřním pocitem kontroly a pocitem štěstí, což poukazuje na to, jak mentální trénink působí na mysl potápěče a pomáhá mu bojovat proti vlastnímu přesvědčení. Hovoříme o situacích tak netypických, jak jen ponoření do hloubek stovek metrů může být. Fakt, že se potápěč nachází tak hluboko v nekonečném prostoru, nezvládá každá osobnost, ale psychologický a mentální trénink toho může dosáhnout.

Obecně můžeme říct, že potápění na nádech má velmi dobrý psychologický vliv na člověka, vnitřní míra přesvědčení také pomáhá člověku překonat nepřekonatelné a posunout ho za ještě lepším výkonem. Klidnější povaha s velkou odolností vůči stresu je tedy typickým rysem pro nádechového potápěče (Alkan & Akis, 2013).

7 Patofyziologické jevy a nehody vznikající během freedivingu

Nádechové potápění s sebou nese notné riziko. Ačkoliv může potápěč díky tréninku, doзору, vlastních vědomosti toto riziko ve velké míře snížit, fakt že se vystavuje podmínkám pro lidské tělo tak netypickým, nesmí být nikdy přehlížen. Zvýšený tlak, omezený přístup kyslíku, ale i dekompresní choroba, tyto faktory číhají na potápěče pod vodou a můžou způsobit velikou škodu na organismu a v nejhorším případě smrt. Některé z patofyziologických jevů už byly dříve zmíněné v kapitole Apnoe – zadržetí dechu.

Novomeský (2013) shrnul tato rizika:

- Black out (viz kap. 1.4.6.1.)
- Samba (viz kap. 1.4.6.1.)
- Hypoxická synkopa (viz kap. 1.4.6.1.)
- Hyperkapnie (viz kap. 1.4.7.1.)
- Podtlakové barotrauma
- Přetlakové barotrauma
- Dekompresní choroba
- Dusíková narkóza

Vzhledem k tomu, že téma barotrauma během nádechového potápění bylo už velmi dobře zkoumáno a popsáno ve více studiích, budu se spíše zajímat o nejnovější poznatky v oblasti dekompresních chorob a neurologických úrazů. Barotrauma rozdělím do kategorií a popíšu velmi obecně.

7.1 Barotrauma

Mařák (1994, 36) popsal barotrauma jako: „skupinu onemocnění, jejichž společným znakem jsou rozdílné tlaky plynů v tělesných dutinách vůči zevnímu prostředí. Tento tlakový gradient vytváří sílu, která má posléze mechanické účinky, tzn. poškozuje potápěče svým projevem“.

Pokud mají dutiny pružné stěny jako plíce, jsou schopné svou elasticitou vypořádat se s rostoucím tlakem do rozsahu své maximální kapacity. Avšak pokud jsou stěny pevné, tento

problém je mnohem větší. Barotrauma vzniká při každé změně okolního tlaku, když si to převedeme do reálné situace, vzniká tedy i během sestupu i výstupu (Maťák, 1994).

7.1.1 Rozdělení barotraumat

Dělíme v závislosti, zda tlak působící na tělo je kladný nebo záporný.

- **Barotrauma z podtlaku – během sestupu**

- barotrauma plic
- plicní edém
- barotrauma očí
- barotrauma vedlejších nosních dutin
- barotrauma sluchového ústrojí
- barotrauma tváře, zubů

- **Barotrauma z přetlaku – během výstupu**

- barotrauma plic z přetlaku
- barotrauma zažívacího ústrojí

7.2 Dekompresní choroba

Problematika sycení těla dusíkem je velmi podobná, jakou zažívají přístrojoví potápěči. Výzkumy poukázaly na to, že opakované ponory do velikých hloubek spojené s krátkým intervalem na hladině vedou k dostatečnému nasycení dusíkem a tím pádem k dekompresní chorobě (Lindholm & Lundgren, 2009).

