

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**PROMĚNLIVOST ZÁVODNÍHO VÝKONU VE FÁZÍCH POD  
HLADINOU U ELITNÍ PLAVKYŇĚ S PLOUTVEMI V PRŮBĚHU  
ZÁVODNÍ SIMULACE 200 M BI-FINS PO APLIKACI  
OSMITÝDENNÍHO RESPIRAČNÍHO TRÉNINKU AIROFIT PRO™**

Bakalářská práce

Autor: Mgr. Tomáš Michalica

Studijní program: Trenérství a sport – pedagogika volného času

Vedoucí práce: doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph.D.

Olomouc 2023





## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Mgr. Tomáš Michalica

**Název práce:** Proměnlivost závodního výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™

**Vedoucí práce:** doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph.D.

**Pracoviště:** Katedra společenských věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Maximální sportovní výkon může být limitován celou řadou faktorů, mezi které se řadí i omezené funkce respiračního systému. Tyto limity lze do jisté míry eliminovat cíleným tréninkem respiračního svalstva. Tuto skutečnost potvrzuje celá řada studií, nicméně v oblasti závodního plavání s ploutvemi nebyl jeho potenciál plně prozkoumán. Proto je hlavním cílem představované případové evaluační studie posoudit proměnlivost výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™. Posouzení proměnlivosti dílčích výkonnostních parametrů bylo uskutečněno na základě sběru a vyhodnocení dat ze vstupního, kontrolního a výstupního měření. V průběhu jednotlivých měření plavkyně podstoupila komplexní spirometrické vyšetření, včetně testu síly inspiračních a expiračních svalů, měření tělesného složení a závodní simulaci 200 m Bi-Fins. Mezi jednotlivými měřeními plavkyně absolvovala 28denní doporučený tréninkový program s dechovým trenažerem AiroFit PRO™. Z hlediska uplavané vzdálenosti ve fázích pod hladinou [m] byl prokázán statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) mezi vstupním ( $9,56 \pm 2,22$ ) a výstupním měřením ( $10,92 \pm 2,14$ ). Statisticky významný rozdíl byl rovněž zaznamenán v počtu kopů ve fázích pod hladinou mezi vstupním ( $5,25 \pm 1,48$ ) a výstupním měřením ( $6,00 \pm 1,5$ ). Významný rozdíl naopak nebyl zjištěn v rychlostech během fází pod hladinou, což reflektuje zvýšenou efektivitu pohybu pod hladinou po startu a po obrátkách. Prezentované výsledky naznačují aplikační potenciál doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO™ v přípravě závodních plavců s ploutvemi.

### **Klíčová slova:**

sportovní trénink, plavecký výkon, video-analýza, plavání s ploutvemi, respirace

Studie vznikla v rámci projektu IGA (IGA\_FTK\_2022\_008) „Analýza vnitřních mechanismů plaveckého závodního výkonu: porozumění výkonnosti u elitních světových plavců a plavců s ploutvemi“.

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovnických služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Mgr. Tomáš Michalica  
**Title:** Variability of race performance in the underwater phases of an elite finswimmer during a 200 m Bi-Fins race simulation including application of eight weeks of Airofit PRO™ respiratory training

**Supervisor:** doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph.D  
**Department:** Department of Social Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2023

### **Abstract:**

The maximum athletic performance can be limited by various factors, including restricted respiratory system function. These limitations can be partially eliminated through targeted training of the respiratory muscles. This fact is supported by numerous studies, however the full potential of respiratory training in competitive finswimming has not been fully investigated. Therefore, the main purpose of the presented case evaluation study is to assess performance variability during underwater phases in an elite Bi-Fins swimmer during a 200m race simulation after an eight-week application of respiratory training using Airofit PRO™. The assessment of variability in performance parameters was conducted based on data collection and analysis from the pre-test, control test, and post-test measurements. During each measurement, the swimmer conducted comprehensive spirometric examinations, including tests of inspiratory and expiratory muscle strength, body composition measurements, and a 200m Bi-Fins race simulation. Between the measurements, the swimmer completed a recommended 28-day training program with the AiroFit PRO™ respiratory trainer. Regarding the distance covered during underwater phases [m], a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed between the pre-test ( $9.56 \pm 2.22$ ) and post-test measurements ( $10.92 \pm 2.14$ ). A statistically significant difference was also found in the number of underwater kicks during between the pre-test ( $5.25 \pm 1.48$ ) and post-test measurements ( $6.00 \pm 1.5$ ). However, no significant difference was found in the breakout velocities during. This indicates increased efficiency of movement underwater after the start and after the turns. These results suggest the potential application of supplemental respiratory training with the Airofit PRO™ respiratory trainer in the training process of competitive finswimmers.

### **Keywords:**

Sports training, swimming performance, video analysis, finswimming, respiration

This study was supported by specific research project IGA (IGA\_FTK\_2022\_008) "Analysis of the inertial mechanisms of swimming race performance: understanding of elite world and czech swimmers and finswimmers".

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph.D, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouc dne 29. června 2023

.....

Děkuji mému vedoucímu práce doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph.D za jeho odborné vedení, Mgr. Marku Polachovi za jeho odborný dohled a pomoc při sběru dat a Zuzaně Hraškové z Klubu sportovních potápěčů Olomouc za její čas a ochotu se na práci podílet.

## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| Obsah .....   | 7  |
| 1 Úvod .....  | 9  |
| 2 Přehled poznatků .....  | 10 |
| 2.1 Závodní plavání s ploutvemi .....                                     | 10 |
| 2.1.1 Historie závodního plavání s ploutvemi .....                        | 10 |
| 2.1.2 Disciplíny plavání s ploutvemi .....                                | 11 |
| 2.1.3 Plavání s ploutvemi .....   | 12 |
| 2.1.4 Rychlostní potápění.....  | 13 |
| 2.1.5 Bi-Fins .....   | 14 |
| 2.2 Struktura závodního výkonu v plavání .....                            | 16 |
| 2.2.1 Analýza sportovního výkonu v plavání .....                          | 17 |
| 2.2.2 Charakteristika dílčích částí plaveckého závodu .....               | 18 |
| 2.3 Biomechanické a fyziologické aspekty plaveckého výkonu.....           | 21 |
| 2.3.1 Biomechanická charakteristika plaveckého výkonu.....                | 22 |
| 2.3.2 Somatická charakteristika plaveckého výkonu .....                   | 26 |
| 2.3.3 Fyziologická charakteristika plaveckého výkonu.....                 | 26 |
| 2.4 Respirační trénink jako součást sportovní přípravy .....              | 30 |
| 2.4.1 Respirační systém.....  | 30 |
| 2.4.2 Změny v procesu dýchání při zátěži .....                            | 31 |
| 2.4.3 Respirační trénink jako součást sportovního tréninku.....           | 31 |
| 2.4.4 Uplatnění respiračního tréninku v plaveckých sportech.....          | 33 |
| 2.4.5 Uplatnění respiračního tréninku v závodním plavání s ploutvemi..... | 33 |
| 3 Cíle.....   | 35 |
| 3.1 Hlavní cíl.....   | 35 |
| 3.2 Dílčí cíle.....   | 35 |
| 3.3 Výzkumné otázky .....   | 35 |
| 4 Metodika .....  | 36 |
| 4.1 Výzkumný soubor .....   | 36 |
| 4.2 Design studie .....   | 36 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.3   | Metody a organizace sběru dat .....   | 39 |
| 4.3.1 | Sběr anamnestických údajů .....   | 39 |
| 4.3.2 | Analýza simulovaného závodního výkonu .....   | 39 |
| 4.3.3 | Charakteristika sledovaných parametrů ve fázi pod hladinou .....                              | 40 |
| 4.3.4 | Analýza tělesného složení .....   | 40 |
| 4.3.5 | Subjektivně vnímaná míra dušnosti .....   | 41 |
| 4.3.6 | Spirometrické vyšetření .....   | 42 |
| 4.3.7 | Dechový treňažer Airofit PRO™ .....   | 43 |
| 4.4   | Etické aspekty výzkumu .....  | 44 |
| 4.5   | Statistické zpracování dat .....  | 44 |
| 5     | Výsledky .....  | 46 |
| 5.1   | Kapitola k první výzkumné otázce .....  | 47 |
| 5.2   | Kapitola ke druhé výzkumné otázce .....   | 48 |
| 5.3   | Kapitola ke třetí výzkumné otázce .....   | 49 |
| 5.4   | Kapitola ke čtvrté výzkumné otázce .....  | 50 |
| 5.5   | Tabulky reflektující porovnání vybraných výkonnostních parametrů ve fázích pod hladinou ..... | 51 |
| 6     | Diskuse .....   | 53 |
| 6.1   | Kapitola k první výzkumné otázce .....  | 54 |
| 6.2   | Kapitola ke druhé výzkumné otázce .....   | 54 |
| 6.3   | Kapitola ke třetí výzkumné otázce .....   | 55 |
| 6.4   | Kapitola ke čtvrté výzkumné otázce .....  | 56 |
| 7     | Závěry .....  | 57 |
| 8     | Souhrn .....  | 58 |
| 9     | Summary .....   | 59 |
| 10    | Referenční seznam .....   | 60 |
| 11    | Přílohy .....   | 73 |
| 11.1  | Informovaný souhlas účastnice výzkumu .....   | 73 |
| 11.2  | Anamnestický dotazník účastnice výzkumu .....   | 76 |
| 11.3  | Vyjádření etické komise FTK UP .....  | 78 |

# 1 ÚVOD

V závodním plavání s ploutvemi je stejně jako v jiných sportovních oblastech hlavním cílem připravit závodníka na podávání maximálního sportovního výkonu. Základní podstatou takového výkonu v plaveckých sportech je překonávání stanovené závodní tratě odpovídající plaveckou lokomocí (zvoleným plaveckým způsobem) v co nejkratším čase (Hofer, 2016; Tůma, 2009). Maximální sportovní výkon je tak závislý na množství metabolické energie, která je nezbytná k přesunu plavcovy hmotnosti ve vodním prostředí a na ekonomice jeho pohybů (Capelli et al., 1998; Grammaticos, 2020). Ta může být narušena vlivem postupného růstu fyziologické únavy plavce v průběhu plaveckého závodu. Na úrovni respiračního systému se tato únava projevuje omezením schopnosti adekvátně ventilovat a narušením koordinace dechového vzoru s lokomočními pohyby sportovce, což má za následek zhoršení sportovního výkonu (Dempsey, 2019; Dickinson & Hull, 2020).

Zhoršení výkonu lze pozorovat především ve fázích pod hladinou v rámci obrátkových úseků, kde dochází ke zkrácení vzdálenosti uplavané pod hladinou, snížení počtu kopů a nebo ke ztrátě rychlosti (Born et al., 2021a). Fáze pod hladinou se dle aktuálních studií (Agalliu, 2023; Michalica et al., 2023) zdá být klíčová z hlediska celkového výkonu v obrátkových úsecích v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins. Proto je zarážející, že v oblasti závodního plavání s ploutvemi doposud nebyl realizován výzkum, který by se zaměřoval na proměnlivost dílčích výkonnostních parametrů u elitních plavců s ploutvemi v simulovaných či reálných závodních podmínkách po aplikaci doplňkového respiračního tréninku ve sportovní přípravě.

Zde se tak vytváří příležitost pro ověření využitelnosti moderních tréninkových technologií, které lze díky jejich charakteru aplikovat nejen do oblasti plicní rehabilitace, ale také ve sportovní tréninkové praxi (Stavrou et al., 2021). Proto je hlavním záměrem práce posoudit proměnlivost výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Závodní plavání s ploutvemi

Závodní plavání s ploutvemi (PP) spolu s rychlostním potápěním (RP) představují nejmladší soutěžní odvětví s nimiž se v rámci sportovního potápění lze setkat. V současné době oficiální pravidla (*Finswimming CMAS Rules*, 2023), definují plavání s ploutvemi jako pohyb s monoploutví nebo dvěma samostatnými ploutvemi na vodní hladině, nebo pod vodou s použitím vlastní svalové síly sportovce, a to bez použití jakéhokoliv mechanismu nepoháněného svalovou silou sportovce. Definicí popisovaný pohyb se tak skládá ze specifických pohybových vzorců cyklického (lokomočního) charakteru, které mimo jiné vyžadují dokonale osvojenou techniku pohybu ve vodním prostředí spolu se specifickou plaveckou vytrvalostí, což je charakteristické i pro další plavecké sporty (Čechovská & Miler, 2019; Neuls et al., 2018).

Dle Hue et al. (2006) se tak jedná o nejrychlejší možný pohyb člověka ve vodním prostředí vyprodukovaný vlastní silou sportovce. Elitní plavci s ploutvemi mohou dosahovat rychlostí až 14 km/h. Tato rychlost je typická především pro plavání pod vodní hladinou, kde plavci plavou se zádrží dechu (Apnea), nebo s tlakovou lahví (Immersion), kterou mezinárodní pravidla povolují především pro delší disciplíny (*Finswimming CMAS Rules*, 2023).

#### 2.1.1 Historie závodního plavání s ploutvemi

Vznik sportovního potápění je datován do roku 1933, kdy byly francouzským vojákem Louisem de Corlieu vynalezeny první ploutve. V návaznosti na uvedený vynález se v roce 1936 na plaveckém bazénu v Pontoise (nedaleko Paříže) konaly první závody v plavání s ploutvemi. O rok později byla v Pontoise založena první škola sportovního potápění, která jako první ve své výuce využívala prototyp monoploutve. Zmíněné události odstartovaly éru poměrně komplikovaného historického vývoje nejen v oblasti potápěčské výstroje a výzbroje, ale také v oblasti soutěžních disciplín (Gaubard, 2020).

Tento rozvoj pokračoval i v padesátých letech 20. století, pro které je charakteristická nejednotnost v oblasti pravidel sportovního potápění, což se projevilo především v různorodosti již zmíněných potápěčských disciplín. Ty byly vybírány a limitovány pouze organizátory jednotlivých soutěží. Z toho důvodu byla v roce 1958 založena první mezinárodní konfederace podvodních sportů tzv. CIPS, z jejíž základů v roce 1959 vznikl CMAS (Confederation mondiale des activités subaquatiques), jenž je vrcholným orgánem světového sportovního potápění dodnes (Gaubard, 2020).



Pod taktovkou CMASU pak byly nejčastěji vybírány soutěžní disciplíny, které zahrnovaly plavání pod vodou na nádech, plavání pod vodou s přístrojem a obratnostní cvičení pod vodou. Na popularitě také získávalo tzv. orientační potápění, jehož soutěžní podoba měla premiéru v Itálii v roce 1961. Ruku v ruce s popularizací orientačního potápění šlo i distanční plavání s ploutvemi, jež se poprvé objevilo na závodech ve Francii v roce 1964 (Klub sportovních potápěčů, 2023).

