

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vliv Wim Hof metody na výkon freedivera

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:
prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

Vypracovala:
Viktorie Pílušová

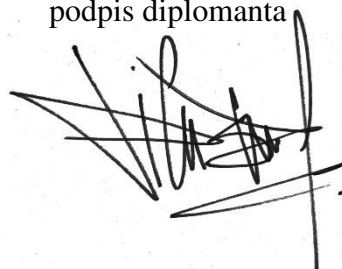
Praha duben 2023

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

25. 04. 2023

podpis diplomanta

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned below the text 'podpis diplomanta'.

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu práce prof. MUDr. Janu Hellerovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady i za lidský přístup a vstřícnost v průběhu celého období psaní této práce. Ráda bych poděkovala také probandům, bez nichž by práce nevznikla. Za podporu bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům.

Abstrakt

Název: Vliv Wim Hof metody na výkon freedivera

Cíle: Cílem této diplomové práce je zjistit, zdali metoda Wima Hofa (WHM) dokáže prokazatelně zlepšit výkonnost freedivera a zdali dokáže, jako přidaná složka regenerace v jeho tréninkové jednotce, prokazatelně přispět ke zlepšení vybraných fyziologických parametrů v porovnání se skupinou praktikující Pránajámu v kombinaci s chladovou expozicí a meditací a skupinou kontrolní bez intervence. Dalším cílem je porovnání získaných výsledků u jednotlivých skupin po dobu dvou a čtyř týdnů měření a objektivizovat tak efekt vybrané intervence.

Metody: V rámci problematiky zlepšení výkonnosti sportovce byly pozorovány vybrané fyziologické parametry jedinců věnujících se volnému potápění na nádech. Pro realizaci byla použita metoda WHM, která využívá propojení psychické i fyzické odolnosti vůči stresovým faktorům. Studie se zúčastnilo celkem 32 zdravých osob mužského pohlaví ve věkovém rozmezí od 32–61 let, kteří byli randomizovaně rozděleni losem do 3 co možná nejvíce shodných skupin po 10–11 členech pro trénink WHM či Pránajamy, nebo do skupiny kontrolní. Experiment se skládal ze vstupního měření, ve kterém byly účastníkům odebrány vstupní údaje a změřeny vstupní parametry STA apnoe, srdeční frekvence (SF) a saturace kyslíkem (O₂). Následovala samostatná intervence formou domácího cvičení každé ráno po probuzení po dobu čtyř týdnů. Po 14 dnech experimentu proběhlo kontrolní měření, kde byly účastníkům odebrány stejné parametry jako při vstupním měření, stejně jako u výstupního měření, které proběhlo po 4 týdnech experimentu. V rámci diplomové práce byly posuzovány rozdíly naměřených hodnot mezi skupinou podstupující metodu WHM v porovnání s druhou skupinou, jejíž podmínky byly mírně pozměněny, a skupinou třetí, kontrolní, která neprováděla žádné změny ve svém

každodenním harmonogramu. Získaná data byla následně zaznamenána, zpracována a vyhodnocena.

Výsledky:

Výsledky měření ukázaly, že metoda WHM i metoda Pránajámy jsou vhodné jako přidaná složka regenerace v tréninkové jednotce freedivera. Obě metody dokážou prokazatelně přispět ke zlepšení vybraných fyziologických parametrů u SF a STA apnoe včetně subjektivního ohodnocení ankety. Zařazení obou metod do tréninkové přípravy freedivera lze považovat za vhodné techniky pro zefektivnění sportovního výkonu závodníka. Obě metody měly vliv na prodloužení délky STA apnoické pauzy i na optimalizaci SF probandů po 4 týdnech experimentu. Při komparaci měla metoda WHM menší dopad na průměrnou délku STA apnoické pauzy (2,3 minut) ve srovnání s Pránajámou (přes 2,7 minut) po 4 týdnech aplikace, avšak rozdíl ve výsledcích je v tomto směru statisticky nesignifikantní. U třetího měření se dle F-testu 3,031 a p-hodnoty 0,065 výsledky na 5% hladině významnosti neliší, nicméně na 10% hladině významnosti by se tento rozdíl podařilo prokázat. U skupiny Pránajáma stačily k prodloužení statické apnoické pauzy 2 týdny, u WHM byla potřeba 4týdenní intervence. U měření SF došlo u skupiny WHM k nepatrnému zlepšení po 4 týdnech intervence (8,6 tepů/min.), naopak u skupiny Pránajáma byly nejlepší dosažené výsledky po 14 dnech experimentu (5,7 tepů/min.). Dle párového t-testu jsou výsledky změn SF průkazné u druhého a třetího měření ($p < 0.001$, $p < 0.001$). V rámci třetího měření jsou u skupiny WHM a Pránajáma výsledky SF signifikantní na 5% hladině významnosti ($p = 0,013$ a $p = 0,008$). V rámci měření saturace O_2 byl největší průměrný rozdíl v saturaci O_2 u všech skupin při druhém a třetím měření. Průměrná diference u druhého a třetího měření byla stejná, a to 4,7 %. U prvního měření byla průměrná diference nižší, a to 2,2 %. Dle párového t-testu jsou výsledky změny saturace O_2 průkazné u všech měření. Proměnná měření dle dvoufaktorového testu ANOVA s opakovaným měřením vyšla statisticky nesignifikantní ($F = 1,658$, $p = 0,200$).

. U subjektivního hodnocení intervence pomocí ankety převažovalo kladné ohodnocení experimentu. Výsledky jsou platné pouze pro freedivery.

Klíčová slova: freediving, respirace, negativní termoterapie, Wim Hof metoda, Pránajáma

Abstract

Title: Influence of Wim Hof method on freediver performance

Objectives: The aim of this thesis is to find out whether Wim Hof's method (WHM) can demonstrably improve the performance of a freediver and whether, as an added component of regeneration in his training unit, it can demonstrably contribute to the improvement of selected physiological parameters, compared to a group practicing Pranayama in combination with cold exposure and meditation and a control group without intervention. Another goal is to compare the results obtained in the individual groups for a period of two and four weeks of measurement and thus objectify the effect of the selected intervention.

Methods: As part of the issue of improving the athlete's performance, selected physiological parameters of individuals engaged in freediving on the breath were observed. For the implementation, the WHM was used, which uses the connection of psychological and physical resistance to stress factors. A total of 32 healthy male subjects in the age range of 32–61 years participated in the study, who were randomly divided by lot into 3 as closely as possible groups of 10–11 members each for WHM or Pranayama training, or into a control group. The experiment consisted of an initial measurement, where input data was taken from the participants and the input parameters of STA apnea, heart rate (HR) and oxygen (O₂) saturation were measured. This was followed by a separate intervention in the form of home exercise every morning after waking up for four weeks. After the 14th day of the experiment, a control measurement took place, where the same parameters were taken from the participants as during the initial measurement, as well as during the output measurement, which took place after 4 weeks of the experiment. As part of the thesis, the differences in measured values were assessed between the group undergoing the WHM in comparison to the second group, whose conditions were slightly modified, and the third, control

group, which did not make any changes to its daily schedule. The obtained data were subsequently recorded, processed and evaluated.

Results:

The results of the measurements showed that both the WHM and the Pranayama method are suitable as an added component of regeneration in a freediver's training unit. Both methods can demonstrably contribute to the improvement of selected physiological parameters in HR and STA apnea, including the subjective evaluation of the survey. The inclusion of both methods in a freediver's training preparation can be considered suitable techniques for making the athlete's sports performance more efficient. Both methods had an effect on prolonging the length of the STA apneic pause as well as on optimizing the HR of the probands after 4 weeks of the experiment. When compared, the WHM had a smaller impact on the average length of the STA apneic pause (2.3 minutes) compared to Pranayama (over 2.7 minutes) after 4 weeks of application, but the difference in results is statistically insignificant in this respect. For the third measurement, according to the F-test 3.031 and p-value 0.065, the results do not differ at the 5 % level of significance, however, at the 10 % level of significance, this difference could be demonstrated. In the Pranayama group, 2 weeks were enough to prolong the static apneic pause, in the WHM a 4 week intervention was needed. In the measurement of HR, there was a slight improvement in the WHM group after 4 weeks of intervention (8.6 BPM), on the contrary, the best results were achieved in the Pranayama group after the 14th day of the experiment (5.7 BPM). According to the paired t-test, the results of HR changes are conclusive in the second and third measurements ($p < 0.001$, $p < 0.001$). In the third measurement, for the WHM and Pranayama groups, the HR results are significant at the 5 % level of significance ($p = 0.013$ and $p = 0.008$). Within the measurement of O₂ saturation, the largest average difference in all groups was in the second and third measurements. The average difference in the second and third measurements was the same, 4.7 %. In the first measurement, the average difference was lower, 2.2 %.

According to the paired t-test, the results of the change in O₂ saturation are conclusive for all measurements. The variables measured according to the two-factor ANOVA test with repeated measurements were statistically insignificant (F=1.658, p=0.200). A positive assessment of the experiment prevailed in the subjective evaluation of the intervention using a questionnaire. Results are only valid for freedivers.

Keywords: freediving, respiration, negative thermotherapy, Wim Hof method, Pranayama

OBSAH

1	ÚVOD.....	14
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	15
2.1	Historie nádechového potápění.....	15
2.2	Disciplíny nádechového potápění.....	17
2.3	Vybavení.....	20
2.4	Fyzikální vlastnosti vodního prostředí.....	20
2.5	Fyziologické mechanismy a adaptace na zátěž při nádechovém potápění, faktory ovlivňující výkon freedivera	21
2.5.1	Somatické.....	22
2.5.2	Psychické	28
2.5.3	Taktické	29
2.5.4	Technické.....	29
2.6	Wim Hofova metoda (WHM).....	31
2.6.1	Současné výzkumy o problematice WHM	31
2.6.2	Využití WHM pro sportovní výkonnost	33
2.6.3	Chlad.....	34
2.6.4	Dech.....	38
2.6.5	Síla mysli	42
3	CÍLE, ÚKOLY A HYPOTÉZY PRÁCE.....	44
3.1	Cíl práce.....	44
3.2	Úkoly práce.....	44
3.3	Výzkumná otázka	45
3.4	Hypotézy.....	45
4	METODOLOGIE	50
4.1	Metodika práce	50
4.1.1	Charakteristika sledovaného souboru	50
4.1.2	Použité metody měření	51
4.1.3	Organizace výzkumu	52
4.1.4	Sběr dat	55
4.1.5	Statistická analýza dat.....	56
5	VÝSLEDKY	57
5.1	Základní charakteristika probandů.....	57
5.2	Vyhodnocení hypotéz	61

5.2.1	Hypotéza 1	62
5.2.2	Hypotéza 2	65
5.2.3	Hypotéza 3	68
5.2.4	Hypotéza 4	70
5.2.5	Hypotéza 5	72
6	DISKUZE	76
6.1	Diskuze k hypotéze č. 1	77
6.2	Diskuze k hypotéze č. 2	80
6.3	Diskuze k hypotéze č. 3	81
6.4	Diskuze k hypotéze č. 4	84
6.5	Diskuze k hypotéze č. 5	85
7	ZÁVĚR	89
	SEZNAM LITERATURY	93
	SEZNAM PŘÍLOH.....	I

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- ATM – absolutní tlak v atmosféře
- ATP – adenosintrifosfát
- AMS – akutní horská nemoc (acute mountain sickness)
- BAT – hnědá tuková tkáň (brown adipose tissue)
- BHD – freediveri (breath hold divers)
- BPM – beats per minute (tepů/min.)
- cm – centimetr
- BMD – množství kostního minerálu v kostní tkáni (bone mineral density)
- CO₂ – oxid uhličitý
- DCS – dekompresní nemoc
- DR – držitel rekordu
- DYN – dynamická apnoe
- EDO – end-diastolický objem/telodiastolický objem/konečný diastolický objem
- EPO – erythropoetin
- ESO – end-systolický objem/konečný, reziduální objem
- GE – glosofaryngeální exhalace
- GI – glosofaryngeální inhalace
- HR – heart rate (srdeční frekvence)
- kg – kilogram
- kPa – kilopascal
- LOC – ztráta vědomí (lost of consciousness)
- LMC – ztráta motorické funkce (lost of motor control)
- m. – musculus
- MRI – magnetická rezonance (z anglického „magnetic resonance imaging“)
- n. – nervus

- nn. – nervii
- NS – nervový systém
- O₂ – kyslík
- Pa – Pascal
- pCO₂ – parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální plazmě (charakterizuje poměr mezi tvorbou a eliminací oxidu uhličitého)
- PD – pánevní dno
- PFO – patent foramen ovale apertum
- PNS – parasymptikový nervový systém
- RBC – červené krvinky
- RF – formatio reticularis
- RV – reziduálním objem plic
- SNS – sympatikový nervový systém
- STA – statická apnoe
- SV – srdeční výdej
- Th – hrudní segment páteře
- TK – krevní tlak
- TLC – celková plicní kapacita
- VC – vitální kapacita plic
- WAT – bílá tuková tkáň (white adipose tissue)
- WHM – Wim Hofova metoda

1 ÚVOD

„Život člověka se odehrává mezi jeho prvním nádechem a posledním výdechem.

Ponory jsou chvíle mezi posledním výdechem a prvním nádechem. Je to cesta proti proudu a to, co se odehrává mezi tím, ten okamžik s ucpaným nosem a zavřenými ústy, okamžik beze slov, je jednou z nejintenzivnějších chvil, kde se jiné smysly probouzejí.“
(Néry, 2019)

Existuje nespočet důvodů a příčin, proč lidé začnou s natolik nestandardním sportem, jako je potápění na nádech. Pro některé freediving ztělesňuje svobodu, kterou nacházejí v nekonečnu hlubin podvodního světa. Pro jiné je to možnost odpoutat se od každodenního koloběhu všedního života a ponořit se do ticha, utéct tam, kde je slyšet pouze hluk oblázků, kde vypínáte myšlenky i smysly a poznáváte doopravdy to, kým jste. Okamžik prvního a každého dalšího ponoru je zážitek, který otvírá zcela nové, nepoznané hranice a možnosti dosažení limitů svého těla, o kterých jste do té chvíle neměli ani tušení. Je nutno se vodnímu živlu odevzdat, nebojovat, ale odevzdat se bezmocnosti, která vyvolává opojení, důvěřovat svým vrozeným automatismům, jelikož zde jsme boj zatím nevyhráli. Myslím, že pod hladinou moře je člověk pouhý návštěvník a ať už se stane cokoliv, Země se vždy nakonec ujme svých práv. Nejde tak o to zlepšit své dovednosti, nýbrž nalézt černou skříňku a otevřít se čemusi prastarému, živlu, díky němuž existuje život na naší planetě. Naší podstatě.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

V teoretické části práce se zabýváme analýzou a syntézou poznatků týkajících se WHM metody v rámci tréninku freediverů. Mezi dílčí části teoretických východisk diplomové práce patří zpracování základní charakteristiky freedivingu včetně jeho vzniku, vývoje a popsání jednotlivých disciplín. Vysvětleny jsou také fyzikální zákony vodního prostředí, fyziologické změny během ponoru, patofyziologická rizika tohoto sportu a v neposlední řadě psychologické aspekty volného potápění. V další části teoretických východisk se věnujeme vysvětlení podstaty a popsání základních principů WHM. Vysvětleny jsou základní pilíře, na kterých WHM staví, fyziologické aspekty při jejím využívání včetně očekávaných zdravotních benefitů.

2.1 Historie nádechového potápění

„Mé tělo utvářel oceán. Nejde o to zlepšit své dovednosti, znásobit schopnosti či vyžadovat ještě větší sílu. Je třeba vrátit se k čemusi prastarému, otevřít se možností, vklouznout do živlu známého již od dávných dob. Je třeba pokusit se naleznout černou skříňku, kterou jsme kdysi všichni měli. Skříňku, která je v hloubi každého z nás, ale hledají ji jen někteří, a ještě méně je těch, kteří ji naleznou.“ (Néry, 2019)

Význam vody a povědomí o potřebě vody je lidstvu znám odpradáva. Již první města byla stavěna v blízkosti vodních toků. Řeky, jezera, moře i oceány byly kolébkou civilizací, představovaly neomezený zdroj obživy, nabízely dopravu do vzdálených míst a byly symbolem života i hojnosti. (Lahtinen et al., 2015, Linder et al., 2015, Néry, 2019)

První zmínky o potápění sahají až do Mezopotámie okolo 6500 př.n.l. Sběr mořských hub a škeblí, který byl hojně využíván i ve starém Řecku a Římě, bylo možné uskutečnit pouze zanořením se pod vodní hladinu. Potápění nabylo své uplatnění také v námořních bitvách, při útocích na nepřátelské území i k vylovení bohatství z potopených vraků. (Lahtinen et al., 2015, Linder et al., 2015, Néry, 2019)

Freedivng tak, jak ho známe dnes, můžeme datovat k počátkům 20. století do jižní Evropy, kdy krátce po 1. světové válce demonstrovaly své dovednosti AMA divers (海女 – mořské ženy) v jednom z akvárií v Paříži. Podobná show se odehrála i v Itálii v roce 1930 a nádechové potápění začalo růst na své popularitě. V roce 1949 se stala převratná

událost, která dala základy freedivingu tak, jak ho známe dnes. Tehdy, uzavřel italský kapitán letectva sázku se svým přítelem. Tvrdil, že je schopen zdolat stejnou hloubku jako potápěč s přístrojovou technikou pouze na jeden nádech. Tuto sázku vyhrál a odstartoval tak zcela novou kapitolu freedivingu, éru výkonnostního potápění a překonávání rekordů. (Lahtinen et al., 2015, Linder et al., 2015, Néry, 2019)

První světově založenou asociací byla asociace CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques), která ukončila svůj zájem o freediving v roce 1970, když Jacques Mayol překonal hloubku 76 m. Tehdy bylo zapotřebí založit zcela novou organizaci, která by dokázala pojmout značný objem zájemců o tento sport, vymyslela disciplíny, jež by následně kontrolovala, a v neposlední řadě zaručovala kvalitní vzdělávání a výcvik. V roce 1992 vznikla AIDA (Association Internationale pour le Développement de l'Apnée), na jejímž vzniku se podíleli Romald Specker, Claude Chapuis a Thierry Meunier. Jedná se o symbol freedivingu, jež monitoruje veškeré dění v tomto sportu. Organizace CMAS, která nádechové potápění původně opustila, se od roku 2010 znova vrací se svým programem ve formě edukace v rámci škol SSI (Scuba School International). (Lahtinen et al., 2015)

2.2 Disciplíny nádechového potápění

„V den ponoru se probouzím pomalu. Jako by ani nebylo třeba se probudit. Nic moc neříkám, funguju v úsporném režimu těla i duše. Nejde o mé špatné rozpoložení, nýbrž o jakousi činnou nečinnost. Jde o odevzdanost bez vůle, která vyžaduje naprosté uvolnění“
(Néry, 2019)

Freedivingové disciplíny se začaly rozdělovat s prvním rekordem Raimonda Buchera v roce 1940 při překonání tehdy neuvěřitelné hranice 30 m. Aby tento pokrok mohl být objektivně měřitelný a uznávaný, bylo zapotřebí stanovit jasná pravidla a podmínky soutěží v jednotlivých disciplínách. Nyní se většina závodů odehrává pod záštitou asociace AIDA (viz kap. Historie nádechového potápění). (Lahtinen et al., 2015, Piškula et al., 1985)

První světový šampionát se odehrál v říjnu v roce 1996 ve městě Nice ve Francii. Předtím se konaly pod vedením Clauda Chapuisse spíše menší závody, pořádané v týmovém duchu, skládající se ze dvou disciplín. (Lahtinen et al., 2015, Piškula et al., 1985)

Dle asociace AIDA je nyní uznáváno celkově 8 disciplín, které se dělí na bazénové a hloubkové (open water). (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Mezi bazénové disciplíny patří:

- Statická apnoe (STA)

U statické apnoe je cílem zadržet dech na co nejdelší možnou dobu, přičemž potápěč se snaží zůstat v uvolněné horizontální poloze obličejem směřujícím ke dnu. Proto se této disciplíně říká „statická“. Jedinci, soutěžící v této kategorii, disponují výjimečnou silou vůle, jelikož zůstávají pod vodou několik minut i potom, co se objeví tzv. diving reflex, který nutí k okamžitému nadechnutí. (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu: Stephane Mifsud, Francie, 08. 06. 2009, 11 min 54 sec (AIDA, 2021)

Natalia Molchanova, Rusko, 21. 06. 2013, 9 min 02 sec (AIDA, 2021)

- Dynamická apnoe (s ploutvemi: DYN a bez ploutví: DNF)

Dynamická apnoe je nejtradičnější ze všech disciplín freedivingu. Cílem je uplavat pod vodou co nejdelší vzdálenost s ploutvemi či s monoplovtví (DYN) nebo bez ploutví pod hladinou prsovým záběrem (DNF). (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu:

- s ploutvemi (DYN)

Giorgos Panagiotakis, Řecko, 02. 07. 2016, 300 m (AIDA, 2021)

Mateusz Malina, Polsko, 02. 07. 2016, 300 m (AIDA, 2021)

Magdalena Solich-Talanda, Polsko, 13. 10. 2019, 257 m (AIDA, 2021)

- bez ploutví (DNF)

Mateusz Malina, Polsko, 01. 07. 2016, 244 m (AIDA, 2021)

Magdalena Solich-Talanda, Polsko, 01. 07. 2017, 191 m (AIDA, 2021)

K disciplínám na otevřené vodě se řadí:

- Konstantní váha bez ploutví (CNF)

V disciplíně CNF se závodník pokouší ponořit do co největší, předem ohlášené hloubky bez použití sestupové linie. Vrátit na povrch se pak musí pouze za pomoci svého trupu a dolních končetin. Použití horních končetin je zcela zakázáno s výjimkou obratu, kdy soutěžící uvolní cedulku s označenou hloubkou ze sledového lana. (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu: William Trubridge, Nizozemsko, 21. 07. 2016, 102 m (AIDA, 2021)

Alessia Zecchini, Itálie, 22. 07. 2018, 73 m (AIDA, 2021)

- Konstantní váha s ploutvemi (CWT)

Pravidla konstantní váhy s ploutvemi jsou totožná jako u disciplíny konstantní váha bez ploutví (CNF), avšak použití ploutví či monoploutve je zde povoleno. Tato kategorie je považována za královskou disciplínu freedivingu. (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu: Alexey Molchanov, Rusko, 18. 07. 2018, 130 m (AIDA, 2021)

Artnik Alenka, Slovinsko, 11. 07. 2020, 114 m (AIDA, 2021)

- Free immersion (FIM)

Free Immersion neboli volné zanoření se dá připodobnit ke konstantní váze, avšak sestupové lano je zde používáno specificky k dosažení maximální hloubky při sestupu a k následnému výstupu na hladinu. Použití ploutví zde není povoleno. (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu: Alexey Molchanov, Rusko, 24. 07. 2018, 125 m (AIDA, 2021)

Alessia Zecchini, Itálie, 16. 10. 2019, 98 m (AIDA, 2021)

- Variabilní váha (VWT)

Disciplína využívá tzv. sled zařízení, které potápěče doslova zaveze do požadované hloubky, odkud musí pomocí ručkování po sestupovém laně či za použití ploutví vystoupat k hladině. Vzhledem k zanedbatelnému množství vydané energie umožňuje disciplína dosažení mnohem větších hloubek než předchozí zmiňované kategorie. (Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu: Walid Boudhiaf, Tunisko, 17. 01. 2021, 150 m (AIDA, 2021)

Nanja, Van Den Broek, Nizozemsko,
18. 10. 2015, 130 m (AIDA, 2021)

- No limits (NLT)

Jak název napovídá, tato disciplína nemá žádné limity. Výkon zde usnadňuje využití sled lana při sestupu a nafukovacího balónku při výstupu. V této kategorii není vyžadována velká fyzická námaha, která si žádá větší spotřebu kyslíku. Proto je v této disciplíně dosahováno velkých hloubek, se kterými jsou spjata i značná rizika. V kategorii NLT nejsou pořádány oficiální soutěže. (Käsinger, 2005, Lahtinen et al., 2015, Ostrowski et al., 2012)

Držitel rekordu: Herbert Nitsch, Rakousko, 09. 06. 2007, 214 m (AIDA, 2021)

Tanya Streeter, Velká Británie, 17. 08. 2002, 160 m (AIDA, 2021)

2.3 Vybavení

„Vedení těla svým majitelem je negativní signál. Vyvolává to v něm představu, že jeho majitel vše přebírá do svých rukou.“ (Néry, 2019)

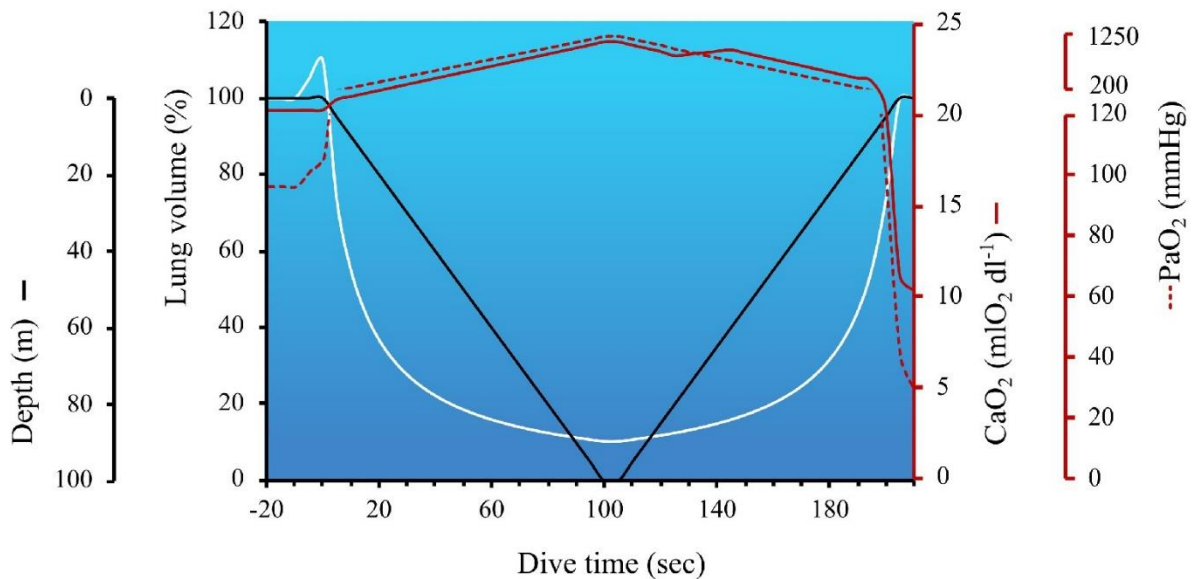
Výstroj freedivera je oproti klasickému potápění velmi strohá. Své specifikum nese ve vysokých nárocích na maximální funkčnost a komfort, jelikož i sebemenší odchylka v parametrech může znamenat předčasné vynoření se. Dle Dvořákové a Svozila (2005), je nutné vytvořit takové podmínky, aby bylo možné dosáhnout adekvátního uvolnění těla a zajištění optimalizace soustředění pouze na výkon. Do základní výstroje se řadí maska se šnorchem, potápěčský oblek (neopren), závaží s opaskem a ploutve, popř. další doplňky jako ucpávka nosu. (Dvořáková, 2005, Lahtinen et al., 2015, Pelizzari et al., 2004, Schuster, 2009)

2.4 Fyzikální vlastnosti vodního prostředí

„Člověk reaguje na vnější impulzy na základě kvality aktuálního stavu svého vnitřního prostředí.“ (Jelínek, 2019)

Lidé žijí v prostředí se stlačeným vzduchem, přičemž tlak na hladině moře je standardizován na 760 mmHg nebo 1 absolutní tlak v atmosféře (1 atm = 101 325 Pa). Při potápění se tlak zvyšuje úměrně s hloubkou v důsledku aditivní hmotnosti vodního sloupce. Konkrétně na každých 10 m zvyšující se hloubky se hydrostatický tlak zvýší o 1 atm; proto jakmile se tlak zdvojnásobí, objem plynu se zmenší na polovinu (v souladu s Boyleovým zákonem, který říká, že v uzavřeném systému, kde teplota zůstává konstantní, je objem přímo a nepřímo úměrný tlaku) a rozpustnost všech plynů se zvyšuje (v souladu s Henryho zákonem, který říká, že množství absorbovaného plynu při stejné teplotě v kapalině je úměrné koeficientu rozpustnosti daného plynu a jeho parciálnímu tlaku). Tyto koncepty jsou znázorněny na obrázku 1, který nastiňuje roli Boyleova a

Henryho zákona na objem plic a hladiny cirkulujícího kyslíku při ponoru do 100 m. (Patrician et al., 2021)



Obr. 1. Grafické znázornění vlivu hydrostatického tlaku v atm (anglicky ATA) na objem plic a arteriální hypoxii během simulovaného ponoru do hloubky 100 m (URL 1)

Popis obrázku 1: Hyperbolická povaha plicního objemu při ponoru je způsobena nelineárním vztahem tlak-objem (vypočítáno v souladu s Boyleovým zákonem). Dočasné zvýšení objemu plic bezprostředně před začátkem ponoru se shoduje s tzv. glossofaryngeálním dýcháním (viz kap. Glossofaryngeální dýchání, dále jen GI). V tomto příkladu s celkovou dobou ponoru 205 s (spodní křivka Dive-sec) byla rychlost ponoru 1 m/s s dobou na dně 5 s (přerušeni křivky ve spodní části obrázku). Obsah arteriálního kyslíku (CaO₂) a parciálního tlaku arteriálního kyslíku (PaO₂) na začátku ponoru byly 20,3 mlO₂ dl⁻¹ a 97 mmHg (křivka vpravo na obrázku). GI bylo provedeno před ponořením, čímž se objem plic zvýšil o 10 % nad TLC a umožnilo se zvýšení PaO₂ o 10 mmHg. Parciální tlak arteriálního oxidu uhličitého (PaCO₂) před ponorem byl 40 mmHg a podle výpočtu se zvyšoval rychlostí 0,06875 mmHg s⁻¹, což má za následek zvýšení PaCO₂ na konci ponoru 54 mmHg. Předpokládalo se, že každých 10 m zvyšující se hloubky se hydrostatický tlak zvýší o 1 atm; proto jakmile se tlak zdvojnásobí, objem plynu se zmenší na polovinu (tj. 1 atm na povrchu a 11 atm ve 100 m), což je v souladu s Boyleovým zákonem.

2.5 Fyziologické mechanismy a adaptace na zátěž při nádechovém potápění, faktory ovlivňující výkon freedivera

„Tady a teď. Sám se sebou.“ (Linder et al., 2015)

2.5.1 Somatické

„Nechte se pomalu unést do hlubin, do ticha, ve kterém se musíte soustředit pouze na vyrovnání tlaku a jediné zvuky, které vnímáte, jsou stále pomalejší údery svého srdce.“
(Linder et al., 2015)

2.5.1.1 Fyziologické reakce organismu na apnoickou pauzu

Reakce organismu na nádechové potápění jsou velmi variabilní a mohou být modifikovány mnoha fyziologickými i psychologickými faktory. Elitní potápěči jsou schopni aktivovat tzv. adaptační mechanismy jako je zvýšená přizpůsobivost na hypoxii a hyperkapnii v rámci zefektivnění dosavadní výkonnosti. (Bain et al., 2018, Tetzlaff et al., 2021)

Již před ponorem, při plavání na hladině, začínají probíhat určité fyziologické změny v organismu. Dochází k posunu tekutin, k regionální redistribuci krevního toku, změně kardiopulmonální hemodynamiky a autonomní aktivaci VNS. (Patrician et al., 2021, Pendergast et al., 2015)

Aby se usnadnilo snížení spotřeby kyslíku, reakce savců na potápění iniciuje vagálně zprostředkované zvýšení aktivity parasympatických nervů, což snižuje srdeční frekvenci (tj. bradykardii) a sympaticky zprostředkovanou vazokonstrikci periferních cévních řečišť (tj. přechodné snížení průtoku krve do neesenciálních orgánů). (Costalat et al., 2013) Obě tyto reakce jsou zesíleny ponořením obličeje do vody. (Schagatay et al., 2011) Bylo prokázáno, že srdeční frekvence klesá v průběhu apnoické pauzy u freediverů na 20 – 30 tepů za minutu. (Bain et al., 2018, Tetzlaff et al., 2021) Adaptační mechanismy, jako je tzv. diving reflex, samovolné kontrakce bránice, glosofaryngeální dýchání či centralizace krevního řečiště, jsou popsány níže.

2.5.1.1.1 DÝCHACÍ SYSTÉM A JEHO ADAPTACE VE FREEDIVINGU

Při potápění se zádrží dechu je organismus nucen čelit mnoha environmentálním výzvám (hydrostatický tlak i vztlak) a mnohé předpoklady vedly k závěru, že limity respirační fyziologie budou dosaženy poměrně rychle, jelikož lidský organismus je závislý na pravidelném přísunu kyslíku. (Elia et al., 2021, Tetzlaff et al., 2021)

Všeobecně se věřilo, že maximální hloubka, do které je freediver schopen sestoupit, je determinována tzv. reziduálním objemem plic (RV). (Fitz-Clarke, 2018, Marabotti et al., 2009) Toto tvrzení bylo stanoveno v souladu s Boyle-Mariottovým zákonem (viz kap.

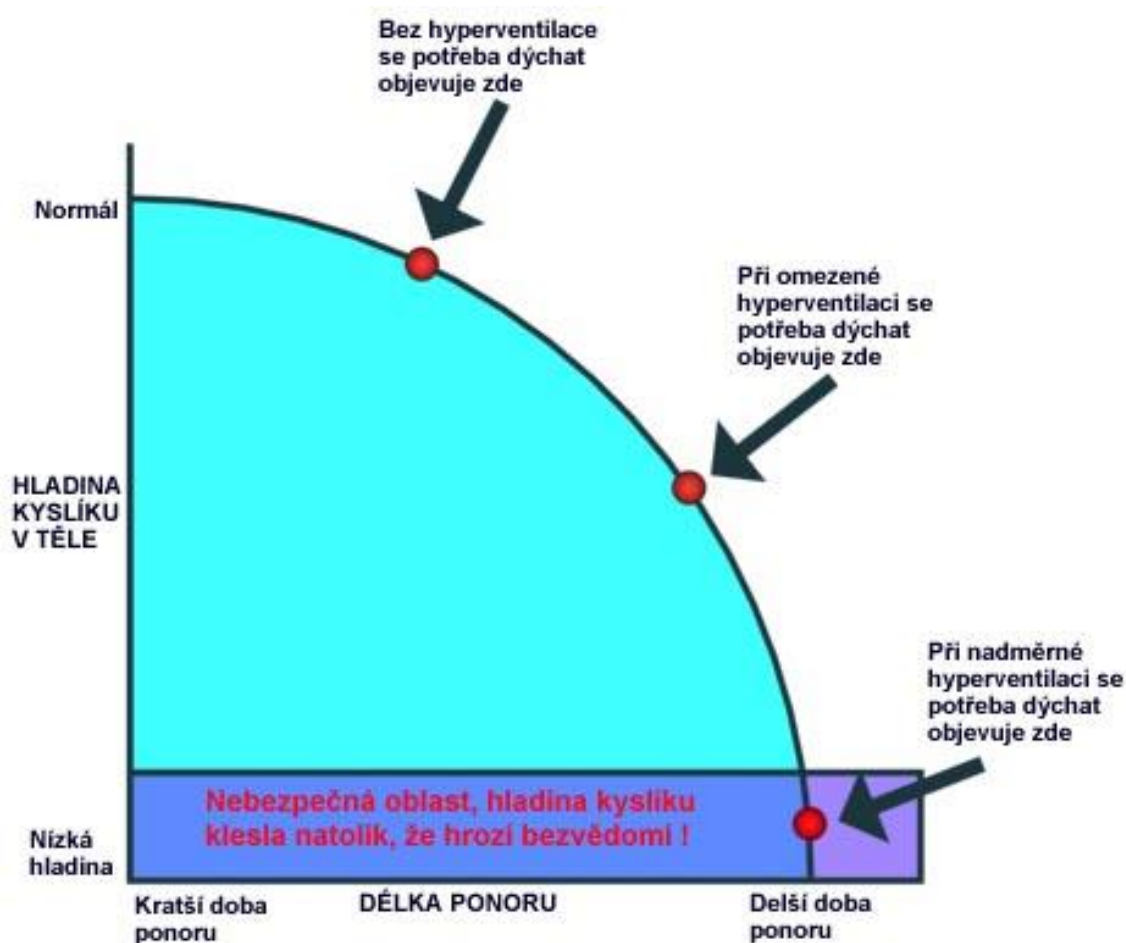
Fyzikální vlastnosti vodního prostředí a obr. 1), a tedy že plicní objem se snižuje proporcionálně s rostoucím tlakem okolí a nitrohruční plyn je úměrně stlačován s rostoucí hloubkou. Znamená to, že objem v hloubce 10 m bude poloviční (absolutní tlak 2 atm.) a v hloubce 20 m se sníží na 1/3 původního objemu. Ve 40 m (absolutní tlak 5 atm.) bude celková plicní kapacita (TLC) na krizové hranici, jelikož stlačení plic se rovná 1/5. Nitrohruční tlak bude nižší než tlak okolí a při dalším sestupu může být dosaženo limitu roztažitelnosti tělních struktur, což by mohlo mít za následek možné riziko plicního barotraumaty, alveolárního poškození a intraalveolárního krvácení. (Patrician et al., 2021, Tetzlaff et al., 2021) Současné studie však dokazují vliv adaptačních mechanismů, jako je např. glosfaryngeální dýchání, nebo přesun krve z periferie do centra, které umožní elitním potápěčům zvýšit kapacitu plic a minimalizovat tak jejich zbytkový reziduální objem. (Tetzlaff et al., 2021)

DECHOVÉ TECHNIKY POUŽÍVANÉ VE FREEDIVINGU

Biomechanické parametry hydrostaticky indukované plicní komprese jsou zcela individuální a dle Andrikakou (2016) a Patriciana (2021) určované celou řadou faktorů, jako je např. poměr kolagenu a elastinu v plicní tkáni či trénovanost jedince. K prodloužení apnoické pauzy začali freediveri praktikovat specifické dechové techniky jako např. hyperventilaci, pránájámu nebo glosfaryngeální respiraci, které pomáhají překonat limity anatomických i fyziologických poměrů organismu. (Andrikakou et al., 2016, Patrician et al., 2021)

Hyperventilace s použitím atmosférického O₂

V průběhu hyperventilace dochází k usilovnému dýchání za účelem poklesu hladiny oxidu uhličitého pod jeho fyziologickou hodnotu. Nízká hladina CO₂ oddálí dráždění dechových center v prodloužené míše a potápěčova potřeba nadechnout se je dočasně oddálena. Technika je prováděna před započítáním apnoe za pomoci sekvence rychlých nádechů a výdechů, jejichž počet by neměl přesáhnout 12-15 opakování z důvodu zvyšujících se zdravotních rizik v průběhu samotné apnoe. Toto číslo se dle různých autorů liší a jedná se pouze o doporučení pro profesionální sportovce. (Blažek, 2011, Schipke et al., 2018) Dle Many (2018) se jedná spíše o trénink rozpínivosti bránice, než o techniku vedoucí k prodloužení času apnoe. (Mana, 2018)

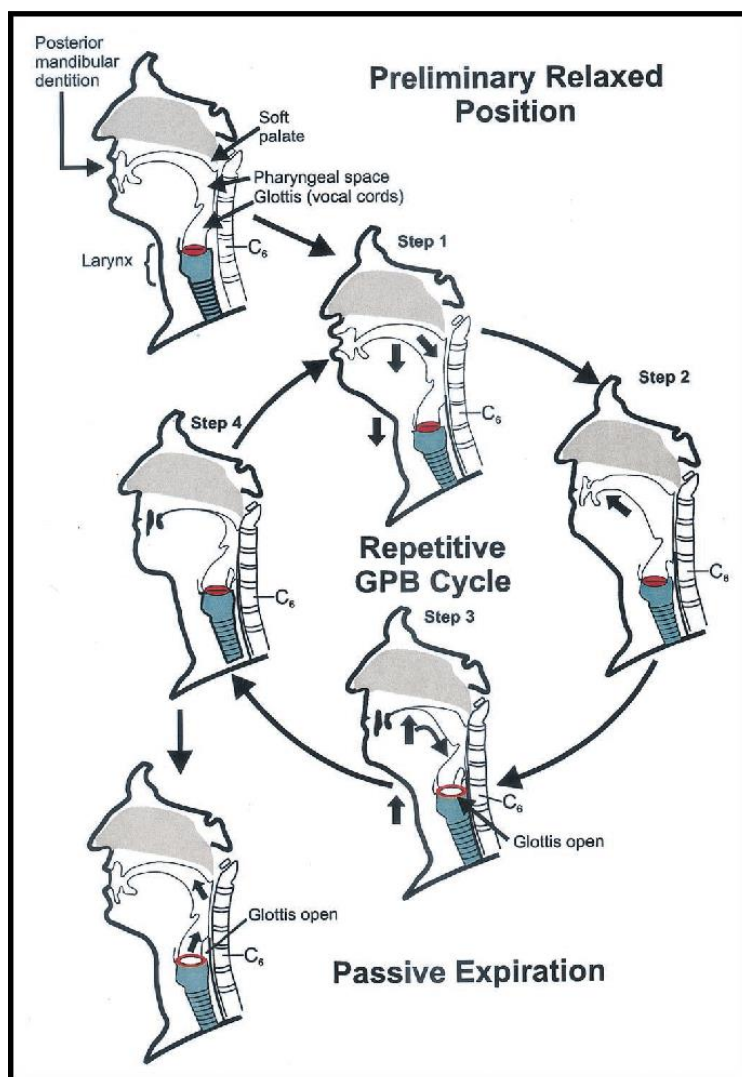


Obr. 2. Grafické znázornění vlivu hyperventilace v průběhu ponoru (URL 2)

Vysvětlení obrázku 2: Při nadměrné hyperventilaci (vpravo) se z organismu vyplavuje CO_2 , čímž je inhibováno včasné dráždění dechových center a kontrakci bránice. To znamená delší dobu ponoru (vpravo dole), jejíž doba je zcela individuální a záleží na mnoha faktorech (potápěčova trénovanost, psychické rozpoložení jedince, fyziologické reakce organismu), ale hrozí zvýšené riziko ztráty vědomí v důsledku snížení hladiny parciálního kyslíku ve tkáních freedivera (vlevo dole).