Dekompresi, vysvětluje Piškula (1985, 54) jako: „průběh sycení dusíkem během přístrojového ponoru a následné vysycování při výstupu, může způsobit tvorbu dusíkových bublin a dekompresní nemoc“. Jak si můžete přecíst, mylná představa o tom, že dekomprese souvisí jenom s přístrojovým potápěním, velmi dlouho doprovázela disciplínu nádechového potápění (Wong, 2006). Tento pohled se změnil v roce 2002, potápěč jménem Benjamin Franz, držitel mnoha světových rekordů, uskutečnil dva rekordní ponory (137 m) dva dny po sobě. Během odpoledne ještě uskutečnil pár ponorů do hloubky 100 m, kdy okamžitě po osudném posledním ponoru utrpěl vážnou mrtvici, které ukončila jeho kariéru. Dalším faktem je, že mnoho potápěčů si syndromy DCS (dekompresní nemoc) buď neuvědomují, nebo je nechtějí přiznat, proto je evidováno velmi málo oficiálních případů (Wong, 2006).

Rekordy v nádechovém potápění během poslední dekády řádově stouply o desítky metrů, což má za následek vystavování těla ještě většímu stresu a podmínkám, které vědci nejsou schopni vysvětlit. Tyto závratné hloubky mají pro některé potápěče osudný konec v podobě dekompresní choroby, mrtvice a podobně (Tetzlaff et al., 2017).

V první kapitole Potápění ve starověku jsem se zabýval potápěčkami Ama. Jak jsem psal, jejich typická směna trvala okolo 4-6 h s ponory do hloubky 10–30 metrů, někteří jedinci byli schopni dosáhnout až 150 ponorů za den, toto enormní číslo si však vybíralo daň ve formě DCS. Mezi typické příznaky patřilo zvracení, ztráta motorické kontroly, dokonce případy mající podobné rysy jako mrtvice. V tomto případě dochází k léčení v hyperbarické komoře, která simuluje podmínky podvodního prostředí. Dalším známý případ DCS pochází z Francouzské Polynésie, kde místní lovci perel, svými ponory do hloubky 30 m 40-60krát denně běžně trpěli syndromem Taravana (v místním jazyce to znamenal „zbláznit se“). Pro tento syndrom byly charakteristické příznaky jako závratě, částečné ochrnutí a ve vzácných případech úmrtí jedince.

Nejznámější případ vážné DCS se stal roku 2012 legendárnímu potápěči Herbertu Nitschovi, který dodnes drží rekord v disciplíně no limit. Herbert je významnou postavou pro potápění na nádech, svým úsilím se snažil o to, aby se freediving stal bezpečnějším sportem, vylepšeným vybavením, šířením vědomostí a upozorňování na nebezpečí tohoto sportu. Jako jeden z prvních lidí začal brát nebezpečí DCS velmi vážně a zařadil mezi své ponory bezpečnostní dekompresní zastávky, jak je tomu u přístrojového potápění. Bohužel roku 2012, když se pokoušel o nový světový rekord v kategorii no limit, chtěl se svou unikátní konstrukcí (odkaz na obrázek) sjet do hloubky 250 m. To se mu ve finále podařilo, ale na zpáteční cestě z neznámých důvodů upadl do narkózy (poprvé v životě) a v plánovaných 100 metrech nebyl schopný zpomalit svůj sled. Toto zpomalení byl strategický krok, jak předejít jakémukoliv nebezpečí nasycení těla dusíkem. Během stoupaní od 100 do 10 metrů měly „sáně“ zpomalit na takovou rychlost, během které by byl vysycen z těla jakýkoliv dusík, který by se mohl během ponoru nasrádat. Jako poslední bezpečnostní bod byla zastávka v 10 metrech, kde měl před vynořením ještě po dobu jedné minuty setrvat. Ztráta vědomí zapříčinila, že nezpomalil a zastavil se tak až v plánovaných 10 metrech, kde už ho čekal doprovod, který ho okamžitě vyzvedl na povrch. V tomto momentu Herbert získal zpátky vědomí a uvědomil si, že se musí okamžitě vrátit pod vodu a s pomocí láhve s kyslíkem zůstat pod hladinou po dobu minimálně dalších 20 minut, aby zpátky nasimuloval dekompresní zastávku. Pod vodou si ale uvědomil, že s jeho hlavou není něco v pořádku, okamžitě po vynoření byl přesunut do nejbližší dekompresní komory. Bohužel cesta do komory trvající 4 h si vybrala svou daň. Herbert utrpěl