Postupné vyčleňování sportovních disciplín, mezi kterými nabývalo na popularitě i nově zařazené plavání s ploutvemi (PP) a rychlostní potápění (RP), uspíšilo sjednocení doposud rozvolněných pravidel a přesun rychlostních disciplín z otevřených vodních ploch do plaveckých bazénů. Nicméně v roce 1967 se na prvním evropském šampionátu v italské Angeře plavaly sprinterské i distanční tratě v rámci jedné soutěže. K definitivnímu rozdělení disciplín tak došlo až v roce 1968 a od roku 1969 se lišila i místa konání mistrovských soutěží pro orientační potápění a plavání s ploutvemi (Dvořáková & Svozil, 2005).

Dalším historickým mezníkem ve vývoji závodního plavání s ploutvemi je dle Gaunard (2020) realizace prvního Mistrovství světa v německém Hannoveru z roku 1976. Na něj pak navazuje rok 1981, pro který je charakteristické zařazení závodního plavání s ploutvemi do programu Světových her. S nabývajícím popularitou přistoupila celosvětová potápěčská organizace CMAS k realizaci Mistrovství Evropy juniorů (od roku 1984) a Mistrovství světa juniorů (od roku 1989).

V českém prostředí se první neoficiální závody v bazénech začaly pořádat už od roku 1960. Průkopníky v pořádání domácích soutěží se stala Praha a Ústí nad Labem. Nicméně nejstarší oficiální závod, který se udržel až do současnosti, je soutěž družstev tzv. Potápěčská liga. Tento závod se poprvé konal v roce 1968 a jeho stálým pořadatelem je Klub sportovních potápěčů v Olomouci. Od roku 2000 získal tento závod zároveň statut Mistrovství republiky v soutěži družstev. Od roku 1971 se také každoročně pořádá Mistrovství republiky v individuálních závodech, pro které není pevně stanoveno místo konání. Tuzemští závodníci se rovněž mohou od roku 1968 účastnit světových soutěží (MS a ME), na kterých dlouhodobě dosahují výborných sportovních výsledků (Klub sportovních potápěčů, 2023).

### **2.1.2 Disciplíny plavání s ploutvemi**

Svémi disciplínami, pravidly a místem realizace (plavecké bazény) je závodní plavání s ploutvemi velmi blízké klasickým plaveckým soutěžím, které jsou rovněž realizovány v 25ti a 50ti metrových bazénech, kde jednotliví závodníci plavou každý ve své dráze a závodí v disciplínách od 50ti až po 1500 metrů. Specifikum tohoto sportovního odvětví spočívá

v počtu a odlišnosti plaveckých způsobů, mezi které se řadí Rychlostní potápění (RP), Plavání s ploutvemi (PP) a od roku 2007 také Bi-Fins (BF) (*Finswimming CMAS Rules*, 2023). Pro úplnost výčtu sportovních disciplín je třeba také zmínit orientační potápění a distanční plavání s ploutvemi, jež jsou realizovány na otevřených vodních plochách (Čuříková, 2014).

Na rozdíl od klasického plavání mezinárodní pravidla plavání s ploutvemi umožňují využití specifického sportovního vybavení, do kterého se řadí ploutve, dýchací trubice a plavecké brýle, jejichž alternativou může být závodní potápěčská maska (*Finswimming CMAS Rules*, 2023). V neposlední řadě rozdílnost v možnosti využít celotělové závodní plavky, jejichž uplatnění je podmíněno homologací organizace CMAS, bez níž se plavec nemůže účastnit mezinárodních soutěží (Dostálová, 2016).

### **2.1.3 Plavání s ploutvemi**

Plavání s ploutvemi (PP) v bazénu nabízí nejpestřejší škálu soutěžních tratí vůbec. Plavci zde mohou soutěžit na tratích 50, 100, 200, 400, 800, 1500 m a ve štafetách na 4x50 (smíšený), 4x100 a 4x200 metrů. V disciplínách plavání s ploutvemi musí závodníci po celou dobu závodu udržet některou část těla, nebo výstroje nad vodní hladinou. Výjimkou jsou startovní a obrátkové úseky, ve kterých pravidla po odraze umožňují plavat 15 metrů pod vodní hladinou. Nutnou součástí výstroje v plavání s ploutvemi je také dýchací trubice („šnorchl“), jejímž prostřednictvím jsou zabezpečeny respirační funkce plavce. Pravidla stanovují kruhový průřez trubice na 15-23 mm a její délku na 430-480 mm (*Finswimming CMAS Rules*, 2023).

V disciplínách plavání s ploutvemi je nejčastěji využíván lokomoční vzor předozadního vlnění (tzv. delfínového vlnění), který není součástí lidské pohybové ontogeneze a je podmíněn procesem motorického učení (Kračmar et al., 2008). Efektivní technika delfínového vlnění je charakteristická cyklickým pohybem po sinusové křivce. Vznik propulzní síly při delfínovém vlnění lze dle Hofera (2016) vysvětlit prostřednictvím vektorového součtu obvodových rychlostí tří rotačních pohybů (stehem vůči kyčelním kloubům; bérců vůči kolenním kloubům; nohou vůči hlezenním kloubům) a postupné rychlosti celé pohybové soustavy po svislé rovině. Amplituda pohybu je tak přirozeně největší v hlezenních kloubech a postupně se v dalších tělesných segmentech zmenšuje (v kraniálním směru) (Fourcade, 2020).

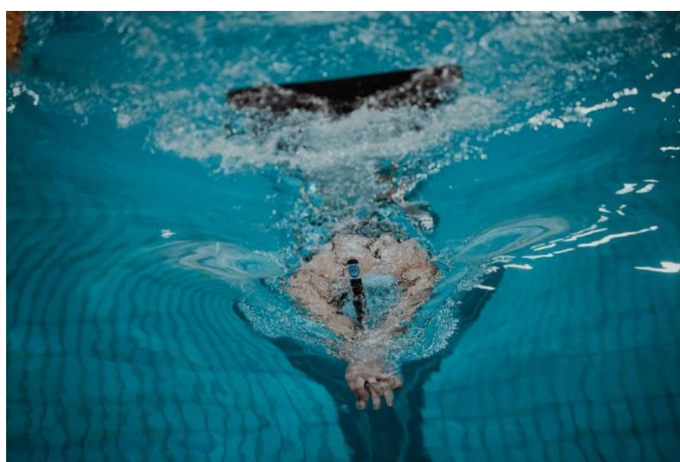
Propulzní síla plavce, která je generována především trupem a dolními končetinami, je umocněna využitím závodní monoploutve. Ovšem je důležité si uvědomit, že základem celého pohybu je pánev, jejíž pevná stabilita a koordinovaná dynamika (v předozadním směru) umožňuje kvalitní záběr dolními končetinami a efektivní načasování protipohybu trupu. Výsledkem je tak uzavření kinematického řetězce signalizující efektivní přenos síly mezi

tělesnými segmenty podmiňující správné technické provedení pohybu (Dvořáková & Svozil, 2005; Fourcade, 2021; Kračmar et al., 2008).

Výsledný pohyb se tak skládá ze dvou fází, z nichž první zahrnuje kop směřující nahoru k vodní hladině, zatímco ve druhé fázi je realizován kop od hladiny směrem dolů (Taormina & Gaines, 2014). Vzhledem k výhodnějšímu biomechanickému postavení tělesných segmentů dochází při kopu dolů k vyvinutí mnohem větší propulzní síly, která umožní plavci dosáhnout maximální rychlosti (Ikeda et al., 2021; Willems et al., 2014).

### **Obrázek 1**

*Technika plavání s ploutvemi (PP) (Klub sportovních potápěčů, 2023)*



#### **2.1.4 Rychlostní potápění**

Rychlostního potápění (RP) je dále členěno na dvě skupiny disciplín: plavání na nádech (Apnea) a plavání s dýchacím přístrojem neboli s tlakovou láhví (Immersion). Tlakové láhve jsou plněny pouze stlačeným vzduchem a jejich objem se odlišuje s ohledem na délku závodní tratě. Plavání na nádech se realizuje na vzdálenosti 50 m. Z důvodů bezpečnosti je povoleno pouze v prostorech plaveckých bazénů. Používání dýchací trubice je zakázáno. Plavání s dýchacím přístrojem umožňuje závodit na tratích 100, 400 a 800 metrů, ovšem poslední zmiňovaná trať byla na základě úpravy pravidel vyloučena z oficiálních závodů (*Finswimming CMAS Rules*, 2023). Nicméně dodnes je tradiční součástí plaveckých mítinků. Po dobu závodu je zakázána výměna (odložení přístroje) a jakýkoli dotek dýchacího přístroje stěny bazénu, nebo cílové desky v průběhu závodu (Klub sportovních potápěčů, 2023).

Základní podmínkou všech disciplín rychlostního potápění je plné ponoření plavce pod vodní hladinu, jež jej doprovází po celou dobu závodu. Plavecký způsob je stejně jako u disciplín plavání s ploutvemi libovolný, ale opět je zde upřednostňováno z hlediska dosažené

rychlosti delfínové vlnění s monoploutví. Využití plného propulzního potenciálu delfínového vlnění pod vodní hladinou je podmíněno zvýšením rozsahu pohybu v hlezenných kloubech (kotníků) resp. monoploutví směrem nahoru k hladině při zpětném fázi kopu. Tím se záběrový pohyb stává dynamičtější, silovější a z hlediska dosažené propulzní síly výhodnější (Kračmar et al., 2008). Díky tomu mohou plavci s monoploutví pod vodní hladinou dosahovat rychlosti až 3,3 metry za sekundu (Dvořáková & Svozil, 2005).

Avšak výslednou rychlost plavců může ovlivnit celá řada dalších rozhodujících faktorů, mezi které lze zařadit dovednosti spojené se správnou manipulací s dýchacím přístrojem ve směru pohybu plavce tak, aby nedošlo ke zvýšení hydrodynamického odporu. Držení dýchacího přístroje je libovolné, ovšem nejefektivnější z hlediska hydrodynamiky je držení přístroje před tělem s pažemi ve vzpažení (Saprykin, 2020).

## Obrázek 2

*Rychlostního potápění (Klub sportovních potápěčů, 2023)*



### 2.1.5 Bi-Fins

Bi-Fins (BF) je v závodním plavání s ploutvemi nejmladší plaveckou disciplínou, která se poprvé objevila na MS a ME v roce 2007. Tato disciplína se plave se dvěma ploutvemi o maximální možné délce 65 cm. Stejně jako v případě disciplíny PP je povoleno pouze 15 metrů plavání pod vodní hladinou po startu a po každé obrátce. Do povinného vybavení plavce se řadí rovněž dýchací trubice (výjimkou jsou předzávodní kategorie nejmladších závodníků). Závodní tratě čítají vzdálenost 50, 100, 200 a 400 metrů a mezi oficiální štafetové závody lze zařadit disciplíny 4x50 BF a od roku 2017 i 4x100BF (*Finswimming CMAS Rules*, 2023).

Na rozdíl disciplín plavání s ploutvemi a rychlostního potápění pravidla v disciplínách Bi-Fins jasně stanovují jako hlavní plavecký způsob kraul, pro který je typická stálá a vysoká poloha těla plavce na hladině s minimálními výkyvy v rychlosti lokomoce v důsledku

neustálého střídání záběrových pohybů horních končetin, jež jsou doplněny o kontinuální záběrové pohyby dolních končetin (Neuls & Viktorjeník, 2017).

Pro klasické závodního plavání je charakteristické zvýšení rychlosti a hnací síly jednoznačně skrze efektivitu práce horních končetin (Taormina, 2022), zatímco v disciplínách Bi-Fins je určující vhodné nastavení poměru a rytmiky záběrových pohybů horních a dolních končetin (Nakashima et al., 2019). Dle Kokaie (2020) tato skutečnost klade o to větší nároky na rozvoj koordinačních schopností plavců, které jsou určující pro rozvoj plavecké techniky, kde podobně jako v klasickém plavání připadá na jeden záběrový cyklus paží šest kopů.

Pohyb dolních končetin představuje střídavé kmitání, které vychází z kyčelního kloubu a je realizováno pod vodní hladinou v rozsahu 30-50 cm. Rozhodující pro dosažení vyšší rychlosti při plavání s ploutvemi jsou ovšem menší pohyby hlezenních kloubů, které rovněž ovlivňují úhel náklonu těla plavce (Nakashima et al., 2019). Tuto skutečnost potvrzuje rovněž Zamparo et al. (2002), který ve své studii uvádí, že pohyb s velkými a tuhými ploutvemi je pro plavce značně energeticky náročný, ale dochází zde ke zlepšení maximální dosažitelné rychlosti, zatímco pružné (malé) ploutve zlepšují ekonomiku plavání především při submaximálních rychlostech.

Záběrový pohyb horních končetin je veden po uzavřené křivce, která začíná uvolněným vsunutím paže do vodní hladiny směrem vpřed. Nejprve dochází k zanoření prstů a následně lokte do pozice před rameno, čímž dochází k přirozené rotaci v hrudní páteři. Následný záběr horních končetin je veden po esovité křivce, v jejímž průběhu se paže postupně pokrčuje až do pozice 90 stupňů v lokti pod úroveň ramene. Poté paže dokončuje záběr směrem vzad (Neuls et al., 2018). Nakashima et al. (2012) poukazují na skutečnost, že trajektorie zvolené křivky při plaveckém záběru se může lišit s ohledem na specializaci daného závodníka. Při optimalizaci maximální rychlosti by záběrový cyklus měl činit 0,9 s a záběr by měl být ve tvaru písmene I. Pro plavce zaměřující se spíše na střední a vytrvalostní tratě je doporučováno realizovat záběr po esovité křivce v časové délce 1,3 s, kde bylo naměřena maximální propulzní účinnost.

Podobné diferenciaci lze také sledovat při přenosu paže nad vodní hladinou. Zde je pro sprintera spíše charakteristický přenos nataženou paží, zatímco závodníci na středních a vytrvalostních tratích upřednostňují přenos s ohnutím paže v lokti (tzv. ostrý loket). Dle Kokai (2020) není doposud objasněno, která z uvedených technik přenosu je v disciplínách Bi-Fins efektivnější, a proto je vhodné zvolit techniku na základě individuálních dispozic každého závodníka.