Glosfaryngeální dýchání

Glosfaryngeální dýchání bylo poprvé popsáno v roce 1955 u pacientů s postpolymyelitickým syndromem (PPS). (Collier et al., 1956) Tato technika umožnila pacientům zvýšení vitální kapacity plic (VC) a v současnosti je používána elitními freedivery ke zlepšení jejich výkonu. Navýšení intrapulmonální zásoby kyslíku sníží poměr RV/TLC, čímž se prodlouží doba zádrže dechu. Sportovci se tak mohou ponořit hlouběji, aniž by došlo ke krizovému stlačení plic ve větších hloubkách. (Tetzlaff et al., 2021)



Obr. 3. Grafické znázornění mechaniky glosfaryngeálního dýchání (URL 3)

Vysvětlení obrázku 3: Glosfaryngeální dýchání zahrnuje sérii nádechů pomocí úst, tváří, rtů, jazyka, měkkého patra, hltanu a hrtanu, které fungují na principu pístu (Step 1), který vhání vzduch do plic. Opřením špičky jazyka o horní patro a dorzálním posunem kořene jazyka (Step 2) je vzduch vehnán do průchodného hltanu, laryngu a trachey (Step 3). Polknutím je glottis uzavřena, čímž je zamezen zpětný chod vzduchu zpět do laryngu (Step 4). Tento mechanismus indukuje zvýšení transpulmonálního (až 8 kPa) a intrapulmonálního tlaku (až o 108 cm vodního slupce). (Loring et al., 2007) Glosfaryngeální dýchání se ve freedivingu skládá z cyklů 20 až 30 nádechů ústy následným výdechem. GI zvyšuje objem dostupného kyslíku v plicích nad celkovou vitální kapacitu plic (VC), čímž roste objem dostupného plynu pro vyrovnání tlaku při sestupu potápěče do hloubky. (Lindholm et al., 2005, Schipke et al., 2018)

Studie z roku 2007 potvrdila efektivitu GI pomocí prokázání navýšení VC při dlouhodobém tréninku (6-11 týdnů, 3-5krát denně) o 0,13-0,45 l. (Nigren-Bonnier et al., 2007) GI zároveň vyvolává expanzi hrudníku a posun bránice kaudálně, čímž lze zvýšit

TLC až o 47 %, avšak tím narůstá i riziko možného barotraumatu. (Chung et al., 2010, Loring et al., 2007, Shipke et al., 2018)

Mechanismus glosfaryngeální respirace byl podrobně popsán ve studii z roku 2008, kdy byla technika detailně pozorována pomocí zobrazovacího vyšetření. (Eichinger et al., 2008, Lindholm et al., 2005, Loring et al., 2007, Chung et al., 2010, Mijacika et al., 2017, Patrician et al., 2021)

Pránajáma

Tato jógová technika dýchání společně s meditací pomáhá snížit aktivitu sympatiku, čímž dochází k poklesu arteriálního tonu a periferního odporu. To má za následek snížení srdeční frekvence. Doba výdrže pod hladinou se tak z důvodu nižších nároků na spotřebu kyslíku může prodloužit. (Ankad et al., 2011, Manna, 2018, Schipke et al., 2018) Více k tomuto tématu je popsáno v kap. Jóga a meditace ve freedivingu.

2.5.1.1.2 KARDIOVASKULÁRNÍ REGULACE: SRDCE A OBĚHOVÝ SYSTÉM A JEHO ADAPTACE NA FREEDIVING

Mezi hlavní fyziologické reakce na apnoickou pauzu v rámci kardiovaskulární regulace patří bradykardie, která je vyvolána zvýšenou aktivitou nervu vagu, snížený srdeční výdej, zvýšený arteriální tlak a periferní vazokonstrikce, která je spojena se zvýšenou aktivitou sympatiku. Tyto mechanismy zpomalují vyčerpávání zásob kyslíku, čímž snižují celkové vychytávání O₂ z krve. (Bain et al., 2018, Breskovic et al., 2011, Fitz-Clarke, 2018, Patrician et al., 2021)

Studie Breskovice (2011) detailně zkoumá parametry srdce v průběhu STA i DYN apnoe pomocí RTG a ukazuje, že objem srdce se při STA apnoe (viz kap. STA apnoe) zvětší o ±130 ml a že k translokaci krve dochází již při pouhém dotyku těla s vodní hladinou. (Breskovic, 2011, Fitz-Clarke, 2018, Lourenco et al., 2018, Patrician et al., 2021)

2.5.1.1.3 SLEZINA A JEJÍ ADAPTACE VE FREEDIVINGU

Slezina je hlavním lymfatickým orgánem nacházejícím se vlevo na úrovni 8. – 11. žebra. Představuje konstitutivní část sympatického nervového systému (SNS), podílí se na procesu erytrofagocytózy, a kromě své imunitní funkce slouží také jako rezervoár krve, přičemž 10 % z celkového počtu erytrocytů je uloženo právě ve slezině. (Bakovic et al., 2013, Elia et al., 2021, Fitz-Clarke, 2018, Shagatay et al., 2012, Shipke et al., 2018)

Studie sledující vliv apnoické pauzy potvrzují, že stav hypoxie a hyperkapnie zapříčiní humorální fluktaci katecholaminů a aktivaci adrenoreceptorů α_1 , β_1 , α_1 , β_2 . Tato stimulace má za následek kontrakci sleziny, tzv. spleen effect, čímž dochází k uvolnění uložených erytrocytů do systémového oběhu ($\pm 3,3$ %). (Bakovic et al., 2013, Elia et al., 2021) Zvýšení počtu červených krvinek v systémové cirkulaci potencuje snadnější dostupnost kyslíku při apnoické zádrži a potápěč má tak lepší podmínky pro prodloužení trvání STA i DYN apnoe. (Elia et al., 2021, Shagatay et al., 2012, Shipke et al., 2018)

2.5.1.1.4 HORMONÁLNÍ REAKCE VE FREEDIVINGU

V důsledku zvýšené hladiny stresu způsobeného zejména intenzivním úsilím a nadměrnou zátěží při nádechovém potápění dochází v dřeni nadledvin a v adrenergních postgangliových vláknech SNS k syntéze organických sloučenin – katecholaminů. Mezi produkty dřene nadledvin patří adrenalin, který působí jako neurotransmitter v CNS a jako hormon regulující krevní tlak, noradrenalin a dopamin. Katecholaminy vyvolávají v těle reakce, které ho připravují na fyzickou zátěž. Zvyšují TK, zrychlují SF a navyšují hladiny glukózy v krvi. (Bakovic et al., 2013, Elia et al., 2021, Ostrowski et al., 2012) V důsledku snížené krevní perfuze dochází v ledvinách k lokální ischemii, která rovněž stimuluje produkci erythropoetinu (EPO). EPO stimuluje proliferaci a zrání červených krvinek v kostní dřeni. Zvýšený počet červených krvinek (RBC) tak umožňuje tělu navýšení saturace krve O_2 , což může zefektivnit aerobní vytrvalost freedivera. Počet červených krvinek závisí také na rozpustnosti v krevní plazmě, transferinovém receptoru a obsahu železa v organismu. Navíc během potápění se ze sleziny vylučuje velké množství erytrocytů, což zvyšuje koncentraci hematokrytu (HTC) a hemoglobinu (HB) ze 2 na 10 %. (Fitz-Clarke, 2018, Ostrowski et al., 2012, Shagatay et al., 2012)

S hormonálními reakcemi je úzce spojen tzv. spleen effect neboli kontrakce sleziny – viz kap. Slezina. (Ostrowski et al., 2012, Elia et al., 2019, Elia et al., 2021)

2.5.1.1.5 MOZEK A NEUROKOGNITIVNÍ FUNKCE V ZÁVISLOSTI NA VOLNÉM POTÁPĚNÍ

Oxidační stres prokazatelně zvyšuje hladiny kortizolu, kopeptidu, mozkového natriuretického peptidu a ischemicky modifikovaného albuminu. (Marlinge et al., 2019, Theunissen et al., 2013) Dle studií dochází k narušení hematoencefalické bariéry, avšak bez poškození neuronového parenchymu. (Bain et al., 2018) Zvýšení hladiny hematoencefalické bariéry a markerů poškození astrocytů (S100 β) bylo prokázáno

bezprostředně po maximálních STA apnoích a přetrvávalo nejméně 24 hodin po ukončení apnoického pokusu. (Andersson et al., 2009, Kjeld et al., 2015)

Pokud jde o neurokognitivní funkce, výsledky studií se liší–některé naznačují normativní skórování v neuropsychologických testech (Ridgway a McFarland, 2006), jiné vykazují mírné poklesy, které korelovaly s maximální dobou trvání STA apnoe. (Billaut et al., 2018, Patrician et al., 2021)

2.5.2 Psychické

„Naše duše dlouhodobě přijímá barvu našich myšlenek.“ (Marcus Aurelius)

Ve freedivingu je psychika jedním z velmi důležitých individuálních determinantů a dle Schagataye (2011) jsou mentální predispozice ve fázi tzv. „struggle phase“ (viz kap. Apnoe: její formy a fáze) možná ještě důležitějším faktorem než fyzické dovednosti. Freediver musí být psychicky odolný vůči zvýšené námaze v extrémních podmínkách, bolesti a potenciálnímu ohrožení na zdraví a životě. (Ostrowski et al., 2012, Laurino et al., 2012, Shagatay et al., 2011)

2.5.2.1 Psychologický základ pro freediving

Emma Farrel (2014) tvrdí, že potápění s přístrojem je o tom, co se děje okolo nás, zatímco freediving se obrací do nitra potápěče a pozoruje změny uvnitř jeho těla. „Místo sledování ručičky barometru či hloubkoměru sleduje freediver své tělesné pochody a je nucen je co nejlépe rozpoznat a vyhodnocovat. Zaměřuje se na svůj tep, na postupné vyrovnávání tlaku i na distribuci kyslíku po těle, kdy umění uvolnit se je víc než veškerá fyzická připravenost. Freediving je mind-game“, dodává. (Fleury, 2014, Linder et al., 2015, Lahtinen et al., 2015)

Studie Lourença z roku 2018 (Lourenço, 2018) zjistila, že 19 z 20 aktivních potápěčů zařazuje do své přípravy nejen bazénové tréninky, ale také psychologický trénink pod vedením odborníka. V průběhu ponoru pak používají autogenní trénink, techniku vizualizace, vědomé relaxace, Neuro-Linguistic Programming (NLP) či autosugesci. Ve stejné studii uvedlo 12 z 20 účastníků, že spíše než fyziologické faktory, jsou pro ně omezující faktory psychologické. (Linder et al., 2015, Lourenço, 2018)

Tento fakt potvrzuje i comparativní studie z roku 2013 (Alkan et al., 2013), jejímž cílem bylo prozkoumat situační psychologické charakteristiky sportovců ve volném potápění.

Studie se zaměřila na hodnocení míry stresu, stavovou úzkost, pozitivní a negativní afektivitu a způsoby zvládnání stresu. Výsledky ukázaly, že hodnoty byly významně nižší u freediverů, jejichž vnitřní kontrola dosáhla vyššího skóre než u nepotápěčů, z čehož lze soudit, že tento sport má pozitivní vliv na psychologické vlastnosti. (Alkan et al., 2013, Farrel, 2014, Fleury, 2014, Laurino et al., 2012)

2.5.3 Taktické

„Pokud tento sport provádíte, musíte se smířit s myšlenkou, že kdykoli během ponoru můžete umřít.“ (Lourenço, 2018)

2.5.3.1 Jóga a meditace ve freedivingu

Jóga pochází ze severní Indie (500 př. n. l.) a dnešní jógové variace zahrnují zejména pozice – tzv. ásány (ve smyslu bytí v přítomném okamžiku) a hluboká rytmická dechová cvičení s přerušovanými zádržemi dechu – tzv. pránajáma. (Bera et al., 2017, Busch et al., 2012, Fitz-Clarke, 2018, Linder et al., 2015)

Jógu ve spojení s freedivingem poprvé představil Jacques Mayol v rámci přípravy na svůj 100 m ponor v roce 1976. Nyní jsou jógové techniky ve freedivingu běžně používány ke snížení hladiny oxidativního metabolismu a nedobrovolných kontrakcí bránice. (Fitz-Clarke, 2018)

Pro freediving se používá efekt indukované baroreflexní reakce na trvalé Valsalvovy manévry způsobující zvýšení nitrohručního tlaku a snížení žilního návratu do srdce, což má za následek snížení TK a tepového objemu. (Fitz-Clarke, 2018, Khandekar et al., 2021, Schmalzl et al., 2015, Tyagi et al., 2016) Bylo prokázáno, že elitní freediveri jsou při praktikování pránajámy schopni snížit svou SF z 80 tepů/min. na méně než 40 tepů/min., snížit oxidativní metabolismus a zvýšit toleranci na hyperkapni. (Bera et al., 2017, Busch et al., 2012, Fitz-Clarke, 2018, Schipke et al., 2019)

2.5.4 Technické

„Nádechové potápění je zkušenost samotářská a o samotě.“ (Néry, 2019)

2.5.4.1 Apnoe: její formy a fáze

„Temnota se rozplývá. Vrací se světlo, nejisté jako mléčné svítání, s obtížemi se sem prodírá shora.“ (Néry, 2019)

Fáze zádrže dechu ve freedivingu lze rozdělit na počáteční-lehčí fázi, tzv. „easy-going“ phase, kdy se potápeč koncentruje pouze na svůj dech a mysl má maximální možnou kontrolu nad stahy dýchacích svalů. Fáze končí v okamžiku, kdy $p\text{CO}_2$ v arteriální plazmě dosáhne hodnoty 45 – 60 mmHg. V tuto chvíli začínají tzv. nedobrovolné inspirační kontrakce bránice, jejichž frekvence se zvyšuje s prodlužujícím se časem pod hladinou, a organismus se dostává do tzv. „struggle“ phase. Schopnost tolerance vůči zintenzivňujícímu nutkání se nadechnout závisí zejména na psychické odolnosti a na tréninkových zkušenostech potápeče. (Elia et al., 2021, Shipke et al., 2019) O extrémní zátěži na organismus svědčí výsledky ze studií z roku 2015 a 2016, kdy byly hodnoty parciálního tlaku O_2 2,7 kPa a hodnoty parciálního tlaku arteriálního CO_2 7,3 kPa. (Bain et al., 2016, Willie et al., 2015)

2.6 Wim Hofova metoda (WHM)

„Dokážeme mnohem víc, než si myslíme.“ (Moravčíková, 2019)

Wim Hof, autor WHM přezdívaný jako „The Iceman“ (Ledový muž), se narodil 20. dubna 1953 v holandském městě Sittard. Je držitelem 21 Guinnessových světových rekordů a tvrdí, že těchto úspěchů dosáhl za pomoci vědomého ovládní svého těla. Principy WHM propojil do tří pilířů; dechových cvičení, postupného vystavování se chladu a meditací. Autor této metody tvrdí, že dodržováním tří základních prvků lze ovlivnit imunitní odpověď organismu, předcházet nemocem, zefektivnit sportovní výkon, pozitivně ovlivnit CNS a další orgánové soustavy. (Hof, 2020, Moravčíková, 2019)

2.6.1 Současné výzkumy o problematice WHM

„To, co leží za námi a to, co leží před námi, jsou jen nepodstatné maličkosti ve srovnání s tím, co leží v nás. A pokud vneseme do okolního světa to, co leží v nás, stanou se zázraky.“ (Henry Stanley Haskins z knihy Wim Hof Ledový muž, Hof, 2020)

Dle studií dokázala WHM ovlivnit řadu civilizačních i autoimunitních onemocnění, jako např. DM II. typu, revmatoidní artritidu, roztroušenou sklerózu, systémový lupus erythematoses i Lymfskou boreliózu. Mimo to prokázala svou účinnost i u řady psychických poruch. Mezi další benefity patří ovlivnění metabolismu, zvýšení koncentrace, zkvalitnění spánku nebo zvýšení výkonnosti a regenerace u řady sportovních disciplín. (Hof, 2020, Moravčíková, 2019)

V následujících řádcích jsou přidány některé ze studií WHM: (WIMHOFMETHOD, 2022)

- Studie dokazující vědomé ovlivnění ANS:
 1. KOX, M., STOFFELS, M., SMEEKENS, S. P. *The influence of concentration/meditation on autonomic nervous system activity and the innate immune response: a case study*. Psychosomatic medicine [online]. United States: Lippincott Williams & Wilkins Ovid Technologies, 2012, 74(5), 489-494 [cit. 2022-06-18]. ISSN 0033-3174. Dostupné z: doi: 10.1097/PSY.0b013e3182583c6d
 2. KOX, M., EIJK, L. T. G. J., ZWAAG, J., WILDENBERG, J., SWEEP, C. G. J., HOEVEN, J. G., PICKKERS, P. *Voluntary activation of the sympathetic*

- nervous system and attenuation of the innate immune response in humans*. Intensive Care Medicine Experimental [online]. Cham: Springer International Publishing, 2014, 2(Suppl 1), O2 [cit. 2022-06-18]. ISSN 2197-425X. Dostupné z: doi:10.1186/2197-425X-2-S1-O2
3. MIDDENDORP, H., KOX, M., PICKKERS, P., EVERS, A.W. *The role of outcome expectancies for a training program consisting of meditation, breathing exercises, and cold exposure on the response to endotoxin administration: a proof-of-principle study*. Clinical Rheumatology [online]. London: Springer London, 2016, 35(4), 1081-1085 [cit. 2022-06-18]. ISSN 0770-3198. Dostupné z: doi:10.1007/s10067-015-3009-8
 4. MUZIK, O., REILLY, K. T., DIWADKAR, V. A. *“Brain over body” – A study on the willful regulation of autonomic function during cold exposure*. NeuroImage (Orlando, Fla.) [online]. SAN DIEGO: Elsevier, 2018, 172, 632-641 [cit. 2022-06-18]. ISSN 1053-8119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2018.01.067
 5. ZWAAG, J., HORST, R., BLAZENOVIC, I. *Involvement of Lactate and Pyruvate in the Anti-Inflammatory Effects Exerted by Voluntary Activation of the Sympathetic Nervous System*. Metabolites [online]. BASEL: Mdpi, 2020, 10(4), 148 [cit. 2022-06-18]. ISSN 2218-1989. Dostupné z: doi:10.3390/metabo10040148
- Studie dokazující efekt WHM v kontextu s aktivací hnědě tukové tkáně (brown adipose tissue: BAT): VOSSelman, M. J., VIJGEN, G. H., KINGMA, B. R., BRANS, B., VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D. *Frequent extreme cold exposure and brown fat and cold-induced thermogenesis: A study in a monozygotic twin*. PLoS ONE [online]. United States: Public Library of Science, 2014, 9(7), e101653 [cit. 2022-06-18]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0101653
 - Studie zabývající se účinky WHM na akutní horskou nemoc (acute mountain sickness: AMS): BUIJZE, G. A., HOPMAN, M. T. *Controlled Hyperventilation After Training May Accelerate Altitude Acclimatization*. Wilderness & environmental medicine [online]. NEW YORK: Elsevier, 2014, 25(4), 484-486 [cit. 2022-06-18]. ISSN 1080-6032. Dostupné z: doi:10.1016/j.wem.2014.04.009
 - Studie posuzující účinek WHM na imunitní systém u pacientů se spondylartrózou: BUIJZE, G. A., DE JONG, H. M. Y., KOX, M. *An add-on training program*

involving breathing exercises, cold exposure, and meditation attenuates inflammation and disease activity in axial spondyloarthritis – A proof of concept trial. PLoS ONE [online]. SAN FRANCISCO: Public Library Science, 2019, 14(12), e0225749-e0225749 [cit. 2022-06-18]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0225749

2.6.2 Využití WHM pro sportovní výkonnost

„Poznat sám sebe je krokem k tomu objevit, jaký je konkrétně náš ideální stav, jaké je naše nejefektivnější nastavení pro perfektní výkon.“ (Jelínek, 2019)

Chladová terapie podporuje činnost metabolismu a mitochondriální biogeneze, což má za následek efektivnější hospodaření s energií během zátěže a její následné využití pro zlepšení výkonnosti sportovce. (Arenas-Ramirez et al., 2015, Buijze, 2016, Buijze et al., 2018, Castellani et al., 2002, Hof, 2020, Schlesinger, 2020, Moovenhan et al., 2014) Na základě výzkumů přináší chladová expozice několik benefitů pro sportovní výkon, z nichž Štrabáková (2018) zmiňuje zvýšení prahu subjektivního vnímání bolesti, snížení oxidativního stresu, nižší viskozitu krevní plazmy či efektivnější funkce sympatiku. (Štrabáková, 2018) Chladová terapie může pomoci v následné regeneraci, podílí se na optimalizaci imunitního systému a snižuje zánětlivou reakci organismu. (Gagnon et al., 2014, Kwiecien et al., 2021) V kombinaci s dechovými technikami je dokázáno zvýšení VT a snížení hladiny PaCO₂. (Bleakley et al., 2010, Moovenhan et al., 2014) Opakovaná stimulace chladem ve spojení s respiračními metodami dokáže efektivněji aktivovat činnost sympatiku na úkor potlačení funkce parasympatiku. (Hof, 2020, Jungmann et al., 2018, Kox et al., 2012, Kox et al., 2014, Middendorp et al., 2018, Muzik et al., 2018, Zwaag et al., 2020) Prokazuje tak efektivnější funkci autonomního nervového systému, což je jeden z důležitých parametrů v rámci soutěžního výkonu freedivera. (Linder et al., 2015, Néry, 2019) Tento fakt souvisí se stresovými faktory a hormonální reakcí organismu, které jsou úzce spjaty s mechanikou dechu. (Castellani et al., 2016, Moravčíková, 2019, Pääkkönen et al., 2002, Prins, 2008) Vlivem dechovým cvičení obsahujících dechovou hyperventilaci a apnoické pauzy lze akcelarovat kinetiku spotřeby O₂, což může vést k zefektivnění výkonnosti ve freedivingu. Pravidelným tréninkem by se doba zádrže dechu měla postupně prodlužovat. (Hof, 2020) Dle Jelínkové (2017) se kognitivní funkce zefektivní, tok myšlenek je rychlejší a organismus je schopen podat kvalitnější fyzické výkony. (Jelínková, 2017)

Meditací lze pomoci v ovlivnění koncentrace a vizualizace před nadcházejícím sportovním výkonem, což je ve freedivingu důležitý parametr v rámci mentální přípravy potápěče. Technika učí zklidnit psychiku a zlepšit soustředění. K dalším účinkům patří zvýšení příjmu O₂, normalizace krevního tlaku, harmonizace NS, odstranění stresu i nervozity, vnitřní vyrovnanost a zklidnění toku myšlenek. (Hof, 2020, Kelly et al., 2022, Theurot et al., 2021)

2.6.3 Chlad

„Mezi podnětem a reakcí existuje určitý prostor. V tomto prostoru se nachází naše moc zvolit si svou reakci. V naší reakci spočívá růst a svoboda.“ (Frankl, 2019)

2.6.3.1 Expozice chladem staletími

„Díky vystavování se chladu jsem si vybudoval už od prvních pokusů velké duchovní uvědomění-našel jsem jakési spojení s něčím větším.“ (Epel, 2020)

Způsob využívání chladu, za účelem léčby zdravotních problémů je lidstvu znám po celá staletí. (Moravčíková, 2019) Hippokrates (asi 460 – asi 377 př. n. l.), často označovaný jako „otec medicíny“, doporučoval léčbu studenou vodou při úrazech a nejrůznějších nemocech. Filozof Seneca (asi 4 př. n. l. – asi 65 n. l.) plavával celý rok v řece Tibeře. Římský vědec a lékař Cornelius Celsus (asi 25 př. n. l. – asi 50 n. l.) zařadil do svých léčebných metod i otužování. (Moravčíková, 2019)

Techniku později zpopularizovali zejména Stanislav Grof (1931 – současnost), Sebastian Kneipp (1821 – 1897), Alexander Lowen (1910 – 2008) a Vincenz Priessnitz (1799 – 1851), kteří používali studenou vodu jako účinný léčebný prostředek na nejrůznější onemocnění a dali tak základ pro další generace. (Moravčíková, 2019)

V Čechách se o propagaci otužování zasloužil zlatník Alfréd Nikodém (1864 – 1949), který v roce 1923 založil klub Zimní záchrany tonoucích při Amatérském plaveckém klubu v Praze. Na tuto tradici navázal Oldřich Liška založením Tělovýchovného otužileckého klubu v roce 1947. V současné době je doménou Český pohár v zimním plavání, kterého se ročně účastní přes 600 otužilců. (Zwierzchovska, 2019)

V dnešní době jsou pozitivní účinky vystavování se chladu ověřeny řadou vědeckých studií a metoda otužování nabývá na své popularitě. (Tipton et al., 2017)

2.6.3.2 Principy a rozdělení negativní termoterapie

Otužování patří do negativní chladové termoterapie, jejímž principem je tepelná výměna, která nastává při překročení indiferentní teploty (34–36 °C ve vodě a 22–24 °C v případě vzduchu). Negativní chladovou termoterapii lze rozdělit dle rozsahu aplikace, resp. plochy působení na celkovou (ledové koupele, kryokomora) a lokální (lokální negativní kryoterapie, Priessnitzovy obklady, polévání). (Králová, 2014, Poděbradský et al., 1998) Z hlediska fyzikální terapie má vazomotorická termoregulace, jakožto nejdůležitější termoregulační mechanismus zprostředkovaný SNS, za následek změny v zásobení organismu kyslíkem, přívodu tepla do jednotlivých orgánů a v odplavení produktů metabolismu. (Králová, 2014, Poděbradský et al., 1998) Štrabáková (2018) zmiňuje zvýšení prahu subjektivního vnímání bolesti, snížení oxidativního stresu, nižší viskozitu krevní plazmy či efektivnější funkce sympatiku. (Štrabáková, 2018) Wim Hof dodává, že v případě chladové expozice se tok myšlenek zastaví, pozornost je upnuta na dech, a mysl se tak dostává do stavu meditace. (Hof, 2020)

2.6.3.3 Fyziologická podstata negativní termoterapie

K průběhu termoregulace jsou nutné 3 základní prvky:

- Termoreceptory, které se nachází na kůži a sliznicích. V případě chladové expozice se jedná o centrální termoreceptory reagující na ochlazení organismu a periferní termoreceptory, tzv. Krauseho tělíska, jejichž počet sahá k 250 000. (Poděbradský et al., 1998, Trojan, 2003)
- Hypotalamická jádra, resp. oblast v zadní části hypotalamu, tzv. corpora mammillaria, která vykonávají funkci řídicího centra a zpracovávají informace zachycené termoreceptory. (Poděbradský et al., 1998, Trojan, 2003) Mají za úkol udržování teplotu tělesného jádra, jehož rozmezí není konstatní (35 – 37,3 °C). (Trojan, 2003)
- Vlastní termoregulační mechanismy, do kterých patří termoregulační chování, metabolická svalová aktivita, třesová a netřesová termoregulace, vazomotorická a sudomotorická termoregulace. (Poděbradský et al., 1998)

2.6.3.4 Syntéza poznatků

Chladová terapie přináší dle výzkumů komplexní výsledky, které dokazují četné studie:

- Vystavení chladu posiluje imunitní systém,

Ve studii z roku 2018 byl prokázán kumulativní účinek posilující imunitní systém při pravidelné chladové expozici ve formě ledových sprch. Jedinci vystavující se chladu prokázali snížení četnosti onemocnění o 29 % v porovnání s kontrolní skupinou. (Buijze et al., 2018) Další studie dokazují zvýšení počtu aktivity tzv. NK buněk (natural killer cells), zvýšení plazmatické hladiny cytokinů (IL-6, IL-2 a TNF- α) a periferních cytotoxických T-lymfocitů, jež hrají zásadní roli v imunitní odpovědi našeho organismu. (Shevchuk et al., 2007, Mooventhan et al., 2014, Arenas-Ramirez et al., 2015) Celkové působení chladu na imunitní systém člověka je shrnut ve studii z roku 2002. (Castellani et al., 2002)

- Vystavení chladu bojuje proti zánětu,

Ve švýcarské studii z roku 2014 bylo zjištěno, že chladová expozice snižuje zánětlivou reakci organismu zejména díky zvyšující se hladině proteinu adiponektinu, který pomáhá předcházet přítomnosti zánětu. (Gagnon et al., 2014)

- Vystavení chladu posiluje a optimalizuje hormonální systém,

Při akutní stresové situaci naše tělo, resp. hormonální systém, reaguje formou, poprvé popsanou Walterem Bradfordem Cannonem, známou pod pojmem tzv. „flight or fight“, resp. „boj nebo uteč.“ Tato fyziologická odpověď organismu je řízena hypothalamem, který vyšle signál nadledvinkám. Ty následně uvolní hormony adrenalin, kortizol a noradrenalin. Tento mechanismus je doprovázen řadou dalších reakcí, jako je např. zvýšení SF, TK, vazodilatace, uvolnění glukózy v jaterní a svalové tkáni. (Castellani et al., 2016, Moravčíková, 2019) Celkový přehled hormonálních reakcí na krátkodobé a dlouhodobé vystavování chladu shrnul Pääkkönen v přehledu z roku 2002. (Pääkkönen et al., 2002)

- Vystavení chladu napomáhá spalování tuků,

Lidské tělo obsahuje 2 druhy tukové tkáně – bílou (WAT) a hnědou (BAT). Do roku 2009 vědci předkládali, že přítomnost hnědé tukové tkáně je relevantní pouze u malých savců a kojenců a u dospělých jedinců má jen zanedbatelný fyziologický význam. Studie však naznačují, že hnědá tuková tkáň je důležitá při regulaci tělesné hmotnosti a je možné, že individuální variace na adaptivní termogenezi lze přičíst množství a aktivitě hnědé tukové tkáně. (Hansessen et al., 2016, Van der Lans et al., 2013, Van Marken Lichtenbelt et al., 2009)

- Vystavení chladu podporuje krevní oběh,

Studie (Cheung, 2012, Pääkkönen et al., 2002) dokazují zlepšení cirkulace krve v organismu při expozici chladem, což může mít pozitivní vliv na KVS člověka. (Cheung, 2012, Pääkkönen et al., 200)

- Vystavení chladu může urychlit regeneraci a pomoci v rekonvalescenci po zranění,

Přehled z roku 2021 (Partridge et al., 2021) vyhodnocuje účinky lokální i celkové kryoterapie v souvislosti s výkonem sportovce. (Partridge et al., 2021) Účinnost kryoterapie jako regenerační složky v terapeutickém procesu dokazuje i studie Kwieciena z roku 2021. (Kweciena et al., 2021)

- Vystavení chladu zlepšuje náladu, soustředění a energii,

Pravidelné vystavování se chladu podporuje sekreci hormonů, jako je noradrenalin nebo endorfiny. Noradrenalin spolu se zrychleným průtokem krve do mozku navozuje okamžitý pocit bdělosti, soustředění a lepší pozornosti. Uvolněné endorfiny a neurotransmitery navíc přispívají k celkovému pocitu pohody. (Buijze, 2016)

- Zvýšení kognitivního výkonu i pozitivní nálady,

Studie Theurota (2021) dokazuje vyšší okysličení mozku a zlepšení kognitivního výkonu u mužů po celotělové stimulaci chladem. (Theurot et al., 2021) Výsledky studie z roku 2022 poukazují na zvýšení pozitivní nálady a snížení výskytu deprese po chladové expozici. (Kelly et al., 2022)

- Aktivace VNS.