DCS, což v jeho případě byl ekvivalent několika mozkových mrtvic s vážnými počátečními následky. Během prvních měsíců se Herbert musel naučit znova mluvit, ovládat své tělo, naučit se chodit. Doktoři předpovídali, že už nikdy nebude chodit. Navzdory špatným vizím se Herbert řídil svým freediverským instinktem a začal znovu na sobě pracovat. Jak jsem zmínil v kapitole Psychologické aspekty freedivingu, silná mentální a psychická síla mu umožnila vrátit se zpátky. K dnešnímu dni se Herbert znovu potápí a žije život bez zdravotních komplikací. Tento unikátní případ uzdravení je velkou motivací pro ostatní potápěče, pro které pořádá různé vzdělávací kurzy apod. Herbert už se však nikdy nebude potápět závodně (Tetzlaff et al., 2017).

Proto v dnešní době, kdy popularita tohoto sportu a množství závodníků roste, je důležité šířit povědomí o riziku dekompresních chorob. Trendem poslední dekády je potápět se hlouběji a hlouběji, ale i lidské tělo má své hranice, kterých si musí být všichni vědomí, proto je důležité brát zřetel na všechna patofyziologická rizika této sportovní disciplíny.

8 Závěry

Záměrem této práce bylo vytvořit kompilační text, který může posloužit jako dobrý materiál pro kohokoliv, kdo se zajímá o tuto disciplínu. Vycházel jsem ze zahraničních studií, abych tak poskytl nejnovější poznatky a informace, které nejsou volně přístupné pro širokou veřejnost.

Během tvorby kapitoly o historii freedivingu jsem byl překvapen, kolik etnických skupin je závislých na nádechovém potápění. Umožnilo mi to vytvořit si nový pohled na tuto aktivitu nejen jako na sportovní zážitek, ale i na zdroj každodenní práce a obživy. Moderní freediving díky svým minimálním nárokům na vybavení tvoří ideální volnočasovou aktivitu, která nám poskytuje prostor jak pro rekreační, tak i soutěžní zážitky. Čtenář díky této publikaci získá obecný přehled o disciplínách, vybavení, fyziologických aspektech a rizicích.

Dospěl jsem tedy k názoru, že pro vykonávání této aktivity je klíčové udělat si přehled o fyziologických aspektech. Práce poskytuje ucelený přehled o možných fyziologických rizicích a procesech, které se dějí během ponoru. Díky těmto informacím by tato práce mohla vytvořit dobrý informační základ a přehled o možných rizicích této aktivity. Pokud člověk dodržuje základní bezpečnostní pravidla a respektuje limity svého organismu, freediving se pro něj stane obohacující aktivitou, která má nespočet kladů.

Jestliže se člověk rozhodne pro tuto aktivitu, může mu to přinést nespočet množství zdravotních benefitů. Díky technikám uvolňování a józe, působí freediving velmi pozitivně proti stresu. Mentální a psychologický trénink také pomáhá lépe se soustředit a nepropadat panice během stresových situací. Freediving nás také učí disciplíně a pomáhá nám pokořit naše vlastní hranice a limity. Freediving se může stát naším životním stylem, je to filozofie, takovýto člověk dbá na vlastní tělo, určité zásady stravování a techniky relaxování převádí do každodenního života, aby měl vyrovnanou mysl nejen pod vodou ale i v reálném životě.

9 Souhrn

V první části pojednávám o historii původního využití nádechového potápění, ze kterého pak vznikl freediving jako samostatné odvětví potápění. Popisuji, jaký význam měl freediving v minulosti, kdy se jednalo o práci, nikoliv o volnočasovou aktivitu. V průběhu stovek let provozování této práce si etnické skupiny vytvořily unikátní adaptační schopnosti, které jsem do této části zahrnul. Historický vývoj popisuji v kontextu raného období freedivingu, který se svými specifickými disciplínami a vybavením vyvinul do dnešní podoby. Pro zpestření a obecný rozhled jsem též zahrnul tabulku s aktuálními rekordy.