### Obrázek 3

*Bi-Fins (Klub sportovních potápěčů, 2023)*

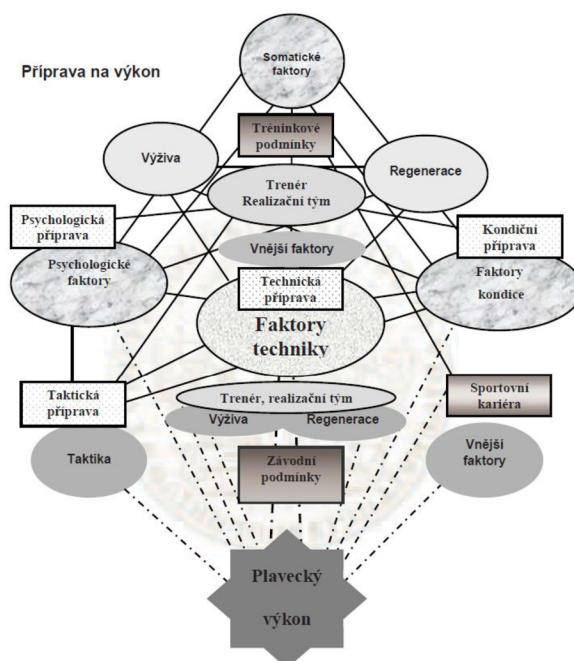


## 2.2 Struktura závodního výkonu v plavání

Základní podstatou plaveckého výkonu je dle Hofera (2016) překonat stanovenou závodní trať odpovídající plaveckou lokomocí (zvoleným plaveckým způsobem) v co nejkratším čase. Vše musí být v souladu s pravidly zvoleného plaveckého sportu. Dle Tůmy (2009) plavecký výkon představuje výsledek řady dílčích faktorů a determinant, které jsou ve vzájemných, jednodušších či velmi složitých vazbách (obrázek 4).

### Obrázek 4

*Schéma struktury a vazeb plaveckého výkonu ve vztahu k tréninkovému procesu a vlastní realizaci (Tůma, 2009)*



Díky značné složitosti a provázanosti jednotlivých faktorů a determinant ovlivňujících plavecký výkon doposud v literatuře neexistuje komplexní, exaktně ověřený model plaveckého výkonu (Čechovská et al., 2018). Přesto je analýza závodních výkonů spolu s teoretickými poznatky o struktuře sportovního výkonu nezbytná pro porozumění systému sportovního tréninku v plaveckých sportech. Na základě těchto informací lze vyselektovat konkrétní specifika plaveckého výkonu, které odpovídají konkrétnímu plaveckému sportu. V případě závodního plavání s ploutvemi lze dle Tůmy (2009) mezi specifické nároky zařadit:

- Vysoká úroveň plavecké techniky (delfínové vlnění, kraulová technika, hydrodynamická poloha),
- Funkční připravenost plavce pro danou disciplínu (preferenze práce dolních končetin),
- Technické zázemí plavce; technická zručnost (orientační potápění, dynamická apnoe),
- Orientace v prostoru v otevřené vodě (v případě distančního plavání s ploutvemi),
- Realizační tým, stravovací a pitný režim (v případě distančního plavání s ploutvemi).

### **2.2.1 Analýza sportovního výkonu v plavání**

Analýza sportovního výkonu představuje v současném vrcholovém sportu jeden z nejdůležitějších nástrojů, který sportovcům, trenérům i vědcům umožňuje porozumět vnitřní podstatě závodního výkonu a díky tomu optimalizovat tréninkový proces tak, aby co nejefektivněji vedl k dosažení stanovených cílů (Gonjo & Olstad, 2020; Lyons, 2005). Současné metody analýzy pohybu ve vodním prostředí značně pokročily zejména díky zdokonalení technologií a následné aplikaci moderních vědeckých přístupů do tréninkové praxe (Lauder, 2008). Metody analýzy tak mohou zahrnovat širokou škálu možností založených na využití videozáznamu, díky kterým lze studovat kinematické parametry, či stanovit aktuální rychlost a sílu v reálném čase pomocí nejrůznějších senzorů (Sanders et al., 2006).

V oblasti závodního plavání a plavání s ploutvemi je v současnosti videozáznam jediným možným způsobem, jak získat detailní data ze závodu, jež umožňují poskytnutí okamžité zpětné vazby. Tyto informace jsou v moderním sportu klíčové pro udržení konkurenceschopnosti závodníka na vrcholných plaveckých soutěžích (Arellano et al., 1994; Ives et al., 2002; McGibbon et al., 2018). Nicméně na rozdíl od oblasti závodního plavání, kde je tento potenciál plně využíván (Born et al., 2021a, 2021b; Cuenca-Fernández et al., 2022; Polach et al., 2019a), v závodním plavání s ploutvemi existují pouze dvě studie, využívající potenciál závodní video-analýzy k diagnostice obrátkových úseků elitních plavců (Petrik, 2022) a plavkyň (Michalica et al., 2023) s ploutvemi.



## 2.2.2 Charakteristika dílčích částí plaveckého závodu

Podstatou samotné analýzy závodního výkonu je jeho rozdělení do jeho jednotlivých částí (startovní úsek, plavecký úsek, obrátkový úsek, finiš), ve kterých lze stanovit základní charakteristiku výkonu (dosažený čas). Výkon v rámci uvedených jednotlivých částí plaveckého závodu je pak tvořen dílčími fázemi a výkonnostními parametry, jejichž optimální kombinace definuje celkový výkon v závodě (Marinho et al., 2020; Morais et al., 2020; Veiga & Roig, 2016).

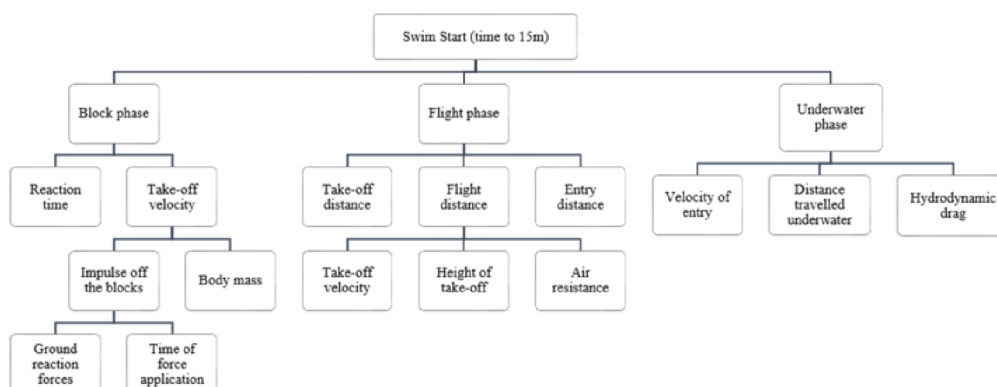
### Startovní úsek

Startovní úsek definuje prvních 15 metrů závodu, které v sobě zahrnují fázi na bloku, letovou fázi, fázi plavání pod hladinou a následný přechod do samotného plavání. Letovou fázi lze charakterizovat jako čas plynoucí od odrazu plavce ze startovního bloku do okamžiku, kdy jeho hlava protne vodní hladinu. Čas plynoucí od protnutí hladiny vody až po vyplavání plavce na hladinu je označován jako fáze pod hladinou, která je zároveň i fází nejdelší (Matúš et al., 2021).

Doba trvání jednotlivých fází společně s informacemi o vzdálenosti letové a fáze pod hladinou představující dílčí výkonnostní parametry tvoří základ pro analýzu výkonu na startovním úseku (Morais et al., 2019; Tor et al., 2015; Vantorre et al., 2014). Jedná se tedy o soulad dynamických pohybů, které umožňují plavci rychlý a především efektivní přechod ze startovního bloku do vodního prostředí (Cuenca-Fernández et al., 2019). Efektivitu zmíněného přechodu podmiňuje především reakční doba, úroveň výbušné síly plavce a míra osvojení si techniky startovního skoku (Hofer, 2016). Při identifikaci klíčových faktorů, které jsou určující pro výkon ve startovním úseku lze vycházet z deterministického modelu plaveckého startu od Thng et al. (2019), jenž je uveden na obrázku 5.

### Obrázek 5

*Deterministický model plaveckého startu (Thng et al., 2019)*





Startovní úseky společně s obrátkovými lze, díky jejich vysoké variabilitě provedení, označit za acyklické úseky plaveckého výkonu (Cuenca-Fernández et al., 2022). Na obou typech bazénu (25m i 50m bazén) je podíl výkonu dosaženého ve startovním úseku na výsledném závodním čase u 50m tratí přibližně 26%, u 100m tratí přibližně 12% (Morais et al., 2019). Tento podíl s rostoucí délkou závodní tratě postupně klesá až k zanedbatelným hodnotám (Born et al., 2021b; Polach et al., 2021).

Na základě podobnosti délky a charakteru disciplín v závodním plavání s ploutvemi lze předpokládat totožný podíl startovního úseku na celkovém výkonu. Ovšem je vhodné poukázat na základní odlišnosti od závodního plavání, které jsou z velké části determinovány pravidly (*Finswimming CMAS Rules*, 2023). První rozdílnost lze pozorovat ve fázi na bloku, která začíná dle Matuš et al. (2021) zazněním startovního signálu a končí v okamžiku přerušení doteku dolních končetin startovního bloku. Doba trvání uvedené fáze se nejčastěji v závodním plavání pohybuje v rozmezí 0,75-1,1 sekundy (Hofer, 2016). V závodním plavání s ploutvemi lze předpokládat prodloužení uvedeného intervalu skrze obtížnější zaujetí optimální (stabilní) pozice na startovním bloku a následný přesun těžiště ve směru pohybu, které znesnadňuje použití plaveckých ploutví. K přesunu těžiště je využíváno kyvadlového pohybu rukou, které zpočátku mohou být zaklesnuty o přední hranu startovního bloku, nebo se opírají o metatarzální kůstky (nárt) (V. Stavrou & Voutselas, 2018). Gumové ploutve také neumožňují plavci přímý kontakt chodidla se startovním blokem, což může vést ke ztrátě stability (Petrik, 2022). Z těchto důvodů pravidla závodního plavání s ploutvemi (*Finswimming CMAS Rules*, 2023) umožňují pouze nízký start, při kterém jsou nohy plavce umístěny vedle sebe, přičemž musejí být obě zaklesnuty za přední hranou startovního bloku. Naproti tomu závodní plavání umožňuje i realizaci atletického závodního startu (Yang, 2018).

Na fázi na bloku navazuje fáze letu, která je determinována schopností plavce se správně odrazit a technikou startu. Uvedené faktory mají rozhodující vliv na dráhu letu a následný vstup plavce do vody, který je optikou hydromechaniky neoptimálnější v proudnicové (streamline) poloze (Haller & Murphy, 2020). V plavání s ploutvemi aktuální výzkumy (Mullen, 2018; Takeda et al., 2022) ukazují, že vstup do vodního prostředí je ovlivněn především zaujetím vyšší a stabilní pozice na startovním bloku. Z toho důvodu se jako efektivnější jeví provedení startu prostřednictvím techniky, ve které se ruce opírají o metatarzální kůstky (nárt), což umožňuje prodloužení zadní linie těla plavce a rychlejší přesun těžiště ve směru pohybu (Stavrou & Voutselas, 2018). Startovní techniku je však nutné posuzovat s ohledem na individuální dispozice každého závodníka.

Na vstup do vody navazuje fáze pod hladinou, která je ukončena protnutím hladiny hlavou plavce v maximální možné vzdálenosti 15 metrů (*Finswimming CMAS Rules*, 2023).

Tato fáze je společná pro startovní i obrátkové úseky. V závodním plavání s ploutvemi se navíc ukazuje, že v disciplínách 100 a 200 Bi-Fins má rozhodující podíl na výkonu v daném úseku a tím pádem může značně ovlivnit celkový závodní výkon (Michalica et al., 2023). Výkon ve fázi pod hladinou je ovšem závislý na rychlosti, kterou plavec získá startovním skokem, či odrazem od stěny bazénu při obrátce. Ta přirozeně klesá v důsledku rostoucího hydrodynamického odporu vodního prostředí, proto je žádoucí získanou rychlost udržet prostřednictvím vhodně načasovaného delfínového vlnění (viz podkapitola 2.1.3) (Mullen, 2018; Takeda et al., 2022).

Vzdálenost, kterou elitní plavci v této fázi překonávají se pohybuje v rozmezí 5 až 14 metrů v závislosti na délce závodní tratě, což platí pro elitní plavce a plavkyně s ploutvemi (Marinho et al., 2020a; Morais et al., 2019; Petrik, 2022; Polach et al., 2019a). Rozdílnost v dosažené vzdálenosti může být do jisté míry dána typem závodníka (sprinter, specialista na středně-dlouhé tratě, vytrvalec), zvolenou disciplínou, ale také aktuálními fyzickými a dovednostními možnostmi plavců (Connaboy et al., 2009; Veiga et al., 2022a; Veiga & Roig, 2016).

### **Plavecký úsek**

Plavecký úsek představuje nejkonzistentnější část plaveckého závodu, pro kterou je charakteristické čistě cyklické plavání nacházející se mezi startovními, obrátkovými úseky a finišem (Gonjo & Olstad, 2020). V této části lze na základě mezičasů analyzovat záběrovou frekvenci a délku plaveckého kroku, které představují parametry, jejichž optimální poměr definuje rychlost plavání (Morais et al., 2020; Taormina, 2022). Délka čistého plaveckého úseku je tak v závodní video-analýze stanovena na 30 m v případě 50metrového bazénu a na 10-20 metrů v případě 25metrového bazénu (Morais et al., 2021).

Určující je také vzdálenost překonaná během jednoho záběrového cyklu, která na základě informace o aktuální rychlosti plavce poskytuje informaci o tzv. efektivitě záběru (Morais et al., 2020). Plavecký cyklus lze charakterizovat jako soubor pohybů opakujících se ve stejném pořadí (Jerszyński et al., 2013).

### **Obrátkový úsek**

Díky nejnovějším studiím můžeme výkony dosažené v obrátkových úsecích považovat za rozlišující faktor v moderním závodním plavání u mužů, i u žen (Born et al., 2021b, 2021a). Jejich podíl na závodním výkonu se ovšem odvíjí z celkové vzdálenosti závodní tratě, a to v rozmezí 20-38 % z výsledného času u disciplín od 100 do 1500 metrů (Morais et al., 2019; Polach et al., 2021). Délka úseku se stanovuje na 20 metrů, do kterých se počítá 5 metrů před provedením kotoulu a 15 metrů po odrazu plavce od stěny bazénu (Marinho et al., 2020a).

Samotný úsek je rozfázován celkem do pěti částí, mezi které se řadí naplávání, rotace/obrat, kontakt se stěnou, fáze pod hladinou a přechod do samotného plavání (Maglischo, 2003). Kromě měření času v jednotlivých fázích obrátkového úseku lze ve fázi pod hladinou rovněž zaznamenat uplavanou vzdálenost a aktuální rychlost (Pla et al., 2021; Tourny-Chollet et al., 2002).