Studie z roku 2018 dokazuje ovlivnění aktivity nervus vagus pomocí chladové expozice. Stimulace ANS se obecně používá k potlačení aktivity SNS zvýšením aktivity PNS, který pak u pacienta vyvolává relaxaci a optimálnější zvládnání stresových podmínek. (Hof 2020, Jungmann et al., 2018)

Dalšími přínosy chladu jsou například zlepšení zdraví kostí, podpora detoxikace organismu, snížení nocicepce, lepší kvalita spánku nebo posílení NS. (Buijze et al., 2018, Hof, 2020, Lee et al., 2012, Tipton et al., 2017, Zembron-Lacny et al., 2020)

2.6.3.5 Otuzování dle WHM

Wim Hof ve své knize Wim Hof: Ledový muž (Hof, 2020) uvádí několik metod, které lze zařadit do každodenní rutiny. Tvrdí, že bychom se chladu měli vystavovat kdykoliv je to možné. Dle Wima Hofa patří chladová expozice v přirozeném prostředí k nejjednodušším a nejefektivnějším metodám, jak se na chlad adaptovat. (Hof, 2020)

Kromě snížení teploty v místnosti na 20 °C a méně doporučuje postupné odkládání přebytečných vrstev oblečení. Faktem je, že bundy nehřejí, ale pouze izolují od okolní teploty, a tudíž při jakékoliv minimální fyzické zátěži na úrovni bazálního metabolismu hrozí riziko prochladnutí. (Hof, 2020)

Intenzivnější technikou je adaptace na chlad pomocí ledových koupelí či sprch. Expozice ve studené vodě je v rámci adaptace na chlad efektivnější, avšak lidský organismus v chladné vodě nevydrží příliš dlouho kvůli tepelné vodivosti vodního prostředí. Ze začátku se po teplé sprše přidává studená a postupně se navyšuje doba i intenzita expozice. Dle Wima Hofa není nutné ve vodě vydržet co nejdéle. Zprvu stačí expozice 30 sekund, poté je možné dobu navyšovat až 5 minut. Celý postup je popsán v knize: Wim Hof: Ledový muž. (Hof, 2020)

2.6.4 Dech

„Netlač řeku, teče sama.“ (Barry Stevens)

2.6.4.1 Dechem napříč kulturami

„Smylem života je život samotný. Je to tak jasné a jednoduché. A přece se každý honí a stresuje, jako by bylo potřebné dosáhnout čehosi nadlidského.“ (Allan Watts, 2020)

Ve východních kulturách má dech tisíciletou tradici a dechová praxe hluboce prolínána s kognitivními aspekty meditace a pozměněnými stavy vědomí. Nazývá se pránajáma. Dle jogínů se tento vesmír skládá z „akáší“, kosmického éteru a „prány“, životní energie. Jogínská filozofie praví, že „prána“ je souhrn všech energií obsažených v tomto vesmíru“ a vše, co se vesmírem pohybuje, je jejím projevem. Je přítomná ve vzduchu, ve sluneční energii, ve vodě, v potravě i v každé myšlence. Je charakteristickou vlastností života, který by bez ní nebyl možný. Dech je dle východního učení prostředek, jak získat kontrolu nad životní energií, jak ji k sobě přitahovat, formovat, uchovávat i transformovat tak, aby byla předávána dál do vnějšího světa. (Jayawardena et al., 2020, Kuppusamy et al., 2017, Mahéšvaránanda, 2022, Nagendra, 2019, Nagendra, 2021, Verma, 2020)

Věda o kontrole „prány“ se nazývá pránajáma“, tedy „prána“ a „ájama“, což je překládáno jako délka, rozšíření, ale také jako kontrola. Pránajáma je tedy nedůležitější učení o kontrole prány člověka, za účelem kultivovace své tělesné i duševní energie. (Mahéšvaránanda, 2022, Nagendra, 2019) Při praktikování se používá zpomalování dechu i apnoické pauzy, čímž lze dosáhnout postupného ovlivnění dechového rytmu. Někdy se přidává odpor, tzv. „uddžájí“, kdy dochází ke stimulaci hlasivek a prokrvení

srdce i plic. Technika učí zklidnit psychiku a zlepšit soustředění. K dalším účinkům patří zvýšení příjmu O₂, normalizace TK, harmonizace NS, odstranění stresu i nervozity, zmírnění depresí, vnitřní vyrovnanost a zklidnění toku myšlenek. (Jayawardena et al., 2020, Kuppusamy et al., 2017, Mahéšvaránanda, 2022, Sengupta, 2012, Sharpe et al., 2021, Sinha et al., 2013)

Západní kultury vnímají dech jednodušeji, a to jako cestu k pozitivním zdravotním účinkům, k dosažení psychické vyrovnanosti, snížení stresu či zlepšení sportovního výkonu. (Schmalzl et al., 2015, Jerath et al., 2015, Russo et al., 2017, Kuppusamy et al., 2017, Zaccaro et al., 2018)

2.6.4.2 Mechanika dechových pohybů, anatomický a fyziologický základ dechu

Dech je biologický proces provázející všechny fyziologické funkce organismu. Respirace spolu s krevním oběhem zajišťuje přísun O₂ a jeho transport hemoglobinem vyskytujícím se v ERO do příslušných tkání. Stejně tak zabezpečuje vyloučení CO₂, který je většinou transportován arteriemi ve formě iontu HCO₃⁻. Každá buňka v našem těle je závislá na pravidelné dodávce kyslíku, aby v ní mohla probíhat látková přeměna nutná pro život. Výměna okysličené a odkysličené krve je zajištěna kapilárními membránami a probíhá 12–15x/min., v závislosti na stavu respiračního systému, psychickém rozpoložení, vykonávané aktivitě a dalších faktorech. (Kittnar, 2020)

Respirační systém je ovládán ANS, který zabezpečuje činnost vnitřního prostředí, a cerebrospinálním nervovým systémem, ovládajícím vedení dechu při řeči, zpěvu a specifických dechových činnostech, jako je hra na hudební nástroj či foukání skla. (Véle, 2006)

Dechová centra se nacházejí ve formatio reticularis (RF) v prodloužené míše a informace jsou vedeny z n. vagus pomocí periferních a centrálních chemoreceptorů i z plic. V tomto centru se následně vytváří vzruchy, které jsou vedeny odstředivými dráhami do příslušných svalů zodpovědných za dechové pohyby. RF je systém vývojově velmi starých jader, která zajišťují řadu životně důležitých funkcí, regulují ANS, řídí mimovolní motoriku, svalový tonus a mají vliv i na regulaci bolesti. Automatické řízení dechu je zajištěno působením na jádro n. phrenicus v míše, avšak vědomé a řízené ovlivnění dechu je možné aktivací mozkové kůry. (Gandeva et al., 2002, Kittnar, 2020, Véle, 2006)

Inspirium (nádech) i expirium (výdech) jsou rytmicky opakující se pohyby, které jsou od sebe odděleny krátkými pauzami – preinspirium a preexpirium. Nádech má excitační

charakter na posturálně-lokomoční systém a je využíván facilitačně. Výdech má inhibiční charakter a na náš posturálně-lokomoční systém působí relaxačně. (Véle, 2006) Popsaný jev je v článku Gandeva (2002) připisován úsudku, že kromě respiračních signálů dostávají dechové motoneurony zpětnovazebné příkazy z mozkového kmene a jiných aferentních orgánů, které mohou působit změnu na spinální a supraspinální úrovni související s fázickým a tonickým pohybem svalstva. (Gandeva et al., 2002, Véle, 2006)

Dechové pohyby provází tři procesy:

- Mechanický, který spočívá v mechanice dechových pohybů,
- Fyziologický, jež zahrnuje výměnu plynů a změny dráždivosti CNS,
- Řídící, který má vliv na dechové i posturální pohyby, svaly, vnitřní orgány i na psychiku. (Véle, 2012)

Jelikož se jedná o rytmicky opakující se pohyb, je formativní vliv respiračních pohybů na tvar hrudníku neustálý. Dech má vliv nejen na konfiguraci a stavbu jednotlivých tělních segmentů včetně nesení těla, ale i na jakýkoliv pohyb z něj vycházející. (Véle, 2006) Jednotlivé skupiny svalů pracují vždy ve vzájemné souhře jako jeden celek. Chceme-li upravit držení těla, je nutné věnovat pozornost i respiračním pohybům, a naopak změnou nesení těla lze formovat i dechovou mechaniku. (Gandeva et al., 2002, Véle, 2006)

Dechovou mechaniku lze pozorovat postupně ve třech segmentech v průběhu dechové vlny, přičemž břišní segment (oblast od bránice po pánevní dno – PD) se aktivuje jako první při inspiriu i expiriu. Druhý segment, dolní hrudní, je vymezen diafragmou a Th5. Třetím, horním hrudním segmentem, je prostor od Th5 po dolní krční páteř. (Dylevský, 2009, Kolář et al., 2009)

Funkčně je respirační a kardiovaskulární oběh provázaný z aferentních vláken dýchacích cest do nucleus tractus solitarii v prodloužené míše. Do stejného místa vedou vlákna i z oblouku aorty–nn. vagi a karotického synu–nn. glossopharyngei. (Dylevský, 2009, Kolář et al., 2009) Dle profesora Opavského (Opavský, 2003) je dýchací systém s ANS provázaný, jelikož oba reagují na jakoukoliv fyzickou či psychickou zátěž. (Opavský, 2003) Od dechu se odvíjí naše emoční rozpoložení a stejně tak naše i emoce ovlivňují náš dech, jeho frekvenci, hloubku, rytmus i intenzitu. Tělo nám umožňuje tento stav měnit pomocí vědomého vedení a specifických dechových technik. (Mana, 2018) Např. při zpěvu manter se tělo rozechvívá. Vznikající vibrace facilitují parasympatická vlákna a kromě mechanické facilitace vnitřních orgánů má pozitivní vliv i na naše emoce. (Bernardi et al., 2017, Kuppusamy et al., 2017, Mahéšvaránanda, 2022, Nagendra, 2019)

Dle Hofa (2020) má praktikování dechových cvičení dramatický dopad na emocionální i fyzickou kondici. (Hof, 2020) Dechová cvičení mají mnoho benefitů, které dokládají četné studie, z nichž některé uvádím v následujících řádcích:

2.6.4.3 Syntéza poznatků

Dechová cvičení přináší dle výzkumů komplexní výsledky, které dokazují četné studie:

- Snížení hladiny stresových hormonů. (Sharma et al., 2013, Nunez et al., 2020)

O efektu jógy a meditace pojednává studie, ve které se dlouhodobý účinek těchto metod projevil na zlepšení funkce ANS. (Soni, 2019). Došlo k prokazatelnému snížení stresových hormonů a ke zkvalitnění dechové mechaniky. Studie Prinse (2008) dokazuje, že zmírnění stresových faktorů přispívá ke změně postury a dechového stereotypu. (Prins, 2008)

- Zlepšení paměti, koncentrace, pozornosti, zkrácení vizuální reakční doby a zrychlení zpracování vizuálních podnětů (díky lepšímu okysličení krve v těle) a prohloubení mindfulness a senzorio-motorického výkonu. (Gosewade et al., 2013, Sharma et al., 2014, Shastri et al., 2017)

- Podpora respiračních funkcí, prevence a rehabilitace respiračních poruch. (Keerthi et al., 2013, Karthik et al., 2014)

- Úprava trávení, dráždivého tračníku (potenciálně) či gastroezofageálního refluxu. (Kaswala et al., 2013, Kavuri et al., 2015)

2.6.4.4 Dech dle Wima Hofa

Dechová technika dle WHM se skládá ze 30–50 hlubokých vědomých a usilovných nádechů tak, aby inspirace následovala mechaniku dechové vlny, která začíná aktivitou abdominálního sektoru. Bránice, hlavní inspirační sval aktivován dopředným mechanismem tzv. „feed forward“, je kaudalizována a nitrobřišní tlak vzrůstá za pomoci pohybu diafragmy, aktivity m. transversus abdominis i dalších břišních svalů. Aktivita jednotlivých segmentů ovlivňuje svaly interkostální, pohybuje s orgány dutiny břišní a pánevního dna, které reagují na vzrůstající nitrobřišní tlak, čímž přispívá k aktivitě páteře a postavení osového orgánu je stabilizováno. Orgány v dutině břišní jsou stlačovány, čímž vzniká prostor pro rozpínání plic. Dech se postupně přesouvá do kaudální části hrudníku a dolních žeber, která se postupně rozvíjejí do stran, tzn. dech se posouvá laterálně za pomoci interkostálních svalů, přičemž dochází k mírné extenzi a stabilizaci zejména bederní části páteře. Dech se posouvá do kaudální části hrudníku, který se rozpíná

kraniálně a laterálně, čímž se aktivují i pomocné inspirační svaly zvětšující objem dutiny hrudní. Snižující se tlak v hrudním segmentu umožní proudění kyslíku do plic, čímž je ventilace vzduchu zabezpečena. Po inspirační fázi následuje expirace a zadržetí dechu na co nejdelší čas. Ve chvíli, kdy přichází nutnost se nadechnout, následuje inspirium a další apnoická pauza po dobu 15 s. Tento cyklus se opakuje dohromady 3x. (Dylevský, 2009, Kolář et al., 2009, Hof, 2020, Véle, 2006)

Pravidelným tréninkem by se doba zádrže dechu měla postupně prodlužovat. Krev v organismu je okysličená a alkalická kvůli zvýšení pH krve. Dochází k postupnému vyplavování adrenalinu a receptory na bolest, tzv. nociceptory, jsou utlumeny. (Véle, 2006) Dle Jelínkové (2017) se kognitivní funkce zefektivní, tok myšlenek je rychlejší a organismus je schopen podat kvalitnější fyzické výkony. (Jelínková, 2017) Kompletní protokol pro dechová cvičení dle WHM je uveden v knize: Wim Hof: Ledový muž. (Hof, 2020) Pro účely této diplomové práce byl zvolen protokol z knihy Wima Hofa, který je určen pro sportovce. Správnost použití postupu bylo konzultováno s odborníkem na dech a chladovou terapii, certifikovaným instruktorem WHM.

2.6.5 Síla mysli

„Největším úspěchem, kterého můžete dosáhnout, je klid mysli. Tento klid bez jakýchkoli myšlenek vám dá pocit souznění s vaším nejvnitřnějším bytím, odraz skutečného já v zrcadle.“ (Epel, 2020)

„Meditace je jako ponor na dno rozbouřeného moře. Člověk tiše pozoruje bouři odehrávající se na hladině. Čím hlouběji se noří, tím větší klid nachází.“ (Epel, 2020)

Třetím pilířem je koncentrace mysli, meditace a odhodlání. Metoda WHM učí, jak se soustředit pouze na přítomnost a na aktivitu v ní prováděnou. (Hof, 2020) V experimentu, který zmiňuje Jelínková (2017) ve své knize, bylo dokázáno, že pokud není aktivováno optimální nastavení mysli během chladové expozice, tělo je náchylnější k prochladnutí až o 30 %. (Jelínková, 2017)

Hlavním rozdílem mezi metodou WHM a pouhou meditací je hormonální reakce, resp. odlišnost ve vyplavování hormonů, konkrétně katecholaminů a kortizolu. Tyto hormony se v průběhu aplikování WHM zvyšují a tělo se tak dostává do sympatického režimu, čímž dochází ke zvýšení hladiny stresových hormonů adrenalinu, noradrenalinu a kortizolu. Díky tomu by měl být organismus schopen dosáhnout vyšší hladiny koncentrace. (Hof, 2020, Moravčíková, 2019)

Wim Hof potvrdil schopnost vědomě ovládat ANS, který je zodpovědný za udržování homeostázy v organismu. Podílí se na srdeční i respirační frekvenci, vazodilataci a má podstatný vliv i na náš trávicí systém. (Hof, 2020) Wu & Lo (2008) stejně, jako Phongsuphap et al. (2007) dokazují, že specifické meditační techniky mohou vést k podobným výsledkům. (Hof, 2020, Pho et al., 2007, Wu et al., 2008)

V kombinaci s chladovou expozicí a dechem lze využít metodu vizualizace, jako např. představování si silného zdroje tepla okolo sebe či přímo uvnitř organismu, stejně jako to praktikují např. jogíni při dechových cvičeních g-tummo, kteří dokázali zvýšit teplotu na povrchu dlaní a plosek nohou o 8,3 °C. (Hof, 2020) Ucelený návod pro propojení síly mysli s ostatními dvěma pilíři dle WHM je podrobně popsán v knize: Wim Hof: Ledový muž. (Hof, 2020)

3 CÍLE, ÚKOLY A HYPOTÉZY PRÁCE

3.1 Cíl práce

Cílem práce bylo prokázat, má-li metoda Wima Hofa prokazatelný vliv na výkon freedivera a přispět tak k poznání v oblasti fyziologických parametrů souvisejících s potápěním na nádech.

Cílem teoretické části práce je analýza a syntéza poznatků týkajících se WHM v rámci tréninku freediverů. Jako hlavní cíl, který si klademe, je zjistit, zdali daná metoda dokáže prokazatelně ovlivnit výkonnost sportovce v rámci vybrané disciplíny.

Mezi dílčí teoretické cíle patří vysvětlení podstaty a popsání základních principů WHM. Popis základních fyziologických termínů a aspektů při jejím využívání včetně očekávaných zdravotních benefitů. Teoretická část práce obsahuje stručnou charakteristiku freedivingu včetně jeho vzniku, vývoje a popsání jednotlivých disciplín. Vysvětleny jsou také fyzikální zákony vodního prostředí, fyziologické změny během ponoru, patofyziologická rizika tohoto sportu a v neposlední řadě psychologické aspekty volného potápění.

Dalším cílem teoretické části je vytvořit podklady pro pozdější studie diplomové nebo závěrečné práce spojené s Wimem Hofem a jeho metodou či s freedivingem.

Cílem praktické části bylo prokázat, má-li metoda Wima Hofa prováděná freedivery v průběhu 4 týdnů vliv na zlepšení výkonnosti v rámci jednotlivých měření vybraných fyziologických parametrů. Vybrané postupy reflektují nejnovější poznatky v rámci volného potápění a byly sestaveny na základě rešerše domácích i zahraničních zdrojů zabývajících se riziky volného potápění u certifikovaných potápěčů, kteří mají zkušenost s potápěním na nádech.

3.2 Úkoly práce

Na základě hypotéz a výzkumného cíle jsme si zadali následující úkoly:

- Provedení obsahové analýzy,

- Prostudování literatury a sepsání teoretického rozboru poznatků o dané problematice,
- Vytvoření projektu experimentu a jeho organizace,
- Vybrání účastníků experimentu,
- Vysvětlení vybrané metody,
- Vyhodnocení a statistické ověření získaných dat,
- Zpracování výsledků do grafické podoby,
- Klasifikace stanovených hypotéz,
- Formulace závěrů,
- Doporučení pro praxi.

3.3 Výzkumná otázka

Na základě obsahové analýzy a zhodnocení získaných dat tato diplomová práce předpokládá, že získá odpověď na tyto výzkumné otázky:

1. Má metoda Wima Hofa aplikovaná během čtyřtýdenní intervence v porovnání s metodou Pránajámy, chladové expozice a meditace průkaznější efekt na výkonnost freedivera v rámci vybraných fyziologických parametrů?
2. Jak se liší výsledky skupin praktikujících techniku WHM a Pránajámu v kombinaci s chladovou terapií a meditací před započítím a po ukončení experimentu?

Z této výzkumné otázky bude cílem práce potvrdit či vyvrátit tyto hypotézy:

3.4 Hypotézy

Na základě prostudování literatury a sepsání teoretického rozboru poznatků, které se zabývají danou problematikou, jsme stanovili tyto hypotézy:

Hypotéza 1 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření u jednotlivých skupin.

Hypotéza 1 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření alespoň u jedné ze skupin.

Hypotéza 2 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích O₂ u třetího měření jednotlivých skupin.

Hypotéza 2 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích O₂ u třetího měření alespoň u jedné ze skupin.

Hypotéza 3 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve STA mezi alespoň dvěma skupinami v rámci měření.

Hypotéza 3 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve STA mezi alespoň jednou skupinou v rámci měření.

Hypotéza 4 (H0): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy nedojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení intervence a pocitu, že aplikace metody WHM a/nebo Pránajámy měla pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera.

Hypotéza 4 (H1): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy dojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení intervence a pocitu, že aplikace WHM a/nebo Pránajámy měla pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera.

Hypotéza 5 (H0): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy nedojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

Hypotéza 5 (H1): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy dojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

Zdůvodnění hypotéz

Zdůvodnění 1. hypotézy (H0):

Předpokládáme, že po čtyřtýdenní intervenci nedojde ke statisticky a věcně významným rozdílům v odlišnosti výsledků srdeční frekvence u skupiny WHM a Pránajámy, a tedy

že neexistuje statisticky významná diference ve výsledných hodnotách SF mezi skupinami WHM i Pránajámy. Předpokládáme tak na základě studie Turečka (2022), která sledovala vliv WHM jako regenerační procedury mezi tréninkovými jednotkami v porovnání s kontrolní skupinou provádějící chladovou terapii bez aplikace dechových cvičení a meditace. Sledovanými parametry byla srdeční frekvence a pocitové stavy po intervencích. Parametr SF vykazoval podobné hodnoty u obou skupin, resp. průměrně došlo k poklesu SF po tréninkové jednotce o 54,6 tepů/min., pokud nebyla aplikována žádná z metod, a rozdíl při použití WHM či negativní termoterapie byl zanedbatelný. U skupiny WHM klesla SF 1 minutu po sportovní zátěži o 57,4 tepů/min. a u negativní termoterapie o 57,7 tepů/min., což naznačuje, že nemělo vliv, zdali byla použita metoda WHM či pouhá chladová expozice bez aplikace dechových a meditačních cvičení. (Tureček, 2022)

Zdůvodnění 2. hypotézy (H1):

Na základě tvrzení ve studii cvičení WHM (Hof, 2020) vede ke zvýšení O_2 v těle, z čehož lze předpokládat, že dechové praktiky mohou podpořit rovnováhu CO_2 a kyslíku v těle, což slouží určitým regulačním funkcím včetně rovnováhy pH, hladiny krevního cukru a autonomního nervového systému (ANS). (Caldwell & Victoria, 2011)

Možné vysvětlení by mohlo být v již zmíněné adaptaci KVS na hypoxický stav, na chlad i na stresovou reakci organismu, kterou STA apnoe vyvolává. Dalším vysvětlením by mohla být efektivnější mitochondriální biogeneze, což potvrzuje i studie Shevchucka. (Shevchuck, 2008) Mitochondrie jsou místem spotřeby O_2 a produkce CO_2 . Výměna plynů mezi těmito membránově obalenými organelami probíhá difuzí. Podmínkou je zachovaný tlakový gradient. Je možné, že díky zefektivnění funkce KVS v průběhu STA apnoe je podpořen i difuzní mechanismus přenášení O_2 . Důležitým faktorem při přenášení kyslíku je i transportní bílkovina hemoglobin. Vácha (2008) tvrdí, že jedním z faktorů dlouhotrvajících ponorů je přítomnost, resp. vysoká koncentrace obsaženého hemoglobinu v krvi. (Vácha et al., 2008) Dle Palečka (2001) je rozpouštění kyslíku v krvi v přímé závislosti na teplotě okolí a parciálním tlaku. Při teplotě $38\text{ }^\circ\text{C}$ se $0,00305\text{ ml/mol}$ kyslíku rozpouští na $0,13\text{ kPa PaO}_2$. Při teplotě $20\text{ }^\circ\text{C}$ je hodnota $0,00453\text{ ml/mol } O_2$. (Paleček, 2021) To znamená, že při nižších teplotách je hemoglobin schopen navázat větší množství O_2 . (Rodová, 2011) Z toho bychom mohli usuzovat na adaptační mechanismus organismu na chlad, jelikož freediveri byli v průběhu měření bez neoprenu a každý den ráno prováděli chladové expozice. Bylo by tak možné usuzovat, že organismus je

v průběhu STA apnoe schopen efektivněji distribuovat O_2 . Navíc, při hypoxickém stavu, ke kterému při STA apnoe dochází, je hladina PaO_2 nižší, čímž se obnovuje afinita k O_2 . Tato teorie by souvisela spíše s efektem chladové složky intervence. Dalším možným vysvětlením by mohlo být ovlivnění intenzity výměny dýchacích plynů s metabolickými nároky v průběhu stresové situace, a tedy efektivnější vyhodnocení spotřeby pO_2 a pCO_2 , resp. zvýšení prahu senzitivity chemoreceptorů reagujících na hladiny těchto plynů v organismu. Periferní chemoreceptory reagují na pokles pO_2 stimulací aferentních vláken a prodloužené míchy, která následně zvýší inspirační frekvenci. Z toho vyplývá možné ovlivnění těchto mechanismů, jelikož ještě před nástupem námahy probíhá tzv. anticipační zpětná vazba, která stimuluje intenzivní zásobení organismu kyslíkem dříve, než dojde ke zvýšeným nárokům na respiraci a nárůstu pCO_2 . (Vácha et al., 2008) Organismus by tedy mohl, v rámci vědomého hypoxického tréninku, jako tomu bylo u WHM a částečně i Pránajámy, být adaptován na tyto fyziologické pochody. Popsaný mechanismus by v rámci tohoto experimentu mohl být hodnocen také subjektivně, a to na kontrakcích bránice – jejich nástupu i časové sumaci. Ze studií víme, že kontrakce bránice jsou přímo úměrná množství hromadícího se CO_2 v krvi. Jedná se o jeden z faktorů předčasného ukončení doby DYN i STA apnoe. Nástup kontrakcí bránice je velmi nepříjemný pocit, který je vyhodnocován každým jedincem individuálně. (Lahtinen et al., 2015, Linder et al., 2015)

Zdůvodnění 3. hypotézy (H1):

Dle prostudování literatury a sepsání teoretických poznatků předpokládáme, že metoda WHM a Pránajámy v kombinaci s chladovou terapií a meditací budou mít prokazatelné účinky po čtyřtýdenní intervenci. Předpokládáme tak na základě tvrzení ze studií Van Dongena (2021) a Turečka (2022). Studie ukazují efekt WHM již po čtyřech týdnech, kdy došlo k prokazatelně zvýšené činnosti metabolismu a mitochondriální biogenezi. Výsledkem je efektivnější hospodaření s energií během zátěže a následně její lepší využití vedoucí ke zlepšení výkonnosti sportovce. (Arenas-Ramirez et al., 2015, Buijze, 2016, Buijze et al., 2018, Castellani et al., 2002, Hof, 2020, Mooventhan et al., 2014, Schlesinger, 2020, Van Dongen et al., 2021, Tureček, 2022) Efekt na prodloužení STA apnoe zkoumala práce Levové (2022), která měřila vliv WHM a freedivingového dýchání na vybrané dechové parametry i na délku STA apnoe. Studie ukázala, že obě metody jsou

efektivní a u obou skupin došlo k signifikantním rozdílům ve výsledných hodnotách STA apnoické pauzy. (Levová, 2022)

Metody WHM a Pránajámy jsou si svým provedením velice podobné. Obě metody mají značné výhody pro náš organismus a přinášejí zlepšení ve sportovním výkonu a ve zdraví obecně. (Jerath et al., 2015, Kuppusamy et al., 2017, Russo et al., 2017, Schmalzl et al., 2015, Zaccaro et al., 2018) Obě mohou pomoci v následné regeneraci, podílí se na optimalizaci imunitního systému a snižují zánětlivou reakci organismu. (Gagnon et al., 2014, Kwiecien et al., 2021) K dalším účinkům patří zvýšení příjmu O₂, normalizace TK, harmonizace NS, odstranění stresu i nervozity, vnitřní vyrovnanost a zklidnění toku myšlenek. (Hof, 2020, Kelly et al., 2022, Theurot et al., 2021)

Všechny z výše jmenovaných studií uvádějí efekt metody na sportovní výkon v minimálně čtyřtýdenním období. Z tohoto důvodu předpokládáme, že existuje statisticky významná diference po dvou a čtyřech týdnech experimentu, a tedy že získané hodnoty vybraných fyziologických parametrů budou průkaznější po čtyřech týdnech experimentu.

Zdůvodnění 4. a 5. Hypotézy (H1):

Na základě prostudování literatury předpokládáme, že subjektivní hodnocení probandů bude v souladu s dosavadními výsledky studií, a tedy že intervence bude mít vliv na subjektivní vnímání prospěchu aplikace WHM a/nebo Pránajámy v kombinaci s chladovou terapií a meditacemi na sportovní výkon jedince. Dle ankety ve studii Suppmannové (2021) se ukázalo, že všichni z dotazovaných zažívali příznivé zdravotní změny v důsledku proktikování WHM, které všechny z probandů dále motivují k pokračování v aplikaci WHM. (Suppmann, 2021) U sedmi dotazovaných došlo k pozitivním fyzickým změnám. V této studii bylo prokázáno zlepšení fyzického výkonu, snížení fyzických potíží a ztráta tělesné hmotnosti. Stejně tak ve studii Mihalíka (2021) odpovědělo 100 % probandů na otázku, zdali vnímají prospěšnost intervence na svou sportovní výkonnost „Ano“. Pozitivní psychologický efekt na sportovní výkon ukazuje i studie Turečka (2022), který dokazuje efektivitu WHM ve srovnání s dalšími skupinami. Subjektivní hodnocení WHM na sportovní výkon a regeneraci udává také studie Kroči (2021), ve které 70 % respondentů vnímá vliv WHM na zlepšení regenerace, zmírnění bolesti pohybového aparátu a zvýšení fyzické kondice. (Kroč, 2021, Tureček, 2022)

4 METODOLOGIE

„Hranice působnosti a účel vědy chápeme žalostně chybně, když ztotožňujeme vesmír, jak jej věda popisuje, s vesmírem, v němž žijeme. Věda mluví o symbolu skutečného vesmíru a tento symbol má téměř stejné použití jako peníze. Je to vhodný spořič času při provádění praktických opatření. Když se však zamotají peníze a bohatství, skutečnost a věda, stane se ze symbolu břemeno.“ (Allan Watts, 2020)

4.1 Metodika práce

V následujících podkapitolách je podrobně popsán zkoumaný soubor, proces měření, použité metody měření i metody sběru dat.

4.1.1 Charakteristika sledovaného souboru

Výzkum byl omezen na kvalifikované potápěče s minimálním věkem 18 let. Výzkumný soubor o počtu 32 probandů byl tvořen tělesně zdravými probandy mužského pohlaví s kvalifikací minimálně prvního kvalifikačního stupně, což bylo nutno doložit freediverskou certifikací. Kritériem pro vybrání probanda do výzkumu byla aktivní účast na freedivingových bazénových tréninkách po dobu minimálně půl roku a více.

Všichni účastníci výzkumu se přihlásili dobrovolně a na základě zvážení vlastních schopností a zkušeností. Účastníci výzkumu měli vlastní výstroj zahrnující masku, popř. klip na nos. Předchozí zkušenosti s metodou WHM nebo Pránajamou nebyly zapotřebí. Testování se nezúčastnily osoby s akutním (zejména infekčním) onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci nebo po onemocnění. Jednalo se o zdravé nekuřáky bez neurologického či respiračního onemocnění v anamnéze.

Parametry	Průměr
Věk (roky)	41,5 let
Tělesná výška (cm)	180,5 cm
Tělesná hmotnost (kg)	80 kg
Pravidelnost tréninku	2–3x v týdnu
Výkonnostní úroveň	Level 1

Tabulka 1: Charakteristika výzkumného souboru. (Zdroj: Vlastní zpracování)

4.1.2 Použité metody měření

Ke zpracování teoretických podkladů byla použita metoda rešerše domácích i zahraničních, literárních i internetových zdrojů zabývajících se problematikou freedivingu a vlivem WHM na fyziologii lidského organismu, jejichž seznam je uveden v kapitole Zdroje. K vyhledávání odborné literatury byly použity dostupné odborné články z databází EBSCO, Elsevier, National Center for Biotechnology Information (NCBI), PubMed, Scopus a Web of Science.

Pro všechny studie bylo snahou použít filtr vydání roku 2012–2022, avšak u některých studií bylo potřeba použít starší datum. V této diplomové práci bylo čerpáno i z oficiálních stránek WHM: wimhofmethod.com a teorie k jednotlivým částem WHM byla podpořena dalšími studiemi věnujícími se obdobnému tématu. Všechny použité zdroje byly citovány v platném znění citační normy ČSN ISO 690.

Pro realizaci stanoveného výzkumu jsme použili kvantitativní strategii, pomocí které jsme se snažili o prozkoumání stanovených cílů a vyvrácení či potvrzení stanovených hypotéz. Pro tuto diplomovou práci byla zvolena metoda kauzálního výzkumu prováděného formou experimentu, kterého se zúčastnilo 32 probandů z řad certifikovaných freediverů se zkušenostmi ze STA apnoické pauzy. Studii dokončilo 30 probandů. Hodnoty probandů, kteří výzkum nedokončili, nebyly zahrnuty do výsledků práce. Základem bylo stanovení a vymezení měřitelných parametrů a následné měření jednotlivých aspektů sledovaného souboru.

Na základě rešerše dostupných domácích i zahraničních zdrojů bylo zjištěno, že metoda WHM může mít za určitých specifických okolností vliv na zlepšení výkonu sportovce. V současné době však neexistuje jakýkoliv podložený výzkum, který by reflektoval danou problematiku, poskytoval přesná data a zohledňoval potřebné faktory v kombinaci s volným potápěním.

Osobně jsem se zkontaktovala s dvěma předními českými odborníky na freediving a WHM za účelem zkvalitnění diplomové práce, jejichž zkušenosti mi pomohly zejména v praktické části. Oba mi poskytli cenné rady v otázce vytvoření vhodného protokolu pro skupinu WHM, pro skupinu Pránajámy i ve vedení freediverů.

Data získaná prostřednictvím měření byla následně komparativně porovnávána. Komparace byla provedena prostřednictvím statisticko-matematické analýzy pro parametrická data mezi vstupním, kontrolním i výstupním měřením a dále mezi všemi skupinami.

Na konci výstupního měření byla 1. a 2. skupině rozdána anketa, kterou probandi vyplňovali pouze jednou, a to po ukončení intervence, resp. po ukončení 3. výstupního měření. Anketa byla využita k získávání subjektivních dat od probandů, kteří absolvovali metodu WHM a Pránajámu. Otázky byly vytvořeny na základě poznatků z teorie se zřetelem na účel ankety. Dokument zahrnuje informace o subjektivních pocitech intervence. Dokument je možné najít v kap. Přílohy.

4.1.3 Organizace výzkumu

Vzhledem k typu výzkumu bylo nutné zaslat žádost Etické komisi na Fakultě tělesné výchovy a sportu před zahájením studie. Tento dokument je součástí práce a je zahrnut v kap. Přílohy. Každému účastníkovi byly před zahájením intervence poskytnuty podrobné informace o průběhu, cíli a možných rizicích experimentu. Všichni účastníci pochopili účel výzkumu a podepsali dobrovolně informovaný souhlas, který je zahrnut v kap. Přílohy.

Předmětem měření jsou vybraní sportovci, kteří v rámci výzkumu absolvovali metodu WHM nebo Pránajámu v kombinaci s chladovou expozicí a meditací a kteří používají fyzické i mentální schopnosti jako nezbytný nástroj při svém sportovním zaměření. K věrohodnosti výzkumu bylo nutno stanovit takové podmínky, které zaručovaly získání adekvátních dat potřebných pro realizaci a následné vyhodnocení výzkumu.

Probandi byli osloveni buď osobně, nebo pomocí sociálních sítí v rámci členství v jednotlivých freedivingových organizacích. Komunikace s probandy byla vedena přes osobní kontakt, následná každodenní adherence probíhala formou SMS zpráv každé ráno a dále každý třetí den byli probandi kontrolováni telefonicky formou krátkého hovoru o probíhající intervenci. Jakékoliv další zásahy do soukromí osob ve smyslu změny každodenních aktivit jedinců včetně tréninků či jiných parametrů jejich života, jsou zcela vyloučeny. U všech 32 probandů byly zahrnuty tyto údaje, podle kterých byli následně

rozdělení do trojic po 10–11 členech tak, aby byly jejich parametry co možná nejvíce shodné:

- Věk (roky)
- Tělesná výška (cm)
- Tělesná hmotnost (kg)
- Pravidelnost tréninku (počet tréninků v týdnu)
- Výkonnostní úroveň (level dosažené výkonnostní úrovně)

Testovaný soubor byl měřen ve spodním prádle a bez obuvi. Tělesná výška byla stanovena digitálním bezdrátovým stadiometrem Seca 242 (pracujícím na principu optického senzoru) s přesností 0,1 cm. Probandi byli změřeni ve stoji spatném s patami, hýžděmi a lopatkami dotýkajícími se stěny, s hlavou v tzv. orientační rovině (vodorovná rovina mezi okraji obou zvukovodů a dolním okrajem očníce). Tělesná hmotnost byla stanovena digitální osobní váhou Seca 899 s přesností 0,1 kg.

Po rozdělení do co možná nejvíce shodných trojic byli probandi randomizovaně rozděleni losem, a to následujícím způsobem:

Skupina č. 1 prováděla metodu WHM skládající se z dechových cvičení, meditace a ledové sprchy formou domácí samostatné intervence, a to vždy ráno po probuzení 7 dní v týdnu v celkové délce trvání 15–20 minut. Podrobný popis jednotky je zahrnut v kap. Přílohy jako Protokol WHM skupiny.

Skupina č. 2 prováděla intervenci skládající se z dechových cvičení formou Pránajámy. Následovala meditace a ledová sprcha. Probandi měli za úkol provádět tuto formu domácí samostatné intervence každé ráno po probuzení 7 dní v týdnu v celkové délce trvání 15–20 minut. Podrobný popis jednotky je zahrnut v kap. Přílohy jako Protokol Pránajáma skupiny.

Skupina č. 3 neprováděla žádnou intervenci a jednalo se o skupinu kontrolní.

Realizace výzkumného šetření proběhla v plaveckém bazénu Výstaviště Holešovice v areálu Výstaviště 67 na Praze 7, čp. 170 00 dne 10. února 2023. V úvodu byl probandům vysvětlen důvod i průběh měření s praktickou ukázkou. Všichni účastníci experimentu pochopili účel a dobrovolně podepsali informovaný souhlas, čímž dali souhlas k měření.

Hlavním úkolem bylo zjistit rozdíly v rámci doby trvání apnoické pauzy, změn SF a saturace O₂ mezi jednotlivými skupinami a mezi jednotlivými měřeními při zajištění adekvátních podmínek v rámci získávání potřebných dat. Hlavním předmětem zkoumání je tedy souvislost mezi příčinami možné změny těchto parametrů před a po aplikaci WHM. Měření doby trvání STA apnoické pauzy, SF i saturace O₂ jsou neinvazivní metody s celkovou délkou měření do 30–40 min. Po absolvování vstupního měření následoval čtyřtýdenní experiment. Měření probandů proběhlo na začátku, po 14 dnech (v polovině experimentu) a po 4 týdnech (na konci experimentu), a to následujícím způsobem:

Pro optimální průběh měření a minimální riziko zkreslení výsledků bylo probandům doporučeno den před začátkem každého měření omezit konzumaci kofeinových nápojů, nejíst těžká jídla, omezit konzumaci jakéhokoliv jídla na min. 4 hodiny před ponorem, doporučen zákaz konzumace alkoholu a dodržení osmihodinového spánkového protokolu.

Před zahájením měření v plaveckém bazénu absolvovali probandi několik běžných zádrží dechu, stejně jako je tomu při každodenním tréninku tak, aby byli dostatečně připraveni na STA apnoickou pauzu. Měřené hodnoty byly odečteny s odstupem jedné minuty, nebo po stabilizaci kolísajících hodnot.

Před STA apnoí byla naměřena SF a periferní saturace O₂ pulsním oxymetrem Edan Instruments, který byl umístěn na levý prst (ukazovák) potápěče. Hodnoty byly odebrány ve statické poloze vleže na břicho a s tělem splývajícím v bazénu, nebo ve stoji s nohama dotýkajícími se dna, a to s levou horní končetinou mimo vodní prostředí tak, aby mohlo proběhnout měření daných parametrů. Měření před apnoickou pauzou probíhalo ve vodním prostředí z důvodu aktivace adaptačních mechanismů (bradykardie, posunu tekutin, regionální redistribuce krevního toku, změna kardiopulmonální hemodynamiky a autonomní aktivita VNS), které probíhají již při pouhém styku těla s vodní hladinou, viz kap. Fyziologické aspekty a adaptace na zátěž při nádechovém potápění. (Patrician et al., 2021, Pendergast et al., 2015). Proband dále zaujal pozici pro STA apnoe na vodní hladině (teplota vzduchu byla $22,9 \pm 0,3$ °C, teplota vody byla $26,2 \pm 0,2$ °C, výška hladiny vody byla ± 150 cm). Probanda kontroloval buddy, který stál vedle něj. Při ukončení pokusu došlo k signalizaci freedivera předem dohodnutým signálem dle platných pravidel pro STA apnoe, jejichž obsah je vypsán v kap. Přílohy. Čas v minutách

byl zaznamenán do předem vytvořených tabulek v programu Microsoft Excel. Ihned po ukončení STA apnoe byl na levý ukazovák potápěče nacházejícího se v bazénu připevněn pulsní oxymetr Edan Instruments měřící hladinu O₂ v krvi i SF. Hodnoty byly zaznamenány s odstupem jedné minuty, nebo po stabilizaci kolísajících hodnot ve stejné poloze jako při měření před STA apnoe.

Všichni testovaní měli celkově 3 pokusy pro STA apnoe a vyhodnocen byl vždy jen nejlepší pokus. Celkový čas strávený měřením stanovených parametrů byl 30–40 minut. Testování každého probanda probíhalo u vstupního, kontrolního i výstupního měření ve stejnou denní dobu. Tím bylo eliminováno možné riziko v rozdílnosti výsledků z důvodu odlišných fyziologických odpovědí organismu v rámci cirkadiálního biorytmu. Účastníkům nebyl sdělen záměr experimentu, aby se minimalizovalo riziko zkreslení. Po vstupním měření byli freediveri instruováni k dodržování stejného tréninkového plánu, jaký vedli doposud. Účastníkům studie bylo doporučeno vyvarovat se jakékoliv změně ve svém každodenním stereotypu.

Po 14 dnech od vstupního měření následovalo měření č. 2, jehož instrukce i průběh byl ve všech ohledech analogický s průběhem vstupního měření: měření délky STA apnoe, měření hodnot SF a saturace O₂ před a po STA apnoické pauze. Získaná data byla zaznamenána do předem vytvořených tabulek v programu Microsoft Excel.

Měření č. 3, jež bylo shodné s předchozími dvěma měřeními, proběhlo po 4 týdnech od vstupního měření. Získaná data, která byla zaznamenána do předem vytvořených tabulek v programu Microsoft Excel, byla následně zpracována a vyhodnocena.

Nakonec byla účastníkům skupiny absolvujících metodu WHM a Pránajámy rozdána anketa za účelem subjektivního hodnocení intervence. Vzor ankety je součástí kap. Přílohy.

4.1.4 Sběr dat

Pro porovnání vlivu WHM v rámci zefektivnění výkonu freedivera byly vybrány následující parametry: délka STA apnoe v min., SF, saturace O₂ a anketa. Zjištěné hodnoty ze vstupního, kontrolního i výstupního měření byly porovnány mezi sebou a

dosažené rozdíly byly interpretovány ve vztahu k čtyřtýdenní intervenci. Všechny parametry byly graficky zpracovány a vloženy do kap. Výsledky.

Pro zpracování výsledků vstupního, kontrolního i výstupního měření jsme zvolili metodu párového t-testu, jednofaktorové ANOVY a dvoufaktorové ANOVY s opakováním. Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí programu SPSS.

K porovnání i statistickému ověření došlo u všech tří měření, kdy byl vyhodnocen vždy ten nejlepší pokus z celkového počtu 3 pokusů pro STA apnoe. S použitím statistických metod bylo dosaženo potvrzení, či vyvrácení předem stanovených hypotéz, které jsou stanoveny v kap. Cíle, úkoly a hypotézy práce a podrobně rozepsány v kap. Výsledky.

Subjektivní hodnocení intervence probíhalo anketou. Data byla sbírána formou předtištěné ankety, jež byly rozdány každému účastníkovi po ukončení intervence v průběhu výstupního měření 19. 03. 2023.

4.1.5 Statistická analýza dat

Všechna data byla zpracována a vyhodnocena anonymně bez možnosti identifikace konkrétního probanda. Podrobný popis použitých statistických postupů je sepsán v kap. Vyhodnocení hypotéz.

5 VÝSLEDKY

5.1 Základní charakteristika probandů

Základní informace o probandech jsou podrobně zobrazeny v tabulce č. 2, č. 3 a č. 4. Tabulky jsou rozděleny dle skupin a hodnoty jsou rozděleny dle skupin a hodnoty jsou rozděleny dle jednotlivých parametrů (věk, tělesná hmotnost, tělesná výška, pravidelnost tréninků a výkonnostní úroveň) o celkovém počtu probandů (n) do průměru, mediánu, minima a maxima z těchto hodnot. Hodnoty o věku, tělesné hmotnosti a pravidelnosti tréninků, jsou podrobněji popsány a zpracovány do sloupcových a krabicových grafů č. 1, č. 2 a č. 3.