Následující kapitola pojednává o fyziologických změnách v těle během ponoru. Pro zasvěcení čtenáře, který se neorientuje v obecné fyziologii, jsem zahrnul obecné znalosti, které umožní lépe pochopit fyziologické reakce. Tato sportovní disciplína vyžaduje všestranné schopnosti, a to zejména fyzické, mentální ale i psychické, proto jsem se v jedné kapitole těmto předpokladům věnoval.

Ustavičné vystavování těla podmínkám panujících pod vodou s sebou nesou notnou míru nebezpečí. Patofyziologické jevy jsou tedy důležitou částí práce. Pro vytvoření této kapitoly jsem využil nejnovější dostupné poznatky.

Tato práce vznikla na základě syntézy dostupných literárních a elektronických zdrojů. Ve většině případů se jednalo o cizojazyčné odborné studie.

10 Summary

In the first part I discussed the history of the original use of breath-hold diving. From which freediving was created as a separated branch of diving. I described the importance of freediving in the past, when it was a part of everyday life of some ethnic groups as a way of living and not a leisure time activity. Over hundreds of years of practicing breath-hold diving, these groups have created unique adaptations for diving abilities that I have included in this topic. I described the historical development in the context of the early period of freediving, which evolved into its present form, with its specific disciplines and equipment. I have also included a table with current world records for extending the knowledge about these disciplines.

The following chapter discusses physiological changes in the body during the dive. For easier understanding, I have included general knowledge of physiological responses. This sport discipline requires all-round abilities, primarily physical but mental and psychic as well, so I described these skills in a separate chapter.

Permanent body exposure to underwater conditions carries a considerable degree of danger. Pathophysiological aspects are therefore an important part of my work, in which I have used the latest knowledge available at the moment.

This work was based on the synthesis of available literature, based mainly on foreign-language science articles or studies listed in the reference list.

11 Referenční seznam

- Abrahamsson, E., & Schagatay, E. (2014). A living based on breath-hold diving in the bajau laut. *Human Evolution*, 29(1–3), 171–183.
- AIDA (2017). *AIDA freediving World Records*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <http://www.freedive-earth.com/aida-freediving-world-records>
- Alkan, N., & Akis, T. (2013). Psychological characteristics of free diving athletes: A comparative study. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(15), 150–157.
- Arab league championship*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <http://www.freedivexpert.com/news/arab-league-championship/?lang=en>
- Bartůňková, S., & Schuster, Z. (2015). Co víme a nevíme o diving reflexu. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 24(1), 2–10.
- Caspers, C., Cleveland, S., Schipke, JD. (2011). Diving reflex: can the time course of heart reduction be quantified. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(1), 18,31.
- Clent, J. (2016). *Oceania's first PADI Freediver™ Training programme*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <https://padiprosoceania.com/2015/12/23/oceanias-first-padi-freediver-training-programme/>
- Darkfin and The Lunocet. The ULTIMATE Aquatic experience*. (2014). Retrieved 10.07. 2017 from World Wide Web: <http://darkfinglovesblog.com/?p=250>
- Dujic, Z., Breskovic, T., & Bakovic, D. (2013). Breath-hold diving as a brain survival response. *Translational Neuroscience*, 4, 302–313.
- Dvořáková, Z. & Svozil, Z. (2005). *Potápění: základy potápění, výcvik a vybavení, potápěčské sporty*. Praha: Grada.
- Ewan, S. (2016). *AIDA 2016 Freediving World Pool Championships – Dynamic (DYN) Apnea*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <https://www.deeperblue.com/aida-2016-freediving-world-pool-championships-dynamic-dyn-apnea-final-results/>
- Exner, D. (2012). *Návrat k podstatě*. Praha: Oceán.
- Ferretti, G. (2001). Extreme human breath-hold diving. *European Journal of Applied Physiology*, 84(4), 254–271.