Jak již bylo výše řečeno, obrátkové spolu se startovními úseky představují acyklickou část plaveckého závodu, pro kterou je charakteristická vysoká variabilita provedení (Cuenca-Fernández et al., 2022). Ovšem na rozdíl od startu, podíl výkonu v obrátkovém úseku na celkovém závodním čase s rostoucí vzdáleností tratě stoupá, což potvrzuje korelace s výsledným časem ve všech plaveckých způsobech i disciplínách (Born et al., 2021a, 2021b; Marinho et al., 2020a; Morais et al., 2019).

### **Finiš**

Finiš díky optice závodní video-analýzy charakterizujeme jako posledních 5m, 10m nebo 15m dlouhý úsek, který je zakončen dohmatem na stěnu bazénu (Marinho et al., 2020a; Suito et al., 2016). Finiš lze dle Polacha et al., (2019b) a lze jej částečně považovat za součást plaveckého úseku, jelikož zde není narušen cyklický charakter pohybu. Pro tuto fázi závodu je typická zvýšená agresivita plaveckého projevu, která se projevuje ve zvýšené variabilitě poměru záběrové frekvence a délky plaveckého kroku, která společně s úrovní fyziologické únavy určuje rychlost v posledních metrech závodu (Simbaña-Escobar et al., 2018).

## **2.3 Biomechanické a fyziologické aspekty plaveckého výkonu**

Závodní plavání s ploutvemi se podobně jako klasické plavání řadí mezi rychlostně vytrvalostní sporty s cyklickou pohybovou činností (Heller, 2019). Výkon je spojený s řadou fyziologických, antropometrických a biomechanických parametrů. V praxi to znamená, že maximální sportovní výkon je závislý na množství metabolické energie, která je nezbytná k přesunu plavcovy hmotnosti ve vodním prostředí a na ekonomice jeho pohybů. Množství potřebné metabolické energie se tak mezi plavci navzájem odlišuje nejen díky již zmíněným antropometrických a technických charakteristikách plavce, ale také na rychlosti plavání, jejíž růst přímo úměrně podmiňuje růst potřebné metabolické energie (Capelli et al., 1998; Costill et al., 1985; Grammaticos, 2020).

### **2.3.1 Biomechanická charakteristika plaveckého výkonu**

V obecné rovině plavání představuje pohybovou aktivitu, která je podmíněna specifickými podmínkami vodního prostředí, které má 26krát vyšší tepelnou vodivost než vzduch. Na tělo plavce zde působí odlišné vlivy a síly než při pohybu na souši, což je nezbytné zohledňovat v trenérské praxi (Heller, 2019). Proto jsou pro pochopení správné plavecké techniky nezbytné základní znalosti z oblasti hydromechaniky, jež se věnuje problematice efektivního pohybu ve vodním prostředí, a z oblasti hydrostatiky pojednávající o zákonitostech souvisejících s udržitelností vodorovné polohy těla ve vodním prostředí (Grammaticos, 2020; Hofer, 2016; Mullen, 2018; Neuls et al., 2018).

#### **Vliv hydrostatických sil na tělo plavce**

Dle Hofera (2016) pro hydrostatický tlak platí, že působí kolmo na povrch těla plavce a úměrně se zvětšuje s rostoucí hloubkou. Plavec si výše popisovaný tlak při pohybu na vodní hladině nemusí ani uvědomovat, jelikož jej překonává zvýšenou prací dýchacích svalů (Neuls et al., 2018). Ty v případě plavců s ploutvemi musejí při nádechu překonávat nejen hydrostatický tlak působící na hrudník, ale také tlak vyvolaný přiléhajícími celotělovými závodními plavkami, které mohou nádech značně znesnadnit (Vašíčková et al., 2017). Přirozeně tak dochází k rozvoji dechových funkcí a posilování uvedených svalů. Dle Lomaxe a McConnella (2003) se tak závodní plavání řadí mezi jednu z nejnáročnějších sportovních aktivit pro dechové svalstvo.

V souvislosti s dýcháním je také nutné představit působení hydrostatického vztlaku, který je prokazatelně závislý na hustotě těla plavce a vodního prostředí. Dle (Čechovská & Miler, 2008) je však hustota vody a lidského těla téměř totožná, což vede k tomu, že pokud po nádechu zadržíme dech, tělo se ve vodním prostředí vznáší, zatímco když začneme vydechovat (zmenšuje se objem těla a zvyšuje se jeho hustota), klesáme ke dnu. Vznášení je rovněž ovlivněno dalšími faktory, mezi které se řadí rozdílná hustota jednotlivých segmentů lidského těla, nebo dovednost zaujmout klidnou splývavou polohu na vodní hladině a povrchově dýchat. Poslední zmíněná dovednost je nezbytností pro efektivní pohyb ve vodním prostředí, jelikož napomáhá minimalizaci brzdících odporových sil (Giehl & Hahn, 2005).

#### **Vliv hydrodynamických sil na pohyb plavce**

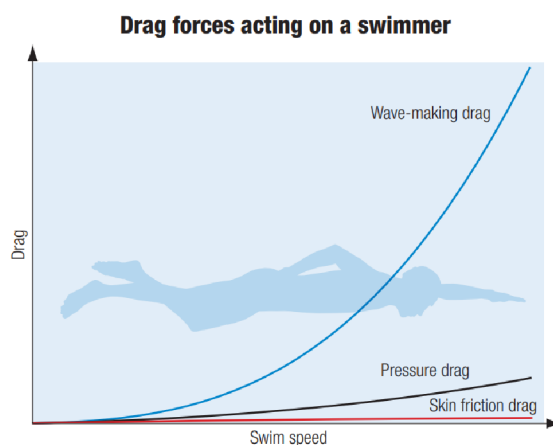
Pro plaveckou lokomoci je charakteristické výsledné působení vnitřních (svalových) a vnějších (hydrodynamických) sil, které při pohybu vznikají. Opět mluvíme o hydrodynamickém vztlaku, který na tělo plavce pohybujícího se ve vodním prostředí působí za podmínek, při nichž je rychlost obtékání kolem plavcova těla různá. Zrychlení a rychlost plavání je tak závislá na vytvoření propulzní (hnací) síly, která žene plavce vpřed a naopak

odporových (brzdných) sil, které mu pohyb ve vodním prostředí znesnadňují (Vorontsov & Rumyantsev, 2000).

Propulzní síly se vytvářejí především na distálních částech horních a dolních končetin v průběhu záběrového cyklu, naproti tomu tělesné segmenty, které se do aktivního pohybu při záběrovém cyklu přímo nezapojují (především hlava a trup plavce), vytvářejí potenciál pro tvorbu odporových brzdných sil. Velikost brzdných (odporových) i propulzních (hnacích) sil se řídí stejnými vztahy, nicméně směr jejich působení je zcela opačný (Neuls & Viktorjeník, 2017). Díky tomu lze vhodným tvarováním těla plavce (hlavně jeho profilu) ve vodním prostředí výrazně ovlivnit velikost vztlakových a brzdných sil (Čechovská & Miler, 2008). Poměrově tak elitní plavci pro překonání brzdných (odporových) sil spotřebují kolem 90% své energie a pouze necelých 10% využijí pro pohyb vpřed (Hines, 2008). Toto poměrové rozložení je dáno růstem hydrodynamického odporu, který se při pohybu ve vodním prostředí zvětšuje s druhou mocninou rychlosti plavecké lokomoce (Obrázek 6).

### Obrázek 6

*Růst hydrodynamického odporu v závislosti na rychlosti plavání (Mullen, 2018, p. 18)*



Výše popisovaný výsledný hydrodynamický odpor se dle většiny autorů skládá ze tří základních složek, které se rozlišují na základě jejich působení. V prvním případě se plavec při pohybu na vodní hladině musí vypořádat s působením třecího, tvarového a vlnového odporu. Pokud se ovšem plavec bude pohybovat pod vodní hladinou, dochází k minimalizaci vlnového odporu, který je do jisté míry nahrazen odporem indukovaným (Grammaticos, 2020; Mullen, 2018).

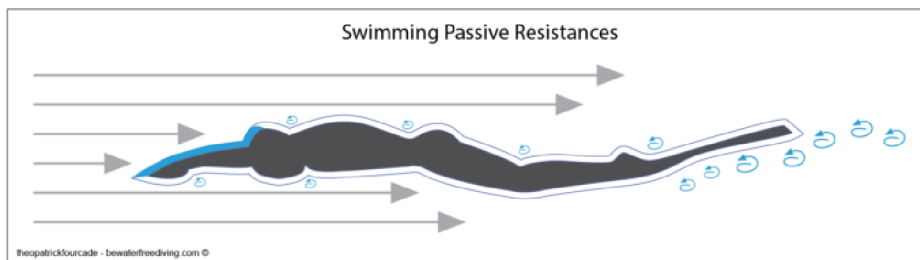
Odpor třecí se rozlišuje podle charakteru proudění v tzv. mezní vrstvě (vrstva přiléhající k povrchu tělesa). Prvním typem je proudění laminární, pro které je charakteristické obtékání tělesa ve vrstvách, jež jsou rovnoběžné s jeho povrchem. Ovšem důsledkem laminárního

proudění se zmenšuje velikost brzdících sil, a proto je menší i třecí odpor (Neuls et al., 2018). Jako druhý typ lze uvést proudění turbulentní, které je zapříčiněno zvyšující se rychlostí plavání. V takovém případě dochází k tvorbě drobných vírů (obrázek 7), které jsou důsledkem mísení a shlukování molekul vody. To vede k nárůstu brzdících sil a ke zvýšení třecího odporu. Je tedy zřejmé, že třecí odpor souvisí nejen s povrchem, plochou a tvarem těla, ale také s vybavením plavce. Proto zde dle Pendergast et al. (2006) hraje významnou roli mimo jiné také materiál a přilnavost závodních plavek. Rovněž je pro tento typ určující tvar náběžných hran ploutví (Fourcade, 2020).

Jako další lze uvést odpor tvarový, který je také označován odporem vírovým. Jeho vznik je podmíněn nevhodně postavenými segmenty plavceva těla vůči proudění, čímž je jeho pohyb vpřed výrazně brzděn. Z toho důvodu plavci usilují o získání ideální hydrodynamické polohy vhodným uspořádáním jednotlivých tělesných segmentů s ohledem na zvolený plavecký způsob (Mullen, 2018).

### Obrázek 7

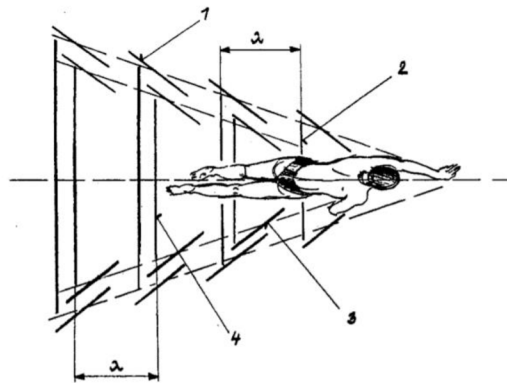
*Grafické znázornění třecího a tvarového odporu (Fourcade, 2020)*



Odpor vlnový představuje třetí složku hydrodynamického odporu, se kterou se je možno setkat pouze u těles, jež se pohybují na vodní hladině, nebo v její blízkosti (obrázek 8). Tento druh odporu je ovlivněn schopností plavce zaujmout ideální hydrodynamickou polohu, neboť v důsledku vyšší rychlosti dochází ke vzniku vln. Ty způsobují, že některé části plavceva těla jsou více a jiné méně pod vodní hladinou, což vede k nerovnoměrnému rozdělení tlaku (výslednice tlakových sil má pak opačný směr, než je pohyb plavce). Vlnový odpor lze eliminovat prostřednictvím zaujetí ideální plavecké polohy, nebo plaváním pod vodou (v mezích pravidel), kde vlnový odpor nevzniká (Hofer, 2016; Neuls et al., 2018).

### Obrázek 8

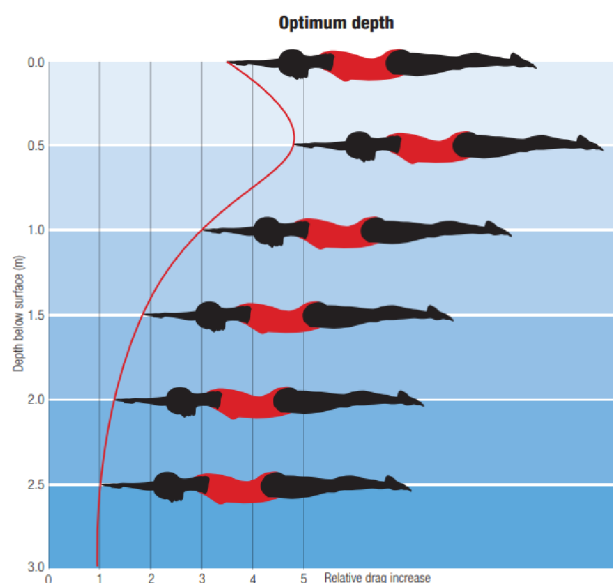
Grafické znázornění vlnového odporu při plavání na vodní hladině (Hofer, 2016, p.)



Pokud je plavec v dostatečné hloubce pod hladinou (1 – 1,5 m v závislosti na rychlosti plavecké lokomoce), vzniká na těle plavce tzv. indukovaný odpor, který se vytváří v místech, kde dochází k vyrovnávání proudění vody z místa vyššího tlaku do místa s nižším tlakem. Dochází zde k tzv. příčnému proudění, což způsobuje, že maximální vlnový odpor se zasahuje pouze do hloubky 0,5 m pod vodní hladinu (Vassilios, 2020). Dle Grammatica (2020) lze vhodným úhlem náběhu trupu a ploutvemi tvorbu indukovaného odporu minimalizovat, a proto bude ve výsledném hydrodynamickém odporu převažovat pouze již zmíněný odpor třecí a tvarový, čímž se vysvětluje, proč je plavání pod vodou rychlejší.