WHM skupina	n	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
Věk (roky)	10	40	37	32	62
Tělesná výška (cm)	10	182	181	174	191
Tělesná hmotnost (kg)	10	81	81	74	95
Pravidelnost tréninku (počet dnů v týdnu)	10	3	2	1	7
Výkonnostní úroveň (Level)	10	1	1	1	2

Tabulka 2: Základní charakteristiky o probandech ze skupiny WHM. (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z tabulky lze vidět, že průměrný věk freediverů byl ve skupině WHM 40 let a medián věků byl 37 let. Nejmladšímu z freediverů bylo 32 let a nejstaršímu 62 let. Z hlediska tělesné výšky byl průměr 182 cm a medián 181 cm, nejnižší tělesná výška byla 174 cm a nejvyšší 191 cm. Další parametry, jako je věk, tělesná hmotnost a pravidelnost tréninků, jsou podrobněji popsány a zpracovány níže ve sloupcových a krabicových grafech č. 1, č. 2 a č. 3.

Pránajáma skupina	n	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
Věk (roky)	10	42	37	32	61
Tělesná výška (cm)	10	181	182	172	189
Tělesná hmotnost (kg)	10	79	80	71	89
Pravidelnost tréninku (počet dnů v týdnu)	10	2	2	1	5
Výkonnostní úroveň (Level)	10	2	2	1	2

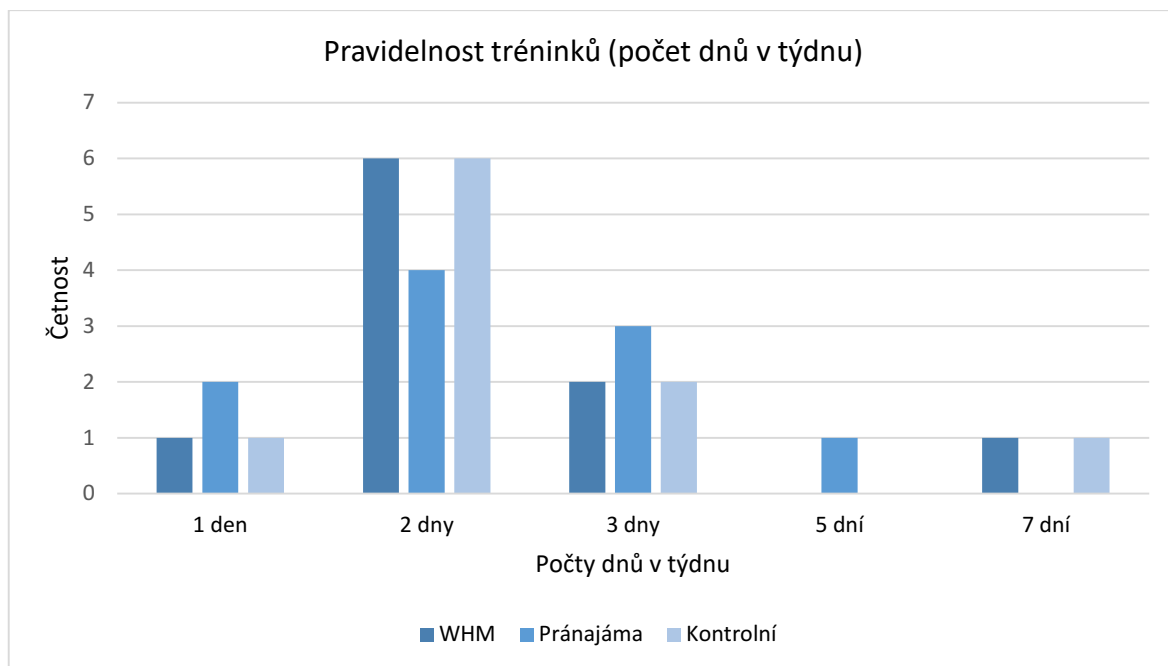
Tabulka 3: Základní charakteristiky o probandech ze skupiny Pránajáma. (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z tabulky lze vidět, že průměrný věk freediverů byl ve skupině Pránajáma 42 let a medián věků byl 37 let. Nejmladšímu z freediverů bylo 32 let a nejstaršímu 61 let. Z hlediska tělesné výšky byl průměr 181 cm a medián 182 cm, nejnižší tělesná výška byla 172 cm a nejvyšší 189 cm. Parametry, jako je věk, tělesná hmotnost a pravidelnost tréninků, jsou podrobněji popsány a zpracovány níže do sloupcových a krabicových grafů č. 1, č. 2 a č. 3.

Kontrolní skupina	n	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
Věk (roky)	10	42	40	33	59
Tělesná výška (cm)	10	180	180	172	187
Tělesná hmotnost (kg)	10	79	79	70	88
Pravidelnost tréninku (počet dnů v týdnu)	10	3	2	1	7
Výkonnostní úroveň (Level)	10	1	1	1	2

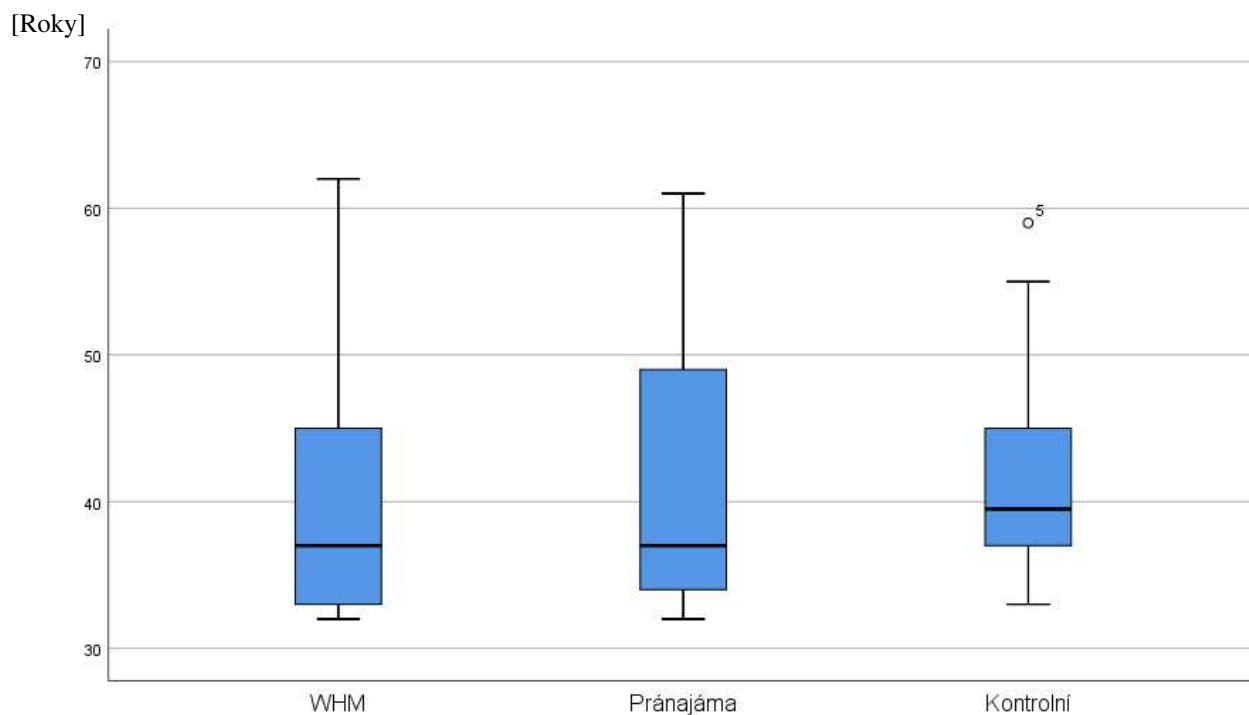
Tabulka 4: Základní charakteristiky o probandech z kontrolní skupiny. (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z tabulky lze vidět, že průměrný věk freediverů v kontrolní skupině byl 42 let a medián věků byl 40 let. Nejmladšímu z freediverů bylo 33 let a nejstaršímu 59 let. Z hlediska tělesné výšky byl průměr 180 cm a medián 180 cm, nejnižší tělesná výška byla 172 cm a nejvyšší 187 cm. Další parametry, jako je věk, tělesná hmotnost a pravidelnost tréninků, jsou podrobněji popsány a zpracovány níže do sloupcových a krabicových grafů č. 1, č. 2 a č. 3.



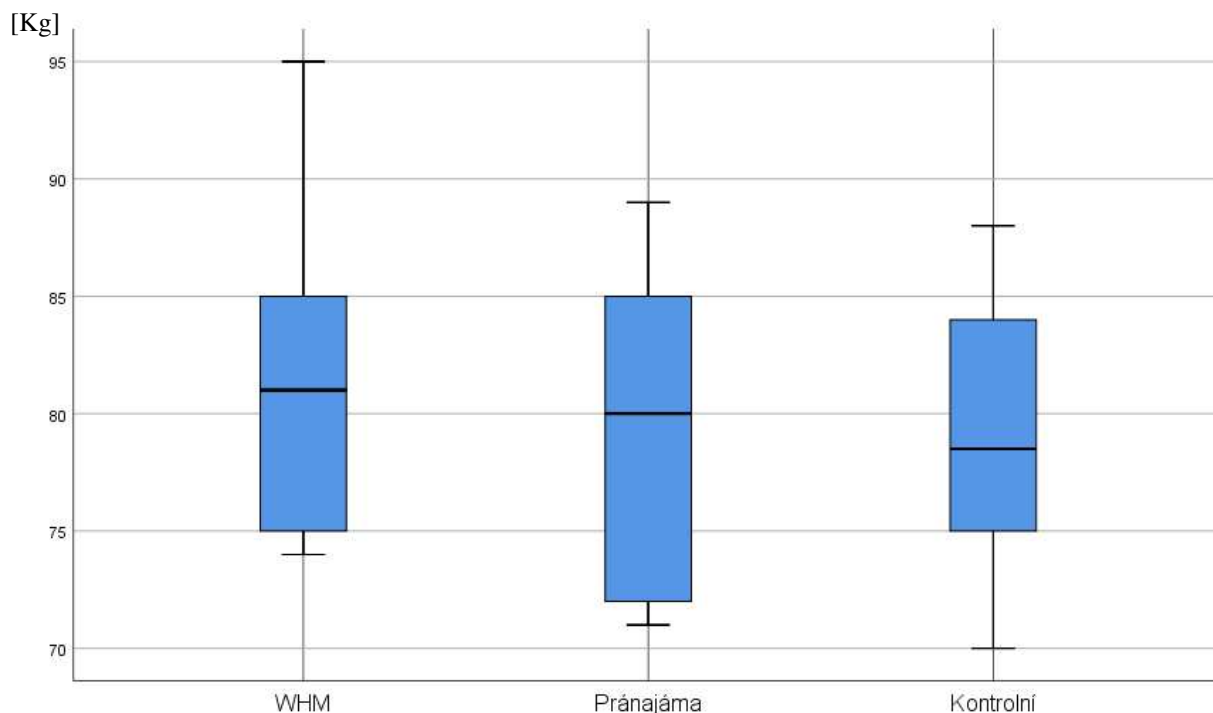
Graf 1: Porovnání pravidelnosti tréninků rozdělených do počtu dnů v týdnu u jednotlivých probandů rozdělených do tří skupin zobrazeno ve sloupcových grafech.. (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pravidelnost tréninku je podrobněji zobrazena ve sloupcovém grafu dle jednotlivých skupin. U skupiny WHM a u skupiny kontrolní lze vidět, že freediveri trénovali nejčastěji 2 dny v týdnu, je zde jedna extrémnější hodnota, kdy jeden freediver trénoval všech 7 dní v týdnu u obou skupin. Ve skupině Pránajáma trénovali freediveri nejčastěji 2 dny v týdnu. Celkově lze shrnout, že ve všech skupinách trénovali freediveri nejčastěji 2 dny v týdnu. Probandi zachovali v průběhu intervence stejný tréninkový plán jako před intervencí.



Graf 2: Rozložení věkového rozpětí probandů rozdělených do tří skupin zobrazeno v krabicových grafech. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Rozložení stáří jedinců dle jednotlivých skupin je zobrazeno v krabicových grafech č. 2. Z krabicových grafů lze vidět, že hodnoty věků jsou v rámci skupin rozloženy relativně podobně. Hodnoty mediánů jsou na podobné úrovni, a to kolem 37–40 let, podrobnější výsledky jsou v tabulkách výše. V grafech jsou dále vidět minima a maxima, mezikvartilová rozpětí, která udávají rozpětí, ve kterém leží 50 % pozorování.



Graf 3: Rozložení tělesných hmotností (kg) probandů rozdělených do tří skupin zobrazeno v krabicových grafech. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Hodnoty tělesných hmotností (kg) jsou rovněž zobrazeny v krabicových grafech č. 3. Z grafů lze vidět, že hodnoty v rámci kontrolní skupiny jsou o něco nižší než u skupiny WHM a skupiny Pránajáma, rozdíl je nepatrný, a nepředpokládá se tedy významný dopad tohoto faktoru na výsledky analýzy. Mediány tělesných hmotností se pohybují kolem 78–81 kg. U skupiny WHM je hodnota maxima vyšší než ve dvou dalších skupinách, a to 95 kg, a také hodnota minima (74 kg) je u této skupiny vyšší.

5.2 Vyhodnocení hypotéz

Všechna data byla zpracována a vyhodnocena anonymně bez možnosti identifikace konkrétního probanda.

Pro vyhodnocení vlivu WHM na výkon freedivera byl použit párový t-test, jednofaktorová ANOVA a dvoufaktorová ANOVA s opakováním. Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí programu SPSS.

Vyhodnocení subjektivního hodnocení intervence (ankety) proběhlo pomocí Fischerova exaktního testu. Jednotlivé odpovědi byly utříděny dle stanovených hypotéz, analyzovány

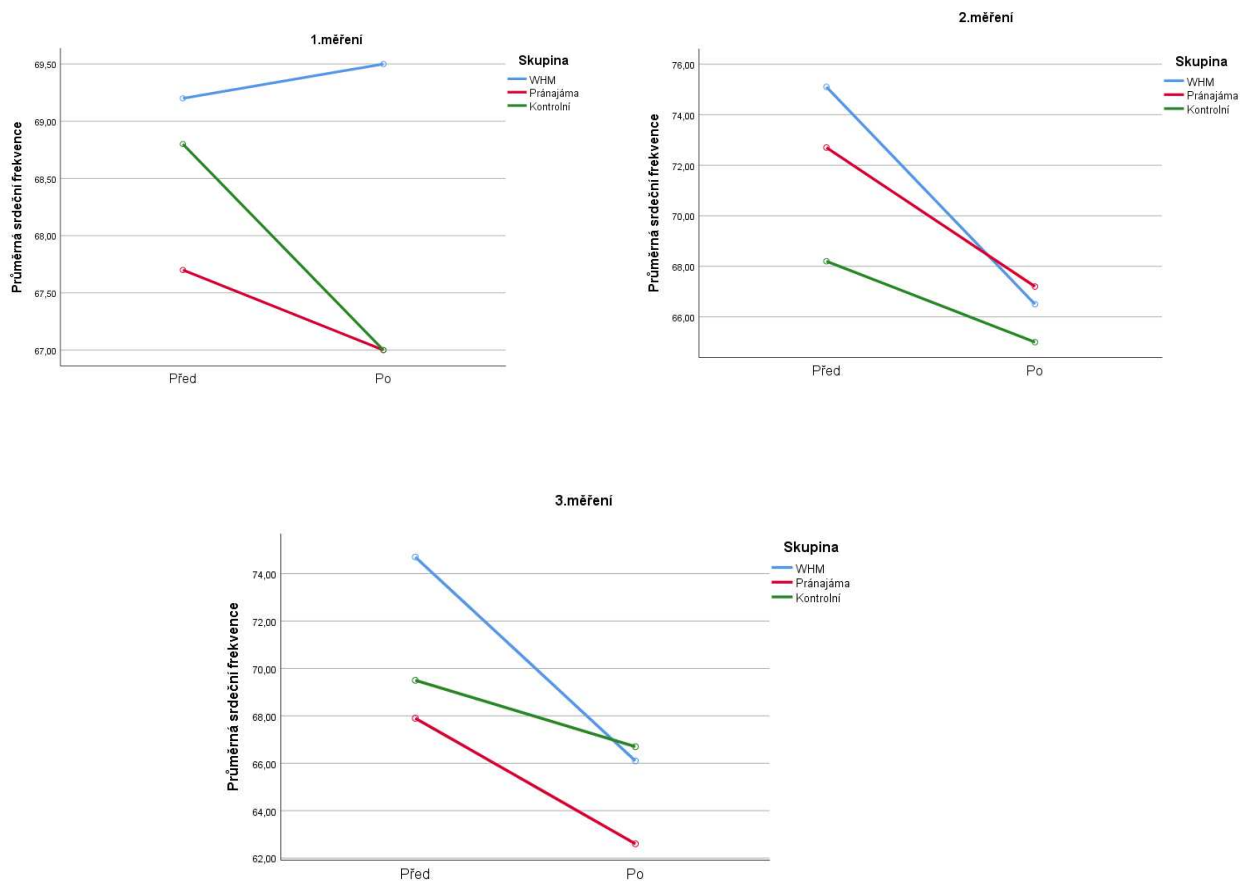
a zpracovány do tabulky č. 14, 15 a podrobněji zobrazeny ve sloupcových grafech č. 7, 8, 9 a 10.

5.2.1 Hypotéza 1

Hypotéza 1 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření u jednotlivých skupin.

Hypotéza 1 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření alespoň u jedné ze skupin.

Před provedením testu se podíváme na grafy zobrazující změnu průměrné SF v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. Z grafů lze vyčíst, že nejvýraznější změny SF byly u druhého měření, což dokazují i výsledky párových t-testů v tabulce č. 5. Před provedením párových t-testů byly ověřeny všechny nezbytné předpoklady (závislost pozorování a normální rozdělení dat, viz kap. Přílohy č. 7, tab. č. 16).



Graf 4: Zobrazení změn průměrné SF před/po STA apnoe v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Průměrný rozdíl v SF v rámci všech skupin byl u druhého měření 5,8 tepů/min., u třetího měření 5,6 tepů/min., oproti prvnímu měření kde byla průměrná diference nejnižší, a to 0,7 tepů/min. Dle párového t-testu jsou výsledky změn SF průkazné u druhého a třetího měření ($p < 0.001$, $p < 0.001$), viz tabulka č. 5.

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation			
Měření 1	Před/Po	,73333	2,98194	1,347	29	,188
Měření 2	Před/Po	5,76667	7,71780	4,093	29	,000
Měření 3	Před/Po	5,56667	7,07927	4,307	29	,000

Tabulka 5: Párový t-test výsledků SF v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Výsledky druhého a třetího měření jsou velmi podobné, což dokazují i hodnoty průměrných diferencí. Z tohoto důvodu bude detailněji rozebráno třetí měření, kde bude analyzována i změna v rámci jednotlivých skupin. V prvním měření u skupiny WHM došlo k mírnému růstu průměrné SF po statistické apnoické pauze, u dvou dalších skupin

došlo k mírnému poklesu, nicméně dle výsledků párového t-testu jsou rozdíly u prvního měření nesignifikantní. Ve druhém i třetím měření došlo k největší změně u WHM, nejnižší změna nastala u kontrolní skupiny. Podrobné výsledky druhého a třetího měření lze vidět i z příložených grafů č. 4. Obecně lze shrnout, že u všech skupin došlo k poklesu průměrné SF vždy po statické apnoické pauze kromě prvního měření u skupiny WHM.

Popisné statistiky				
	Skupina	Průměr	Směr.odchylka	N
3.měření (Před)	WHM	74,7000	10,08905	10
	Pránajáma	67,9000	10,75433	10
	Kontrolní	69,5000	6,11465	10
	Celkem	70,7000	9,37035	30
3.měření (Po)	WHM	66,1000	8,59522	10
	Pránajáma	62,6000	8,28922	10
	Kontrolní	66,7000	5,14350	10
	Celkem	65,1333	7,47286	30

Tabulka 6: Popisné statistiky výsledků SF u jednotlivých skupin v rámci třetího měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Výsledky popisných statistik pro jednotlivé skupiny u třetího měření před STA apnoí a po STA apnoí lze vidět v tabulce č. 6. Průměrná SF u WHM byla před 74,7 tepů/min. a po 66,1 tepů/min., tedy došlo k poklesu o 8,6 tepů/min. U skupiny Pránajáma byla SF před 67,9 tepů/min. a po 62,6 tepů/min., tedy pokles byl o 5,3 tepů/min. U kontrolní skupiny byla průměrná SF před 69,5 tepů/min. a po 66,7 tepů/min., tedy pokles byl o 2,8 tepů/min. Hodnoty směrodatných odchylek udávají míru variability, kde lze vidět, že hodnoty u skupin WHM a Pránajáma jsou vyšší, což značí i vyšší míru absolutní variability.

Párové t-testy						
		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation			
WHM	Před - Po	8,60000	8,74579	3,110	9	,013
Pránajáma	Před - Po	5,30000	4,92274	3,405	9	,008
Kontrolní	Před - Po	2,80000	6,47731	1,367	9	,205

Tabulka 7: Párový t-test výsledků SF v rámci třetího měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Výsledky SF před a po absolvování statické apnoe v rámci třetího měření jsou pro jednotlivé skupiny zobrazeny v tabulce č. 7. Z výstupu lze vidět, že u skupiny WHM a Pránajáma jsou výsledky signifikantní na 5% hladině významnosti ($p=0,013$ a $p=0,008$).

U kontrolní skupiny se nepodařilo rozdíly ve výsledcích před a po absolvování STA apnoe prokázat.

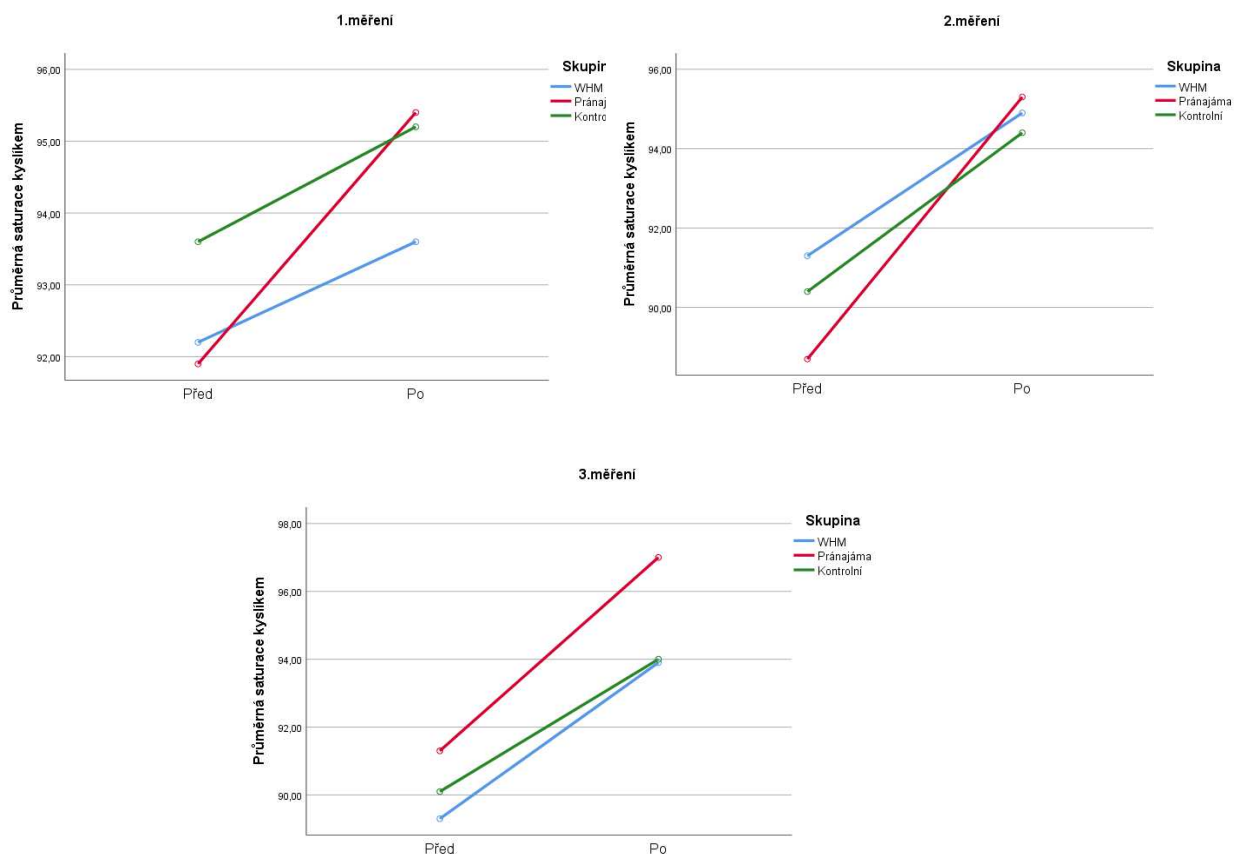
Výsledkem lze říct, že došlo ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření alespoň u jedné ze skupin. U všech skupin došlo k poklesu srdeční frekvence. Tento pokles byl významný u skupiny WHM a Pránajáma, zatímco u skupiny kontrolní rozdíl signifikantní nebyl. Nulovou hypotézu se podařilo zamítnout.

5.2.2 Hypotéza 2

Hypotéza 2 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích O_2 u třetího měření u jednotlivých skupin.

Hypotéza 2 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích O_2 u třetího měření alespoň u jedné ze skupin.

Před provedením testu se podíváme na grafy zobrazující změnu průměrné saturace O_2 v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. Z grafů lze vyčíst nejvýraznější změny saturaci O_2 u skupiny Pránajáma v rámci všech měření. Rozdíly výsledků před a po statické apnoické pauze jsou otestovány pomocí párového t-testu pro jednotlivá měření, viz tabulka č. 8. Před provedením párových t-testů byly ověřeny všechny nezbytné předpoklady. (závislost pozorování a normální rozdělení dat, viz kap. Přílohy, příloha č. 7, tab. č. 18)



Graf 5: Zobrazení změn průměrné saturace O₂ před/po STA apnoi v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Největší průměrný rozdíl v saturaci O₂ v rámci všech skupin byl u druhého a třetího měření. Průměrná diference u druhého a třetího měření je stejná, a to 4,7 %. U prvního měření průměrná diference nižší, a to 2,2 %, což lze vidět z tabulky č. 8. Dle párového t-testu jsou výsledky změny saturace O₂ průkazné u všech měření.

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation			
Měření 1	PŘED_O2 - PO_O2	-2,16667	2,22963	-5,323	29	,000
Měření 2	PŘED_O2 - PO_O2	-4,73333	5,50820	-4,707	29	,000
Měření 3	PŘED_O2 - PO_O2	-4,73333	5,08502	-5,098	29	,000

Tabulka 8: Párový t-test výsledků saturace O₂ v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

K otestování rozdílů v rámci skupin bylo vybráno třetí měření. Proměnná měření dle dvoufaktorového testu ANOVA s opakovaným měřením vyšla statisticky nesignifikantní (F=1,658, p=0,200), viz kap. Přílohy, příloha č. 7, tabulka č. 18.

Popisné statistiky				
		Průměr	N	Směrodatná odchylka
WHM	Před	89,3000	10	4,13790
	Po	93,9000	10	5,25885
Pránajáma	Před	91,3000	10	5,67744
	Po	97,0000	10	1,41421
Kontrolní	Před	90,1000	10	3,10734
	Po	94,0000	10	4,21637

Tabulka 9: Popisné statistiky výsledků saturace O₂ u jednotlivých skupin v rámci třetího měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Výsledky popisných statistik pro jednotlivé skupiny u třetího měření před STA apnoí a po STA apnoí lze vidět v tabulce č. 9. Průměrná saturace O₂ u skupiny WHM byla před 89,3 % a po 93,9 %, došlo tedy k růstu o 4,6%. U skupiny Pránajáma byla saturace O₂ před 91,3 % a po STA apnoí 97 %, tedy růst byl o 5,7 %. U kontrolní skupiny byla saturace O₂ před 90,1 % a po 94 %, tedy růst byl o 3,9 %.

Párový t-test						
		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation			
WHM	Před - Po	-4,60000	4,69515	-3,098	9	,013
Pránajáma	Před - Po	-5,70000	5,92640	-3,041	9	,014
Kontrolní	Před - Po	-3,90000	4,93176	-2,501	9	,034

Tabulka 10: Párový t-test výsledků saturace O₂ v rámci třetího měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Výsledky saturace kyslíkem před absolvováním a po absolvování STA apnoe v rámci třetího měření jsou pro jednotlivé skupiny zobrazeny v tabulce č. 10. Z výstupu lze vidět, že u všech skupin došlo ke statisticky významnému růstu saturace O₂ na 5% hladině významnosti ($p=0,013$, $p=0,014$ a $p=0,034$). Na základě těchto výsledků se zamítá nulová hypotéza o nevýznamném rozdílu v saturaci O₂ před absolvováním a po absolvování STA apnoe.

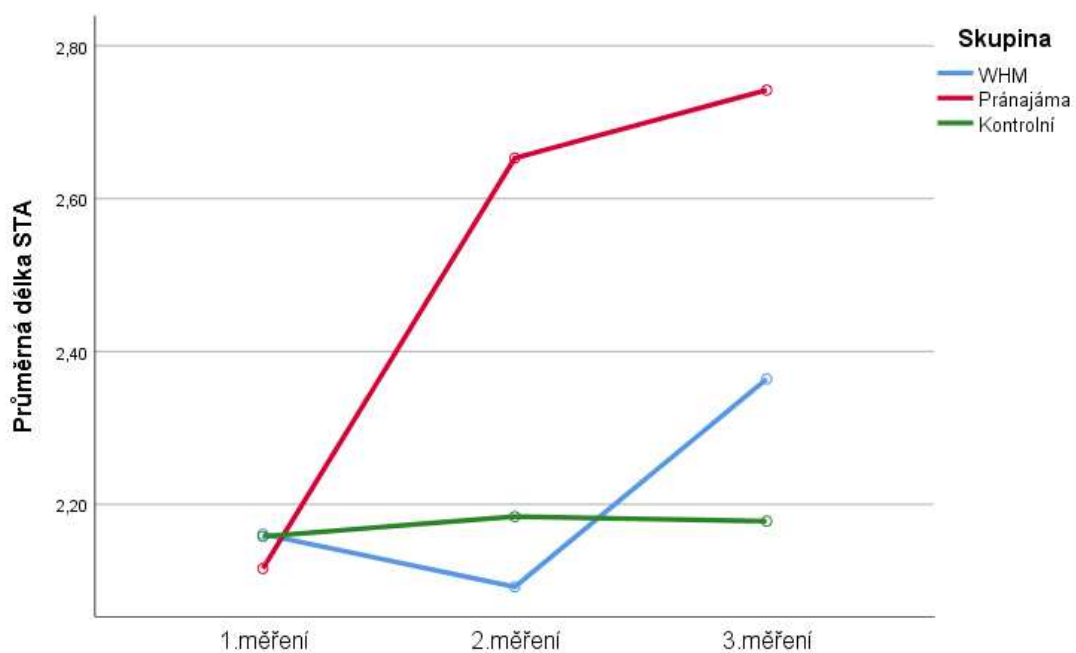
Z výsledků lze vidět, že u všech skupin se podařilo prokázat statisticky významný rozdíl v rámci saturace O₂ u třetího měření. Tento rozdíl byl prokázán u všech skupin a ve všech třech skupinách, kdy došlo k významnému růstu po absolvování STA apnoe. Rozdíl v rámci skupin se tedy nepodařilo prokázat. Stanovenou nulovou hypotézu nelze zamítnout.

5.2.3 Hypotéza 3

Hypotéza 3 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve STA mezi alespoň dvěma skupinami v rámci měření.

Hypotéza 3 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve STA mezi alespoň jednou skupinou v rámci měření.

Před provedením testu se podíváme na grafy zobrazující čas STA apnoe v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. Z grafů lze vyčíst nejvýraznější délky STA apnoické pauzy u skupiny Pránajáma v rámci všech měření. Rozdíly výsledků jsou otestovány pomocí dvoufaktorového ANOVA testu s opakováním pro jednotlivá měření. Před provedením dvoufaktorového ANOVA testu s opakováním byly ověřeny všechny nezbytné předpoklady. (závislost pozorování a normální rozdělení dat a testy sféricity, viz kap. Přílohy č. 7, tab. č. 21).



Graf 6: Zobrazení změn průměrné délky STA apnoe v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Rozdíly v délce STA apnoe dle jednotlivých skupin a měření se dle grafu liší. U prvního měření lze vidět, že průměrné délky STA jsou velmi podobné, dosahují hodnot pod

2,2 minuty. U druhého měření zůstala hodnota průměrné délky STA u kontrolní skupiny velmi podobná, tedy opět kolem 2,2 minuty, zatímco u skupiny WHM došlo k mírnému poklesu času. Naopak u skupiny Pránajáma došlo k výraznému prodloužení času na více než 2,6 minuty již po dvou týdnech intervence. U třetího měření zůstaly výsledky kontrolní skupiny podobné jako u předešlých měření. U skupiny WHM došlo k výraznějšímu růstu času, který překonal 2,3 minuty. Nejvyšší hodnoty dosahovala skupina Pránajáma, a to přes 2,7 minuty. K největšímu růstu času STA došlo již po dvou týdnech intervence u skupiny Pránajáma, naopak u skupiny WHM bylo nutné absolvovat intervenci 4 týdny, aby se projevil průkazný efekt vybrané metody na výkon freedivera.

Přesnější hodnoty lze vidět v tabulce č. 11.

Popisná statistika				
	Skupina	Průměr	Směr.odchylka	N
STA - 1.měření	WHM	2,1610	,56990	10
	Pránajáma	2,1160	,56941	10
	Kontrolní	2,1580	,29962	10
	Celkem	2,1450	,47929	30
STA - 2.měření	WHM	2,0920	,53855	10
	Pránajáma	2,6530	,61255	10
	Kontrolní	2,1840	,26638	10
	Celkem	2,3097	,53936	30
STA - 3.měření	WHM	2,3640	,49858	10
	Pránajáma	2,7420	,70608	10
	Kontrolní	2,1780	,26511	10
	Celkem	2,4280	,55735	30

Tabulka 11: Popisné statistiky výsledků STA u jednotlivých skupin v rámci třetího měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

ANOVA - opakovaná měření							
Measure: MEASURE_1							
Source	měření	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
měření	Linear	1,201	1	1,201	22,701	,000	,457
měření * Skupina	Linear	,966	2	,483	9,128	,001	,403
Error(měření)	Linear	1,429	27	,053			

Tabulka 12: ANOVA test pro opakovaná měření výsledků STA u jednotlivých skupin v rámci měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Z výsledků ANOVA testu pro opakovaná měření vyplývá, že v rámci měření došlo k výrazným změnám, které jsou na 5% hladině významnosti statisticky signifikantní ($p < 0.001$). Zároveň je statisticky významná i interakce měření a skupiny ($p = 0,001$), což

nám říká, že výsledky v rámci skupin jsou u jednotlivých měření statisticky významně odlišné, což lze vidět z tabulky č. 12 i z grafu č. 6, kde u prvního měření mezi skupinami nejsou viditelné rozdíly, zatímco u dalších dvou měření k rozdílům v rámci skupin dochází.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
STA - 1.měření	Between Groups	,013	2	,006	,026	,975
	Within Groups	6,649	27	,246		
	Total	6,662	29			
STA - 2.měření	Between Groups	1,810	2	,905	3,689	,038
	Within Groups	6,626	27	,245		
	Total	8,436	29			
STA - 3.měření	Between Groups	1,652	2	,826	3,031	,065
	Within Groups	7,357	27	,272		
	Total	9,009	29			

Tabulka 13: Jednofaktorová ANOVA pro otestování rozdílů ve STA apnoí mezi jednotlivými skupinami zvlášť pro všechna 3 měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

Dále byla provedena jednofaktorová ANOVA pro otestování rozdílů ve STA mezi jednotlivými skupinami zvlášť pro všechna 3 měření (viz tabulka č. 13). Z výsledků lze vidět, že u prvního měření se výsledky STA dle skupin statisticky významně neliší dle F-testu s hodnotou 0,026 a p-hodnotou 0,975. U druhého měření se výsledky na 5% hladině významnosti statisticky významně liší, výsledek F-testu vyšel 3,689 a p-hodnota 0,038. U třetího měření se dle F-testu 3,031 a p-hodnoty 0,065 výsledky na 5% hladině významnosti neliší, nicméně na 10% hladině významnosti by se tento rozdíl podařilo prokázat. U skupiny Pránajáma stačily k projevení intervence už 2 týdny, u WHM byla potřeba 4týdenní intervence.

Podařilo se nám prokázat, že došlo ke statisticky významným rozdílům ve STA mezi alespoň jednou skupinou v rámci měření. Nulovou hypotézu se podařilo zamítnout.

5.2.4 Hypotéza 4

Hypotéza 4 (H0): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy nedojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení intervence a pocitu, že

aplikace metody WHM a/nebo Pránajámy měla pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera.

Hypotéza 4 (H1): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy dojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení intervence a pocitu, že aplikace WHM a/nebo Pránajámy měla pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera.

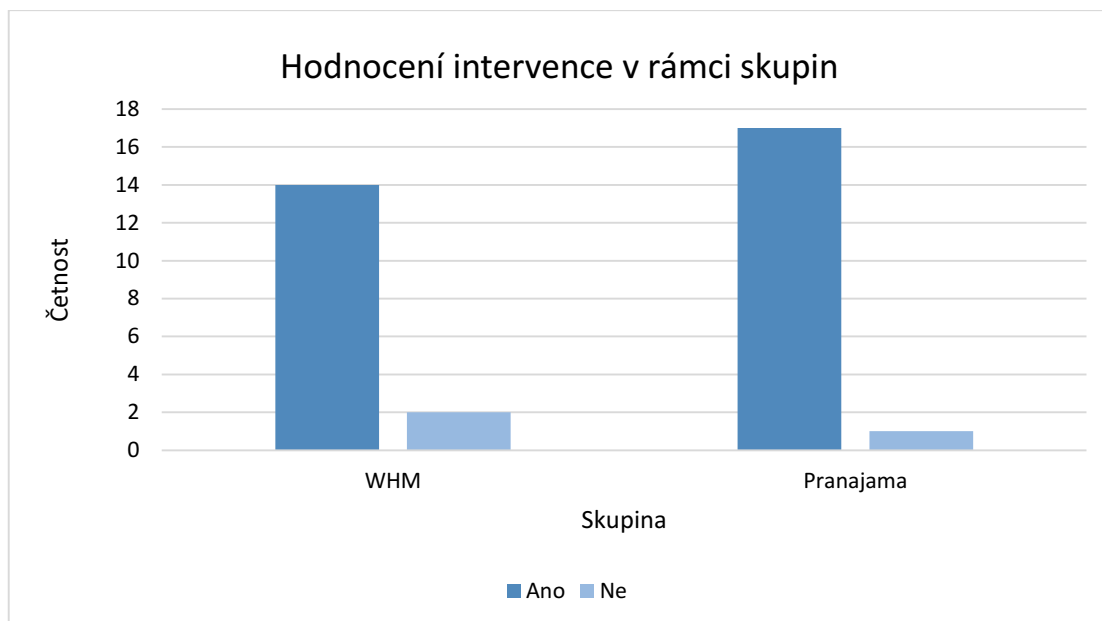
			Hodnocení		Celkem
			Ano	Ne	
Skupina	Wim Hof	četnost	14	2	16
		% ze skupiny	87,5%	12,5%	100,0%
	Pránajáma	četnost	17	1	18
		% ze skupiny	94,4%	5,6%	100,0%
Celkem		četnost	31	3	34
		% ze skupiny	91,2%	8,8%	100,0%

Fisherův exaktní test

	p-hodnota
Fisherův exaktní test	,591

Tabulka 14: Asociační tabulka závislosti subjektivního hodnocení intervence dle pocitu rozdělena do jednotlivých skupin. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

K vyhodnocení stanovené hypotézy byl použit Fisherův exaktní test, jelikož Chí-kvadrát test nezávislosti nebylo možné použít z důvodů nesplnění podmínky, aby alespoň 80 % očekávaných četností bylo větších než 5. (Hendl, 2015). P-hodnota Fisherova exaktního testu vyšla 0,591, což znamená, že na 5% hladině významnosti nulovou hypotézu nezamítáme. Nepodařilo se prokázat, že u skupin WHM i Pránajámy došlo ke statisticky významnému rozdílu v subjektivně pozitivním ohodnocení intervence. Zároveň lze z výsledků asociační tabulky vidět, že ve skupině WHM bylo 87,5 % odpovědí „Ano“ a u skupiny Pránajáma bylo pozitivních odpovědí 94,4 %. Z toho lze říct, že u skupiny Pránajáma je pozitivní hodnocení o něco vyšší. Tento rozdíl je však statisticky nesignifikantní. Z podílů odpovědí „Ano“ a „Ne“, kde v rámci obou skupin je 91,2 % odpovědí pozitivních, je zřejmé, že aplikace intervence měla subjektivně pozitivní vliv na psychické i fyzické naladění freedivera. Zobrazení výsledků četností lze vidět ve sloupcovém grafu č. 7.