- Ferretti, G., & Costa, M. (2003). Diversity in and adaptation to breath-hold diving in humans. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, 136 (2003) 205–213.
- Koe, F. (2016). *Sayuri Kinoshita – A World Record in Pictures*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <https://www.deeperblue.com/sayuri-kinoshita-world-record-pictures/>
- Kohlíková, E. (2007). *Fyziologie člověka*. Praha: Universita Karlova, FTVS.
- Leray, Ch. (2014). *What is freediving - variable weight discipline explained*. Retrieved 24.06. 2017 from World Wide Web: <http://www.freedive-earth.com/learn-freedive/what-freediving-variable-weight-discipline-explained>
- Lindholm, P., & Lundgren, C. E. G. (2009). The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving. *Journal of Applied Physiology*, 106(1), 284–292.
- Loader, Ch. (2012). *Bajau spearfisherman*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <https://www.flickr.com/photos/christianloader/8232835892>
- Long, M. (2002). *Rodinná encyklopedie medicíny a zdraví*. Praha: Rebo.
- Magee, E. (2012). *Freediving Fins- How to Pick the Right Set For You*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <http://www.freediveblog.com/2012/04/03/freediving-fins-how-to-pick-the-right-set-for-you/>
- Mařák, J. (1994). *Malá škola potápění*. Praha : GNÓM.
- Nitsche, H. (2012). *The Deepest Man on Earth*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <http://www.herbertnitsch.com/media/photos/index.html>
- Novomeský, F. (2013). *Potápěčská medicína*. Martin, Slovakia: Osveta.
- Ostrowski, A., Strzała, M., Stanula, A., Juszkiwicz, M., Pilch, W., & Maszczyk, A. (2012). The role of training in the development of adaptive mechanisms in freedivers. *Journal of Human Kinetics*, 32(5), 197–210.
- Pelizzari, U. & Tovaglieri, S.(2005). *Manual of freediving*. Idelson-Gnocchi.
- Piškula, F. (1985). *Sportovní potápění*. Praha: Svazarm.
- Rokyta, R. et al. (2016). *Fyziologie*. Praha: Galén.
- Sayuri Kinoshita breaks world record in constant weight no fins* (2017). Retrieved 27.06. 2017 from World Wide Web: <http://www.thefreedivingclub.com/freediving/sayuri-kinoshita-breaks-world-record-constant-weight-no-fins-cnf>
- Schagatay, E. (2014). Human breath-hold diving ability and the underlying physiology. *Human Evolution*, 29(13), 125-140.
- Schagatay, E., & Andersson, J. (1998). Diving response and apneic time in humans. *Undersea & Hyperbaric Medicine Spring*, 25(1) 13-19.

- Schuster, Z. (2009). *Metodický postup při potápění na nádech*. Diplomová práce, Praha: Univerzita Karlova.
- Tetzlaff, K., Schöppenthau, H., & Schipke, J. D. (2017). Risk of neurological insult in competitive deep breath-hold diving. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 268–271.
- The History of Freediving*. Retrieved 26.06 2017 from World Wide Web: <http://www.apneaaustralia.com.au/resources/articles/history-of-freediving>
- Varveri, D., Karatzaferi, C., Pollatou, E., & Sakkas, G. K. (2016). Aquaticity: A discussion of the term and of how it applies to humans. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 20, 219-223.
- Whelan, S. (2016). *More national records fall in 2015 AIDA individual depth championships pre-competition*. Retrieved 20.07. 2017 from World Wide Web: <https://www.deeperblue.com/more-national-records-fall-in-2015-aida-individual-depth-championships-pre-competition/>
- Wong, R. (2006). Decompression sickness following breath-hold diving. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 14, 163-178.
- Yokoyama, T., & Rahn, H. (1965). Physiology of breath-hold diving and the Ama of Japan. *Papers Presented at a Symposium August 31 to September 1, 1965, Tokyo, Japan*.
- Zajac, M. (2017). *Vhodné vybavení pro freediving*. Retrieved 07.07. 2017 from World Wide Web: <https://www.apneaman.cz/cz/freediving/vhodne-vybaveni-a-jak-ho-vybrat>