### Obrázek 9

Grafické znázornění proměnlivosti indukovaného odporu (Mullen, 2018, p. 37)



### **2.3.2 Somatická charakteristika plaveckého výkonu**

Somatické parametry představují jeden z určujících faktorů determinujících individuální pohybový projev plavce (tzv. plavecký styl), tím že mimo jiné přímo ovlivňuje délku a frekvenci záběru (Heller, 2019). U vrcholových plavců lze klasifikovat tři hlavní somatotypy s ohledem na zvolený plavecký způsob. Řadí se mezi ně vyvážený mezomorf (prsá, motýlek, znak), ekto-mezomorf (kraul, znak, motýlek), mezo-ektomorf (prsá, znak) (Stanković et al., 2018). Pro sprintery je spíše charakteristická převaha mezomorfnní složky (Siders et al., 1993), zatímco může být výraznější ektomorfnní složka (Leko et al., 2011). Ovšem výsledky aktuálních studií (Heller, 2019; Raković et al., 2015) poukazují na skutečnost, že u mužské populace vrcholových plavců dochází vlivem intenzivních plaveckých tréninků ke značnému rozšíření mezomorfnního somatotypu s tendencí k ektomorfii napříč jednotlivými plaveckými disciplínami. Kvůli této skutečnosti Nevill et al, (2020) vydefinoval základní somatické charakteristiky společné pro všechny čtyři plavecké způsoby. Řadí se sem především:

- Menší procento tělesného tuku (hlavní ukazatel),
- Širší boky (bi-ilakální šířka),
- Široká ramena (biakromiální šířka),
- Větší rozpětí paží,
- Větší obvod předloktí.

Doposud ovšem nebyly realizovány studie, které by podobnou kategorizaci vytvořily i pro plavání s ploutvemi. Co ovšem mají oba sporty společné, jsou rozdíly v somatických parametrech mezi pohlavími. Jedním z určujících faktorů poměr tukové složky, jež u žen výraznější než u mužů (14-24 % vs. 9-12 %). Tato skutečnost ovšem ženám do jisté míry ve vodním prostředí dává výhodu ve formě lepšího vztlakového profilu, který je spojen se zvýšenou efektivitou splývavé polohy a vyšší rychlosti kopání. Naproti tomu ženy disponují menším procentem svalové hmoty (Hofer, 2016; Neogi et al., 2017)

### **2.3.3 Fyziologická charakteristika plaveckého výkonu**

Z fyziologického pohledu plavání představuje určitý druh lidské lokomoce ve specifickém prostředí, která je umožňována prostřednictvím svalových kontrakcí. Tato stahová činnost je poháněna energií vznikající z chemických sloučenin uložených ve svaly. Funkční kapacita tohoto komplexního procesu (označovaného jako metabolismus) umožňuje organismu uvolňovat chemickou energii a transformovat ji do mechanické práce. Tím přímo determinuje



pohybové schopnosti plavců a podstatu tréninkového procesu spočívající ve vyvolávání adaptačních změn, jež svalům umožňují přístup k většímu množství chemické energie a jejímu bezprostřední nahrazování z dalších zdrojů. Dostupnost energie se tak stává klíčovým faktorem, který přímo ovlivňuje rychlost a tempo plavce (Neuls et al., 2018).

V obecné rovině lze mezi konkrétní adaptační mechanismy lidského organismu jmenovat zejména transport toliko potřebných živin a kyslíku k pracujícím svalům, a naopak zajištění odstraňování oxidu uhličitého a laktátu z uvedených svalových skupin skrze respirační a cirkulační systém. Dále nesmí být opomíjena látková výměna uvnitř svalu spolu s enzymatickou reakcí podílející se na postupném uvolňování a doplňování potřebné energie uložené v chemických sloučeninách (Adenosintrifosfát – ATP; kreatinfosfát – CP; sacharidy; tuky; proteiny). Základní sloučeninou, je jediným přímým zdrojem energie pro svalovou kontrakci, je adenosintrifosfátu (ATP). Jako nejrychlejší zdroj určený k recyklaci ATP se dále nabízí kreatinfosfát (CP), který umožňuje maximální svalovou kontrakci po dobu 4-6 sekund (Botek et al., 2017). Tento zdroj se v plavání využívá především v rámci startovního úseku (Marinof & Coumbe-Lilley, 2016).

Další velmi rychlý zdroj energie představují sacharidy, které jsou uloženy ve svalových a jaterních zásobách glykogenu. Sacharidy se rovněž nacházejí v transportní formě, která je označována jako glukóza. Neuls et al. (2018) uvádějí, že krevní glukóza zabezpečuje během tréninku 30-40 % z celkové energetické spotřeby (především u dlouhých tréninkových jednotek s vysokou intenzitou), ovšem při realizaci většiny plaveckých závodů jaterní glykogen a krevní glukóza poskytují pouze malé množství potřebné energie. Důvodem je nedostatečná rychlost procesu konverze jaterního glykogenu na krevní glukózu, která ale hraje rozhodující roli během zotavovací fáze při opětovném zásobování a skladování svalového glykogenu.

Třetím zdrojem energie jsou tuky, jejichž metabolizace je umožněna pouze aerobní cestou (za dostatečného přístupu kyslíku), což má za následek velmi pomalé uvolňování potřebné energie. Proto jsou tuky jako energetický zdroj v plavání využity především v průběhu tréninkového procesu (dlouhé plavecké série střední intenzity), ve fázi zotavení a u distančního plavání, které zahrnuje výkony s výrazně delší dobou trvání. Lze tedy říci, že se zvyšující se rychlostí plavání podíl tuků na recyklaci ATP značně klesá a naopak vzrůstá úloha krevní glukózy a svalového glykogenu (Botek et al., 2017).

Poslední energetický zdroj představují proteiny, které jsou mimo jiné základními stavebními kameny pro tvorbu a růst svalové tkáně. Rovněž se využívají jako zdroj pro dodání malého množství energie využitelné v procesu resyntézy ATP při aerobním výkonu, avšak představují nejpomalejší a nejméně ekonomickou cestu (Neuls et al., 2018).

## Recyklace ATP

Tento jev probíhá na základě tří různých biochemických systémů, pro které je určující míra potřeby kyslíku. Dva z nich jej nepotřebují, a proto jsou označovány jako anaerobní, naproti tomu třetí vyžaduje jeho neustálý přísun a je označován jako aerobní (Botek et al., 2017; Sharkey et al., 2019). Prvním z nich je ATP-CP systém, který se řadí do kategorie anaerobní a alaktátové (bez tvorby laktátu). Je postaven na velmi rychlé recyklaci ATP za pomoci kreatinfosfátu. Ve výsledku tak dochází k rychlému uvolnění chemické energie, která se transformuje do podoby mechanické práce a zbytek se uvolní ve formě tepelné energie. V praxi to vypadá tak, že při plavání volným způsobem je energie uvolněná pro mechanickou práci během prvních pár sekund pouhých 14 %, zatímco zbylých 86 % se konvertuje na tepelnou energii. Po 4-6 sekundách dochází ke zpomalení procesu resyntézy ATP vlivem postupného koncentrace laktátu a vodíkových iontů (Neuls et al., 2018). Po 10 sekundách práce v plném zatížení jsou zdroje kreatinfosfátu a glykogenu pro resyntézu ATP vyrovnány a přichází výměna hlavního zdroje energie. Tu přebírá svalový glykogen (Botek et al., 2017).

Tento proces má dle Neuls et al. (2018) dvě fáze, z nichž první se věnuje anaerobnímu rychlému uvolňování energie, zatímco pro druhou fázi je typická aerobní pomalejší recyklace ATP. S převzetím funkce hlavního energetického zdroje (na místo ATP-CP systému) rychlost pohybu a spolu se svalovou silou výrazně klesá v rozmezí 35 %. Důvodem je zvýšená aktivita enzymů kontrolujících průběh anaerobní glykolýzy, jež jsou velmi citlivé na zvyšující se zátěž. Díky tomu se v rámci chemických reakcí formuluje pyruvát a uvolňují se vodíkové ionty, které mohou být metabolizovány pouze při aerobní činnosti za dostatečného přísunu kyslíku. V průběhu plaveckého výkonu však nastává pravý opak, kdy dodaného kyslíku je nedostatek, což zapříčiní přeformování části pyruvátu a vodíkových iontů na kyselinu mléčnou, jež následně přechází v laktát (Sharkey et al., 2019). A právě vodíkové ionty při uvedeném procesu způsobují pokles pH ve svalové buňce, čímž je narušena homeostáza jejího vnitřního prostředí. Díky tomu se při akumulaci laktátu a vodíkových iontů ve svalech vyskytuje tzv. acidóza, která způsobuje stimulaci receptorů bolesti (subjektivně vnímaný pocit pálení ve svalech) a následné zhoršení koordinačních schopností plavce, což má za následek ztrátu rychlosti a narušení lokomočního vzoru. Acidóza je tak pravděpodobně příčinou únavy u plaveckých disciplín s délkou trvání nad 20-30 sekund (Neuls et al., 2018).

Určující pro produkci laktátu je rychlost plavání (intenzita zatížení), typ zapojených svalových vláken a spotřeba kyslíku. Při dostatečném přísunu kyslíku do pracujících svalů dochází prostřednictvím proteinových přenašečů k transportu laktátu ze sarkoplazmy pracujících svalů do mitochondrií, kde dochází k jeho přeměně na pyruvát a následné oxidaci (Botek et al., 2017). Proto je v průběhu plaveckého závodu plavec nucen pracovat s tempem

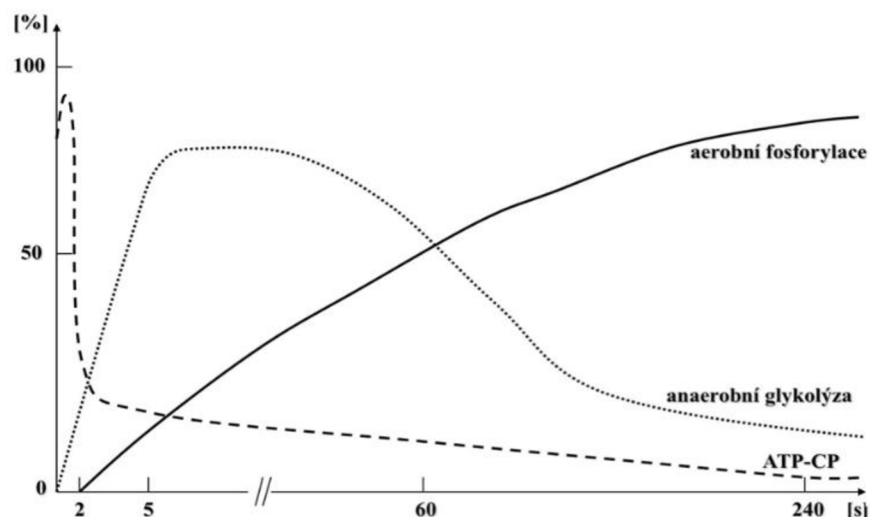
tak, aby zvýšená acidóza až příliš neovlivnila jeho výkon. Obecným pravidlem je, že ve všech disciplínách (vyjma 50 m tratí) musí být první část závodní tratě plavána v rychlostech, které jsou nižší, než je plavcova maximální rychlost. V následné druhé zrychlující části dochází opět ke zvýšení acidózy, ovšem je to v době, kdy už plavec svůj závod finišuje. Především se jedná o strategii u 100 a 200m tratích (Maglischo, 2003).

V případě vytrvalostních disciplín je využíváno nejvíce třetího biochemického systému, který probíhá za dostatečného množství kyslíku. Což v praxi znamená, že produkty anaerobní glykolýzy (vodíkové ionty a pyruvát) vstupují do aerobní fáze totožného procesu a za vzniku další energie dohází k resyntéze ATP prostřednictvím Krebsova cyklu a elektronového transportního řetězce. Celý proces je závislý na dostatečném množství přístupného kyslíku podmíněného delší dobou trvání a nízkou rychlostí aerobního procesu sestávajícího se ze stovek dílčích reakcí (Neuls et al., 2018).

Pro úplné pochopení činnosti metabolismu je důležité uvést jednotlivé biochemické systémy tak, jak byly výše představeny (Obrázek 10). Neprobíhají odděleně, ale ve vzájemné návaznosti (Botek et al., 2017).

### Obrázek 10

*Zapojování energetických systémů a jejich přibližný podíl na produkci energie při jednorázové vysoce intenzivní práci (Lehnert et al., 2014)*



### Fyziologická limitace u 200 m disciplín

Mezi faktory ovlivňující závodní výkony plavců v 200 m disciplínách lze dle Neuls et al. (2018) zařadit techniku plaveckého způsobu, intenzitu anaerobního metabolismu, schopnost oddálit acidózu a pravděpodobně i množství uskladněného kreatinfosfátu ve svalových vlákních. Jako rozhodující z hlediska fyziologie se jeví především oddálení vzrůstu acidózy

v pracujících svalech a to třemi základními způsoby: redukcí produkce laktátu, odstranění laktátu a vodíkových iontů z pracujících svalových vláken a zvýšením pufrovací (nárazníkové) kapacity (Botek et al., 2017).

Z hlediska využitelnosti respiračního tréninku je klíčový proces redukce produkce laktátu, podmíněný dostatečným zásobením svalu kyslíkem během zatížení. Optikou tréninkových efektů můžeme cílených adaptačních změn dosáhnout cestou adaptace zvyšující dodávku kyslíku k pracujícímu svalstvu a adaptací zvyšující využití kyslíku svalovou tkání. Do první skupiny se řadí: zvýšení plicní difúze pro kyslík, zvýšení celkového objemu krve v organismu, zvýšení počtu červených krvinek, zvýšení kapilarizace okolo svalových vláken, zdokonalení krevní redistribuce a zvýšení minutového objemu srdečního. Naproti tomu do druhé kategorie řadíme cestu kvantitativního nárůstu myoglobinu (obsažen ve svalových vlákních), početní a velikostní nárůst mitochondrií a v neposlední řadě zvýšení aktivity enzymů regulujících aerobní metabolismus (Neuls et al., 2018).

## **2.4 Respirační trénink jako součást sportovní přípravy**

### **2.4.1 Respirační systém**

Respirační systém společně s kardiovaskulárním systémem primárně zabezpečuje dodání kyslíku pracujícím tkáním a zároveň odvod oxidu uhličitého, jako zplodiny metabolismu (Lehnert et al., 2014). Samotný systém se skládá z hlavního orgánu, kterými jsou plíce a dýchacích cest, do kterých lze zahrnout dutinu nosní a ústní, nosohltan, hrtan, průdušnice a průdušky (ústíčí do plicních laloků). Vzduch do dýchacího systému vstupuje skrze dutinu nosní a ústní, dále pak postupuje do hrtanu a do průdušnice, kde se následně rozvětňuje na dvě průdušky. Zde dochází k opětovnému větvení průdušek na průdušinky, které zabezpečují přenos vzduchu do tenkostěnných plicních sklípků, jež jsou označovány, jako alveoly. Ty díky svému vysokému prokrvení umožňují transport kyslíku do krve (Botek et al., 2017).