Graf 7: Zobrazení subjektivního vlivu hodnocení intervence na psychické a fyzické naladění freedivera u skupiny WHM a u skupiny Pranajámy ve sloupcovém grafu. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

5.2.5 Hypotéza 5

Hypotéza 5 (H0): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pranajámy nedojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

Hypotéza 5 (H1): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pranajámy dojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

		Hodnocení		Celkem	
		Ano	Ne		
Skupina	Wim Hof	četnost	10	6	16
		% ze skupiny	62,5%	37,5%	100,0%
	Pranajáma	četnost	14	2	16
		% ze skupiny	87,5%	12,5%	100,0%
Celkem		četnost	24	8	32
		% ze skupiny	75,0%	25,0%	100,0%

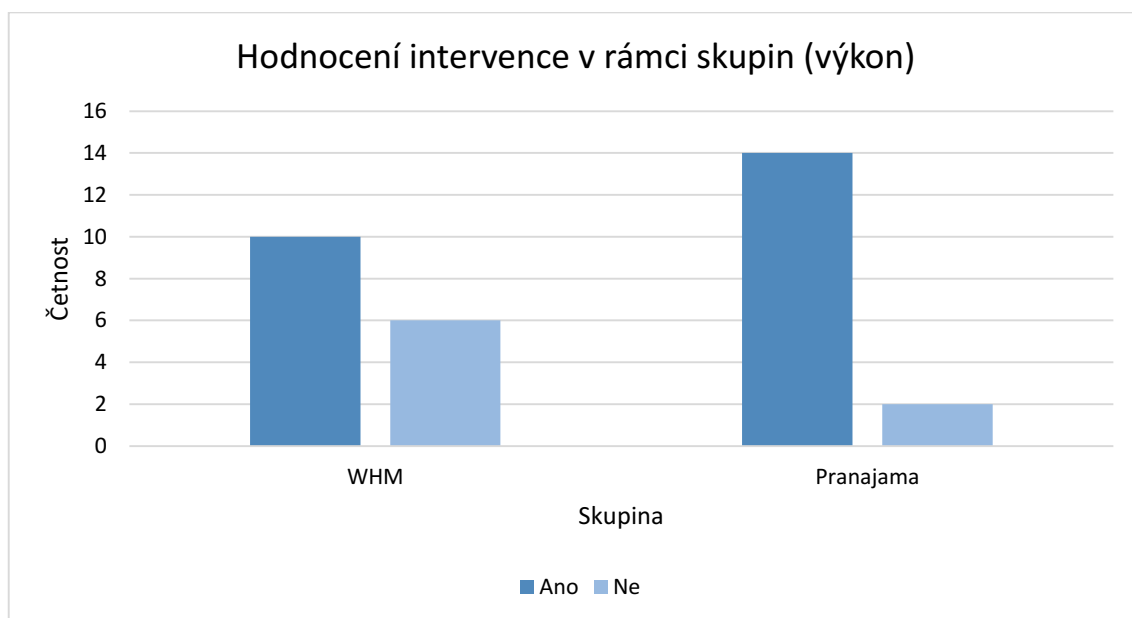
Fisherův exaktní test

P-hodnota	
Fisherův exaktní test	,220

Tabulka 15: Asociační tabulka hodnocení intervence v závislosti na výkonnosti dle skupin. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

K vyhodnocení stanovené hypotézy byl opět použit Fisherův exaktní test z důvodu nesplnění podmínky uvedené u předešlé hypotézy. P-hodnota Fisherova exaktního testu vyšla 0,220, což znamená, že na 5% hladině významnosti nulovou hypotézu nezamítáme. Nepodařilo se prokázat, že u skupin WHM i Pránajámy došlo ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním ohodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

Z výsledků asociační tabulky lze vidět, že ve skupině WHM bylo 62,5 % odpovědí „Ano“ a u skupiny Pránajáma bylo pozitivních odpovědí 87,5 %. Z toho lze usuzovat, že u skupiny Pránajáma je pozitivní hodnocení o něco vyšší. Tento rozdíl je však statisticky nesignifikantní. Z podílů odpovědí „Ano“ a „Ne“, kde v rámci obou skupin je 75 % odpovědí pozitivních, je zřejmé, že aplikace intervence měla subjektivně pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera. Zobrazení výsledků četností lze vidět ve sloupcovém grafu. Ze sloupcového grafu je patrné, že v obou skupinách převládá subjektivně pozitivní hodnocení intervence na výkonnost sportovce. Avšak rozdíly nejsou tolik markantní jako v případě vlivu intervence na psychické a fyzické naladění freedivera, jako tomu bylo u předchozí hypotézy (viz graf. č. 8).

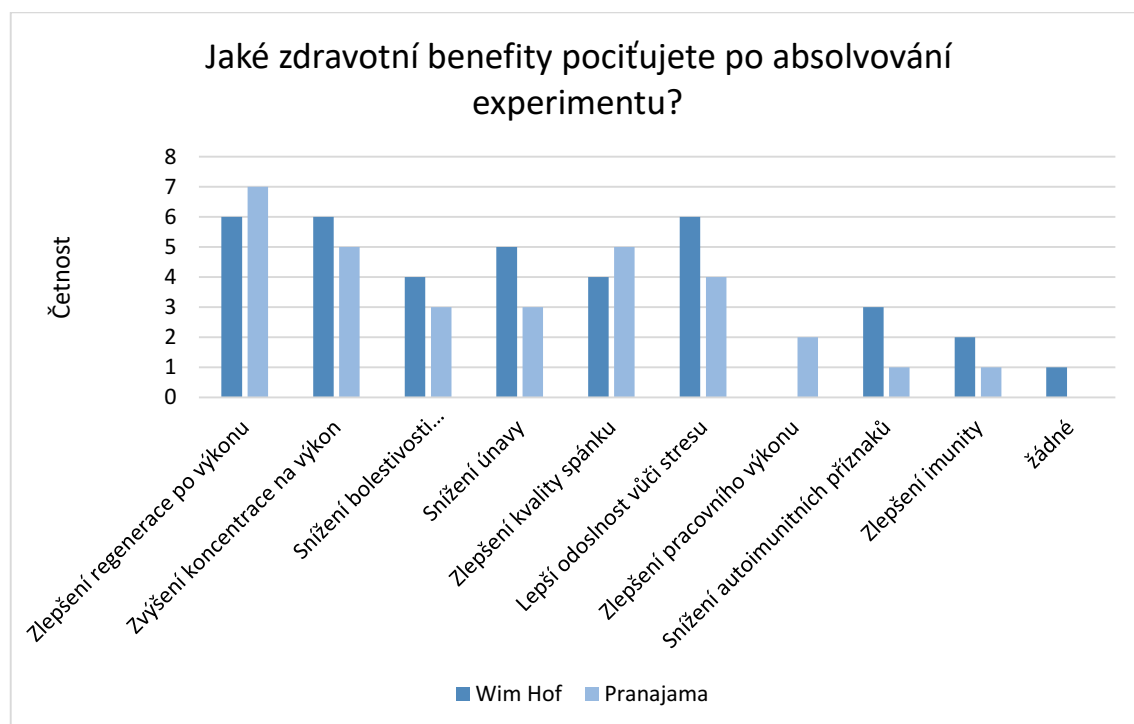


Graf 8: Zobrazení subjektivního vlivu hodnocení intervence na výkon freedivera u skupiny WHM a u skupiny Pránajámy ve sloupcovém grafu. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Účastníci skupiny WHM, kteří na otázku č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ odpověděli „Ano“ (celkem 5), dávali největší význam chladové expozici (3/5), méně pak dechovým cvičením (1/5) a

jeden z pěti dotázaných nedokázal posoudit, který z ukazatelů byl klíčový pro subjektivní zlepšení výkonnosti.

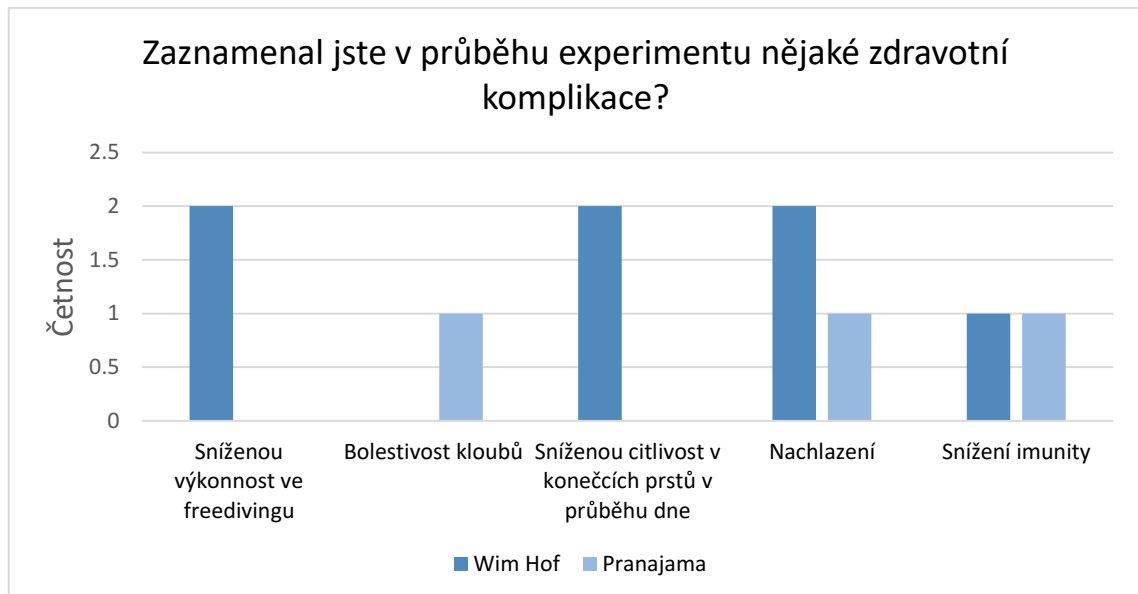
Účastníci skupiny Pránajama, kteří na otázku č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ odpověděli „Ano“ (celkem 7), pokládali za největší význam dechová cvičení (3/7), méně pak chladovou expozici (2/7) a dva ze sedmi dotázaných považovali za důležité všechny tři složky stanovené intervence (chladovou expozici, dechová cvičení i mentální přípravu).



Graf 9: Zobrazení otázky č. 8 z ankety o subjektivním hodnocení intervence u skupiny WHM a Pránajámy o zdravotních benefitech, které probandí pociťovali v průběhu absolvování intervence během čtyř týdnů u skupiny WHM a Pránajáma. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Zobrazení výsledků o subjektivním vnímání zdravotních benefitů intervence lze vidět ve sloupcovém grafu. Na otázku č. 8: „Jaké zdravotní benefity pociťujete po absolvování experimentu?“ neodpovídali pouze ti probandí, kteří u otázky č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ odpověděli „Ano“, ale všichni probandí, kteří pociťovali jakékoliv zdravotní benefity po absolvování čtyřtýdenní intervence. Účastníci studie vnímali jako největší zdravotní benefit zlepšení regenerace po výkonu, kladně odpovědělo celkem 6 probandů ze skupiny WHM a 7 probandů ze skupiny Pránajáma. Mezi další benefity patřilo zvýšení koncentrace, lepší odolnost vůči stresu, snížení únavy během dne, snížení autoimunitních příznaků, zlepšení

imunity, zvýšení kvality spánku, snížení bolestivosti pohybového aparátu a 2 probandi ze skupiny Pránajámy uvedli zlepšení pracovního výkonu.



Graf 10: Zobrazení otázky č. 9 z ankety o subjektivním hodnocení intervence u skupiny WHM a Pránajámy o zdravotních komplikacích, které probandi mohli pociťovat v průběhu absolvování intervence během čtyř týdnů u skupiny WHM a Pránajáma. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Zobrazení výsledků o subjektivním vnímání zdravotních benefitů intervence lze vidět ve sloupcovém grafu. Na otázku č. 9: „Zaznamenal jste v průběhu experimentu nějaké zdravotní komplikace? Jaké?“, neodpovídali pouze ti probandi, kteří u otázky č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ odpověděli „Ne“, ale všichni probandi, kteří pociťovali jakékoliv zdravotní komplikace v rámci absolvování čtyřtýdenní intervence. Dva účastníci ze skupiny WHM udávali snížení výkonnosti ve freedivingu. Dva účastníci ze skupiny WHM uvedli sníženou citlivost v konečcích prstů v průběhu dne. Nutno dodat, že tento faktor se oběma účastníkům upravil po snížení doby trvání ledových sprch. Nachlazení pociťovali dva účastníci ze skupiny WHM a jeden ze skupiny Pránajámy. Tento faktor se také upravil po snížení doby trvání chladové expozice u obou probandů. Navíc dva účastníci ze skupiny WHM tvrdili, že pokud v průběhu intervence pociťovali příznaky nachlazení (začínající bolest v krku), po dvou dnech aplikace WHM metody příznaky ustoupily bez jakékoliv nutnosti farmakologické léčby. Jeden účastník ze skupiny WHM a jeden účastník ze skupiny Pránajámy vnímal subjektivní příznaky snížení imunity z důvodu časté bolesti v krku v průběhu absolvování intervence. Jeden proband ze skupiny

Pránajámy vnímal zvýšenou bolestivost v kloubech, která se upravila po snížení doby trvání ledových sprch.

6 DISKUZE

„Uvažte, jak těžké je změnit sebe. A pochopíte, jak malou šanci máte na to, abyste se pokusili změnit ostatní.“ (Allan Watts 2020)

Tato část práce je věnována interpretaci získaných výsledků včetně diskuze a jejich porovnání s teoretickými východisky práce včetně zhodnocení výzkumných otázek a srovnání výsledků s dalšími pracemi souvisejícími s vybraným tématem. Součástí této kapitoly jsou také limity diplomové práce, které považujeme za relevantní vzhledem k vybranému typu studie.

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zdali metoda WHM dokáže prokazatelně zlepšit výkonnost freedivera a zdali dokáže jako přidaná složka regenerace v jeho tréninkové jednotce prokazatelně přispět ke zlepšení vybraných fyziologických parametrů v porovnání se skupinou praktikující Pránajámu v kombinaci s chladovou expozicí a meditací, a skupinou kontrolní bez intervence. Dalším cílem bylo porovnání získaných výsledků u jednotlivých skupin po dobu dvou a čtyř týdnů měření a snaha objektivizovat tak efekt vybrané intervence.

Výzkum byl omezen na kvalifikované potápěče s minimálním věkem 18 let. Výzkumný soubor o počtu 32 probandů byl tvořen tělesně zdravými probandy mužského pohlaví s kvalifikací minimálně prvního kvalifikačního stupně, což bylo nutno doložit freediverskou certifikací. Experiment dokončilo pouze 30 probandů. Hodnoty účastníků, kteří výzkum nedokončili, nebyly zařazeny do výsledků práce. Kritériem pro vybrání probanda do výzkumu byla aktivní účast na freedivingových bazénových tréninzích po dobu minimálně půl roku a více. Předchozí zkušenosti s metodou WHM a/nebo Pránajámou nebyly zapotřebí.

Mezi předmět zkoumání patřil výkon freedivera ve STA apnoické pauze, posouzení SF a saturace O₂ před a po STA apnoickou pauzou během dvou a čtyř týdnů včetně subjektivního zhodnocení čtyřtýdenní intervence pomocí ankety.

Realizace výzkumného šetření proběhla v plaveckém bazénu Výstaviště Holešovice v areálu Výstaviště 67 na Praze 7, čp. 170 00. Pro optimální průběh měření a minimální riziko zkreslení výsledků bylo probandům doporučeno den před začátkem každého

měření omezit konzumaci kofeinových nápojů a alkoholu, konzumaci těžkých jídel, a dodržování osmihodinového spánkového protokolu. Testování probíhalo u vstupního, kontrolního i výstupního měření ve stejnou denní dobu. Tím bylo eliminováno možné riziko v rozdílnosti výsledků z důvodu odlišných fyziologických odpovědí organismu v rámci cirkadiálního biorytmu. Po vstupním měření byli freediveři instruováni k dodržování stejného tréninkového plánu, jaký vedli doposud. Účastníkům studie bylo doporučeno vyvarovat se jakékoliv změny v jejich každodenním stereotypu. Vyhodnocení výsledků probíhalo až po výstupním měření a vyplnění anketu.

Anketa o subjektivním hodnocení intervence byla zpracována do dvou hlavních hypotéz, a to hypotézy č. 4, která hodnotí pocitově laděné otázky, konkrétně dotaz č. 3: „Hodnotíte intervenci jako příjemnou?“ a dotaz č. 4: „Cítil jste se po intervenci fyzicky i psychicky dobře naladěni?“ Hypotéza č. 5, která se zaměřuje na subjektivní hodnocení výkonu, hodnotí otázky č. 5: „Máte pocit, že intervence přispěla ke zvýšení Vaší výkonnosti v rámci freedivingu?“ a č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ Otázka č. 7: „Pokud ano, co bylo podle Vás klíčové pro zlepšení výkonu?“ a č. 8: „Jaké zdravotní benefity pocítujete po absolvování experimentu?“ i č. 9: „Zaznamenal jste v průběhu experimentu nějaké zdravotní komplikace? Jaké?“ popř. č. 10. jsou podrobněji rozebrány ve výsledcích a srovnány s dalšími studii v rámci diskuze u hypotézy č. 5.

6.1 Diskuze k hypotéze č. 1

Hypotéza 1 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření u jednotlivých skupin.

Hypotéza 1 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích SF u třetího měření alespoň u jedné ze skupin.

Na tuto hypotézu lze odpovědět, že stanovená čtyřtýdenní intervence měla vliv na změnu SF u alespoň jedné ze skupin a lze tedy zamítnout nulovou hypotézu. Pravidelnou aplikací WHM, nebo Pránajámy došlo k statisticky významným rozdílům ve třetím měření.

V prvním měření došlo u skupiny WHM k mírnému nárůstu SF po STA apnoi, což byl vůbec jediný nárůst v průběhu všech měření u jednotlivých skupin. V prvním měření u dalších dvou skupin došlo k mírnému poklesu SF, nicméně dle výsledků párového t-testu

jsou rozdíly u prvního měření nesignifikantní. V prvním měření byl rozdíl SF v rámci jednotlivých skupin nejnižší, a to 0,7 tepů/min. V rámci prvního měření byla průměrná SF u WHM před 69,3 tepů/min. a po 69,5 tepů/min., tedy došlo k nárůstu o 0,2 tepů/min. U skupiny Pránajáma byla hodnota SF před 67,7 tepů/min. a po 67 tepů/min., tedy pokles byl o 0,7 tepů/min. U kontrolní skupiny byla SF před 68,8 tepů/min. a po 67 tepů/min., tedy pokles byl o 1,8 tepů/min. tepů.

Ve druhém i třetím měření došlo k největší změně u WHM, nejnižší změna nastala u kontrolní skupiny. U druhého měření byl rozdíl vůbec největší, a to 5,8 tepů/min. V rámci druhého měření byla průměrná SF u WHM před 75,2 tepů/min. a po 66,9 tepů/min., došlo tedy k poklesu o 8,3 tepů/min. U skupiny Pránajáma byla srdeční frekvence před 72,9 tepů/min. a po 67,2 tepů/min., tedy pokles byl o 5,7 tepů/min. U kontrolní skupiny byla SF před 68,2 tepů/min. a po 65,1 tepů/min., tedy pokles byl o 2,8 tepů/min.

U třetího měření byl rozdíl mezi skupinami 5,6 tepů/min. Průměrná SF u WHM byla před 74,7 tepů/min. a po 66,1 tepů/min., tedy došlo k poklesu o 8,6 tepů/min. U skupiny Pránajáma byla SF před 67,9 tepů/min. a po 62,6 tepů/min., tedy pokles byl o 5,3 tepů/min. U kontrolní skupiny byla SF před 69,5 tepů/min. a po 66,7 tepů/min., tedy pokles byl o 2,8 tepů/min.

Dle párového t-testu jsou výsledky změn SF průkazné u druhého a třetího měření ($p < 0.001$, $p < 0.001$). Lze proto zamítnout nulovou hypotézu. Obecně lze shrnout, že u všech skupin došlo k poklesu průměrné SF vždy po STA apnoické pauze kromě prvního měření u skupiny WHM.

Z výsledků si lze všimnout, že aplikace WHM i Pránajámy měla statisticky významný rozdíl již po 14. dnech intervence. U skupiny WHM došlo u výstupního měření ještě k nepatrnému zlepšení, naopak u skupiny Pránajáma byly nejlepší dosažené výsledky po 14 dnech intervence. Tento jev lze srovnat s analýzou Heina et al. (Hein et al., 2016), který tvrdí, že první fyziologické změny v organismu se vyskytují již po prvních 8 dnech lokální či celkové expozice chladem.

Na základě studie Van Dongena et al. (Van Dongen et al., 2021) jsme předpokládali statisticky významné snížení SF až po čtyřech týdnech intervence, nikoliv již po dvou týdnech aplikace intervence. V této studii byly zkoumány účinky WHM na KVS. SF byla zaznamenávána každý den po dobu 33 dní a k výrazným rozdílům došlo mezi 14 a 33 dny aplikace WHM. Na konci experimentu bylo zaznamenáno signifikantní snížení SF ($p = < 0,05$) ve srovnání s obdobím před intervencí. Tato studie potvrdila účinnost WHM,

avšak k nejvýraznějším rozdílům v rámci měření došlo až po 33 dnech měření. (Van Dongen et al., 2021) Ve srovnání s experimentem Van Dongena (2021) u našeho výzkumu došlo k podobným výsledkům, a tedy že ve skupině WHM bylo dosaženo největších rozdílů SF u třetího měření, avšak na rozdíl od zmíněné studie difference druhého a třetího měření u naší studie jsou velmi podobné. ($p < 0.001$, $p < 0.001$)

Výzkum Turečka (Tureček, 2022) sledoval vliv WHM jako jedné z vybraných regeneračních procedur v tréninkovém cyklu. Výsledky ukázaly, že expozice chladem má pozitivní vliv na rychlost snížení SF po výkonu. Parametr SF vykazoval podobné hodnoty u obou skupin, resp. průměrně došlo k poklesu SF po tréninkové jednotce o 54,6 tepů/min., pokud nebyla aplikována žádná z metod a rozdíl při použití WHM či negativní termoterapie byl zanedbatelný. U skupiny WHM klesla SF 1 minutu po sportovní zátěži o 57,4 tepů/min. a u negativní termoterapie o 57,7 tepů/min., což naznačuje, že nemělo vliv, zdali byla použita metoda WHM, či pouze chladová expozice bez aplikace dechových a meditačních cvičení. Výstupní hodnoty se zlepšily u obou skupin s minimálním rozdílem mezi skupinou WHM a skupinou kontrolní. U měření SF se neprokázalo, že by WHM byla efektivnější a měla tak vyšší pokles hodnot než skupina provádějící odlišnou intervenci. Výzkum potvrzuje, že aplikace kterékoli metody je v rámci regenerace lepší, než neaplikovat žádnou z metod. (Tureček, 2022) Stejného závěru v rámci měření SF jsme dosáhli i u našeho experimentu, a tedy že došlo ke statisticky výrazným změnám na 5% hladině významnosti u skupin provádějících intervenci oproti skupině kontrolní.

Čtyřtýdenní rutinní WHM tréninkový program vedl ke statisticky významnému snížení SF v průběhu STA apnoické pauzy, což značí zlepšení adaptačních mechanismů KVS na zátěž a doba čtyř týdnů byla vyhodnocena jako dostačující pro možné ovlivnění SF při výkonu freedivera ve STA apnoi. Možným vysvětlením může být ovlivnění adaptačního mechanismu bradykardie, která je vyvolána zvýšenou aktivitou nervu vagu, čímž se sníží srdeční výdej. Mechanismy zpomalující vyčerpávání zásob O_2 snižují celkové vychytávání O_2 z krve. (Bain et al., 2018, Breskovic et al., 2011, Fitz-Clarke, 2018, Patrician et al., 2021, Tetzlaff et al., 2021) Výsledky naznačují, že metoda WHM i Pránajámy má pozitivní účinek na pokles SF po STA apnoické pauze. Bylo prokázáno, že SF klesá v průběhu apnoické pauzy u freediverů u WHM i u skupiny Pránajámy již po dvou týdnech intervence, avšak nejlepšího účinku lze dosáhnout nejméně po 4 týdnech intervence u skupiny WHM. Výzkum potvrzuje, že efekt obou metod je podobný po 4 týdnech experimentu, a tedy že u skupiny WHM a Pránajáma jsou výsledky SF

signifikantní na 5% hladině významnosti ($p=0,013$ a $p=0,008$). U kontrolní skupiny se nepodařilo rozdíly ve výsledcích před a po prokázat.

6.2 Diskuze k hypotéze č. 2

Hypotéza 2 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích O_2 u třetího měření u jednotlivých skupin.

Hypotéza 2 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve výsledcích O_2 u třetího měření alespoň u jedné ze skupin.

Na tuto hypotézu lze odpovědět, že stanovená čtyřtýdenní intervence neměla vliv na saturaci O_2 v rámci jednotlivých skupin. U všech skupin se prokázal statisticky významný rozdíl v rámci měření saturace O_2 před apnoí a po STA apnoí. Největší průměrný rozdíl byl dosažen u druhého a třetího měření. Průměrná statistická diference u těchto měření je stejná, a to 4,7 % oproti prvnímu měření, kde byla průměrná diference 2,2 %. Hodnoty ANOVA testů poukazují na fakt, že skupina Pránajama dosáhla v průměru největších změn v rámci saturace O_2 . Z výsledků lze shrnout, že aplikace metody WHM a/nebo Pránajamy neměla prokazatelný efekt na zásobování organismu O_2 v průběhu hypoxického stavu ve STA apnoí.

Podrobnější rozbor třetího měření byl vybrán z důvodu hodnot ve výsledcích ANOVA (viz kap. Přílohy, příloha č. 7, tabulka č. 18), jehož výsledky jsou v rámci druhého a třetího měření nesignifikantní ($F=1,658$, $p=0,200$), což znamená, že mezi druhým a třetím měřením není signifikantní rozdíl. Ve všech měřeních došlo k průměrnému nárůstu saturace O_2 u všech skupin.

Výsledky popisných statistik pro jednotlivé skupiny u třetího měření před STA apnoí a po STA apnoí lze vidět v tabulce č. 9. Průměrná saturace O_2 u skupiny WHM byla před 89,3 % a po 93,9 %, tedy došlo k růstu o 4,6 %. U skupiny Pránajama byla saturace O_2 před 91,3 % a po 97 %, tedy růst byl o 5,7 %. U kontrolní skupiny byla saturace O_2 před 90,1 % a po 94 %, tedy růst byl o 3,9 %.

Čtyřtýdenní rutinní tréninkový program nevedl k signifikantnímu zvýšení průměrné saturace O_2 u skupiny WHM. Rozdíl oproti jiným skupinám nebyl natolik významný, abychom předpokládali jakoukoliv korelaci s délkou STA apnoe či se SF, kdy došlo k významnému rozdílu právě u skupin WHM i Pránajamy.

Možné vysvětlení může být v měřicí metodě, jelikož pulzní oxymetr měří saturaci i SF z prstu, nikoliv z přesnějšího hrudního pásu. Jednalo se o terénní měření, jehož výsledky mohou být značně ovlivněny.

6.3 Diskuze k hypotéze č. 3

Hypotéza 3 (H0): Předpokládáme, že nedojde ke statisticky významným rozdílům ve STA apnoické pauze mezi alespoň dvěma skupinami v rámci měření.

Hypotéza 3 (H1): Předpokládáme, že dojde ke statisticky významným rozdílům ve STA apnoické pauze mezi alespoň jednou skupinou v rámci měření.

Na tuto hypotézu lze odpovědět, že stanovená intervence měla vliv na délku STA apnoe mezi alespoň jednou skupinou v rámci měření a lze tedy zamítnout H0. V prvním měření byly průměrné délky STA apnoické pauzy podobné. Hodnoty vstupního měření se u skupin statisticky významně neliší dle F-testu s hodnotou 0,026 a p-hodnotou 0,975, a tedy se nepředpokládá vliv tohoto faktoru na výsledky délky STA apnoické pauzy. U druhého měření byla průměrná délka STA apnoe u kontrolní skupiny velmi podobná, a to 2,2 minuty. U skupiny Pránajáma došlo k výraznému prodloužení času STA apnoe, a to na 2,6 minuty již po dvou týdnech intervence. Tento fakt koreluje s měřením SF, kde byl zaznamenán významný rozdíl SF již po dvou týdnech u skupiny Pránajáma. Naopak u skupiny WHM byl po dvou týdnech měření zaznamenán průměrný pokles délky STA apnoe na výkon freefivera. Tato skutečnost se neshoduje s výsledky SF, která klesala již u druhého měření u obou skupin a měla signifikantní rozdíl v rámci jednotlivých měření. Tato odchylka by mohla být vysvětlena skutečností, že ve freedivingu jsou pro délku STA apnoe rozhodující nejen fyzické vlastnosti závodníka, ale i psychické rozpoložení jedince, které je podrobněji popsáno v další hypotéze. K významným rozdílům v rámci délky STA apnoe u skupiny WHM došlo až u třetího měření. U skupiny WHM byly počáteční průměrné hodnoty 2,2 minuty u druhého měření průměrná hodnota klesla na 2,1 minutu a u třetího měření stoupla na 2,38 minut. Z tohoto výsledku lze usuzovat, že efekt WHM na délku STA apnoe lze pozorovat až po čtyřech týdnech pravidelného praktikování intervence. Naopak u skupiny Pránajámy stačily již dva týdny k významnému rozdílu oproti prvnímu měření. Tato skupina dosáhla vůbec nejlepšího zlepšení i v rámci měření.

Výsledky této hypotézy se shodují s tvrzením ze studií Van Dongena (2021) a Turečka (2022), které ukazují vliv WHM po čtyřech týdnech pravidelné aplikace WHM, kdy došlo k prokazatelně zvýšené činnosti metabolismu a mitochondriální biogenezi, což má za následek efektivnější hospodaření s energií během zátěže a její následné využití pro zlepšení výkonnosti sportovce. (Arenas-Ramirez et al., 2015, Buijze, 2016, Buijze et al., 2018, Castellani et al., 2002, Hof, 2020, Mooventhan et al., 2014, Schlesinger, 2020, Tureček, 2022, Van Dongen, 2021)

Efekt na prodloužení STA apnoe zkoumala práce Levové (2022), která měřila vliv WHM a freedivingového dýchání na vybrané fyziologické parametry. Studie ukázala, že obě metody jsou efektivní a u obou skupin došlo k signifikantním rozdílům ve výsledných hodnotách STA apnoické pauzy. (Levová, 2022) Tento fakt se shoduje s našim výzkumem, jelikož délka STA apnoické pauzy byla efektivnější u skupiny, která praktikovala freedivingové dýchání. Levová (2022) si tuto skutečnost vysvětluje efektivnější trénovaností metabolických procesů, jejichž spouštěčem jsou vysoké hladiny CO₂ v krvi. Konkrétněji tyto procesy ve své studii nespecifikuje. Dle autorky tímto způsobem lze posouvat míru maximální tolerance CO₂ v krvi a snižovat spotřebu O₂, čímž se oddálí i nutkání se nadechnout. (Levová, 2022) Domnívá se, že pokud by závodnice prováděli WHM těsně před samotným začátkem měření, byla by délka STA apnoe výrazně delší. To však stejně, jako u našeho typu experimentu, nebylo záměrem. Tato možnost by ani z důvodu bezpečnosti probandů nebyla možná.

Vysvětlení bych viděla spíše v dalších studiích, které zkoumají vliv WHM a chladové expozice na sportovní výkon. Výzkum Shevchucka (Shevchuck, 2008) odůvodňuje pozitivní psychické a fyzické účinky vědomé adaptace na WHM mechanismy vystavování se hormetickému stresu. (Shevchuck, 2008) Kontrolované množství tepelného, metabolického a oxidačního stresu zvyšuje buněčnou biogenezi a připravuje organismus efektivněji na podání co nejlepšího výkonu. (Arumugam et al., 2006). Další možné vysvětlení pro prodloužení apnoické pauzy je prokazatelně vyšší hladina beta-endorfinu, který je známý pro své účinky na snížení vnímání nocicepce a snížení úzkosti. (Bender et al., 2007, Suppmann, 2021) Výzkumníci ze státu Wayne z Univerzity v Michiganu ukázaly aktivaci oblastí mozku, které jsou napojeny na režim tzv. flow, sebereflexi a potlačení vnímání nocicepce. (Muzik et al., 2018) Předpokládají se účinky zvýšené energie v důsledku chladové expozice vyplývající z periodické aktivace SNS, což by mohlo pomoci v rámci zvýšení výkonu sportovce. (Janský et al., 1996). Na rozdíl

od tréninku Pránajámy, který se zaměřuje na aktivaci PNS, WHM aktivuje SNS. (Behan, 2020, Worseck, 2020) Tento fakt by, dle mého názoru, mohl vést k rozdílnosti ve výsledcích. Adrenalin, který se je vyplavován při dechových cvičeních u skupiny WHM, mohl být příčinou snížení vedení bolesti. Dle teorie mohla být pomalá C a A- δ vlákna zablokována na kortikální úrovni endogenními látkami opiátové povahy, které jsou organismem vylučovány při stresové situaci. Tyto látky mají značný vliv na snížení vnímání nociceptivních signálů vedených aferencí z periferie. U skupiny WHM byl po dechovém cvičení aktivován SNS a vedení informací o chladu bylo sníženo. Nedošlo tedy k vědomé adaptaci na stresor, jelikož signály o bolesti byly zablokovány látkami morfinové povahy. Účastníci Pránajáma skupiny byli, dle mého názoru úspěšnější zejména proto, že po celou dobu intervence byli vystaveni hormetickému stresu, který plně vnímali stejně, jako je tomu při STA apnoe, a učili se tak uvolnit v diskomfortu. Důležitost propojení relaxace a specifických dechových technik potvrzuje i studie Laurina (2012), ve které byla od freediverů požadována STA apnoická pauza po dobu 5 minut. Tuto hranici se podařilo překonat pouze těm jedincům, kteří použili vybranou dechovou techniku a zároveň docílili vysoké míry relaxace během svého výkonu. (Laurin et al., 2012) Tato studie tedy nepřímou potvrzuje vliv důležitosti umění relaxace těla i myslí na prodloužení délky STA apnoe. Adaptace na stresový faktor ve formě STA apnoe i nepříjemné pocity z kontrakcí bránice mohly být skupinou Pránajáma vnímány lépe z důvodu předchozí adaptace na nepříjemné pocity.

Zvýšení výkonu sportovce, konkrétně plavců, v závislosti na chladové terapii, dokazuje také studie z roku 2004, která tuto skutečnost zdůvodňuje zvýšením hladiny noradrenalinu při stresové reakci na chlad, jelikož při chladové expozici vzrůstá schopnost čelit dalším stresorům. (Huttena et al., 2004) S tímto tvrzením částečně souhlasím, avšak u této studie nebyla WHM metoda porovnáována s jinou metodou. Stejná studie ukázala snížení vnímání bolesti, zlepšení nálady i kvality spánku. Efektivnější výkonnost zaznamenala studie Dinka et al. (2008), který uvádí nejen pozitivní vliv na výkon. Mezi další benefity udává zlepšení kvality spánku, snadnější zvládnutí stresových situací, snížení psychického napětí v průběhu dne a zvýšení energie v průběhu celého dne. (Dinek et al., 2008)

6.4 Diskuze k hypotéze č. 4

Hypotéza 4 (H0): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy nedojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení intervence a pocitu, že aplikace metody WHM a/nebo Pránajámy měla pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera.

Hypotéza 4 (H1): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajámy dojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení intervence a pocitu, že aplikace WHM a/nebo Pránajámy měla pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera.

V této hypotéze bylo hodnoceno subjektivní vnímání intervence, konkrétně pocitově laděné otázky. Otázky pro tuto hypotézu byly směřovány na psychickou pohodu, tedy pocity spokojenosti a dobrého psychického naladění. Zvýšení této komponenty by mohlo poukazovat na pozitivní vliv WHM a/nebo Pránajámy na psychický stav probandů. Jednalo se o dotaz č. 3: „Hodnotíte intervenci jako příjemnou?“ a dotaz č. 4: „Cítil jste se po intervenci fyzicky i psychicky dobře naladění?“ Další otázky z ankety, které cílí na fyzické předpoklady, jsou zahrnuty v diskuzi k hypotéze č. 5.

U těchto otázek byla P-hodnota Fisherova exaktního testu 0,591, což znamená, že na 5% hladině významnosti nulovou hypotézu nezamítáme. Nepodařilo se prokázat, že u skupin WHM a Pránajámy došlo ke statisticky významnému rozdílu v subjektivně pozitivním ohodnocení intervence.

Z výsledků lze vidět, že ve skupině WHM bylo 87,5 % odpovědí „Ano“ a u skupiny Pránajáma bylo pozitivních odpovědí 94,4 %. Z toho lze říct, že u skupiny Pránajáma je pozitivní hodnocení o něco vyšší, tento rozdíl je však statisticky nesignifikantní. Z podílů odpovědí „Ano“ a „Ne“, kde v rámci obou skupin je průměrně 91,2 % odpovědí pozitivních, je zřejmé, že aplikace intervence měla subjektivně pozitivní vliv na psychické i fyzické naladění freedivera. V současné době výzkumníci z Kalifornské univerzity v San Franciscu zkoumají dopad WHM na stresovou odolnost a duševní zdraví. Hlavní zjištění odhalila, že většina dotazovaných zažila pozitivní psychické, fyzické a sociální změny při praktikování WHM.

Tyto výsledky jsou v souladu se studií Mihalíka (2021), která sledovala vliv dechových technik a otužování na sportovní výkon pomocí dotazníkového šetření. Výzkumný vzorek

tvořili převážně muži věnující se úpolovým sportům na úrovni reprezentace České republiky, nebo účastníci na MČR či MS. Z dotazníkového šetření vyplývá, že 66,7 % z dotázaných odpovědělo kladně na otázku otužování a 100 % odpovědělo kladně na otázku dechového cvičení v kontextu subjektivního hodnocení těchto faktorů na psychické naladění. (Mihalík, 2021) Podobných výsledků dosáhla také studie sledující vliv chladové expozice na psychický stav dospělých jedinců z roku 2021. U obou skupin došlo ke zvýšení pozitivních pocitů po otužování, výsledky byly signifikantní, avšak rozdílnost v rámci skupin se statisticky neprokázala. (Burgerová, 2021) Stejně tak Scott Carney, autor knihy *Co tě nezabije*, zabývající se účinky Wim Hof metody, uvádí subjektivní pocit zvýšení psychické pohody a zlepšení sportovního výkonu po tréninku v kombinaci s chladovou terapií a dechovými cvičeními. (Carney, 2017) Výsledky se shodují se studií Suppmannové (2021), která zkoumala psychologický vliv WHM u osmi probandů. Všichni dotazovaní zažili alespoň jednu formu pozitivní psychologické změny poté, co začali praktikovat WHM. (Suppmann, 2021)

Možné vysvětlení by mohla poskytnout studie Shevchuka (2008), který uvádí zvýšení vyplavení beta-endorfinu, jehož hladiny se zvyšují působením chladu. Tento hormon je jedním z hormonů podílejících se na zvýšení psychické pohody. (Shevchuk, 2008) Jelikož chladovou expozici absolvovaly skupiny WHM i Pránajáma, je možné předpokládat vyplavení tohoto hormonu u obou skupin, čímž lze vysvětlit podobnost získaných odpovědí.

6.5 Diskuze k hypotéze č. 5

Hypotéza 5 (H0): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajáma nedojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

Hypotéza 5 (H1): Předpokládáme, že mezi skupinami WHM a Pránajáma dojde ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním hodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

V této hypotéze bylo hodnoceno subjektivní vnímání intervence, konkrétně výkonnostně laděné otázky. Otázky této hypotézy byly směřovány na pocity v rámci zlepšení

výkonnosti. Zvýšení této komponenty by mohlo poukazovat na pozitivní vliv WHM a/nebo Pránajámy na fyzický stav probandů. Jednalo se o dotaz č. 5: „Máte pocit, že intervence přispěla ke zvýšení Vaší výkonnosti v rámci freedivingu?“ a dotaz č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“

U těchto otázek byla P-hodnota Fisherova exaktního testu 0,220, což znamená, že na 5% hladině významnosti nulovou hypotézu nezamítáme. Nepodařilo se prokázat, že u skupin WHM i Pránajámy došlo ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním ohodnocení výkonnosti v rámci freedivingu.

Z výsledků asociační tabulky lze vidět, že ve skupině WHM bylo 62,5 % odpovědí „Ano“ a u skupiny Pránajáma bylo pozitivních odpovědí 87,5 %. Z toho lze vyvodit, že u skupiny Pránajáma je pozitivní hodnocení o něco vyšší, tento rozdíl je však statisticky nesignifikantní. Z podílů odpovědí „Ano“ a „Ne“, kde v rámci obou skupin je 75 % odpovědí pozitivních, je zřejmé, že aplikace intervence měla subjektivně pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera. I přes nesignifikantní rozdíl v rámci skupin lze tvrdit, že v obou skupinách převládá subjektivně pozitivní hodnocení intervence na výkonnost sportovce. Hlavní zjištění odhalila, že většina dotazovaných zažila pozitivně psychické, fyzické a sociální změny při praktikování WHM, avšak výsledky se statisticky nelišily od odpovědí u skupiny Pránajáma.

Tyto výsledky jsou v souladu se studií Mihalíka (2021), která sledovala vliv dechových technik a otužování na sportovní výkon pomocí dotazníkového šetření (podrobnější popis studie je v kap. Diskuze k hypozéze č. 4). Z dotazníkového šetření studie Mihalíka (2021) vyplývá, že na otázku: „Máte pocit, že otužování přispělo ke zvýšení Vaší výkonnosti?“ odpovědělo 66,7 % z dotázaných „Ano“, z čehož 100 % účastníků potvrzuje subjektivní pocit z vlivu dechového cvičení na zlepšení výkonnosti. Podobných výsledků dosáhla také studie sledující vliv chladové expozice na psychický stav dospělých jedinců z roku 2021. U obou skupin došlo ke zvýšení pozitivních pocitů po otužování, výsledky byly signifikantní, avšak rozdílnost v rámci skupin se statisticky neprokázala. (Kročá, 2021) Ve studii z roku 2021 (Suppmann, 2021) zkoumá Felicia Suppmanová účinky WHM na psychologii probandů. Výzkum uvádí, že minimálně 50 % z dotazovaných pocíťovalo vliv WHM také na psychické i fyzické úrovni. K hlavním identifikovaným změnám patřilo zlepšení fyzického výkonu, snížení fyzických potíží a ztráta váhy. (Suppmann, 2021)

Účastníci skupiny WHM, kteří na otázku č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ odpověděli „Ano“ (celkem 5), dávali největší význam chladové expozici (3/5), méně pak dechovým cvičením (1/5) a jeden z pěti dotázaných nedokázal posoudit, který z ukazatelů byl klíčový pro subjektivní zlepšení výkonnosti.

Účastníci skupiny Pránajáma, kteří na otázku č. 6: „Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?“ odpověděli „Ano“ (celkem 7), pokládali za největší význam dechová cvičení (3/7), méně pak chladovou expozici (2/7) a dva ze sedmi dotázaných považovali za důležité všechny tři složky stanovené intervence (chladovou expozici, dechová cvičení i mentální přípravu).

Účastníci studie vnímali jako největší zdravotní benefit zlepšení regenerace po výkonu, kladně odpovědělo celkem 6 probandů ze skupiny WHM a 7 probandů ze skupiny Pránajáma. Mezi další benefity patřilo zvýšení koncentrace, lepší odolnost vůči stresu, snížení únavy během dne, snížení autoimunitních příznaků, zlepšení imunity, zvýšení kvality spánku, snížení bolestivosti pohybového aparátu a 2 probandi ze skupiny Pránajámy uvedli zlepšení pracovního výkonu. Dva účastníci ze skupiny WHM udávali snížení výkonnosti ve freedivingu, dva probandi ze skupiny WHM vnímali sníženou citlivost v konečcích prstů v průběhu dne. Tento faktor se oběma účastníkům upravil po snížení doby trvání ledových sprch. Nachlazení pociťovali dva účastníci ze skupiny WHM a jeden ze skupiny Pránajámy. Tento faktor se také upravil po snížení doby trvání chladové expozice u obou probandů. Navíc dva účastníci ze skupiny WHM tvrdili, že pokud v průběhu intervence pociťovali příznaky nachlazení (začínající bolest v krku), po dvou dnech aplikace WHM metody příznaky ustoupily bez jakékoliv nutnosti farmakologické léčby. Jeden účastník ze skupiny WHM a jeden účastník ze skupiny Pránajámy vnímal subjektivní příznaky snížení imunity z důvodu časté bolesti v krku v průběhu absolvování intervence. Jeden proband ze skupiny Pránajámy vnímal zvýšenou bolestivost v kloubech, která se upravila po snížení doby trvání ledových sprch. Tyto výsledky se shodují se studií Felicie Suppmannové (2021). V této studii zažili všichni dotazovaní alespoň jednu formu pozitivní psychologické změny poté, co začali praktikovat WHM. Mezi hlavní benefity patřilo snížení stresu, zlepšení sebevědomí, „spojení těla a mysli“, „uvolnění“ a snížení úzkosti. Dva účastníci této studie uvedli negativní efekty WHM, a to nachlazení a přechodnou chladovou alergii. (Suppmann, 2021) Benefity pociťovali také účastníci výzkumu McKenney (2022), kteří vykazovali

pozitivní změny na bio-psycho-sociální a emoční pohodu. (McKinney, 2022) Studie Mihalíka (2021) uvádí nejvíce pozorované benefity zlepšení regenerace u 42,1 % probandů, zvýšení imunity u 26,3 % probandů a zvýšení sportovního výkonu u 21,1 % probandů. U žádného ze zúčastněných nebyly hlášeny zdravotní komplikace. (Mihalík, 2021)

Diskuze k výzkumným otázkám

VO1: Má metoda WHM aplikovaná během čtyřtýdenní intervence v porovnání s metodou Pránajámy, chladové expozice a meditace průkaznější efekt na výkonnost freedivera v rámci vybraných fyziologických parametrů?

Z experimentu vyplývá, že metody WHM a Pránajámy jsou si svým provedením velice podobné. Obě metody mají značné výhody pro náš organismus a přinášejí zlepšení sportovního výkonu a zdraví obecně. (Jerath et al., 2015, Kuppusamy et al., 2017, Russo et al., 2017, Schmalzl et al., 2015, Zaccaro et al., 2018) Obě mohou pomoci v následné regeneraci, podílí se na optimalizaci imunitního systému a snižují zánětlivou reakci organismu. (Gagnon et al., 2014, Kwiecien et al., 2021) K dalším účinkům patří dle studií zvýšení příjmu O₂, normalizace TK, harmonizace NS, odstranění stresu i nervozity, vnitřní vyrovnanost a zklidnění toku myšlenek. (Hof, 2020, Kelly et al., 2022, Theurot et al., 2021) Metoda Pránajámy měla v naší studii průkaznější efekt stejně jako ve studii Levové (2022), která měřila vliv freedivingového a WHM dýchání na respirační parametry u závodnic v synchronizovaném plavání. (Levová, 2022) Stejně tak WHM vykazovala největší efekt na výkon freedivera po čtyřech týdnech, u Pránajámy stačily pouhé dva týdny pro zjištění prokazatelného účinku.

VO2: Jak se liší výsledky skupin praktikujících techniku WHM a Pránajámu v kombinaci s chladovou terapií a meditací po ukončení experimentu?

Výsledky skupin WHM a Pránajámy u většiny skupin nevykazují signifikantní rozdíl ve výstupních hodnotách. Podrobněji jsou výsledky zaznamenány v kap. Výsledky a popsány v kap. Diskuze.

Limity studie

Limity této práce shledáváme v terénním měření, jelikož výsledky nemusely být tolik přesné. Nepřesnost by mohla být také ve vybrané metodě měření, konkrétně v pulzním

oxymetru místo přesnějšího hrudního pásu. Jako další limit vnímám znalost a předchozí zkušenosti WHM některých probandů. Tři z deseti účastníků ze skupiny WHM tuto metodu již znalo a aktivně praktikovalo. Výsledné hodnoty by tak mohly být ovlivněny mírou jejich předchozí adaptace. Jeden z faktorů ovlivňující výsledné hodnoty bych viděla i v individualitě domácího cvičení. I přes pravidelnou adherenci probandů nebylo možné ověřit, zdali byla intervence opravdu provedena. Limitem mohlo být také testování STA apnoické pauzy, jelikož většina probandů praktikuje při svých bazénových tréninzích DYN apnoe a zkušenosti ze STA apnoe mnohým scházely. Dalším limitem by mohla být teplota vody, která byla poměrně nízká a mohla tak ovlivnit délku STA apnoe. Všichni probandi měli sice stejné podmínky v rámci měření, ale reakce organismu na chlad je individuální. Použití neoprenu by mohlo ovlivnit měření SF, což byl hlavní důvod, proč jsme zvolili měření bez neoprenu. Limit měření SF vidím zejména v nemožnosti stanovit výchozí frekvenci pro každého z účastníků, např. zvýšení SF oproti klidové SF o 10 %-20 %. Na každém z měření jsme se snažili udržet SF nad 10 %-20 % STA před apnoí, avšak po změně polohy do vertikální i po vstupu do vodního prostředí se SF většiny účastníků nepředvídatelně změnila. Dalším limitem je statistická významnost dat prvního měření, které mohlo být ovlivněno příchodem do nového prostředí, nervozitou z podání co nejlepšího výkonu, nedůvěrou v neznámého buddyho a dalšími subjektivními proměnnými. Výsledky mohly být ovlivněny také úrovní vytrvalostních schopností jedince, oxidativního metabolismu a anaerobní kapacitou. U probandů také docházelo k častému ovlivnění výkonu na mentální úrovni v buddy systému. Pokud se prvnímu z dvojice výkon nepovedl a slovně jej ohodnotil, druhý proband měl, dle jeho vlastních slov pocit, že i jeho výkon nebude dostatečně dobrý. Dalším limitem je malé množství studií na téma zlepšení výkonnosti ve freedivingu i na ovlivnění sportovní výkonnosti jedince v rámci WHM.

7 ZÁVĚR

„Lidé zapomenou, co jste řekli.

Lidé zapomenou, co jste udělali.

Nikdy však nezapomenou, jak se s vámi cítili.“ (Carl W. Beuhner)

V již existujících studiích byly zjištěny kladné účinky psychologické i fyzické se zavedením WHM do praxe. Současná studie doplňuje soubor studií, které potvrzují

pozitivní vliv WHM na výkon sportovce. Poznatky, kterých jsme docílili v rámci šetření, by měly sloužit jako inspirace pro aplikaci WHM do praxe, jako prostředek pro další stadium i jako případný zdroj pro další odborné práce. Pro budoucí výzkum by měla být zvážena omezení této diplomové práce. Výsledkem dalších studií by mohlo být uvedení WHM do praxe s cílem zkvalitnění zdravotního stavu lidské populace.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit, zdali metoda WHM dokáže prokazatelně zlepšit výkonnost freedivera a zdali dokáže, jako přidaná složka regenerace v jeho tréninkové jednotce, prokazatelně přispět ke zlepšení vybraných fyziologických parametrů v porovnání se skupinou praktikující Pránajámu v kombinaci s chladovou expozicí a meditací a skupinou kontrolní bez intervence. Dalším cílem práce bylo porovnání získaných výsledků u jednotlivých skupin po dobu dvou a čtyř týdnů měření a objektivizovat tak efekt vybrané intervence. Pro vypracování zjištění byl sestaven zvolený postup, který se skládal z předem stanovených úkolů, které vedly k analýze i k porovnání získaných dat mezi sebou a následně i mezi ostatními studii. Tato data byla získána ze vstupního, kontrolního i výstupního měření u čtyřtýdenní intervence u vybraných skupin. Sledované parametry byly délka STA apnoe, SF, saturace O₂ a anketa. Z výsledků lze tvrdit, že byly prokázány rozdíly u skupin WHM i Pránajámy mezi vstupním, kontrolním i výstupním měřením. Toto tvrzení vyplývá z výsledků pro SF u STA apnoické pauzy, kde jsou rozdíly u prvního měření v jednotlivých skupinách dle výsledků párového t-testu nesignifikantní. Ve druhém i třetím měření došlo k největší změně u WHM. Oproti tomu nejnižší změna nastala u kontrolní skupiny. V rámci měření saturace O₂ bylo dle párového t-testu zjištěno, že výsledky změny saturace O₂ jsou průkazné u všech měření, resp. že u všech skupin došlo ke statisticky významnému růstu saturace O₂ na 5% hladině významnosti ($p=0,013$, $p=0,014$ a $p=0,034$). V rámci měření výsledků délky STA apnoe byl použit ANOVA test pro opakovaná měření, ze kterého vyplývá, že v rámci měření došlo k výrazným změnám, které jsou na 5% hladině významnosti statisticky signifikantní ($p<0.001$). Zároveň je statisticky významná i interakce měření a skupiny ($p=0,001$), což nám říká, že výsledky v rámci skupin jsou u jednotlivých měření statisticky významně odlišné, tedy že u prvního měření mezi skupinami nejsou viditelné rozdíly, zatímco u dalších dvou měření k rozdílům v rámci skupin dochází. Dále byla provedena jednofaktorová ANOVA pro otestování rozdílů v délce STA apnoe mezi jednotlivými skupinami zvlášť pro všechna tři měření. Z výsledků lze vidět, že u prvního měření se výsledky délky STA apnoe ve skupinách statisticky významně neliší dle F-testu s hodnotou 0,026 a p-hodnotou 0,975. U druhého

měření se výsledky na 5% hladině významnosti statisticky významně liší, výsledek F-testu vyšel 3,689 a p-hodnota 0,038. U třetího měření se dle F-testu 3,031 a p-hodnoty 0,065 výsledky na 5% hladině významnosti neliší, nicméně na 10% hladině významnosti by se tento rozdíl podařilo prokázat. K největšímu růstu času ve STA apnoické pauze došlo již po dvou týdnech intervence u skupiny Pránajámy, naopak u skupiny WHM bylo nutné absolvovat intervenci 4 týdny, aby se projevil průkazný efekt vybrané metody na výkon freedivera. V rámci subjektivního hodnocení pocitu z absolvované intervence byl k vyhodnocení stanovené hypotézy č. 4 použit Fisherův exaktní test. P-hodnota Fisherova exaktního testu vyšla 0,591, což znamená, že na 5% hladině významnosti nulovou hypotézu nezamítáme. Nepodařilo se prokázat, že u skupin WHM i Pránajámy došlo ke statisticky významnému rozdílu v subjektivně pozitivním ohodnocení intervence. Zároveň lze z výsledků tvrdit, že ve skupině Wima Hofa bylo 87,5 % odpovědí „Ano“ a u skupiny Pránajáma bylo pozitivních odpovědí 94,4 %. Z toho lze usuzovat, že u skupiny Pránajáma je pozitivní hodnocení o něco vyšší. Tento rozdíl je však statisticky nesignifikantní. Z podílů odpovědí „Ano“ a „Ne“, kde v rámci obou skupin je 91,2 % odpovědí pozitivních, je zřejmé, že aplikace intervence měla subjektivně pozitivní vliv na psychické i fyzické naladění freedivera. V rámci subjektivního hodnocení efektivnosti absolvované intervence na výkon sportovce a k vyhodnocení stanovené hypotézy č. 5 byl použit Fisherův exaktní test. P-hodnota Fisherova exaktního testu vyšla 0,220, což znamená, že na 5% hladině významnosti nulovou hypotézu nezamítáme. Nepodařilo se prokázat, že u skupin WHM a Pránajámy došlo ke statisticky významnému rozdílu v subjektivním ohodnocení výkonnosti v rámci freedivingu. Z výsledků lze tvrdit, že ve skupině WHM bylo 62,5 % odpovědí „Ano“ a u skupiny Pránajáma bylo pozitivních odpovědí 87,5 %. Z toho lze říct, že u skupiny Pránajáma bylo pozitivní hodnocení o něco vyšší, tento rozdíl je však statisticky nesignifikantní. Z podílů odpovědí „Ano“ a „Ne“, kde v rámci obou skupin je 75 % odpovědí pozitivních, je zřejmé, že aplikace intervence měla subjektivně pozitivní vliv na sportovní výkon freedivera. Z výsledků je patrné, že v obou skupinách převládá subjektivně pozitivní hodnocení intervence na výkonnost sportovce. Avšak rozdíly nejsou tolik markantní jako v případě vlivu intervence na psychické a fyzické naladění freedivera, jako tomu bylo u hypotézy č. 4.

Závěrem lze říct, že metoda WHM i Pránajámy jsou vhodné jako přidaná složka regenerace v tréninkové jednotce freedivera a z výsledků lze tvrdit, že obě metody prokazatelně přispěly ke zlepšení většiny vybraných fyziologických parametrů i

subjektivního ohodnocení. Metoda WHM i Pránajámy v kombinaci s chladovou expozicí a meditací, může být pro freedivery přínosná nejen z důvodu zefektivnění fyziologických reakcí organismu na sportovní výkon, nácvičku hlubokého vědomého dýchání, ale také z důvodu efektivnější koncentrace na přítomný okamžik. Jedná se o důležité faktory pro podání co nejlepšího výkonu v apnoické pauze. Každý sportovec, který dané metody vyzkouší, by měl jejich účinnost zhodnotit individuálně. Jelikož jsou získaná data platná pouze pro závodníky ve freedivingu, zůstává otázkou, zdali by intervence měla prokazatelný zdravotní benefit pro širší lidskou populaci. K přesnějšímu vyhodnocení účinků aplikace WHM na lidský organismus je zapotřebí dalších studií.

SEZNAM LITERATURY

Literální zdroje

1. BENNUN, A. *Molecular aspects of the psychosomatic-metabolic axis and stress*. New York: Nova Biomedical, 2015. ISBN 1-63463-935-9.
2. BERNACIKOVÁ, M., CACEK, J., DOVRTĚLOVÁ, L., HRNČIŘÍKOVÁ, I., KAPOUNKOVÁ, K., KOPŘIVOVÁ, J., KUMSTÁT, M., NOVOTNÝ, J., POSPÍŠIL, P., ŘEZANINOVÁ, J., ŠAFÁŘ, M., ULBRICH, T. *Regenerace a výživa ve sportu*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2013. ISBN 978-80-210-6253-5.
3. CARNEY, S. *Co tě nezabije*. Praha: Dobrovský s.r.o, 2017. ISBN 978-80-7390-609-2.
4. DVOŘÁKOVÁ, Z., SVOZIL, Z. *Potápění: základy potápění, výcvik a vybavení, potápěčské sporty*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1100-1.
5. DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
6. FLEURY, R. *Diver Magazine*, Kanada, 2014, Vol. 39 Issue 3, ISBN 1-877-974-4333.
7. HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. 4.*, aktualizované vydání. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0981-2.
8. HOF, W. *Wim Hof: ledový muž: jediná autorizovaná kniha Wima Hofa o převratné metodě, jak využít svůj fyzický i duševní potenciál*. Přeložil Jakub FUTERA. Brno: Jota, 2020. ISBN 978-80- 7565-778-7.
9. HOLDERLIN, F. *Hyperion*, Praha: Český klub, 1999. ISBN 80-85637-48-0.
10. JELÍNKOVÁ, V. A. *Hoř pomalu*. Praha: Tigris, spol. s.r.o, 2017. ISBN 978-80-271-0826-8.
11. JELÍNEK, M. *Vnitřní svět vítězů*. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-270-1814-7.
12. KÄSINGER, H., MUNZINGER, P. W. *Šnorchlování*. České Budějovice: KOPP 2005. ISBN 80-7232-230-3.
13. KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2020. ISBN 978-80-247-1963-4.
14. KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-657-1.

15. LAHTINEN, K., KURRA, S., NISSINEN, A. *Freediving*. Praha: Deep Ideas Oy, 2015. ISBN 978-952-68338-0-4.
16. LINDER, N., SIMHA, P. *Freediving*, Praha: IFP Publishing s.r.o., 2015. ISBN 978-80-87383-45-2.
17. MATTUŠ, L. *CHLADOVÁ TERAPIE, komplexní průvodce otužováním*. Brno: BizBooks, 2021. ISBN: 978-80-265-1011-6.
18. MAHÉŠVARÁNANDA, P. *Systém Jóga v denním životě*. Praha: Mladá fronta, 2022. ISBN 978-80-204-5968-8.
19. MOC KRÁLOVÁ, D. *Fyzikální terapie II*. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-7167-4.
20. MORAVČÍKOVÁ, H. *Učeň ledu*. Bratislava: Plejády, 2019. ISBN 978-80-89801-06-0.
21. NÉRY, G. *Hlubiny*, Praha: XYZ, 2019. ISBN 978-80-7597-529-4.
22. OPAVSKÝ, J. *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003. ISBN 80-244-0625-X.
23. PALEČEK, F. et al. *Patofyziologie dýchání*. 2001. Praha: Karolinum. ISBN 80-200-0723-7.
24. PELIZZARI, U., TOVAGLIERI, S. *Manual of freediving*. Itálie: Idelson Gnocchi Pub, 2004. ISBN 978-1928649274
25. PIŠKULA, F., PIŠKULA, M., ŠTĚTINA, J. *Sportovní potápění*. Praha: Naše vojsko, 1985. ISBN 28-105-85.
26. PODĚBRADSKÝ, J., VAŘEKA, I. *Fyzikální terapie*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-661-7.
27. PONGANIS, P. J. *Diving physiology of marine mammals and seabirds*. Cambridge: Cambridge University Press. 2015. ISBN 978-1-316-43483-3
28. RUSOKE-DIERICH, O. *Diving Medicine*. Queensland: Springer International Publishing, 2018. ISBN 3-319-73836-4.
29. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2003. ISBN 8024705125.

30. VÁCHA, M., FELLNEROVÁ, I., BIČÍK, V., PETRÁSEK, R., ŠIMEK, V. *Srovnávací fyziologie živočichů*. Brno: Masarykova univerzita, 2008. ISBN 978-80-210-3379-5.
31. VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
32. VÉLE, F. *Vyšetření hybných funkcí z pohledu neurofyziologie: příručka pro terapeuty pracující v neurorehabilitaci*. Praha: Triton, 2012. ISBN 978-80-7387-608-1.
33. WATTS, A. *Vědění pro nejisté časy: Průvodce věkem úzkosti*. Praha: Východní řada, 2020. ISBN: 978-80-271-1000-1.
34. ZWIERKOVSKA, E. *Otužování*. Olomouc: FONTÁNA, 2019. 978-80-7651-069-2.

Elektronické zdroje

1. AIDA. *World Records* [online]. 29. 09. 2021 [cit. 2021-09-30]. Dostupné z: <https://www.aidainternational.org/WorldRecords/History>
2. ALKAN, N., AKIŞ, T. *Psychological characteristics of free diving athletes: A comparative study* [online]. *International Journal of Humanities and Social Science*, 2013, 3.15: 150-157. [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Nese-Alkan/publication/258308997_Psychological_Characteristics_of_Free_Diving_Athletes_A_Comparative_Study/links/0c960527c016f18da1000000/Psychological-Characteristics-of-Free-Diving-Athletes-A-Comparative-Study.pdf
3. ANDERSSON, J., LINÉR, M. H., JONSSON, H. *Increased serum levels of the brain damage marker S100B after apnea in trained breath-hold divers: a study including respiratory and cardiovascular observations*. *Journal of Applied Physiology* [online]. Sweden, 2009, 107.3: 809-815. [cit. 2022-04-22] Dostupné z: doi.org/10.1152/jappphysiol.91434.2008
4. ANDRIKAKOU, P., VICKRAMAN, K., ARORA, H. *On the behaviour of lung tissue under tension and compression*. *Scientific Reports* [online]. London: NATURE PUBLISHING GROUP, 2016, 6(1), 36642-36642 [cit. 2022-04-21]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: [doi:10.1038/srep36642](https://doi.org/10.1038/srep36642)
5. ANKAD, R. B., HERUR, A., PATIL, S., SHASHIKALA, G. V., CHINAGUDI, S. *Effect of short-term pranayama and meditation on cardiovascular functions in healthy individuals*. *Heart views* [online]. India: Medknow Publications and Media

- Pvt., 2011, 12(2), 58-62 [cit. 2022-02-23]. ISSN 1995-705X. Dostupné z: doi:10.4103/1995-705X.86016
6. ARENAS-RAMIREZ, N., WOYTSCHAK, J., BOYMAN, O. *Interleukin-2: Biology, Design and Application*. Trends in immunology [online]. OXFORD: Elsevier, 2015, 36(12), 763-777 [cit. 2022-06-24]. ISSN 1471-4906. Dostupné z: doi:10.1016/j.it.2015.10.003
 7. BAIN, A. R., AINSLIE, P. N., HOILAND, R. *Cerebral oxidative metabolism is decreased with extreme apnoea in humans; impact of hypercapnia*. The Journal of physiology [online]. 2016, 594(18), 5317-5328 [cit. 2022-02-27]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1113/JP272404
 8. BAIN, A. R., DRVIS, I., DUJIC, Z., MACLEOD, D. B., AINSLE, P. *Physiology of static breath holding in elite apneists*. *Experimental physiology* [online]. 2018, England: Wiley Subscription Services, 103(5), 635-651 [cit. 2022-01-29]. ISSN 0958-0670. Dostupné z: doi:10.1113/EP086269
 9. BAKOVIC, D., PIVAC, N., ETEROVIC, D., BRESKOVIC, T., ZUBIN, P., OBAD, A., DUJIC, Z. *The effects of low-dose epinephrine infusion on spleen size, central and hepatic circulation and circulating platelets*. Clinical physiology and functional imaging [online]. HOBOKEN: Blackwell Publishing, 2013, 33(1), 30-37 [cit. 2022-03-06]. ISSN 1475-0961. Dostupné z: doi:10.1111/j.1475-097X.2012.01156.x
 10. BERNARDI, N. F., SNOW, S., PERETZ, I., OROZCO PEREZ, H. D., SABET-KASSOUF, N., LEHMANN, A. *Cardiorespiratory optimization during improvised singing and toning*. Scientific Reports [online]. LONDON: Springer Nature, 2017, 7(1), 8113-8 [cit. 2022-06-25]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-017-07171-2
 11. BILLAUT, F., GUEIT, P., FAURE, S., COSTALAT, G., LEMAÎTRE, F. *Do elite breath-hold divers suffer from mild short-term memory impairments?* Applied physiology, nutrition, and metabolism [online]. OTTAWA: NRC Research Press, 2018, 43(3), 247-251 [cit. 2022-04-22]. ISSN 1715-5312. Dostupné z: doi:10.1139/apnm-2017-0245
 12. BLAŽEK, D. *Vliv hyperventilace při potápění*. Praha, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova. Vedoucí práce Ing. et Mgr. Miloš Fiala, Ph.D.
 13. BRESKOVIC, T., UGLESIC, L., ZUBIN, P., KUCH, B., KRALJEVIC, J., ZANCHI, J., DUJIC, Z. *Cardiovascular changes during underwater static and dynamic breath-hold dives in trained divers*. Journal of Applied Physiology

- [online]. 2011, 111.3: 673-678 [cit. 2022-02-29]. Dostupné z: doi: 10.1152/jappphysiol.00209.2011
14. BUIJZE, G. A., SIEREVELT, I. N., HEIJDEN, M, J. C. B., DIJKGRAAF, M., FRINGS-DRESEN, G., M. H. W. *The Effect of Cold Showering on Health and Work: A Randomized Controlled Trial*. PLoS ONE [online]. Public Library of Science, 2018, 13(8) [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0201978
 15. BURGEROVA, A. *Vliv chladové expozice na psychický stav dospělých* [online]. České Budějovice, 2021 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: https://theses.cz/id/4wu8fr/Vliv_chladove_expozice_na_psychicky_stav_dospelych_3.pdf?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dwim%20hof%26start%3D1. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Martina Hrušková, Ph.D.
 16. BUSCH, V., MAGERL, W., KERN, U., HAAS, J., HAJAK, G., EICHHAMMER, P. *The Effect of Deep and Slow Breathing on Pain Perception, Autonomic Activity, and Mood Processing-An Experimental Study*. Pain medicine (Malden, Mass.) [online]. Malden, USA: Blackwell Publishing, 2012, 13(2), 215-228 [cit. 2022-04-29]. ISSN 1526-2375. Dostupné z: doi:10.1111/j.1526-4637.2011.01243.x
 17. CASTELLANI, J. W., BRENNER, M. K. I., RHIND, S. G. *Cold exposure: Human immune responses and intracellular cytokine expression*. Medicine and science in sports and exercise [online]. PHILADELPHIA: Lippincott Williams & Wilkins, 2002, 34(12), 2013-2020 [cit. 2022-06-21]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1097/00005768-200212000-00023
 18. CASTELLANI, J. W., YOUNG, A. J. *Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure*. Autonomic neuroscience [online]. AMSTERDAM: Elsevier B. V., 2016, 196, 63-74 [cit. 2022-06-21]. ISSN 1566-0702. Dostupné z: doi:10.1016/j.autneu.2016.02.009
 19. CITHERLET, T., CRETZAZ VON ROTEN, F., KAYSER, B., GUEX, K. *Acute Effects of the Wim Hof Breathing Method on Repeated Sprint Ability: A Pilot Study*. Frontiers in sports and active living [online]. Frontiers Media S.A, 2021, 3, 700757-700757 [cit. 2023-02-11]. ISSN 2624-9367. Dostupné z: doi:10.3389/fspor.2021.700757
 20. COLLIER, C. R., DAIL, C. W., AFFELDT, J. E. *Mechanics of glossopharyngeal breathing*. *Journal of applied physiology* [online]. 1956, 8.6: 580-584 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z:

<https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/jappl.1956.8.6.580?journalCode=jappl>

21. CORTEGIANI, A., FORESTA, G., STRANO, G., STRANO, M. T., MONTALTO, F., GARBO, D., RAINERI, S. M. *An Atypical Case of Taravana Syndrome in a Breath-Hold Underwater Fishing Champion: A Case Report*. Case Reports in Medicine [online]. United States: Hindawi Limiteds, 2013, 2013, 939704-5 [cit. 2022-05-29]. ISSN 1687-9627. Dostupné z: doi:10.1155/2013/939704
22. COSTALAT, G., COQUART, J., CASTRES, I., TOURNY, C., LEMAITRE, F. *Hemodynamic adjustments during breath-holding in trained divers*. European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, 113(10), 2523-2529 [cit. 2022-02-20]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-013-2690-z
23. COVINGTON, D., LEE, R. H., TOFFEL, S., BURSIAAN, A., KRACK, K., GIORDANO, Ch. *Technical Freediving: An Emerging Breath-Hold Diving Technique* [online]. Purdue University, 2019 [cit. 2022-06-07]. ISSN 2327-2937. Dostupné z: doi: 10.7771/2327-2937.1122_
24. CRAIG, A. B. *Depth limits of breath hold diving(an example of fennology)*. Respiration physiology [online]. Netherlands: Elsevier B.V, 1968, 5(1), 14-22 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0034-5687. Dostupné z: doi:10.1016/0034-5687(68)90073-X
25. DOLSCHEID-POMMERICH, R. C., STOFFEL-WAGNER, B., ALBERTS, J., FIMMERS, R., EICHHORN, L. *Hematologic changes after short term hypoxia in non-elite apnea divers under voluntary dry apnea conditions*. PloS one [online]. Public Library of Science, 2020, 15(8), e0237673-e0237673 [cit. 2022-03-14]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0237673
26. EICHINGER, M., WALTERSPACHER, S., SCHOLZ, T. et al. *Lung hyperinflation: foe or friend?*. The European respiratory journal [online]. Leeds: Eur Respiratory Soc, 2008, 32(4), 1113-1116 [cit. 2022-02-02]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi:10.1183/09031936.00118807
27. ELIA, A. M., BARLOW, J., WILSON, O. J., O'HARA, J. P. *Splenic responses to a series of repeated maximal static and dynamic apnoeas with whole-body immersion in water*. Experimental physiology [online]. HOBOKEN: WILEY, 2021, 106(1), 338-349 [cit. 2022-03-06]. ISSN 0958-0670. Dostupné z: doi:10.1113/EP088404
28. ELIA, A., GENNSER, M., HARLOW, P. S., LEES, M. J. *Physiology, pathophysiology and (mal)adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review*. European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021, 121(6), 1543-1566 [cit. 2022-02-19]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-021-04664-x
29. FERNÁNDEZ, F. A., GONZÁLEZ-RAVÉ, J. M., JUÁREZ, D. *Breath-hold diving performance factors*. Journal of human sport and exercise [online]. Universidad de

- Alicante. Área de Educación Física y Deporte, 2017, 12(3), 582-592 [cit. 2022-06-08]. ISSN 1988-5202. Dostupné z: doi:10.14198/jhse.2017.123.03
30. FITZ-CLARKE, J. R. *Breath-hold diving*. Comprehensive physiology [online]. Canada: Department of Emergency Medicine, Dalhousie University, Halifax, 2018, 25;8(2):585-630: 585-630 [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: 10.1002/cphy.c160008
 31. FITZ-CLARKE, J. R. *Risk of decompression sickness in extreme human breath-hold diving*. Undersea & hyperbaric medicine [online]. DUNKIRK: UNDERSEA & HYPERBARIC MEDICAL SOC, 2009, 36(2), 83-91 [cit. 2022-05-29]. ISSN 1066-2936.
 32. GAGNON, D. D., GAGNON, S. S., RINTAMÄKI, H., TÖRMÄKANGAS, T., PUUKKA, K., HERZIG, K., KYRÖLÄINEN, H. *The effects of cold exposure on leukocytes, hormones and cytokines during acute exercise in humans*. PLoS ONE [online]. SAN FRANCISCO: Public Library Science, 2014, 9(10), e110774-e110774 [cit. 2022-06-20]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0110774
 33. HALLENBERG, K. *The Wim Hof Methods Effect on Heart Rate Variability and Subjective Well-Being*. University of Skövde, School of Bioscience [online]. 2022, [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1682802/FULLTEXT01.pdf>
 34. HANSEN, M. J., VAN DER LANS, A. A., BRANS, B. *Short-term cold acclimation recruits brown adipose tissue in obese humans*. Diabetes (New York, N.Y.) [online]. ALEXANDRIA: Amer Diabetes Assoc, 2016, 65(5), 1179-1189 [cit. 2022-06-21]. ISSN 0012-1797. Dostupné z: doi:10.2337/db15-1372
 35. HART, N. H., NIMPHIUS, S., RANTALAINEN, T., IRELAND, A., SIAFARIKAS, A., NEWTON, R. U. *Mechanical basis of bone strength: Influence of bone material, bone structure and muscle action*. Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions [online]. NAFPLION: Jmni, 2017, 17(3), 114-139 [cit. 2022-06-08]. ISSN 1108-7161.
 36. HIRVONEN, J. et al. *Plasma catecholamines, serotonin and their metabolites and beta-endorphin of winter swimmers during one winter. Possible correlations to psychological traits*. International journal of circumpolar health [online]. Canada: JMIR Publications 2002, 61(4), 363-372 [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: doi: 10.3402/ijch.v61i4.17494

37. HUTTUNEN, P., KOKKO, L., YLIJUKURI, V. *Winter swimming improves general well-being*. International Journal of Circumpolar Health [online]. 2004, 63.2: 140-144. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: doi: 10.3402/ijch.v63i2.17700
38. CHAHAL, J., LEE, R., LUO, J. *Loading dose of physical activity is related to muscle strength and bone density in middle-aged women*. Bone [online]. Amsterdam: Elsevier, 2014, 67, 41-45 [cit. 2022-06-08]. ISSN 8756-3282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2014.06.029
39. CHEUNG, S. S., DAANEN, H. A. M. *Dynamic adaptation of the peripheral adaptation to cold exposure*. Microcirculation (New York, N.Y. 1994) [online]. 2012, 19, 65-77 [cit. 2022-06-21]. ISSN 1073-9688.
40. CHUNG, S. C. S., SECCOMBE, M. L., JENKINS, Ch. R., FRATER, C. J., RIDLEY, L. J., PETERS, M. J. *Glossopharyngeal insufflation causes lung injury in trained breath-hold divers*. Respirology (Carlton, Vic.) [online]. 2010, 15(5), 813-817 [cit. 2022-02-23]. ISSN 1323-7799. Dostupné z: doi:10.1111/j.1440-1843.2010.01791.x
41. ILARDO, M. A., MOLTKE, I., KORNELIUSSEN, T. S. et al. *Physiological and Genetic Adaptations to Diving in Sea Nomads*. Cell [online]. United States: Elsevier, 2018, 173(3), 569-580.e15 [cit. 2022-03-11]. ISSN 0092-8674. Dostupné z: doi:10.1016/j.cell.2018.03.054
42. JAYAWARDENA, R., RANASINGHE, P., RANAWAKA, H., GAMAGE, N., DISSANAYAKE, D., MISRA, A. *Exploring the therapeutic benefits of Pranayama (yogic breathing): A systematic review*. International Journal of Yoga [online]. India: Wolters Kluwer India Pvt., 2020, 13(2), 99-110 [cit. 2022-06-25]. ISSN 0973-6131. Dostupné z: doi:10.4103/ijoy.IJOY_37_19
43. JUNGSMANN, M., VENCATACHELLUM, S., VAN RYCKEGHEM, D., VÖGELE, D. *Effects of Cold Stimulation on Cardiac-Vagal Activation in Healthy Participants: Randomized Controlled Trial*. JMIR Formative Research [online]. Canada: JMIR Publications, 2018, 2(2), e10257-e10257 [cit. 2022-06-20]. ISSN 2561-326X. Dostupné z: doi:10.2196/10257
44. JOULIA, F., LEMAITRE, F., FONTANARI, P., MILLE, M. L., BARTHELEMY, P. *Circulatory effects of apnoea in elite breath-hold divers*. Acta Physiologica [online]. Wiley, 2009, 197(1), 75-82 [cit. 2022-04-23]. ISSN 1748-1708. Dostupné z: doi:10.1111/j.1748-1716.2009.01982.x
45. KELLY, J. S., BIRD, E. *Improved mood following a single immersion in cold water*. Lifestyle medicine (Hoboken, N.J.) [online]. Wiley, 2022, 3(1) [cit. 2022-06-21]. ISSN 2688-3740. Dostupné z: doi:10.1002/lim2.53
46. KHANDEKAR, J. S., VASAVI, V. L., SINGH, V. P., SAMUEL, S. R., SUDHAN, S. G., KHANDELWAL, B. *Effect of Yoga on Blood Pressure in Prehypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis*. TheScientificWorld [online]. Hindawi, 2021, 2021, 1-10 [cit. 2022-04-29]. ISSN 2356-6140. Dostupné z: doi:10.1155/2021/4039364