Respirační systém a vůbec celý proces dýchání je prvotní mimovolní aktivita našeho organismu, která je koordinována prostřednictvím signálů z vyšších nervových center a periferních chemoreceptorů. Tyto signály zabezpečují výměnu (tzv. ventilaci) plynů mezi plícemi a okolním prostředím. Množství ventilovaného plynu se odvíjí od aktuálních metabolických potřeb organismu, na které řídicí systém reaguje úpravou dechového objemu, popřípadě dechové frekvence (Chlumský, 2014). Touto úpravou je transport kyslíku k pracujícím svalům ovlivněn kromě množství samotné ventilace také poměrem ventilace a difúze představující schopnost absorbovat kyslík ze vzduchu. Při aktivitách nízké intenzity se objem ventilace téměř rovná objemu difúze plic, ovšem při vysoce intenzivní zátěži se tento

poměr až pětinasobně zvětší, aby bylo zajištěno adekvátní okysličení krve (Mc Ardle et al., 2010).

Z hlediska mechaniky dýchání je za hlavní inspirační sval považována bránice, která zabezpečuje až 60 % výměny vzduchu v plicích (Rosina et al., 2021). Kromě respirační plní bránice rovněž posturální a sfinkterovou funkci (Kolář, 2020). Dýchání jako proces vedle inspirační (nádechové) fáze obsahuje rovněž fázi expirační (výdechovou). Celý proces dýchání se tak dělí do tří mezistupňů. V prvním stupni dochází k výměně plynů mezi okolním prostředím a plicemi (plicní ventilace). Na něj navazuje druhý mezistupeň obsahující výměnu plynů mezi alveoly a kapilární krví. A závěrečná výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a svalovou buňkou (respirace) představuje mezistupeň třetí (Botek et al., 2017).

#### **2.4.2 Změny v procesu dýchání při zátěži**

Dle Dickinsona a Hulla (2020) respirační systém zdravých jedinců vykazuje pozoruhodně přesnou regulaci alveolární ventilace s ohledem na metabolické požadavky organismu v dynamickém zatížení. Pro adekvátní ventilaci je však nezbytné vykonávání dechové práce, kterou rozdělujeme na elastickou dechovou práci (zodpovídající za prodloužení elastických struktur plic a hrudníku) a na práci odporovou (zodpovídající za překonání odporu dýchacích cest) (Sheel & Guenette, 2008). Dechová práce se tak musí přizpůsobit metabolickým požadavkům organismu, a to prostřednictvím úpravy dechového vzoru, čímž je zabezpečena adekvátní ventilace. Takto upravený dechový vzor vede u řady sportovců k problémům zahrnující přílišné zapojování pomocných respiračních svalů, k nedostatečnému rozpínání hrudní stěny, ke zmenšení dechového objemu, nebo ke zvýšení dechové frekvence (Petrik, 2022).

#### **2.4.3 Respirační trénink jako součást sportovního tréninku**

Cílem sportovního tréninku je připravit závodníka tak, aby dosahoval maximálních sportovních výkonů a vítězství nad soupeřem (Lehnert et al., 2001). Sportovní výkon může být limitován celou řadou faktorů, mezi které dle Boutelliera a Piwka (1992) zařadit i omezené funkce respiračního systému. Při růstu únavy respiračních svalů totiž nedochází pouze k omezení schopnosti adekvátně ventilovat, ale navíc se zvyšuje míra subjektivně vnímaného zatížení. Tato skutečnost může vést k narušení koordinace dechového vzoru a lokomočních pohybů sportovce mající za následek zhoršení sportovního výkonu (Dempsey, 2019; Dickinson & Hull, 2020; Lomax & McConnell, 2003; McConnell, 2011).

Cílený trénink dýchacích svalů (RMT – respiratory muscle training) se dnes využívá především v oblasti fyzioterapie a plicní rehabilitace, jako prostředek pro zlepšení funkce a síly dýchacích svalů (Aslan et al., 2016; Enright & Unnithan, 2011; Jones et al., 2016; Lotters et al., 2002; Neumannová & Kolek, 2018; Witt et al., 2007). Také představuje moderní tréninkovou metodu, kterou je možno aplikovat ve sportovní praxi za účelem zlepšení sportovního výkonu (HajGhanbari et al., 2013; Kolář, 2020; Machová et al., 2018; McConnell, 2013).

Trénink dýchacích svalů (RMT) ve sportovní přípravě je ekvivalentní silovému tréninku jakéhokoli jiného svalu v lidském těle za pomoci externí zátěže, kterou v případě RMT představuje dechový trenažer. Současné studie prokazují, že u zdravé populace může po aplikaci RMT nastat hypertrofie bránice (nárůst až o 12 %). Zároveň je také doložena funkční adaptace respiračního systému z hlediska zvýšení síly inspiračního svalstva po čtyřech týdnech aplikace RMT o 24 % a po osmi týdnech aplikace o 41 % (Downey et al., 2007; Enright et al., 2006).

RMT se ovšem nemusí zaměřovat pouze na rozvoj síly inspiračního a expiračního svalstva, ale také na řízený trénink vytrvalosti s ohledem na různé strukturální adaptace dechového svalstva. Tuto skutečnost potvrzuje studie od Illi et al. (2012), která představuje systematickou review s meta analýzou efektu RMT u zdravé populace. Autoři studie dospěli k závěru, že implementace RMT výrazně zlepšuje vytrvalostní výkon, a to ve sportech s delší dobou trvání. Z hlediska typologie RMT se ovšem výsledky tréninku vytrvalosti nádechových svalů a silového tréninku nádechových svalů významně neliší. Závěrečná doporučení také poukazují na vhodnost kombinace odporového tréninku jak inspiračního, tak expiračního svalstva, jež se zdá být efektivnější.

Efektivita RMT je ovšem závislá na mnoha faktorech, které ji podmiňují. Jako první uvedeme kvalitní nastavení dechového vzoru, který má řada sportovců při zvýšené plicní ventilaci v průběhu maximálního výkonu problém zachovat a zapojuje ve velké míře pomocné respirační svaly. To vede k nedostatečnému rozpínání hrudní stěny, zmenšení dechového objemu a zvýšení dechové frekvence (Dickinson & Hull, 2020).

Jako druhý podmiňující faktor Machová et al. (2018) uvádí nezbytnost optimálního a individuálního nastavení objemu a intenzity zátěže, bez nichž by opět mohlo dojít k narušení mechaniky dýchání a zhoršení sportovního výkonu. A v neposlední řadě je také třeba poukázat na limitaci v podobě geografické a finanční dostupnosti RMT, která může do jisté míry sportovci znemožnit efektivní a pravidelné vykonávání tohoto typu tréninku.

Zde se tak vytváří příležitost pro využití moderních tele-rehabilitačních technologií, kterými při zajištění správného užití dokážeme eliminovat velkou část uvedených limitů. Zároveň je díky jejich charakteru můžeme aplikovat nejen do oblastí plicní rehabilitace,

ale také do sportovní tréninkové praxe, za účelem optimalizace sportovního výkonu (Stavrou et al., 2021).

#### ***2.4.4 Uplatnění respiračního tréninku v plaveckých sportech***

Na rozdíl od suchozemských vytrvalostních sportů, kde byl pozitivní efekt RMT ve sportovní přípravě prokázán (Griffiths & McConnell, 2007; Johnson et al., 2007; Romer et al., 2002; Volianitis et al., 2001), v oblasti plaveckých sportů je otázka jeho uplatnění stále velmi diskutovanou problematikou (Aspenes & Karlsen, 2012). Důvodem je nekonzistentnost výsledků aktuálních studií (Kilding et al., 2010; Lemaitre et al., 2013; Mickleborough et al., 2008; Wells et al., 2005; Wilson et al., 2014), kterou přisuzujeme jejich rozdílným designům. Přesto řada z nich (Kilding et al., 2010; Lemaitre et al., 2013; Wilson et al., 2014; Wylegala et al., 2007) svými výsledky prokázala, že zařazení RMT do tréninkového programu pomáhá zlepšit respirační parametry, a také pozitivně ovlivňuje plavecký výkon z hlediska dosažení výsledného času.

#### ***2.4.5 Uplatnění respiračního tréninku v závodním plavání s ploutvemi***

Jak již bylo výše řečeno, svými disciplínami, pravidly a místem realizace (plavecké bazény) je závodní plavání s ploutvemi velmi blízké klasickým plaveckým soutěžím, které jsou rovněž realizovány v 25ti a 50ti metrových bazénech. Zde jednotliví závodníci plavou každý ve své dráze a závodí v disciplínách od 50ti až po 1500 metrů. Z hlediska zabezpečení respiračních funkcí spočívá specifikum představovaného sportovního odvětví ve využití dýchací trubice (tzv. šnorchlu), která se kromě rychlostního potápění využívá v každé plavecké disciplíně (Čuříková, 2014; Dvořáková & Svozil, 2005).

Využití uvedeného mechanismu tak plavci poskytuje značný kondiční stimul pro jeho respirační svalstvo, které svou činnost musí přizpůsobit vynucené koordinaci dechového objemu, dechové frekvence a mechanice záběru. Nádech se tak stává rychlým, vynuceným manévrem, a proto je dechová frekvence nižší a dechový objem vyšší ve srovnání se spontánním dýcháním (Rodríguez, 2000). Tuto skutečnost potvrzuje ve své studii i Mickleborough et al. (2008) jež uvádějí, že zkušenější plavci na rozdíl od začínajících plavců mají tendenci vědomě manipulovat s dýcháním tak, aby propulzní pohyby končetin nebyly omezeny procesem dýchání. Tato záměrná manipulace s dechovým vzorem a opakované překonávání odporu dechové trubice může značně uspíšit nástup únavy respiračního svalstva, a to může mít za následek snížení efektivity plavecké lokomoce (Vašíčková et al., 2017; Wylegala et al., 2007).

Další kondiční stimul respiračnímu systému plavce poskytuje specifické vodní prostředí ve formě hydrostatického tlaku, který působí kolmo na povrch těla a úměrně se zvyšuje s rostoucí hloubkou. Jak již bylo výše řečeno, zvýšený hydrostatický tlak během ponoření a vysoká průtoková rychlost při nádechu zvyšují odporové zatížení dýchacích cest a poskytují inspiračnímu svalstvu během plavání zatížení, které si plavec mnohdy při pohybu na vodní hladině nemusí ani uvědomovat, jelikož jej přirozeně překonává zvýšenou prací dýchacích svalů (Cordain & Stager, 1988; Courteix et al., 1997). Uvedené zatížení může být ovšem v závodním plavání s ploutvemi ještě umocněno použitím celotělových závodních plavek, které roztažitelnost hrudního koše při nádechu značně znesnadňují (Pendergast et al., 2006; Vašíčková et al., 2017).

Výše popsané skutečnosti korelují s výsledky studie Lomaxe a McConnell (2003), která uvádí, že nádechové svalstvo plavce ležícího v horizontální poloze na vodní hladině je přibližně o 16 % slabší v porovnání s vertikálním stojem na pevném povrchu. S tím souvisí také přirozený pokles síly inspiračního svalstva až o 29 % po uplavání 200 metrů dlouhého úseku, který byl zjištěn u profesionálních sportovců kategorie masters při 90-95 % jejich osobního maxima. Uvedený pokles je spojen s přirozenou únavou dechového svalstva, jež se zvyšuje při snížené dechové frekvenci (Jakovljevic & McConnell, 2009).

Snížení dechové frekvence a řízená zádrž dechu doprovází plavce především ve startovním a obrátkových úsecích plaveckého závodu, ve kterých pravidla umožňují po odraze od stěny bazénu realizovat plavecký výjezd pod vodní hladinou ve vzdálenosti 15 metrů. Spolu s rostoucí délkou závodní tratě a množstvím podvodních plaveckých úseků se přirozeně zvyšuje únava respiračního svalstva, která se tak může přímo podílet na zhoršení dílčích výkonnostních parametrů plaveckého výkonu, jejichž optimální kombinace určuje celkový výkon v plaveckém závodě (Arellano et al., 1994; McGibbon et al., 2018; Polach et al., 2019a, 2021; Ruiz-Navarro et al., 2022). S ohledem na prezentované požadavky závodního plaveckého výkonu byly uskutečněny studie (Agalliu, 2023; Vašíčková et al., 2017), které upozorňují na potřebu implementace cíleného tréninku respiračního svalstva do sportovní přípravy závodních plavců s ploutvemi.



## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Posoudit proměnlivost výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Posoudit proměnlivost v uplavaných vzdálenostech ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™.
- 2) Posoudit proměnlivost dosažených rychlostí ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku AiroFit PRO™.
- 3) Posoudit proměnlivost v počtu kopů ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™.
- 4) Posoudit vliv dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou na celkovou rychlost v simulovaném plaveckém závodě 200 m Bi-Fins.

### **3.3 Výzkumné otázky**

- 1) Jak se promění uplavaná vzdálenost elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?
- 2) Jak se promění dosažená rychlost elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?
- 3) Jak se promění počet kopů elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?
- 4) Jak ovlivňuje proměnlivost dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou celkový výkon v simulovaném plaveckém závodě 200 m Bi-Fins?

## 4 METODIKA

Předkládaný projekt bakalářské práce má charakter evaluační případové studie, jejíž cílem je zhodnocení a vysvětlení konkrétního jevu. Dle Mareše (2015) se uvedený typ studie využívá především pro zhodnocení programu či intervenčního zásahu, což plně koresponduje se záměrem implementace respiračního tréninku do sportovní přípravy elitní plavkyně s ploutvemi. Na základě zvoleného charakteru projektu díky prozkoumání jednoho případu můžeme umožnit lepší porozumění případům podobného charakteru v budoucnu (Hendl, 2004).

### 4.1 Výzkumný soubor

Účastníci výzkumu je elitní plavkyně s ploutvemi (24 let), která je současně držitelkou světového rekordu a medailistka ze světových mistrovských soutěží. V rámci somatické charakteristiky je vhodné doplnit výšku plavkyně, která činí 186 cm. Její sportovní specializací jsou disciplíny Bi-Fins. Mezi základní kritéria pro zařazení do studie se řadí:

- Informovaný souhlas plavkyně se zařazením do studie (příloha č. 1);
- Absence akutních nebo chronických onemocnění;
- Vyplnění anamnestického dotazníku (příloha č. 2);
- Účast na vstupním, kontrolním a výstupním měření;
- Přislíbení pravidelné účasti na plaveckém a respiračním po dobu trvání výzkumu (hranice byla stanovena na 85 % tréninkové docházky).