47. KJELD, T., JATTU, T., NIELSEN, H. B., GOETZE, J. P., SECHER N. H., OLSEN, N. V. *Release of erythropoietin and neuron-specific enolase after breath holding in competing free divers*. Scandinavian journal of medicine & science in sports [online]. HOBOKEN: Blackwell Publishing, 2015, 25(3), e253-e257 [cit. 2022-04-22]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.12309
48. KJELD, T., MØLLER, J., FOGH, K., HANSEN, E. G., ARENDRUP, H. Ch., ISBRAND, A. B., ZERAHN, B., HØJBERG, J., OSTENFELD, E. *Cardiac hypoxic resistance and decreasing lactate during maximum apnea in elite breath hold divers*. Scientific reports [online]. Berlin: NATURE PORTFOLIO, 2021, 11(1), 2545-2545 [cit. 2022-04-21]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-021-81797-1
49. KJELD, T., POTT, F. C., SECHER, N. H. *Facial immersion in cold water enhances cerebral blood velocity during breath-hold exercise in humans*. Journal of Applied Physiology [online]. 2009, 106.4: ISSN 1243-1248. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: doi.org/10.1152/jappphysiol.90370.2008
50. KJELD, T., STRIDE, N., GUDIENSEN, A. *Oxygen conserving mitochondrial adaptations in the skeletal muscles of breath hold divers*. PLoS ONE [online]. SAN FRANCISCO: Public Library Science, 2018, 13(9), e0201401-e0201401 [cit. 2022-06-08]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0201401
51. KLING, J. M., CLARKE, B. L., SANDHU, N. P. *Osteoporosis prevention, screening, and treatment: a review*. J Womens Health [online]. Arizona, 2014, 23(7) [cit. 2022-06-08]. ISSN 23:563–572. Dostupné z: doi:10.1089/jwh.2013.4611
52. KOHSHI, K., MORIMATSU, Y., TAMAKI, H., ISHITAKE, T., DENOBLE, P. J. *Hyperacute brain magnetic resonance imaging of decompression illness in a commercial breath-hold diver*. Clinical case reports [online]. Bognor Regis: John Wiley & Sons, 2020, 8(7), 1195-1198 [cit. 2022-05-29]. ISSN 2050-0904. Dostupné z: doi:10.1002/ccr3.2843
53. KOHSHI, K., DENOBLE, P. J., TAMAKI, H., MORIMATSU, Y., ISHITAKE, T., LEMAÎTRE, F. *Decompression Illness in Repetitive Breath-Hold Diving: Why Ischemic Lesions Involve the Brain?*. Frontiers in physiology [online]. LAUSANNE: FRONTIERS MEDIA, 2021, 12, 711850-711850 [cit. 2022-05-29]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.711850
54. KROČA, T. *Využití Wim Hof metody* [online]. Brno, 2021. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/oyxzh/Vyuziti_WHM.pdf?zpet=https:%2F%2Ftheses.cz%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dwim%20hof%26start%3D1. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Mgr. Jitka Čihounková Ph.D.
55. KOX, M., STOFFELS, M., SMEEKENS, S. P. *The influence of concentration/meditation on autonomic nervous system activity and the innate*

- immune response: a case study*. Psychosomatic medicine [online]. United States: Lippincott Williams & Wilkins Ovid Technologies, 2012, 74(5), 489-494 [cit. 2022-06-18]. ISSN 0033-3174. Dostupné z: doi:10.1097/PSY.0b013e3182583c6d
56. KUPPUSAMY, M., KAMALDEEN, D., PITANI, R., AMALDAS, J., SHANMUGAM, P. *Effects of Bhramari Pranayama on health - A systematic review*. Journal of Traditional and Complementary Medicine [online]. Netherlands: 國立臺灣大學食品與生物分子研究中心, 2018, 8(1), 11-16 [cit. 2022-06-25]. ISSN 2225-4110. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtcme.2017.02.003
57. KWIECIEN, S. Y., MCHUGH, M. P. *The cold truth: the role of cryotherapy in the treatment of injury and recovery from exercise*. European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021, 121(8), 2125-2142 [cit. 2022-06-21]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-021-04683-8
58. LEE, P., BRYCHTA, R. J., COLLINS, M. T. *Cold-activated brown adipose tissue is an independent predictor of higher bone mineral density in women*. Osteoporosis international [online]. London: Springer-Verlag, 2012, 24(4), 1513-1518 [cit. 2022-07-15]. ISSN 0937-941X. Dostupné z: doi:10.1007/s00198-012-2110-y
59. LEVOVÁ, E. *Sledování vlivu Wim Hofovy dýchací metody a freedivingového dýchání na respirační funkce závodnic synchronizovaného plavání* [online]. Ústí nad Labem, 2022. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: file:///C:/Users/admin/Downloads/DP-+Levov%C3%A1+El%C5%A1ka%20(2).pdf. Diplomová práce. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Mgr. Jan Hnízdil Ph.D.
60. LAURINO, M., MENICUCCI, D., MASTORCI, F. et al. *Mind-body relationships in elite apnea divers during breath holding: a study of autonomic responses to acute hypoxemia*. Frontiers in Neuroengineering [online]. Switzerland: Frontiers Media S.A, 2012, 5, 4-4 [cit. 2022-05-29]. ISSN 1662-6443. Dostupné z: doi:10.3389/fneng.2012.00004
61. LEMAÎTRE, F., CLUA, E., ANDRÉANI, B., CASTRES, I., CHOLLET, D. *Ventilatory function in breath-hold divers: effect of glossopharyngeal insufflation*. European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 108(4), 741-747 [cit. 2022-01-30]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-009-1277-1
62. LEMAÎTRE, F., LAFAY, V., TAYLOR, M., COSTALAT, G., GARDETTE, B. *Electrocardiographic aspects of deep dives in elite breath-hold divers*. Undersea & Hyperbaric Medicine: Journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society [online]. 2013, 40.2: 145-154 [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/23682546>

63. LINDHOLM, P. *Loss of motor control and/or loss of consciousness during breath-hold competitions*. International journal of sports medicine [online]. 2007, 28.04: 295-299 [cit. 2022-06-01]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: 10.1055/s-2006-924361
64. LINDHOLM, P., LUNDGREN, C. E. G. *Alveolar gas composition before and after maximal breath-holds in competitive divers*. Undersea & hyperbaric medicine [online]. DUNKIRK: UNDERSEA & HYPERBARIC MEDICAL SOC, 2006, 33(6), 463-467 [cit. 2022-04-23]. ISSN 1066-2936. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/204938517?accountid=195367&pq-origsite=primo>
65. LINDHOLM, P., NYRÉN, S. *Studies on inspiratory and expiratory glossopharyngeal breathing in breath-hold divers employing magnetic resonance imaging and spirometry*. European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2005, 94(5), 646-651 [cit. 2022-02-01]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-005-1358-8
66. LORING, S. H., et al. *Transpulmonary pressures and lung mechanics with glossopharyngeal insufflation and exsufflation beyond normal lung volumes in competitive breath-hold divers*. Journal of Applied Physiology [online]. 2007, 102.3: 841-846 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00749.2006>
67. LOURENCO, M. *The psychology of freediving: Psychological strategies used by elite freedivers* [online]. Lisboa, 2018 [2021-11-21]. Mestrado integrado em psicologia. Universidade de Lisboa, Faculdade de Psicologia. Professor Doutor Telmo Mourinho Baptista. Dostupné z: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/38422/1/ulfpie053330_tm.pdf
68. MANNA, I. *Effects of short term yoga training on body composition and cardio-pulmonary functions on healthy male*. Al Ameen journal of medical sciences [online]. Al Ameen Medical College, 2019, 12(4), 197-204 [cit. 2022-02-23]. ISSN 0974-1143.
69. MARABOTTI, C., SCALZINI, A., CIALONI, D., PASSERA, M., RIPOLI, A., L'ABBATE, A., BEDINI, R. *Effects of depth and chest volume on cardiac function during breath-hold diving*. European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 106(5), 683-689 [cit. 2022-01-30]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-009-1068-8
70. MARLINGE, M., COULANGE, M., FITZPATRICK, R. C. *Physiological stress markers during breath-hold diving and SCUBA diving*. Physiological Reports [online]. United States: Wiley, 2019, 7(6), e14033-n/a [cit. 2022-04-22]. ISSN 2051-817X. Dostupné z: doi:10.14814/phy2.14033
71. MIHALÍK, M. *Kombinace otužování a dechového cvičení jako nástroj pro zvýšení sportovního výkonu* [online]. Brno, 2021. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/xdhh2/DP_Mihalik_ENDGAME_vol2.pdf?zpet=https:%2F%2Ftheses.cz%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dwim%20hof%26start%3D1.

Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce PhDr. Jan Cacek, PhD.

72. MIJACIKA, T., KYHL, K., FRESTAD, D., BARAK, O., DRVIS, I., SECHER, N. H., DUJIC Z., MADSEN, P. L. *Effect of pulmonary hyperinflation on central blood volume: An MRI study. Respiratory physiology & neurobiology* [online]. Amsterdam: Elsevier B.V, 2017, 243, 92-96 [cit. 2022-04-21]. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi:10.1016/j.resp.2017.05.012
73. MOOVENTHAN, A., NIVETHITHA, L. *Scientific evidence-based effects of hydrotherapy on various systems of the body. North American Journal of Medical Sciences* [online]. India: Medknow Publications and Media Pvt., 2014, 6(5), 199-209 [cit. 2022-06-24]. ISSN 2250-1541. Dostupné z: doi:10.4103/1947-2714.132935
74. MOIR, M. E., KLASSEN, S. A., AL-KHAZRAJI, B. K., WOEHRLE, E., SMITH, S. O., MATUSHEWSKI, B. J., SHOEMAKER, J. K. *Impaired dynamic cerebral autoregulation in trained breath-hold divers. Journal of Applied Physiology* [online]. Canada, 2019 [2022-02-19]. 126.6: 1694-1700. Dostupné z: doi: 10.1152/jappphysiol.00210.2019
75. MRAKIC-SPOSTA, S., VEZZOLI, A., RIZZATO, A. *Oxidative stress assessment in breath-hold diving. European journal of applied physiology* [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019, 119(11-12), 2449-2456 [cit. 2022-06-08]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-019-04224-4
76. MULDER, E., SCHAGATAY, E. *Using Underwater Pulse Oximetry in Freediving to Extreme Depths to Study Risk of Hypoxic Blackout and Diving Response Phases. Frontiers in physiology* [online]. Switzerland: Frontiers Media S.A, 2021, 12, 651128 [cit. 2022-05-30]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.651128
77. NAGENDRA, H. *Exploration of Prana: The future of yoga research. International Journal of Yoga - Philosophy, Psychology and Parapsychology* [online]. Wolters Kluwer India Pvt., 2019, 7(2), 27-28 [cit. 2022-06-25]. ISSN 2347-5633.
78. NYGREN-BONNIER, M., LINDHOLM, P., MARKSTRÖM, A., SKEDINGER, M., MATTSSON, E., KLEFBECK, B. *Effects of glossopharyngeal pistoning for lung insufflation on vital capacity in healthy women. American journal of physical medicine & rehabilitation* [online]. PHILADELPHIA: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, 2007, 86(4), 290-294 [cit. 2022-02-27]. ISSN 0894-9115. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0b013e3180383367
79. OH, Y. J., JUNG, J. Y., KIM, S. S., CHAE, K., RHU, J., LEE, Ch. *The association of kidney function with repetitive breath-hold diving activities of female divers from Korea, Haenyeo. BMC Nephrology* [online]. LONDON: Springer Nature, 2017, 18(1), 75-75 [cit. 2022-06-08]. ISSN 1471-2369. Dostupné z: doi:10.1186/s12882-017-0481-1

80. OLSEN, C. R., FANESTIL, D. D., SCHOLANDER, P. F. *Some effects of apneic underwater diving on blood gases, lactate, and pressure in man.* Journal of Applied Physiology [online]. USA: California, 1962, 17.6: 938-942. [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: doi.org/10.1152/jappl.1962.17.6.938
81. OSTROWSKI, A., STRZAŁA, M., STANULA, A., JUSZKIEWICZ, M., PILCH, W., MASZCZYK, A. *The Role of Training in the Development of Adaptive Mechanisms in Freedivers.* Journal of human kinetics [online]. Poland: Versita, 2012, 32(2012), 197-210 [cit. 2021-10-23]. ISSN 1640-5544. Dostupné z: doi:10.2478/v10078-012-0036-2
82. OVERGAARD, K., FRIIS, S., PEDERSEN, R. B., LYKKEBOE, G. *Influence of lung volume, glossopharyngeal inhalation and P ET O₂ and P ET CO₂ on apnea performance in trained breath-hold divers.* European journal of applied physiology [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, 97(2), 158-164 [cit. 2022-04-10]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-006-0156-2
83. PÄÄKKÖNEN, T., LEPPÄLUOTO, J. *Cold exposure and hormonal secretion: A review.* International Journal of Circumpolar Health [online]. United States: Taylor & Francis, 2002, 61(3), 265-276 [cit. 2022-06-21]. ISSN 1239-9736. Dostupné z: doi:10.3402/ijch.v61i3.17474
84. PALADA, I., BAKOVIC, D., VALIC, Z., OBAD, A., IVANCEV, V., ETEROVIC, D., SHOEMAKER, J. K., DUJIC, Z. *Restoration of hemodynamics in apnea struggle phase in association with involuntary breathing movements.* Respiratory physiology & neurobiology [online]. AMSTERDAM: Elsevier B.V, 2008, 161(2), 174-181 [cit. 2022-04-23]. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi:10.1016/j.resp.2008.01.008
85. PARK, S. B., KIM, J., JEONG, J. H., LEE, J., CHIN, D. K., CHUNG, Ch. K., LEE, S. H., LEE, J. Y. *Prevalence and Incidence of Osteoporosis and Osteoporotic Vertebral Fracture in Korea: Nationwide Epidemiological Study Focusing on Differences in Socioeconomic Status.* Spine (Philadelphia, Pa. 1976) [online]. PHILADELPHIA: Copyright Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved, 2016, 41(4), 328-336 [cit. 2022-06-08]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0000000000001291
86. PARKES, M. J. *Breath-holding and its breakpoint.* Experimental physiology [online]. 9600 Garsington Road, Oxford , OX4 2DQ , UK: The Physiological Society, 2006, 91(1), 1-15 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0958-0670. Dostupné z: doi:10.1113/expphysiol.2005.031625
87. PARTRIDGE, E. M., COOKE, J., MCKUNE, A. J., PYNE, D. B. *Pre-Exercise Whole- or Partial-Body Cryotherapy Exposure to Improve Physical Performance: A Systematic Review.* Sports (Basel) [online]. Basel: MDPI, 2021, 9(10), 135 [cit. 2022-06-21]. ISSN 2075-4663. Dostupné z: doi:10.3390/sports9100135
88. PATRICIAN, A., DUJIC, Ž., SPAJIC, B., DRVIS, I., AINSLIE, P. N. *Breath-Hold Diving – The Physiology of Diving Deep and Returning.* Frontiers in

- physiology [online]. Frontiers Media S.A, 2021, 12, 639377-639377 [cit. 2022-04-21]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.639377
89. PENDEGAST, D. R., MOON, R. E., KRASNEY, J. J., HELD, H. E., ZAMPARO, P. *Human physiology in an aquatic environment* [online]. Compr. Physiol. 5, 2015, [cit. 2022-04-21]. 1705–1750. Dostupné z: doi: 10.1002/cphy.c140018
90. PHONGSUPHAP, S., PONGSUPAP, Y., CHANDANAMATTHA, P., LURSINSAP, Ch. *Changes in heart rate variability during concentration meditation*. International journal of cardiology [online]. Shannon: Elsevier Ireland, 2007, 130(3), 481-484 [cit. 2022-11-26]. ISSN 0167-5273. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijcard.2007.06.103
91. POIRET, C., NOULHIANE, M., CLUA, E., LEMAÎTRE, F. *Breath-hold diving strategies to avoid loss of consciousness: speed is the key factor*. Sports biomechanics [online]. ABINGDON: ROUTLEDGE JOURNALS, TAYLOR & FRANCIS, 2020, 1-14 [cit. 2022-04-29]. ISSN 1476-3141. Dostupné z: doi:10.1080/14763141.2020.1820073
92. PONGANIS, P. J. *Diving physiology of marine mammals and seabirds*. Cambridge: Cambridge University Press [online]. 2015, 1 online resource (xv, 333 pages) : digital, PDF file(s) [cit. 2022-03-13]. ISBN 1316434125. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cuni/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4354750>
93. RAGHAVENDRA, B., TELLES, S., MANJUNATH, N., DEEPAK, K., NAVEEN, K., SUBRAMANYA, P. *Voluntary heart rate reduction following yoga using different strategies*. International Journal of Yoga [online]. India: Medknow Publications and Media Pvt., 2013, 6(1), 26-30 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0973-6131. Dostupné z: doi:10.4103/0973-6131.105940
94. RIDGWAY, L., MCFARLAND, F. *Apnea Diving: Long-Term Neurocognitive Sequelae of Repeated Hypoxemia*. Clinical neuropsychologist [online]. PHILADELPHIA: Taylor & Francis Group, 2006, 20(1), 160-176 [cit. 2022-04-22]. ISSN 1385-4046. Dostupné z: doi:10.1080/13854040590947407
95. RODOVÁ, M. *Patofyziologie zásobování organismu a jeho tkání kyslíkem se zaměřením na hypoxii* [online]. Brno, 2011. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/uxw0g/BcP_Rodova.pdf?fbclid=IwAR03kts_aeZfUQ3TSuj3NfNh490Aq8_khsGh7xX04LY9Cytzkz2k8Fsn7to. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce MUDr. Zuzana Nováková, Ph.D.
96. ROSTAIN, J. C., LAVOUTE, C. *Neurochemistry of Pressure-Induced Nitrogen and Metabolically Inert Gas Narcosis in the Central Nervous System*. [online]. Comprehensive Physiology, 2016, 6.3: 1579-1590. [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: doi: 10.1002/cphy.c150024

97. RUSSO, M. A., SANTARELLI, D. M., O'ROURKE, D. *The physiological effects of slow breathing in the healthy human*. Breathe [online]. England: European Respiratory Society, 2017, 13(4), 298-309 [cit. 2022-06-25]. ISSN 1810-6838. Dostupné z: doi:10.1183/20734735.009817
98. SENGUPTA, P. *Health impacts of yoga and pranayama: A state-of-the-art review*. International Journal of Preventive Medicine [online]. Iran: Medknow Publications & Media Pvt., 2012, 3(7), 444-458 [cit. 2022-06-25]. ISSN 2008-7802.
99. SEO, J., HA, K., KIM, Y., KIM, S., YOON, E., PARK, H. *Bone mineral density and osteoporotic vertebral fractures in traditional, unassisted, free-diving women (Haenyeos)*. Journal of Korean Medical Science [online]. SEOUL: Korean Acad Medical Sciences, 2018, 33(48), e316-e316 [cit. 2022-06-08]. ISSN 1011-8934. Dostupné z: doi:10.3346/jkms.2018.33.e316
100. SHAMSUZZAMAN, A., ACKERMAN, M. J., KUNIYOSHI, F. S., ACCURSO, V., DAVISON, D., AMIN, R. S., SOMERS, V. K., *Sympathetic nerve activity and simulated diving in healthy humans*. Autonomic neuroscience [online]. Netherlands: Elsevier B.V., 2013, 181, 74-78 [cit. 2022-03-11]. ISSN 1566-0702. Dostupné z: doi:10.1016/j.autneu.2013.12.001
101. SHARP, D. *Faster, higher, stronger ... and deeper?*. The Lancet (British edition) [online]. LONDON: Elsevier, 362(9387), 846-846 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(03)14349-8
102. SHARPE, E., LACOMBE, A., SADOWSKI, A. *Investigating components of pranayama for effects on heart rate variability*. Journal of psychosomatic research [online]. OXFORD: Elsevier, 2021, 148, 110569-110569 [cit. 2022-06-25]. ISSN 0022-3999. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpsychores.2021.110569
103. SHEVCHUK, N. A., RADOJA, S. *Possible stimulation of anti-tumor immunity using repeated cold stress: A hypothesis*. Infectious Agents and Cancer [online]. England: BioMed Central, 2007, 2(1), 20-20 [cit. 2022-06-20]. ISSN 1750-9378. Dostupné z: doi:10.1186/1750-9378-2-20
104. SHUSTER, Z. *Metodický postup při potápění na nádech* [online]. Praha, 2009 [cit. 2021-06-18]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/23071/DPTX_0_0_11510_P TUD002_154458_0_56905.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu., Vedoucí práce Mgr. et Ing. Miloš Fiala Ph.D.
105. SCHAEFER, K. E., CAREY, Ch. R. *Alveolar Pathways during 90-Foot, Breath-Hold Dives*. Science (American Association for the Advancement of Science) [online]. United States: American Association for the Advancement of

- Science, 1962, 137(3535), 1051-1052 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0036-8075.
Dostupné z: doi:10.1126/science.137.3535.1051
106. SCHAGATAY, E. *Predicting performance in competitive apnea diving, part II: dynamic apnoea*. Diving Hyperb Med [online]. 2010, 40.1: 11-22 [cit. 2022-02-02]
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23111834/>
 107. SCHAGATAY, E. *Predicting performance in competitive apnea diving. Part III: depth*. Diving Hyperb Med [online]. 2011, 41.4: 216-28 [cit. 2022-02-02].
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22183699/>
 108. SCHAGATAY, E, RICHARDSON, M. X., LODIN-SUNDSTRÖM, A. *Size matters: spleen and lung volumes predict performance in human apneic divers*. Frontiers in physiology [online]. Switzerland: Frontiers Research Foundation, 2012, 3(JUN), 173-173 [cit. 2022-03-11]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2012.00173
 109. SCHMALZL, L., POWERS, Ch., BLOM, E. H. *Neurophysiological and neurocognitive mechanisms underlying the effects of yoga-based practices: Towards a comprehensive theoretical framework*. Frontiers in Human Neuroscience [online]. LAUSANNE: FRONTIERS MEDIA, 2015, 9(MAY), 1-19 [cit. 2022-04-29]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2015.00235
 110. SCHIPKE, J. D., LEMAITRE, F., CLEVELAND, S., TETZLAFF, K. *Effects of Breath-Hold Deep Diving on the Pulmonary System*. Respiration [online]. Basel, Switzerland: KARGER, 2019, 97(5), 476-483 [cit. 2022-02-19]. ISSN 0025-7931. Dostupné z: doi:10.1159/000495757
 111. SCHNEIDER E. C. *Observations on holding the breath*. American Journal of Physiology-Legacy Content [online]. USA: Middletown, Wesleyan University, 1930, Aug 1;94(2):464-70 [cit. 2022-02-29]. Dostupné z: doi.org/10.1152/ajplegacy.1930.94.2.464
 112. SINHA, A. N., DEEPAK, D., GUSAIN, V. S. *Assessment of the effects of pranayama/alternate nostril breathing on the parasympathetic nervous system in young adults*. Journal of clinical and diagnostic research [online]. India: JCDR Research and Publications (P) Limited, 2013, 7(5), 821-823 [cit. 2022-06-25]. ISSN 2249-782X. Dostupné z: doi:10.7860/JCDR/2013/4750.2948
 113. SUPPMANN, F. L. *Reported psychological effects of the Wim Hof method: an interview study*. [online] University of Twente. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: https://essay.utwente.nl/87944/1/suppmann_MA_BMS.pdf
 114. TERUOKA, G. *Die Ama und ihre Arbeit* [online]. Arbeitsphysiologie, 1932, 5.3: 239-251 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: doi: 10.1007/bf02009115
 115. ŠTRBÁKOVÁ, L. *Využití celotělové kryoterapie v regeneraci sportovce* [online]. Brno, 2018 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/th/ytnl9/Lucia_Strbakova_bakalarka_444.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Mgr. Ivan Struhár, Ph.D.

116. TETZLAFF, K., LEMAITRE, F., BURGSTAHLER, Ch., LUETKENS, J. A., EICHHORN, L. *Going to Extremes of Lung Physiology–Deep Breath-Hold Diving*. *Frontiers in physiology* [online]. LAUSANNE: FRONTIERS MEDIA, 2021, 12, 710429-710429 [cit. 2022-01-29]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.710429
117. TETZLAFF, K., SCHÖPPENTHAU, H., SCHIPKE, J. D. *Risk of neurological insult in competitive deep breath-hold diving*. *International journal of sports physiology and performance* [online]. CHAMPAIGN: HUMAN KINETICS PUBL, 2017, 12(2), 268-271 [cit. 2022-05-29]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2016-0042
118. THEUNISSEN, S., SPONSIELLO, N., ROZLOZNIK, M., GERMONPRÉ, P., GUERRERO, F., CIALONI, D. *Oxidative stress in breath-hold divers after repetitive dives*. *Diving Hyperb. Med* [online]. 43, 63–66 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____166::bb9a668f24fc458275ee12c5a70766c3
119. THEUROT, D., DUGUÉ, B., DOUZI, W., GUITET, P., LOUIS, J., DUPUY, O. *Impact of acute partial-body cryostimulation on cognitive performance, cerebral oxygenation, and cardiac autonomic activity*. *Scientific reports* [online]. England: Nature Publishing Group, 2021, 11(1), 7793-7793 [cit. 2022-12-11]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-021-87089-y
120. TIPTON, M. J., COLLIER, N., MASSEY, H., CORBETT, J., HARPER, M. *Cold water immersion: kill or cure?*. *Experimental physiology* [online]. England: Wiley Subscription Services, 2017, 102(11), 1335-1355 [cit. 2022-06-21]. ISSN 0958-0670. Dostupné z: doi:10.1113/EP086283
121. TUREČEK, J. *Možnosti využití Wim Hofovy metody jako regenerační procedury a její srovnání s regenerační procedurou ochlazování* [online]. Praha, 2022. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/175711/130340588.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu. Vedoucí práce MuDr. Simona Majorová
122. MCKINNEY, CH. *The Experience of Meditation and Healing in Practitioners of the Wim Hof Method* [online]. Walden, 2022. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.proquest.com/openview/724eda5ae8db76d24a9eba0f12103f31/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>. Disertační práce. Walden University, Fakulta psychologie. Vedoucí práce Sue Subocz, Ph.D.

123. TYAGI, A., COHEN, M. *Yoga and heart rate variability: A comprehensive review of the literature*. International Journal of Yoga [online]. India: Wolters Kluwer - Medknow Publications, 2016, 9(2), 97-113 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0973-6131. Dostupné z: doi:10.4103/0973-6131.183712
124. UNSWORTH, I. P. *Inert gas narcosis - An introduction*. Postgraduate medical journal [online]. 1966, 42(488), 378-385 [cit. 2022-02-02]. ISSN 0032-5473. Dostupné z: doi:10.1136/pgmj.42.488.378
125. VALDIVIA-VALDIVIA, J. M., RÄISÄNEN-SOKOLOWSKI, A., LINDHOLM, P. *Prolonged syncope with multifactorial pulmonary oedema related to dry apnoea training: Safety concerns in unsupervised dry static apnoea*. Diving and Hyperbaric Medicine [online]. 2021, 51.2: 210 [cit. 2022-01-06]. ISSN. Dostupné z: doi: 10.28920/dhm51.2.210-215
126. VAN DER LANS, A. A, HOEKS, J., BRANS, B. *Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis*. JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION [online]. ANN ARBOR: Amer Soc Clinical Investigation, 2013, 123(8), 3395-3403 [cit. 2022-06-21]. ISSN 0021-9738. Dostupné z: doi:10.1172/JCI68993
127. VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D, VANHOMMERIG, J. W., SMULDERS, N. M., DROSSAERTS, J. M. A. F. L., KEMERINK, G. J., BOUVY, N. D., SCHRAUWEN, P., TEULE, G. J. J. *Cold-Activated Brown Adipose Tissue in Healthy Men*. The New England journal of medicine [online]. WALTHAM: Massachusetts Medical Society, 2009, 360(15), 1500-1508 [cit. 2022-06-21]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa0808718
128. VAN DONGEN, M., VISSER, R. *Effect of breathing exercises, meditation and cold exposure on resting heart rate: an experimental N=1 study*. [online] Hanze University of Applied Sciences, 2021 [cit. 2022-02-27] Dostupné z: doi: <https://explore.wimhofmethod.com/wp-content/uploads/Quantitative-paper-Wim-Hof-Method.pdf>
129. VANN, R. D., BUTLER, F. K., MITCHELL, S. J., MOON, R. E. *Decompression illness*. The Lancet (British edition) [online]. NEW YORK: Elsevier, 2011, 377(9760), 153-164 [cit. 2022-05-29]. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(10)61085-9
130. VERMA, D. *Prana and the actor*. Stanislavski Studies [online]. Routledge, 2020, 8(1), 97-112 [cit. 2022-06-25]. ISSN 2056-7790. Dostupné z: doi:10.1080/20567790.2020.1718927
131. WILLIE, Ch. K., AINSLIE, P. N., DRVIS, I., MACLEOD, D. B., BAIN, A. R., MADDEN, D., MASLOV, P. Z., DUJIC, Z. *Regulation of Brain Blood Flow and Oxygen Delivery in Elite Breath-Hold Divers*. Journal of cerebral blood flow and metabolism [online]. London, England: SAGE Publications, 2015, 35(1), 66-73 [cit. 2022-02-27]. ISSN 0271-678X. Dostupné z: doi:10.1038/jcbfm.2014.170

132. WIMHOFMETHOD. *The Method* [online]. 17. 06. 2022 [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: <https://www.wimhofmethod.com/practice-the-method>
133. WU, S., LO, P. *Inward-attention meditation increases parasympathetic activity: a study based on heart rate variability*. Biomedical research (Tokyo) [online]. Japan: Biomedical Research Press, 2008, 29(5), 245-250 [cit. 2022-11-26]. ISSN 0388-6107. Dostupné z: [doi:10.2220/biomedres.29.245](https://doi.org/10.2220/biomedres.29.245)
134. ZACCARO, A., PIARULLI, A., LAURINO, M., GARBELLA, E., MENICUCCI, D., NERI, B., GEMIGNANI, A. *How Breath-Control Can Change Your Life: A Systematic Review on Psycho-Physiological Correlates of Slow Breathing*. Frontiers in human neuroscience [online]. LAUSANNE: Frontiers Media, 2018, 12, 353-353 [cit. 2022-06-25]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: [doi:10.3389/fnhum.2018.00353](https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00353)
135. ZEMBRON-LACNY, A., MORAWIN, B., WAWRZYNIAK-GRAMACKA, E., GRAMACKI, J., JARMUZEK, P., KOTLEGA, D., ZIEMANN, R. *Multiple cryotherapy attenuates oxi-inflammatory response following skeletal muscle injury*. International journal of environmental research and public health [online]
136. ZWAAG, J., HORST, R., BLAZENOVIC, I. *Involvement of Lactate and Pyruvate in the Anti-Inflammatory Effects Exerted by Voluntary Activation of the Sympathetic Nervous System*. Metabolites [online]. BASEL: Mdpi, 2020, 10(4), 148 [cit. 2022-06-18]. ISSN 2218-1989. Dostupné z: [doi:10.3390/metabo10040148](https://doi.org/10.3390/metabo10040148)

SEZNAM PŘÍLOH

Rozhodnutí Etické komise

Vzor informovaného souhlasu

Dokument č. 1 k žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam grafů

Soutěžní pravidla STA apnoe

Protokol WHM skupiny

Protokol Pránajama skupiny

Vzor ankety k diplomové práci

Fotografie z měření

1. Rozhodnutí Etické komise

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Vliv Wim Hof metody na výkon freedivera

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: březen 2023 – květen 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Viktorie Pílušová, Bc.

Hlavní řešitel: Viktorie Pílušová, Bc.

Místo výzkumu (pracoviště): plavecký bazén Výstaviště Holešovice Areál Výstaviště 67, Praha 7, 170 00

Vedoucí práce (v případě studentské práce): prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

Popis projektu:

V rámci problematiky zlepšení výkonnosti sportovce budeme pozorovat vybrané fyziologické parametry jedinců věnujících se volnému potápění na nádech. Pro realizaci použijeme techniku metody Wima Hofa, která využívá propojení psychické i fyzické odolnosti vůči stresovým faktorům. Výzkumu se zúčastní 30 probandů, kteří budou randomizovaně rozděleni losem do 3. skupin po 10 jedincích.

Charakteristika intervence:

Intervence bude probíhat po dobu čtyř týdnů, a to každé ráno, o maximální délce do 30 minut individuálně po předchozí instrukci autorkou diplomové práce. Pracovní jednotka, kterou budou probandi vykonávat, se po celou dobu výzkumu nebude měnit. V rámci diplomové práce budeme posuzovat rozdíly naměřených hodnot mezi skupinou podstupující metodu Wima Hofa (WHM) v porovnání s druhou, placebo skupinou, jejíž podmínky pro realizaci budou mírně pozměněny a skupinou třetí, kontrolní, která nebude provádět žádné změny ve svém každodenním harmonogramu. Jedná se o zcela neinvazivní experiment.

Podrobný popis realizace výzkumu:

Pro realizaci stanoveného výzkumu je naším záměrem použít kvantitativní strategii, pomocí které se budeme snažit o prozkoumání stanovených cílů a vyvrácení či potvrzení stanovených hypotéz. Pro tuto diplomovou práci je zvolena metoda kauzálního výzkumu prováděného formou experimentu, kterého se zúčastnilo 30 probandů z řad certifikovaných freediverů se zkušenostmi se STA apnoickou pauzou. Základem bylo stanovení a vymezení měřitelných parametrů a následné získávání a vyhodnocování jednotlivých aspektů sledovaného souboru.

Na základě rešerše dostupných domácích i zahraničních zdrojů bylo zjištěno, že metoda Wima Hofa může mít vliv na zlepšení výkonu sportovce. V současné době však neexistuje jakýkoliv podložený výzkum, který by reflektoval danou problematiku, poskytoval přesná data a zohledňoval potřebné faktory v kombinaci s volným potápěním.

Realizace výzkumného šetření proběhne v plaveckém bazénu Výstaviště Holešovice v areálu Výstaviště 67 na Praze 7, čp. 170 00. V úvodu bude probandům vysvětlen důvod i průběh měření s praktickou ukázkou. Je nutno, aby všichni účastníci experimentu pochopili účel a obsah výzkumu a následně dobrovolně podepsali informovaný souhlas, čímž dají souhlas k měření. Hlavním úkolem je zjistit rozdíly v rámci doby trvání statické apnoické pauzy, změn srdečního tepu a saturace O₂ mezi jednotlivými skupinami a mezi jednotlivými měřeními při zajištění adekvátních podmínek v rámci získávání potřebných dat. Hlavním předmětem zkoumání je tedy souvislost mezi příčinami možné změny těchto parametrů před a po aplikaci Wim Hof metody. Měření doby trvání apnoické pauzy, srdečního tepu i saturace O₂ jsou neinvazivní metody s celkovou délkou měření do 30 – 40 min. Po absolvování vstupního měření následuje čtyřtýdenní experiment. Měření probandů proběhne na začátku, po 14 dnech (v polovině experimentu) a po 4 týdnech (na konci experimentu), a to následujícím způsobem:

Pro optimální průběh měření a minimální riziko zkeslení výsledků bylo probandům doporučeno den před začátkem každého měření omezit konzumaci kofeinových nápojů a alkoholu, konzumaci těžkých jídel, a dodržování osmihodinového spánkového protokolu.

Před zahájením měření v plaveckém bazénu absolvují probandi rozplavbu a několik běžných zádrží dechu stejně jako při každodenním tréninku tak, aby byli dostatečně připraveni na STA apnoickou pauzu. Měřené hodnoty budou odečteny s odstupem jedné minuty, nebo po stabilizaci kolísajících hodnot.

Před STA apnoí bude naměřena srdeční frekvence a periferní saturace kyslíkem pulsním oxymetrem Edan Instruments, který bude umístěn na prst (ukazovák) potápěče. Hodnoty budou odebrány ve statické poloze vleže na zádech s tělem splývajícím v bazénu s jednou horní končetinou mimo vodní prostředí tak, aby mohlo proběhnout měření daných parametrů. Měření před STA apnoickou pauzou proběhne ve vodním prostředí z důvodu aktivace adaptačních mechanismů (bradykardie, posunu tekutin, regionální redistribuce krevního toku, změna kardiopulmonální hemodynamiky a autonomní aktivity VNS), které probíhají již při pouhém styku těla s vodní hladinou. Proband dále zaujme pozici pro STA apnoe na vodní hladině (teplota vzduchu bude přibližně 22,9 ± 0,3° C, teplota vody bude

přibližně $30,2 \pm 0,2^\circ \text{C}$, výška vodního sloupce = 27 cm). Probanda bude kontrolovat buddy, který bude stát těsně vedle něj. Při ukončení pokusu dojde k signalizaci freedivera předem dohodnutým signálem dle platných pravidel pro STA apnoe. Čas v minutách bude zaznamenán do předem vytvořených tabulek v programu Microsoft Excel. Ihned po ukončení STA apnoe bude na prst potápěče, nacházejícího se v bazénu, připevněn pulsní oxymetr Edan Instruments, který měří hladinu kyslíku v krvi i srdeční tep potápěče. Hodnoty budou zaznamenány s odstupem jedné minuty nebo po stabilizaci kolísajících hodnot ve stejné poloze jako při měření před STA apnoe.

Všichni testovaní budou mít celkově 3 pokusy pro STA apnoe a vyhodnocen bude vždy jen ten nejlepší pokus. Celkový čas strávený měřením stanovených parametrů bude přibližně 30-40 minut. Testování každého probanda bude probíhat u vstupního, kontrolního i výstupního měření ve stejnou denní dobu. Tím bude eliminováno možné riziko v rozdílnosti výsledků z důvodu odlišných fyziologických odpovědí organismu v rámci cirkadiálního biorytmu. Po vstupním měření budou freediveri instruováni k dodržování stejného tréninkového plánu, jaký vedli doposud. Účastníkům studie bude doporučeno vyvarovat se jakékoliv změny v jejich každodenním stereotypu.

Po 14 dnech od vstupního měření bude následovat měření č. 2, jehož instrukce i průběh bude ve všech ohledech analogický s průběhem vstupního měření – měření délky STA apnoe, měření hodnot srdečního tepu a saturace kyslíkem před a po STA apnoické pauze, kdy bude vyhodnocen vždy ten nejlepší ze tří pokusů. Získaná data budou zaznamenána do předem vytvořených tabulek v programu Microsoft Excel.

Měření č. 3, jež bude shodné s předchozími dvěma měřeními, proběhne po 4 týdnech od vstupního měření. Získaná data, která budou zaznamenána do předem vytvořených tabulek v programu Microsoft Excel, budou následně zpracována a vyhodnocena. Nakonec bude účastníkům skupiny absolvujících metodu Wima Hofa a placebo skupině rozdána anketa za účelem subjektivního zhodnocení intervence. Otázky ankety jsou vytvořeny na základě poznatků z teorie se zřetelem na účel dotazníku. Dokument bude zahrnovat informace o subjektivních pocitech probanda v průběhu intervence a jeho vyhodnocení bude zcela anonymní.

Data získaná prostřednictvím měření budou následně komparativně porovnávána. Komparace bude provedena prostřednictvím statisticko-matematické analýzy pro parametrická data mezi vstupním, kontrolním i výstupním měřením a dále mezi všemi skupinami.

Výsledky práce pomohou objektivizovat efekt vybrané intervence v rámci zlepšení výkonnosti sportovce.

Hlavním cílem bude zjistit, zdali vybraná metoda dokáže, v rámci vybrané disciplíny, prokazatelně zlepšit výkonnost jedince, potencionálně pomoci sportovcům k dosažení lepších výsledků a prokázat, je-li člověk schopen pomocí třech jednoduchých pilířů, na kterých staví metoda Wima Hofa, posunout hranice svého těla a zlepšit tak reakce organismu na výkon.

Charakteristika účastníků výzkumu:

Předmětem měření jsou vybraní sportovci, kteří v rámci výzkumu budou rozděleni do 3 skupin a kteří používají fyzických i mentálních schopností jako nezbytného nástroje při svém sportovním zaměření. K věrohodnosti výzkumu je nutno stanovit takové podmínky, které zaručují získání adekvátních dat potřebných pro realizaci a následné vyhodnocení výzkumu.

Výzkum je omezen na kvalifikované potápěče s minimálním věkem 32 let a s maximálním věkem 62 let. Výzkumný soubor o počtu 30 probandů je tvořen tělesně zdravými jedinci mužského pohlaví s kvalifikací minimálně prvního kvalifikačního stupně L1, což je nutné doložit freediverskou certifikací. Kritériem pro výběr probanda do výzkumu je aktivní účast na freedivingových bazénových trénincích po dobu minimálně jednoho roku a více.

Všichni účastníci výzkumu se přihlásili dobrovolně a na základě zvážení vlastních schopností a zkušeností. Probandi byli osloveni buď osobně, či pomocí sociálních sítí v rámci členství v jednotlivých freedivingových organizacích. Komunikace s probandy bude vedena přes osobní kontakt, následná každodenní adherence bude probíhat formou SMS zprávy každé ráno. Každý třetí den budou probandi kontrolováni telefonicky formou krátkého hovoru o probíhající intervenci. Jakékoliv další zásahy do soukromí osob, ve smyslu změny každodenních aktivit jedinců včetně tréninků či jiných parametrů jejich života, jsou zcela vyloučeny.

U všech 30 probandů budou zahrnuty tyto údaje, podle kterých budou následně rozděleni do trojic po 10 členech tak, aby byly jejich parametry co možná nejvíce shodné:

- Věk (roky)
- Tělesná výška (cm)
- Tělesná váha (kg)
- Pravidelnost tréninku (počet dní v týdnu)
- Výkonnostní úroveň (dosažený výkonnostní level)

Skupina č. 1 je skupinou experimentální. Tato skupina bude provádět metodu Wima Hofa skládající se z dechových cvičení, meditace a ledové sprchy formou domácí samostatné intervence, a to vždy ráno po probuzení 7 dní v týdnu v celkové délce trvání 15-20 minut. Podrobný popis jednotky je popsán níže: Protokol WHM skupiny:

- Vleže na zádech 30 dynamických hlubokých nádechů nosem a volných výdechů pusou,
- Po 30. výdechu nastává první retenční fáze apnoe; zadrženi dechu na co nejdelší dobu,
- Při nutkání se proband nadechne a nastane druhá retenční fáze apnoe; zadrženi dechu na 15 – 20 sekund,
- Po 15 – 20 sekundách proband vydechne,
- Následuje opakování této jednotky ještě 2x s výjimkou zadrženi dechu na 90 sekund,

- Následuje meditace a studená sprcha, ve které dýcháme stejně, jako je uvedeno v prvním bodě tohoto protokolu: dynamické hluboké nádechy nosem a výdechy pusou (Hof 2020).

Skupina č. 2 je placebo skupinou. Tato skupina bude provádět jiná, avšak podobná cvičení jako skupina první tak, aby jedinci nepojali žádné podezření o placebo efektu. Jednotlivé techniky ve druhé skupině budou mírně pozměněny, aby neodpovídaly principům WHM, ale probandi nepojali podezření o účinnosti prováděné intervence v průběhu experimentu. Probandi měli za úkol provádět tuto formu domácí samostatné intervence každé ráno po probuzení 7 dní v týdnu v celkové délce trvání 15-20 minut. Podrobný popis jednotky je popsán níže: Protokol placebo skupiny:

- Vleže na zádech 10 volných nádechů nosem a volných výdechů pusou

- Po 30. výdechu nastává jediná retenční fáze apnoe; zadržení dechu na co nejdelší dobu

- Následuje meditace a studená sprcha, ve které dýcháme stejně, jako je uvedeno v prvním bodu tohoto protokolu: volné hluboké nádechy nosem a výdechy pusou.

Skupina č. 3 neprovádí žádnou intervenci a jedná se o skupinu kontrolní.

Účastníci výzkumu měli vlastní výstroj zahrnující neopren, masku a ploutve. Předchozí zkušenosti s metodou Wim Hof nejsou zapotřebí. Testování se nezúčastní osoby s akutním (zejména infekčním) onemocněním, po úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění, či úrazu. Jedná se o zdravé nekuřáky bez neurologického či respiračního onemocnění v anamnéze.

Zajištění bezpečnosti: Metody získávání dat nejsou invazivní. Wim Hofova metoda (WHM) je neinvazivní, šetrná metoda, u které nehrozí závažné poškození na zdraví, pokud bude prováděna tak, jak bude probandům vysvětleno v úvodním měření, kde si intervenci vyzkoušejí a pokud bude postupováno dle instrukcí v protokolu, jehož obsah se neliší od informací, které byly obdrženy na úvodním měření. Přesný návod ve smyslu jak dýchat, do kterých tělních segmentů, kolik je max. počet dechů a co může proband očekávat v průběhu intervence, bude účastníkům sděleno na úvodním měření, kde si metodu všichni zúčastnění vyzkouší, autorka práce zkontroluje správnost provádění intervence a bude možnost se na cokoliv zeptat. Po úvodním měření bude probandům zaslán e-mail s přesnými instrukcemi, které budou shodné s těmi, jež obdrželi při vstupním měření. Zasláný protokol bude obsahovat veškeré instrukce, jak intervenci provádět – jak dýchat, kolik je max. počet nádechů a výdechů, do jakého tělního segmentu dech směřovat, jaký je maximální čas pro pobyt ve studené vodě včetně dávkování jednotlivých intervencí.

Pokud by nebyl dodržen dechový protokol, hrozilo by riziko hyperventilace, lze včasné identifikovat na vlastním organismu. K nejčastějším příznakům patří parestezie horních či dolních končetin. Pokud však bude postupováno dle protokolu o přesném počtu nádechů i výdechů, riziko hyperventilace je minimální. Pokud i přes všechna opatření budou probandi pociťovat jakýkoliv diskomfort v průběhu praktikování domácí intervence, je doporučeno se ihned přerušit intervenci a obrátit na autorku práce telefonicky nebo formou SMS zprávy. Dle uvážení obou stran poté proběhne úprava protokolu nebo se intervence vyhodnotí jako pro daného jedince nevhodná a z experimentu bude účastník vyřazen pro neschopnost vykonávání intervence a nesplnění požadavků pro účast v experimentu. Další riziko by mohlo nastat, pokud by byla chladová expozice aplikována déle, než jak bylo doporučeno na úvodním měření a jak je uvedeno v e-mailovém protokolu, tzn. pokud by byla překročena hranice max. 5 min. V úvodu experimentu je doporučeno postupně ochlazování organismu z důvodu adaptace těla na chladovou zátěž a aby se minimalizovala šoková reakce organismu na změnu prostředí. Doporučení je začínat na 10 s a postupně časovou expozici postupně zvyšovat. V okamžiku, kdy bude chlad probandem vyhodnocen jako subjektivně nepříjemný, je doporučeno chladovou expozici ukončit. Proloužení chladové expozice v průběhu následujících dnů je možno o pár sekund denně dle subjektivního pocitu probanda.

Správnost dechových cvičení bude ověřena vždy telefonicky po předchozí domluvě v rámci adherence experimentu a také při osobním kontaktu na každém dalším měření. Zároveň, v případě jakýchkoliv otázek, budou mít probandi možnost konzultovat jakékoliv dotazy týkající se experimentu přímo se mnou, jakožto autorkou studie, a to telefonicky či SMS zprávou kdykoliv v průběhu 4 týdenní intervence. Kontaktovat mě mohou na mé soukromé telefonní číslo, které bude všem účastníkům sděleno na vstupním měření. Společná komunikace a každodenní adherence bude probíhat formou SMS zprávy každé ráno a dále každý třetí den formou krátkého hovoru o probíhající intervenci a kontroly správnosti prováděné intervence.

Měření, vypovídající o efektu metody na výkon sportovce, budou probíhat vždy pod odborným dohledem autorky práce a prof. MUDr. Jana Hellera, CSc. Po dobu testování budou zajištěny adekvátní podmínky daného prostředí. Bezpečnost bude probíhat za standardních bezpečnostních podmínek. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika v rámci tohoto typu výzkumu. Jedná se o bezpečný a šetrný postup. Během testování by neměl být pociťován větší diskomfort. Pokud i přes veškeré zajištění bezpečnostních podmínek bude během intervence a v průběhu měření pociťován jakýkoliv diskomfort, bude tento stav ihned sdělen autorce studie a intervence či měření bude přerušeno. Testování se zúčastní jedinci s platnou zdravotní prohlídkou. Testování se nezúčastní osoby s akutním (zejména infekčním) onemocněním, v úrazu, či v rekonvalescenci po onemocnění nebo úrazu. Účast na projektu je dobrovolná.

Etické aspekty výzkumu: Výzkum nezahnuje vulnerabilní jedince. Do výzkumu budou zapojeni pouze dospělí jedinci. Zařazení placebo skupiny bylo zvoleno z důvodu ověření, zdali metoda Wima Hofa má prokazatelné účinky na výkon freedivera. Zařazení placebo skupiny v této randomizované studii, coby kontrolní jednotky, slouží jako ověření (kontrola), která odlišuje skutečný účinek od placebo efektu. Bez zařazení kontrolní skupiny nelze spolehlivě efekt metody WHM prokázat. Proto je potřeba přímého srovnání se skupinou kontrolní. Výsledný účinek testované metody je získáván po odečtení efektu placebo skupiny. Před zahájením bude účastníkům sděleno, že budou zařazení do tří skupin, z nichž jedna je skupina provádějící WHM, druhou skupinou je skupina placebo, třetí je skupina bez intervence. Randomizace proběhne na základě losu po rozdělení do tří co možná nejvíce shodných skupin. Po ukončení experimentu bude probandům sděleno, zdali byli součástí skupiny WHM nebo skupiny placebo, popř. skupiny kontrolní. Všechny skupiny dostanou informace o průběhu intervence ostatních skupin. Po ukončení experimentu bude probandům zprostředkován přístup ke konečným výsledkům všech skupin. Probandi budou o průběhu, rozdělení do skupin i o placebo skupině informováni předem a to slovním sdělením a dále na základě sdělení v informovaném souhlasu. Po skončení experimentu budou všichni probandi seznámeni se základními informacemi o metodě Wima Hofa.

Potenciální střet zájmů: Neexistuje. Nejsem v pracovněprávním vztahu s žádnou osobou ani organizací, jejichž data jsou předmětem zkoumání. Nejsem motivována žádným finančním hodnocením z jakékoliv strany. Neexistuje žádný soukromý či jiný zájem na výsledcích mého výzkumu ze strany všech jeho účastníků. Integrita a důvěryhodnost výzkumu nebude narušena, vedoucí práce bude dohlížet na sbírání dat a interpretaci výsledků.

V průběhu tvorby teoretické části, sestavování protokolu pro WHM skupinu a před zahájením vedení freediverů chladovou terapií, jsem se osobně zkontaktovala se dvěma předními odborníky v ČR na WHM a freediving za účelem zkvalitnění diplomové práce, jejichž zkušenosti mi pomohly zejména v sestavení protokolu skupin pro praktickou část. Jedná se o instruktora chladové terapie a kouče se zaměřením na zdravý životní styl a o rekordmana v plavání pod ledem. Při svých cestách za poznáním chladové terapie po Nizozemsku i Polsku, měl jeden z nich možnost opakovaných setkání s Wimem Hofem a jeho technikou. Sestavování WHM protokolu probíhalo za jeho přímého kontaktování a udělování cenných rad nad postupy WHM metody.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezeními nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: e-mail/telefonní číslo, jméno, příjmení a rok narození, e-mail, věk, tělesná výška (cm), tělesná váha (kg), pravidelnost tréninku, výkonnostní úroveň a další data získaná výše uvedenými metodami - které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel, případně vedoucí diplomové práce. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích. Mohou být případně využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Požizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Nebudou pořizovány fotografie, audio ani videozáznamy.

Text informovaného souhlasu (IS): příložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 14.3.2023

Podpis předkladatele:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: **Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 265/2023

dne: 10.3.2023

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6
ředitel UK FTVS

podpis předsedkyně EK UK FTVS

2. Vzor informovaného souhlasu

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 265/2022

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci diplomové práce s názvem Vliv Wim Hof metody na výkon freedivera, prováděné v plaveckém bazénu Výstaviště Holešovice Areál Výstaviště 67 na Praze 7 s čp. 170 00.

Období realizace: únor/březen 2023 – duben/květen 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Cílem této diplomové práce je ozřejmit a prokázat změnu odpovědi organismu na výkon freedivera při pravidelném každodenním podstupování Wim Hof metody (WHM).

Testování:

Pro objektivizaci využijeme metodu testování, při které bude hlavním cílem získávání vybraných fyziologických parametrů v plaveckém bazénu Výstaviště Holešovice v areál Výstaviště 67 na Praze 7 s čp. 170 00. Testování proběhne vždy pod odborným dohledem autorky práce a prof. MUDr. Jana Hellera, CSc. při zajištění adekvátních podmínek pro dané měření. Budeme sledovat délku statické apnoické pauzy, saturaci kyslíkem, a srdeční tep.

Jedná se vždy o jedno sezení v rámci období 4 týdnů. Celkový počet sezení: 3; a to před zahájením experimentu, v polovině (po 14 dnech) a na konci pokusu (po 4 týdnech). Doba trvání jednoho vyšetření bude maximálně 1 hodina.

V rámci testování posoudí Váš aktuální stav také prof. MUDr. Jan Heller, CSc, společně pak provedeme následnou intervenci spočívající v získávání vybraných fyziologických parametrů potřebných pro objektivizaci a vyhodnocení experimentu. V průběhu měření budou zajištěny adekvátní podmínky daného prostředí.

Intervence:

Před zahájením intervence v domácím prostředí proběhne ukázka i odborné zainstruování všech zúčastněných na vstupním měření. Wim Hofova metoda je neinvazivní, šetrná metoda, u které nehrozí závažné poškození na zdraví, pokud ji budete provádět tak, jak Vám bylo vysvětleno v úvodním měření, kde jste si intervenci vyzkoušeli a pokud budete postupovat dle instrukcí v protokolu zasláného e-mailem, jehož obsah se neliší od informací, které jste obdrželi na úvodním měření. Přesný návod ve smyslu jak dýchat, do kterých tělních segmentů, kolik je max. počet dechů a co můžete očekávat v průběhu intervence, Vám bude sděleno na úvodním měření, kde budete mít možnost si metodu vyzkoušet, autorka práce Vám zkontroluje správnost provádění intervence a budete mít možnost se na cokoliv zeptat. Po úvodním měření Vám bude zaslán e-mail s přesnými instrukcemi, které budou shodné s těmi, jež jste obdrželi při vstupním měření. Zasláný protokol bude obsahovat veškeré instrukce, jak intervenci provádět – jak dýchat, kolik je max. počet nádechů a výdechů, do jakého tělního segmentu dech směřovat, jaký je maximální čas pro pobyt ve studené vodě včetně dávkování jednotlivých intervencí.

Pokud by nebyl dodržen dechový protokol, hrozilo by riziko hyperventilace, kterou poznáte, pokud by docházelo k paresteziím (mravenčení, brnění) horních či dolních končetin – zejména aker (koncových částí – prstů). Pokud však budete dodržovat protokol o přesném počtu nádechů i výdechů, toto riziko je minimální. Pokud i přes všechna opatření budete pociťovat jakýkoliv

diskomfort v průběhu praktikování domácí intervence, danou jednotku ihned přerušíte a obrátíte se na autorku práce telefonicky nebo formou SMS zprávy. Dle uvážení obou stran poté proběhne úprava protokolu nebo se intervence vyhodnotí jako pro Vás nevhodná a z experimentu budete vyřazeni pro neschopnost vykonávání intervence a nesplnění požadavků pro účast v experimentu. Další riziko by mohlo nastat, pokud byste chladovou expozici aplikovali déle, než Vám bylo doporučeno na úvodním měření a jak je uvedeno v e-mailovém protokolu, tzn. pokud by byla překročena hranice max. 5 min. V úvodu experimentu Vám bylo doporučeno postupné ochlazování organismu z důvodu postupné adaptace těla na chladovou zátěž, aby se minimalizovala šoková reakce organismu. Doporučení je začínat na 10 s a postupně časovou expozici zvyšovat. V okamžiku, kdy chlad vyhodnotíte jako subjektivně nepříjemný, doporučujeme chladovou expozici ukončit. Prodloužení chladové expozice v průběhu následujících dnů můžete zkusit o pár sekund denně dle svého subjektivního pocitu.

Intervenci budete provádět sami po dobu 4 týdnů ideálně každé ráno v domácím prostředí po předchozí instruktaži a podrobné kontrole správnosti vykonávání intervence při vstupním měření autorkou práce. Požadavky na adekvátnost prostředí jsou velmi prosté, a to mít možnost absolvovat dechové techniky v poloze vleže na zádech kdekoli po probuzení a mít bezpečný přístup ke studené vodě – informace k zajištění bezpečnosti v domácím prostředí jsou uvedeny výše. Správnost dechových cvičení bude ověřena vždy telefonicky po předchozí domluvě v rámci adherence experimentu a také při osobním kontaktu na každém dalším měření. **Zároveň v případě jakýchkoliv otázek budete mít možnost konzultovat Vaše dotazy přímo se mnou, jakožto autorkou studie, a to telefonicky či SMS zprávou kdykoliv v průběhu 4týdenní intervence.** Kontaktovat mě můžete na mé soukromé telefonní číslo, které Vám bude sděleno na vstupním měření. Společná komunikace a každodenní adherence bude probíhat formou SMS zprávy každé ráno a dále každý třetí den formou krátkého hovoru o probíhající intervenci a kontroly správnosti prováděné intervence.

Na začátku budete rozděleni do tří skupin, a to následujícím způsobem: před zahájením intervence Vám budou odebrány následující údaje, podle kterých budete randomizovaně pomocí losu rozděleni do trojic po 10 členech tak, aby byly vaše parametry co možná nejvíce shodné:

Před intervencí (v rámci jednotlivých měření) si Vás já, jakožto autorka práce, vyšetřím a prohlédnu Váš aktuální stav (důvodem je zajištění Vašeho maximálního bezpečí s minimálním rizikem úrazu či jakéhokoliv jiného poškození na zdraví).

Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a terapií prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Jedná se o bezpečný a šetrný postup. Během testování by neměl být pocíťován větší diskomfort. Pokud i přes veškeré zajištění bezpečnostních podmínek budete během intervence a v průběhu měření pocíťovat jakýkoliv diskomfort, ihned tento stav sdělíte autorce studie a intervence či měření bude přerušeno. Dle uvážení obou stran poté proběhne nový pokus nebo se intervence vyhodnotí jako pro Vás nevhodná a z experimentu budete vyřazeni pro neschopnost vykonávání intervence a nesplnění požadavků pro účast v experimentu. Pokud budete pocíťovat jakýkoliv diskomfort v průběhu praktikování domácí intervence, ihned se obrátíte na autorku práce telefonicky nebo formou SMS zprávy. Postup bude obdobný, jako je popsáno v předchozích řádcích. Experiment bude probíhat za zajištění standardních bezpečnostních podmínek.

Testování se nezúčastní osoby s akutním (zejména infekčním) onemocněním, v úrazu, či v rekonvalescenci po onemocnění nebo úrazu – a to i kdyby tyto stavy nastaly během probíhající intervence.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci v studentském informačním systému (SIS), nebo na e-mailové adrese: pilusova.viktorie@gmail.com

Výsledky práce pomohou objektivizovat efekt vybrané intervence na výkonnost sportovce.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování

osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: e-mail/tel. číslo, jméno, příjmení a rok narození, věk, tělesná výška (cm), tělesná váha (kg), pravidelnost tréninku, výkonnostní úroveň a další data získaná výše uvedenými metodami- které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru. Přístup k nim bude mít pouze řešitel, případně vedoucí diplomové práce. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do prvního dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Pořizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Nebudou pořizovány fotografie, audio, ani videozáznamy.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Viktorie Pílušová

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Viktorie Pílušová Podpis:

.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím se svojí účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl možnost si řádně a v dostatečném čase zvážít všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k vybraným sportovním aktivitám.** Byl jsem poučen o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu, nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum:

Jméno a příjmení účastníka:

Podpis:

3. Dokument č. 1 k žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS

Kopie Dokumentu č. 1 k žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS se nachází následující straně. Jedná se o potvrzení pracoviště o možnosti realizace výzkumného projektu z hlediska bezpečnosti účastníků projektu a o možnosti publikace názvu pracoviště.

**Dokument č. 1 k žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS:
Potvrzení pracoviště o možnosti realizace výzkumného projektu z hlediska
bezpečnosti účastníků projektu a o možnosti publikace názvu pracoviště**

Dokument pro Etickou komisi UK FTVS

Název pracoviště/obchodní firma: plavecký bazén Výstaviště Holešovice
Areál Výstaviště 67, Praha 7, 170 00

Odovědná osoba na pracovišti/statutární zástupce: *A. Kurařková / J. Hůbl*

Funkce odovědné osoby: *specialista sportovních / předseda představenstva
michopředseda představenstva*

Svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzují, že na výše uvedeném pracovišti lze realizovat projekt s názvem „Vliv Wim Hof metody na výkon freedivera

“, jemuž bylo Etickou komisí UK FTVS přiděleno j. č. 265/2022 a jehož hlavním řešitelem je Viktorie Pílušová, Bc., přičemž tento projekt lze na výše uvedeném pracovišti provést s adekvátním zajištěním bezpečnosti pro všechny účastníky projektu, neboť dané pracoviště bude v průběhu realizace projektu adekvátně vybaveno jak po materiální, tak po odborné stránce, a dále zajistí, aby byly dodrženy etické aspekty výzkumu během realizace výzkumu. Dále potvrzují, že **souhlasím/nesouhlasím (nehodící se škrtněte)** s tím, aby byl název pracoviště/obchodní firmy zveřejněn v rámci publikování výsledků tohoto výzkumu a to i v případě, pokud by měl výsledek výzkumu negativní dopad na pověst pracoviště/obchodní firmy.

v *Praga*, dne *11.3.2023*

Podpis odovědné osoby/statutárního orgánu na pracovišti: *[Handwritten Signature]*

Razítko:



4. Seznam obrázků

Obrázek 1

URL 1 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2021.639377/full> [cit. 2022-04-22].

Obrázek 2

URL 2 http://www.jarduvsvet.cz/jak_se_zanorit.htm [cit. 2022-02-20].

Obrázek 3

URL 3 <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=7bccd1d5-8eaf-4116-afd1-4af01d3211a8%40redis> [cit. 2022-04-27].

5. Seznam tabulek

- Tabulka 1: Charakteristika výzkumného souboru. (Zdroj: Vlastní zpracování)
- Tabulka 2: Základní charakteristiky o probandech ze skupiny WHM. (Zdroj: Vlastní zpracování)
- Tabulka 3: Základní charakteristiky o probandech ze skupiny Pránajáma. (Zdroj: Vlastní zpracování)
- Tabulka 4: Základní charakteristiky o probandech z kontrolní skupiny. (Zdroj: Vlastní zpracování)
- Tabulka 5: Párový t-test výsledků SF v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 6: Popisné statistiky výsledků SF u jednotlivých skupin v rámci třetího měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 7: Párový t-test výsledků SF v rámci třetího měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 8: Párový t-test výsledků saturace O₂ v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 9: Popisné statistiky výsledků saturace O₂ u jednotlivých skupin v rámci třetího měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 10: Párový t-test výsledků saturace O₂ v rámci třetího měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 11: Popisné statistiky výsledků STA u jednotlivých skupin v rámci třetího měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 12: ANOVA test pro opakovaná měření výsledků STA u jednotlivých skupin v rámci měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 13: Jednofaktorová ANOVA pro otestování rozdílů ve STA apnoí mezi jednotlivými skupinami zvláště pro všechna 3 měření. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 14: Asociační tabulka závislosti subjektivního hodnocení intervence dle pocitu rozdělena do jednotlivých skupin. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 15: Asociační tabulka hodnocení intervence v závislosti na výkonnosti dle skupin. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)

- Tabulka 16: Testování normality diferencí před/po v rámci všech měření SF dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 17: Testování normality diferencí před/po pro 3. měření SF dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 18: Testování normality diferencí před/po v rámci všech měření O₂ dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 19: Testování normality diferencí před/po pro 3. měření O₂ dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 20: Výsledky ANOVA testu – rozdíly v měření. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 21: Test sféricity – Testování rozptylů rozdílů mezi všemi kombinacemi příbuzných skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 22: Test normality dle jednotlivých měření a skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Tabulka 23: Test shody rozptylů mezi skupinami pro jednotlivá měření. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

6. Seznam grafů

- Graf 1: Porovnání pravidelnosti tréninků rozdělených do počtu dnů v týdnu u jednotlivých probandů rozdělených do tří skupin zobrazeno ve sloupcových grafech. (Zdroj: Vlastní zpracování)
- Graf 2: Rozložení věkového rozpětí probandů rozdělených do tří skupin zobrazeno v krabicových grafech. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 3: Rozložení tělesných hmotností (kg) probandů rozdělených do tří skupin zobrazeno v krabicových grafech. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 4: Zobrazení změn průměrné srdeční frekvence před/po STA apnoe v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 5: Zobrazení změn průměrné saturace O₂ před/po STA apnoe v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 6: Zobrazení změn průměrné saturace O₂ před/po STA apnoe v rámci všech tří měření pro jednotlivé skupiny. (Zdroj: vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 7: Zobrazení subjektivního vlivu hodnocení intervence na psychické a fyzické naladění freedivera u skupiny WHM a u skupiny Pránajámy ve sloupcovém grafu. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 8: Zobrazení subjektivního vlivu hodnocení intervence na výkon freedivera u skupiny WHM a u skupiny Pránajámy ve sloupcovém grafu. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 9: Zobrazení otázky č. 8 z ankety o subjektivním hodnocení intervence u skupiny WHM a Pránajámy o zdravotních benefitech, které probandi pocítovali v průběhu absolvování intervence během čtyř týdnů u skupiny WHM a Pránajáma. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)
- Graf 10: Zobrazení otázky č. 9 z ankety o subjektivním hodnocení intervence u skupiny WHM a Pránajámy o zdravotních komplikacích, které probandi mohli pocítovat v průběhu absolvování intervence během čtyř týdnů u skupiny WHM a Pránajáma. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

7. Seznam tabulek ke statistice

Tests of Normality			
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
dif (WHM)	,946	30	,136
dif (Pránajáma)	,964	30	,379
dif (Kontrolní)	,960	30	,314

Tabulka 16: Testování normality diferencí před/po v rámci všech měření SF dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Tests of Normality			
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	p-values
dif (WHM)	,964	10	,829
dif (Pránajáma)	,908	10	,271
dif (Kontrolní)	,888	10	,161

Tabulka 17: Testování normality diferencí před/po pro 3. měření SF dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Tests of Normality			
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
dif_WHM_O2	,966	30	,431
dif_Pránajáma_O2	,977	30	,743
dif_Kontrolní_O2	,962	30	,354

Tabulka 18: Testování normality diferencí před/po v rámci všech měření O₂ dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Tests of Normality				
	Skupina	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
dif_O2	WHM	,904	10	,243
	Pránajáma	,877	10	,121
	Kontrolní	,879	10	,129

Tabulka 19: Testování normality diferencí před/po pro 3. měření O₂ dle skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Tests of Within-Subjects Effects						
Measure: MEASURE_1						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
měření	48,700	2	24,350	1,658	,200	,058

Tabulka 20: Výsledky ANOVA testu – rozdíly v měření. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Mauchly's Test of Sphericity^a

Measure: MEASURE_1

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Měření	,927	1,983	2	,371	,932	1,000	,500

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept + skupina
Within Subjects Design: Měření

b. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

Tabulka 21: Test sféricity – Testování rozptylů rozdílů mezi všemi kombinacemi příbuzných skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Tests of Normality

	Skupina	Shapiro-Wilk		
		Statistics	df	sig.
Měření 1	WHM	,865	10	,087
	Pránajáma	,904	10	,242
	Kontrolní	,871	10	,102
Měření 2	WHM	,934	10	,485
	Pránajáma	,868	10	,089
	Kontrolní	,870	10	,100
Měření 3	WHM	,922	10	,372
	Pránajáma	,870	10	,100
	Kontrolní	,914	10	,309

Tabulka 22: Test normality dle jednotlivých měření a skupin. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

Levene's Test of Equality of Error Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Měření 1	Based on Mean	1,242	2	27	,305
Měření 2	Based on Mean	2,182	2	27	,132
Měření 3	Based on Mean	3,282	2	27	,059

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

Tabulka 23: Test shody rozptylů mezi skupinami pro jednotlivá měření. (Zdroj: Vlastní zpracování v SPSS)

8. Soutěžní pravidla STA apnoe

- Každý sportovec musí být členem AIDA National.
- Všichni sportovci musí vlastnit podepsané „lékařské potvrzení o nekontraindikaci freedivingu“ sepsané v angličtině, aby se mohli zúčastnit soutěží. Lékařské potvrzení nesmí být starší jednoho roku. Podpis musí být podpisem lékaře a musí obsahovat kontaktní údaje lékaře.
- Každý sportovec musí mít platný cestovní pas.
- Při registraci je nutné zkontrolovat cestovní pas a podepsané lékařské potvrzení.
- Přesný čas, který má sportovec k zahájení svého výkonu, se nazývá oficiální čas; dále uváděno jako OT (official time).
- Každý sportovec se musí dostavit na určené místo soutěže nejméně 60 minut před svým OT.
- Jakýkoli „Black-out“, jež je vyhodnocen rozhodčím za platný, má za následek diskvalifikaci sportovce v dané soutěži. To zahrnuje i případy, kdy sportovec není schopen udržet dýchací cesty mimo hladinu vody.
- Sportovce se může dotknout trenér, buddy a bezpečnostní potápěč pro přemístění a bezpečnostní kontroly během statické apnoe. Jakýkoli dotyk po uvolnění dýchacích cest má za následek diskvalifikaci.
- Surface Protocol (SP) se skládá z následujících úkolů:
 - Odstranit veškeré obličejové vybavení (masku a nosní klip).
 - Dát rozhodčímu 1 viditelný signál OK.
 - Dát rozhodčímu 1 slovní signál OK tím, že řeknete „I am OK“.
- Vše výše uvedené musí být provedeno v tomto konkrétním pořadí v časovém okně 15,0 sekund po vynoření. Pokud tak není učiněno v tomto pořadí a v omezeném

časovém limitu 15,0 sekund, je to považováno za diskvalifikaci a pokus se zaznamenává jako „neúspěšný“.

- Po vynoření musí nos a ústa sportovce zůstat nad vodou, pokud se jakákoliv část dýchacích cest sportovce zcela ponoří pod hladinu, bude sportovec diskvalifikován (DQ Airways).
- Na konci každého výkonu porota informuje sportovce o rozhodnutí platnosti jeho výkonu bílou kartou (výkon je v pořádku), žlutou kartou (výkon je v pořádku, ale s penalizací) nebo červenou kartou. (diskvalifikace).
- Jsou vyznačeny tři zóny: zahřívací zóna, přechodová zóna a výkonnostní zóna. Zahřívací období začíná 45 minut před začátkem prvního oficiálního pokusu; sportovec nesmí vstoupit do zahřívací zóny dříve než 45 minut před svým OT. Sportovci nesmí vstoupit do přechodové zóny a/nebo výkonnostní zóny, dokud předchozí sportovec neopustí oblast.
- Následující odpočítávání je řízeno v angličtině mluvčím, a kde je to možné pro mistrovství světa automatizovaným systémem 2'00, 1'30, 1'00, 30", 20", 10", 5" ', 4", 3", 2" 1", oficiální top. , 1", 2", 3", 4", 5", 6", 7", 8", 9", 10", 20", 25", 26" ', 27", 28", 29", 30" ., start.
- Interval mezi časy OT je určen pořadatelem. AIDA doporučuje, aby měl každý sportovec povoleno alespoň tři minuty v soutěžní zóně před svým OT.
- Buddy je oprávněn monitorovat a dohlížet na rozcvičení a výkon sportovce, je oprávněn asistovat ve všech třech zónách. Buddy má dovoleno dotýkat se sportovce po celou dobu sportovního výkonu a řídit případné bezpečnostní signály. Jakmile výkon skončí, buddy se již nesmí dotknout sportovce bez diskvalifikace. Sportovce pak může navádět pouze slovně.

- Za bezpečnost akce zodpovídá pořadatel soutěže a po celou dobu výkonu závodníka musí být v soutěžní zóně bezpečnostní potápěč organizace.
- Během celého výkonu je ve vodě přítomen bezpečnostní potápěč organizace nebo buddy. Tato osoba je zodpovědná za ověření stavu vědomí freedivera dotekem sportovce dohodnutým způsobem. Sportovec reaguje pomocí gesta, na kterém se předem dohodne s bezpečnostním potápěčem nebo s buddym. Pro bezpečnostní kontroly budou použity následující postupy:
 - V případě bezpečnostního potápěče organizace bude kontrola probíhat každých 30 sekund, počínaje 1 minutou před dosažením ohlášeného výkonu (AP). Poté bude kontrola probíhat každých 15 sekund od AP.
 - V případě buddyho/kouče budou kontroly provedeny kdykoli si přejí, nebo nemusí být provedeny žádné.
 - Pokud sportovec nereaguje použitím zvoleného gesta, rozhodčí okamžitě vyžádá od sportovce opakovaný signál. Pokud nesprávná odpověď přetrvává nebo se neodstavuje žádná odpověď, rozhodčí požádá bezpečnostního potápěče nebo buddyho o vytažení sportovce z vody. (AIDA, 2021)

9. Protokol WHM skupiny

- Vleže na zádech 30 dynamických hlubokých nádechů nosem a volných výdechů pusou,
- Po 30. výdechu nastává první retenční fáze apnoe; zadržení dechu na co nejdelší dobu,
- Při nutkání se proband nadechne a nastane druhá retenční fáze apnoe; zadržení dechu na 15–20 sekund,
- Po 15–20 sekundách proband vydechne,
- Následuje opakování této jednotky ještě 2x s výjimkou zadržení dechu na 90 sekund,
- Následuje meditace a studená sprcha, ve které dýcháme stejně, jako je uvedeno v prvním bodu WHM protokolu: dynamické hluboké nádechy nosem a výdechy pusou. (Hof 2020)

10. Protokol Pránajáma skupiny

- Vleže na zádech 15 klidných hlubokých nádechů nosem na 10 s a volných výdechů pusou na 12 s,
- Po 15. výdechu nastává první retenční fáze apnoe; zadržení dechu na co nejdelší dobu, 15–20 sekund,
- Poté se nadechněte a nastává 15 dynamických nádechů nosem a výdechů pusou,
- Po 15. nádechu nastává druhá retenční fáze apnoe; zadržení dechu na co nejdelší dobu,
- Následuje opakování této jednotky ještě 2x s výjimkou zadržení dechu na 90 sekund,
- Následuje meditace a studená sprcha, ve které dýcháme stejně, jako je uvedeno v prvním bodu Pránajáma protokolu: dynamické hluboké nádechy nosem a výdechy pusou. (Mana, 2020)

11. Anketa

Vliv metody Wima Hofa na výkon freedivera

Milí freediveri,

Jmenuji se Viktorie Pílušová a jsem studentkou Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy a píši diplomovou práci týkající se vlivu Wim Hof metody na výkon freedivera. Připravila jsem si pro Vás dotazník s otázkami, které Vám zaberou maximálně pět minut.

Odpovězte mi, prosím upřímně, na tyto otázky:

1. Věnoval jste se ranním dechovým technikám, meditaci a chladové terapii pravidelně, každé ráno v průběhu čtyř týdnů, nebo jste některé dny intervenci vynechal? (Pokud jste zaškrtnl ne, uveďte do závorky kolikrát jste vynechal)
 Ano
 Ne (____)
2. Jaký přibližný čas trávíte ráno chladovou expozicí? (Zadejte čas v minutách)
_____ minut
3. Hodnotíte intervenci jako příjemnou?
 Ano
 Ne
 Nedokážu posoudit
4. Cítil jste se po intervenci fyzicky i psychicky dobře naladěný?
 Ano
 Ne
 Nedokážu posoudit
5. Máte pocit, že intervence přispěla ke zvýšení Vaší výkonnosti v rámci freedivingu?
 Ano
 Ne
 Nedokážu posoudit

6. Máte pocit, že po absolvování intervence došlo k subjektivnímu zlepšení v rámci výkonnosti?
- Ano
 - Ne
 - Nedokážu posoudit
7. Pokud ano, co bylo podle Vás klíčové pro zlepšení výkonu?
- Chlad
 - Dech
 - Mentální příprava
 - Vše z výše zmiňovaného
 - Nedokážu posoudit
8. Jaké zdravotní benefity pociťujete po absolvování experimentu?

Zaškrtněte všechny platné možnosti

- Zlepšení regenerace po výkonu
- Zvýšení koncentrace před/v průběhu tréninku na výkon
- Snížení bolestivosti pohybového aparátu
- Snížení únavy
- Zlepšení kvality spánku
- Lepší odolnost vůči stresu
- Zlepšení pracovního výkonu
- Snížení autoimunitních příznaků (alergie, astma bronchiale)
- Zlepšení imunity
- Žádné
- Jiné _____

9. Zaznamenal jste v průběhu experimentu nějaké zdravotní komplikace? Jaké?

Zaškrtněte všechny platné možnosti

- Sníženou výkonnost ve freedivingu
- Bolestivost kloubů
- Zvýšenou bolestivost hlavy
- Sníženou citlivost v konečných prstech
- Nachlazení
- Snížení imunity

Žádné

Jiné _____

10. Děkuji. Pokud se chcete podělit o další postřehy a informace o absolvování experimentu, zde se můžete rozepsat.

12. Fotografie z měření