V rámci sportovní přípravy se plavkyně pravidelně účastní plaveckých tréninků ( $7 \pm 1,5$  hod / týden) a silově-kondiční přípravy ( $2 \pm 1,5$  hod / týden) v kontextu tradiční lineární periodizace. V rámci výzkumu byl zvolen přechod mezi přípravným a předzávodním obdobím, pro které je charakteristické snížení objemu a nárůst intenzity (Lehnert et al., 2001). Objem plaveckých tréninků se ve zvoleném období pohyboval v rozmezí  $16,8 \pm 3,4$  km / týden. V průběhu tréninkových zvolených mezocyklů nebyl do plavecké přípravy implementován žádný déletrvající specializovaný blok věnující se specifickému rozvoji hypoxie.

### 4.2 Design studie

Studie je designována jako evaluační případová studie, jejímž cílem je posoudit proměnlivost výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku AiroFit PRO™. Týden

před zahájením výzkumu proběhla familiarizace, během které se plavkyně seznámila s hlavními záměry výzkumu a jeho dílčími částmi, včetně vysvětlení průběhu jednotlivých testů a jejich správného provedení.

Následovalo absolvování vstupního měření, které se skládalo ze spirometrického vyšetření zkoumající aktuální funkčnost respiračního systému, měření tělesného složení a plaveckého testu. U sledovaných parametrů spirometrického vyšetření byla předpokládána pozitivní asociace s dílčími výkonnostními parametry fází pod hladinou v rámci plaveckého testu (Kilding et al., 2010; Lemaitre et al., 2013). Ten představovala závodní simulace 200 m Bi-Fins na 25m bazénu, které vždy předcházelo standardní předzávodní rozplavání (Tabulka 1). Rozplavání představuje úvodní přípravnou etapu, jež je rozdělena na část všeobecnou (bez ploutví) a speciální (s ploutvemi) (Lehnert et al., 2001). Po ukončení přípravné etapy byla v 30minutovém časovém rozestupu zrealizována zmíněná závodní simulace, která byla v souladu s mezinárodními pravidly CMAS (*Finswimming CMAS Rules*, 2023). V rámci uvedeného testu byl pořízen 2D videozáznam, jenž byl dle standardizovaného metodického postupu analyzován (Gonjo & Olstad, 2020). Bezprostředně po ukončení každé závodní simulace byla plavkyní hodnocena subjektivně vnímaná míra dušnosti.

### Tabulka 1

#### *Předzávodní rozplavání*

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Plavání bez ploutví            | 400m (libovolné plavecké způsoby)   |
| Plavání s klasickými ploutvemi | 200m BF<br>200m PP připaž<br>200m F<br>4x50m (25RP + 25 ZN)<br>100m vyplavání bez ploutví (aktivní odpočinek) |
| Plavání s monoploutví          | 6x50m (25m připaž, 25m stupňování rychlosti PP)<br>100m vyplavání bez ploutví (aktivní odpočinek)             |

*Poznámka.* „m“ – metr; „BF“ = Bi-Fins, plavání s dvěma ploutvemi plaveckým způsobem kraul; „RP“ = plavání pod vodou na jeden nádech; „PP“ = plavání na hladině delfínovým vlněním; „připaž“ = plavání na hladině „delfínovým“ kopem s pažemi připaženými u těla; „ZN“ = znakové nohy; „F“ = fartlek

Po ukončení testování byl zrealizován intervenční zásah do sportovní přípravy plavkyně ve formě doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO™, který umožňuje měřit dechové vzorce a vizualizovat je na telefonu prostřednictvím mobilní aplikace Airofit PRO™ Sport. Díky vstupní diagnostice a zvolené sportovní specializace plavání byl nastaven tréninkový program na 28 dní, který v sobě zahrnoval každodenní diagnostiku

a trénink inspiračního (nádechového) a expiračního (výdechového) svalstva v časovém rozmezí 7-10 min / den. Respirační trénink probíhal vždy před plaveckou tréninkovou jednotkou v rámci zahřívací části. Zvolená pozice pro trénink byl vzpřímený sed, ve kterém byl nastaven optimální dechový vzor.

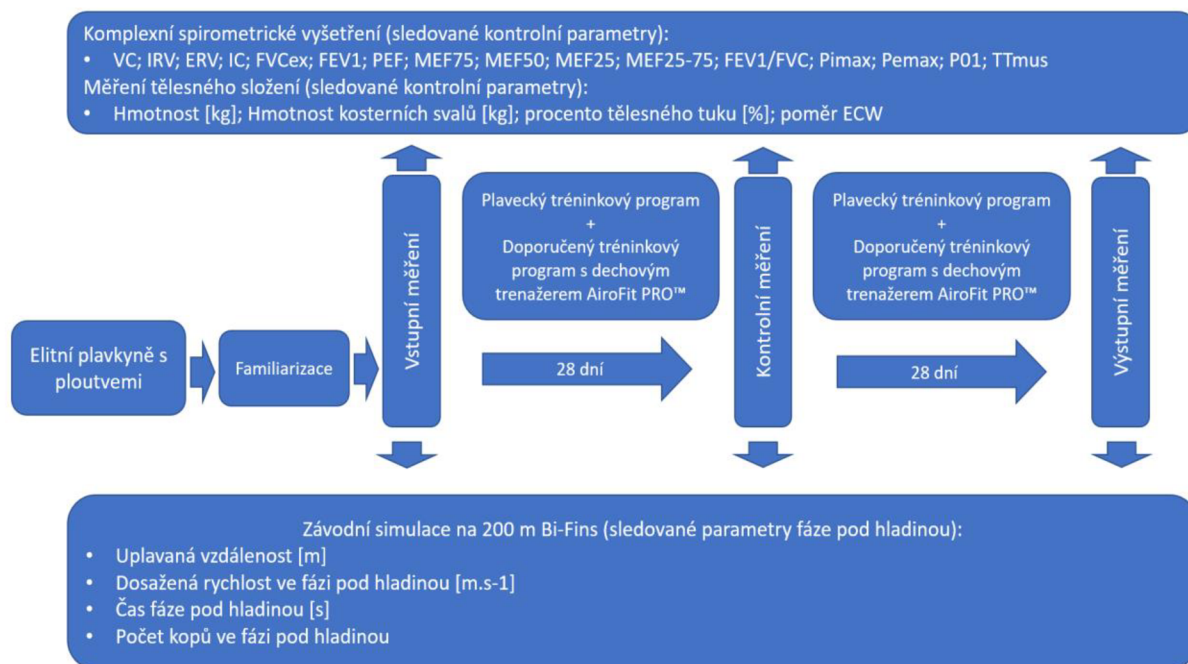
Dva dny po ukončení tréninkového programu plavkyně podstoupila kontrolní měření skládající se opět ze spirometrického vyšetření, měření tělesného složení a plaveckého testu. Pro sběr dat a jejich následné vyhodnocení byl dodržen stejný časový harmonogram a testovací protokol, jako při vstupním měření.

Aktuální studie (Kilding et al., 2010; Lemaitre et al., 2013) ovšem ukazují, že nejvýznamnější efekt doplňkového respiračního tréninku byl u plavců prokázán v rozmezí 6-8 týdnů. Na základě uvedené skutečnosti bylo nastaveno pokračování s tréninkovým programem po dobu dalších 28 dní. V průběhu tréninkového programu se plavkyně vždy řídila pokyny mobilní aplikace.

Po ukončení druhé etapy respiračního tréninku následovalo výstupní měření, při kterém byl opět dodržen stejný časový harmonogram a testovací protokol, jako v při vstupním a kontrolním měření.

## Obrázek 12

Grafické znázornění designu výzkumu



V rámci stanovení rozsahu hranic byly pro posouzení významnosti intraindividuálního porovnání rovněž sledovány následující kontrolní proměnné, které by mohly ovlivnit výkon plavkyně:

- Tréninková docházka,
- Zdravotní stav,
- Proměnlivost tělesného složení,
- Míra tréninkové zátěže ve zkoumaném období,
- Teplota vody v průběhu závodní simulace,
- Životospráva.

### **4.3 Metody a organizace sběru dat**

Všechna měření byla realizována v plavecké sezóně 2022/2023. Vstupní a kontrolní měření bylo uskutečněno v průběhu přípravného období (19. 4. a 17. 5. 2022), následné výstupní měření již zasahovalo do předzávodního období (15. 6. 2022). Testování probíhalo v prostorách Aplikačního centra BALUO, kde se nachází testovací nádrž o délce 25 metrů a v Centru léčby bolestivých stavů a pohybových poruch, spol. s r. o. (RRR centrum), kde došlo ke komplexnímu spirometrickému vyšetření a úvodní diagnostice síly a funkce respiračního svalstva.

#### **4.3.1 Sběr anamnestických údajů**

V rámci vstupního měření účastnice vyplnila osobní dotazník (údaje o pohlaví, věku, tělesné hmotnosti a výšce). Následovalo rovněž vyplnění anamnestického dotazníku, do kterého budou zaznamenány údaje o úrazech, pravidelně užívaných medikamentech, prodělaných onemocněních a o pravidelné pohybové aktivitě (příloha č. 2).

#### **4.3.2 Analýza simulovaného závodního výkonu**

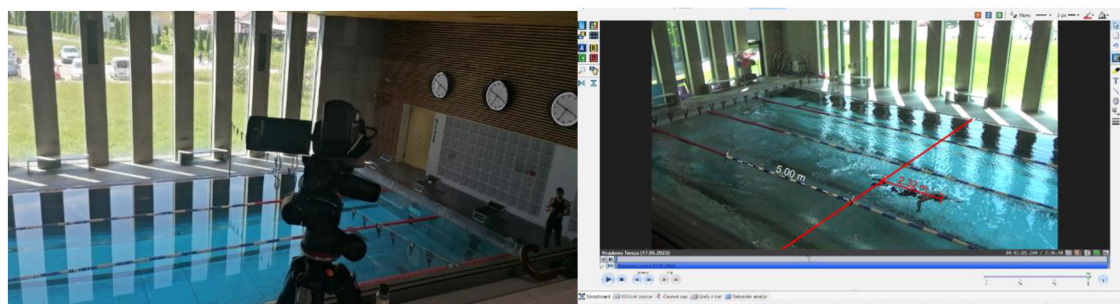
Sběr dat byl proveden pomocí 2D videozáznamu (MP4, Full HD 1920x1080, 50 snímků/s), v průběhu závodní simulace na AC BALUO v Olomouci. Pro videozáznam byla použita videokamera (Sony FDR-AX700, Tokio, Japan), která byla umístěna kolmo k podélné ose bazénu ve výšce cca 10 m nad úrovní bazénu. Videozáznam byl následně analyzován prostřednictvím softwaru Dartfish (Live S, Fribourg, Switzerland). Vzdálenost jednotlivých úseků (startovní úsek, plavecký úsek, obrátkový úsek, finiš) byla určena pomocí referenčního

značení na plaveckých drahách. Pro zajištění přesnosti a validity dat byly uvedené značky před začátkem každé simulace kontrolně přeměřeny (Veiga & Roig, 2017).

Přesný čas simulovaného závodu byl určen z videozáznamu, který byl synchronizován se startovním světelným signálem označujícím start závodu. Mezičasy na jednotlivých obrátkových úsecích včetně konečného času závodu byly určeny v momentě prvního kontaktu ploutve a ruky se stěnou bazénu, či protnutím hlavy v bodě příslušné referenční značky (Born et al., 2021a, 2021b; Michalica et al., 2023). Současně probíhala tři ruční kontrolní měření na stopkách Casio (HS-80TW-1EF, Tokio, Japan).

## Obrázek 12

*Sběr dat v rámci simulovaného závodního výkonu na AC BALUO*



### 4.3.3 Charakteristika sledovaných parametrů ve fázi pod hladinou

V rámci fáze pod hladinou po startu a po každé obrátce byly sledovány následující výkonnostní parametry:

- Vzdálenost uplavaná ve fázích pod hladinou [m],
- Čas ve fázích pod hladinou [s],
- Rychlost ve fázích pod hladinou [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ],
- Počet kopů po hladinou.

### 4.3.4 Analýza tělesného složení

Tělesné složení bylo u účastnice výzkumu měřeno pomocí multifrekvenční metody BIA pomocí přístroje InBody 720 od firmy Biospace (Biospace Co., Seoul, Korea). Pro účely této bakalářské práce byly využity a popsány parametry tělesné hmotnosti [kg], hmotnost kosterních svalů [kg], procento tělesného tuku [%] a poměr ECW, který vyjadřuje celkové množství meziprostorové kapaliny a krve v těle. Měření tělesného složení probíhalo v laboratorních podmínkách dle stanovených norem, jež jsou určovány manuálem přístroje.

Jedná se tedy o neinvazivní metodu s vysokou mírou validity a reliability (McLester et al., 2020). Před zahájením měření byl přístroj vždy kalibrován.

#### **4.3.5 Subjektivně vnímaná míra dušnosti**

Dušnost neboli dyspnoe je pacienty popisována buď jako pocit nedostatku vzduchu, nebo ztíženého a namáhavého dýchání. Dušnost tedy představuje subjektivní pocit nedostatku vzduchu (Vondra, 2015). Vzhledem k fyziologickým požadavkům sportovních výkonů lze říci, že tento stav je běžnou příčinou obav také u profesionálních sportovců. Příčiny dušnosti mohou být zakořeněny kdekoli v procesu transportu kyslíku z okolního vzduchu do pracujících svalů. Dyspnoe jako taková může být přímo spojena s dýchacím systémem nebo může být důsledkem suboptimální funkce transportu kyslíku, která nakonec vede k větší než normální ventilaci (Smoliga et al., 2016).

Vysoce trénovaní sportovci mohou v průběhu výkonu mimo jiné zaznamenat omezení výdechového průtoku (Derchak et al., 2000), čímž z hlediska subjektivního vnímání dosáhnou svých ventilačních limitů (Babb, 2013). Je tedy možné, že omezení výdechového průtoku by bylo možné překonat metodami řízeného dýchání nebo tréninkem dýchacích svalů, nicméně množství ověřených specifických intervencí určených k překonání omezení průtoku u sportovců je značně omezený (Smoliga et al., 2016). Přibližně polovina zdravých elitních vytrvalostních sportovců může zaznamenat námahou indukovanou arteriální hypoxémii (Powers et al., 1988) v důsledku nepatologického anatomické nebo fyziologické distribuce krve v kardiopulmonálním systému, kde může být rovněž narušen soulad ventilace a perfuze (Dempsey & Wagner, 1999). Všechny uvedené mechanismy mohou nakonec u vysoce trénovaných zdravých sportovců vyvolat pocit dušnosti.

The Modified Borg Dyspnea Scale (MBS) představuje modifikovanou Borgovu škálu pro subjektivní hodnocení stupně vnímané dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin (Placheta et al., 2005). Jedná se o kategorickou škálu s bodovým hodnocením od 0 do 10, kde 0 (jako míra dušnosti) odpovídá pocitu normálního dýchání (nepřítomnost dušnosti) a 10 odpovídá maximálnímu možnému pocitu dušnosti u subjektu (Obrázek 13). Také u tohoto hodnotícího nástroje jsou referenční hodnoty vždy spojeny se slovními kotvami, vybranými z běžně používaných pojmů, aby se usnadnilo hodnocení a vyvolání pocitu v mysli pacienta. Nad hodnotu 10 může pacient, pokud si to přeje, uvést vyšší skóre: to mu umožňuje ještě přesněji vyjádřit vlastní pocity (jedná se tedy o otevřenou stupnici). V oblasti rehabilitace je modifikovaná Borgova škála široce používána jako nástroj pro předepisování zátěže během svalových tréninků a klinický význam výsledku rehabilitace (ve smyslu vnímané dušnosti během

fyzické zátěže) byl validován studií Mador et al. (1995). Vzhledem k tomu, že vnímání dušnosti vyvolané cvičením závisí na podnětu, kterému byl pacient vystaven, mělo by se hodnocení pomocí Borgovy stupnice v ideálním případě provádět při stejné zátěži (Crisafulli & Clini, 2010). V rámci připravované studie bude tento nástroj využit pro vyhodnocení subjektivně vnímané míry dušnosti bezprostředně po uplavání závodní simulace.

### Obrázek 13

Škála MBS (Neumannová & Kolek, 2018, p. 39)

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| 0   | vůbec žádná           |
| 0,5 | velmi, velmi slabá    |
| 1   | velmi slabá           |
| 2   | lehká                 |
| 3   | střední               |
| 4   | poněkud silná (těžká) |
| 5   | silná (těžká)         |
| 6   |                       |
| 7   | velmi silná (těžká)   |
| 8   |                       |
| 9   |                       |
| 10  | velmi, velmi silná    |
| *   | maximální             |

#### 4.3.6 Spirometrické vyšetření

Představuje neinvazivní vyšetření, jež se využívá k měření objemů a kapacit plicní ventilace (Neumannová & Kolek, 2018). Pro účely vstupního, kontrolního i výstupního měření byl použit přístroj Geratherm Respiratory DIFFUSTIK (Geratherm Respiratory GmbH, Bad Kissingen, Germany), který prostřednictvím kardiopulmonálního diagnostického softwaru BLUE CHERRY® (V 1.3.0.1) měří, vyhodnocuje a zobrazuje výsledky spirometrického vyšetření.

Účastnice byla předem informována o průběhu vyšetření a po celou dobu vyšetření instruována vyšetřující osobou. V rámci vyšetření byly zajištěny vhodné podmínky a dostatečné soukromí. Účastnice prokonzultovala svůj aktuální zdravotní stav s vyšetřující osobou, aby se předešlo případným aspektům, které by mohly výsledky testování zkreslit. Výchozí pozicí pro vyšetření byl zvolen vzpřímený sed s oporou dolních končetin. Účastnice obdržela před vyšetřením svůj bakteriologický filtr a náustek.



Spirometrické měření bylo zahájeno klidovým dýcháním, po kterém následoval plynulý maximální výdech. Po tomto maximálním výdechu byl proveden rychlý maximální nádech a ihned po něm rychlý maximální výdech. Poté došlo ke znovuobnovení klidového dýchání. Následně se celý postup zopakoval.

V rámci spirometrického vyšetření byla zaznamenána data definující vitální kapacitu (VC) představující součet dechového objemu, inspiračního rezervního objemu (IRV) a expiračního rezervního objemu (ERV). Mezi další parametry se řadí inspirační kapacita (IC), usilovná vitální kapacita (FVC<sub>ex</sub>), usilovně vydechnutý objem za jednu sekundu FEV<sub>1</sub> a maximální výdechový průtok (PEF). Výdechový průtok je rovněž zaznamenáván při procentuálním snižování vitální kapacity a je udáván jako výdechový průtok naměřený při 75 % (MEF<sub>75</sub>), 50 % (MEF<sub>50</sub>) a 25 % (MEF<sub>25</sub>) vitální kapacity. Stejně tak lze zaznamenat výdechový průtok mezi 25 a 75 % vitální kapacity (MEF<sub>25-75</sub>). Pro úplnost je vhodné zmínit Tiffeneauův index (FEV<sub>1</sub>/FVC), který pomáhá při diagnóze obstrukční a restriktivní plicní nemoci (Neumannová & Kolek, 2018).

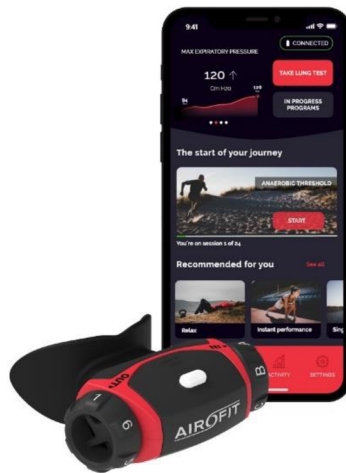
Směrodatné pro posouzení síly respiračního svalstva jsou parametry určující respirační úsilí, které je vyjádřeno především maximálním tlakem vydechnutým po nádechu (P<sub>lmax</sub>) a maximálním tlakem vyvinutým po výdechu (P<sub>Emax</sub>). Dále jsou v rámci vyšetření měřeny tlak měřený 0,1 s po zahájení nádechu (P<sub>01</sub> < 0,2) a index dechové práce (TT<sub>mus</sub> < 0,1), který je určující při hodnocení svalové únavy (Chlumský, 2014).

#### **4.3.7 Dechový trenažer Airofit PRO™**

Airofit PRO™ představuje malý, přenosný, lehký a neinvazivní tlakoměr s gumovým přírubovým náustkem, který je určen pro trénink respiračního svalstva. Jednotka Airofit PRO™ E-unit obsahuje tlakové senzory a vysílač Bluetooth. Ten umožňuje měřit dechové vzorce a vizualizovat je na mobilním zařízení prostřednictvím smart aplikace Airofit PRO™ Sport. Trenažer dýchání Airofit PRO™ (Obrázek 13) navíc poskytuje nastavitelný odpor proudění vzduchu. Úroveň odporu je nastavena na základě vstupního měření, zvoleného typu tréninkového programu, délce trvání tréninkové jednotky a její intenzitě. Airofit PRO™ tvoří potřebný odpor (obrázek 13) především bránci a mezižebními svalům, což vede k vyvolání únavy, která je následně kompenzována růstem svalové tkáně. Přestože je dle Petrika (2022) potřeba dalšího zkoumání požadovaného efektu u tohoto typu trenažeru, již vznikají aktuální studie (Stavrou et al., 2021) podporující jeho účinnost. Tréninkový systém Airofit PRO™ je navržen v souladu se směrnicí o zdravotnických prostředcích – MDD 2007/47/ES (Airofit PRO, 2021).

### Obrázek 13

*Trenažér dýchání Airofit PRO™ (Airofit PRO, 2021, p. 3)*



#### 4.4 Etické aspekty výzkumu

Účastnice výzkumu byla před zahájením obeznámena s jeho průběhem a cíli. Jedním z kritérií pro zařazení uchazečky do výzkumu je podepsání informovaného souhlasu s testováním a vyplnění anamnestického dotazníku. Společnost Airofit A/S odpovídá za bezpečnost, spolehlivost a výkonnost zařízení Airofit PRO pouze za předpokladu, že je zařízení používáno v souladu s návodem, který je přiložen k výrobku. Účastnice výzkumu byla s návodem podrobně seznámena. Projekt byl rovněž schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem 57/2022 (příloha č. 3).

#### 4.5 Statistické zpracování dat

Data byla dále zpracována v softwaru STATISTICA (verze 31.4.0.14.). Z důvodu ověření reliability dat byl výzkumný soubor současně posouzen dalšími dvěma analytiky. Pro ověření shody mezi opakovanými měřeními byl použit koeficient vnitrotřídní korelace (ICC), jehož průměrná hodnota se pohybovala v rozmezí (0,988-0,989).

Pro posouzení proměnlivosti výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ byl použit neparametrický Wilcoxonův párový test dvou závislých vzorků. Hladina statistické významnosti byla stanovena  $\alpha=0,05$ . Vzhledem k povaze výzkumu a velikosti výzkumného souboru byla prostřednictvím Cohenova  $d$  rovněž vyjádřena věcná (empirická) významnost, která prioritně vychází ze zkušeností, znalostí a kritického přístupu odborníka

v dané výzkumné oblasti (Sigmundová & Sigmund, 2012). Běžně používané hodnocení velikosti koeficientu  $d$  je dle Cohen (2013) a Sheskinse (2007) následující:

- $d \geq 0,80$  = velký efekt,
- $d (0,50-0,80)$  = střední efekt,
- $d (0,20-0,50)$  = malý efekt.

Pro výpočet  $d$  koeficientu effect size při srovnávání proměnných u dvou souborů byla použita transformační rovnice uvedena v tabulce (obrázek 14) Cortina a Nouri (2000), která byla upravena Sigmundovou a Sigmundem (2012). Konkrétně byl pro výpočet použit  $z$  test.

#### Obrázek 14

*Transformační rovnice pro výpočet  $d$  koeficientu effect size při srovnávání proměnné u dvou souborů (Sigmundová & Sigmund, 2012, p. 65)*

| <i>POUŽITÁ<br/>testovací<br/>statistika</i> | <i>TRANSFORMAČNÍ ROVNICE<br/>pro výpočet koeficientu <math>d</math></i> | <i>POZNÁMKA<br/>k velikosti souboru</i> |
|---|---|---|
| <i>t</i> post-hoc<br>test                   | $d = t \sqrt{[(1/n_e) + (1/n_c)]}$                                      | nestejně velké<br>soubory               |
|   | $d = 2t / \sqrt{DF_{within}}$ nebo $d = t \sqrt{2/n_c}$                 | přibližně stejně<br>velké soubory       |
| <i>F</i> analýza<br>variance                | $d = \sqrt{F} \sqrt{[(1/n_e) + (1/n_c)]}$                               | nestejně velké<br>soubory               |
|   | $d = 2\sqrt{F / (DF_{within})}$   | přibližně stejně<br>velké soubory       |
| <i>z</i> test                               | $d = 2Z / \sqrt{N}$   | $N = n_c + n_e$                         |

*Poznámka.*  $t$  = post-hoc test;  $F$  = ANOVA;  $Z$  = neparametrický test;  $n_c$  a  $n_e$  = počet respondentů v kontrolní, resp. experimentální skupině;  $DF_{within}$  = stupně volnosti uvnitř skupiny;  $N$  = celkový počet respondentů v komparovaných souborech

## 5 VÝSLEDKY

Mezi vstupním a kontrolním měřením uvedených v Tabulce 1 došlo ke zlepšení všech respiračních funkcí vyjma expiračního rezervního objemu (1,81 vs. 1,60) a usilovné vitální kapacity. Ovšem mezi kontrolním a výstupním měření bylo zaznamenáno zlepšení u parametru vitální kapacita plic (5,2 vs. 5,31), v expirační rezervní objem (1,6 vs. 1,91), usilovná vitální kapacita (5,12 vs. 5,31), maximální výdechový průtok (9,55 vs. 10,13) a index dechové práce (0,07 vs. 0,06).

**Tabulka 1**

*Průměrné hodnoty respiračních parametrů plavkyně z opakovaného měření*

| Vybrané respirační parametry | 1. Vstupní měření | 2. Kontrolní měření | 3. Výstupní měření |
|------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
|                              | M                 | M                   | M                  |
| VC                           | 5,16              | 5,20                | 5,31               |
| ERV                          | 1,81              | 1,60                | 1,91               |
| IC                           | 3,35              | 3,52                | 3,40               |
| FVC <sub>ex</sub>            | 5,16              | 5,12                | 5,31               |
| FEV <sub>1</sub>             | 4,31              | 4,54                | 4,48               |
| PEF                          | 9,13              | 9,55                | 10,13              |
| P <sub>lmax</sub>            | 9,20              | 12,9                | 12,30              |
| P <sub>Emax</sub>            | 12,7              | 14,5                | 14,20              |
| TT <sub>mus</sub>            | 0,11              | 0,07                | 0,06               |

*Poznámka.* M = průměr; VC = vitální kapacita; ERV = expirační rezervní objem; IC = inspirační kapacita; FVC<sub>ex</sub> = usilovná vitální kapacita; FEV<sub>1</sub> usilovně vydechnutý objem za jednu sekundu; PEF = maximální výdechový průtok; P<sub>lmax</sub> = maximální tlak vydechnutý po nádechu; P<sub>Emax</sub> = maximální tlak vyvinutým po výdechu; TT<sub>mus</sub> = index dechové práce

Tabulka 2 reflektuje naměřené hodnoty zvolených parametrů tělesného složení plavkyně. Zde mezi vstupním a kontrolním měřením došlo k výraznému úbytku hmotnosti [kg] (89,8 vs. 85,7), které bylo doprovázeno redukcí hmotnosti kosterních svalů (37,4 vs. 37,0) a procenta tělesného tuku (26,0 vs. 23,6). Menší úbytek byl také zaznamenán v poměru ECW (0,378 vs. 0,375). Redukce tělesné hmotnosti byla zaznamenána, i když v menší míře také mezi kontrolním a výstupním měřením (85,7 vs. 85,4). Zde ovšem došlo k nárůstu svalové hmoty (37,0 vs. 37,2) a redukcí procenta tělesného tuku (23,6 vs. 22,9). Poměr ECW zůstal nezměněn.

## Tabulka 2

*Průměrné hodnoty tělesného složení plavkyně z opakovaného měření*

| Vybrané parametry<br>tělesného složení | 1. Vstupní měření | 2. Kontrolní měření | 3. Výstupní měření |
|--|-------------------|---------------------|--------------------|
|  | M                 | M                   | M                  |
| Hmotnost [kg]                          | 89,8              | 85,7                | 85,4               |
| Hmotnost kosterních svalů [kg]         | 37,4              | 37,0                | 37,2               |
| Procento tělesného tuku [%]            | 26,0              | 23,6                | 22,9               |
| Poměr ECW                              | 0,378             | 0,375               | 0,375              |

*Poznámka.* M = průměr; ECW =

Z hlediska míry proměnlivosti subjektivně hodnocené míry vnímané dušnosti byla zaznamenána klesající tendence v každém měření. V rámci vstupního měření hodnotila plavkyně míru dušnosti stupněm 9. Po ukončení závodní simulace v rámci kontrolního měření stupněm 8, který byl totožný s výsledkem z výstupního měření.

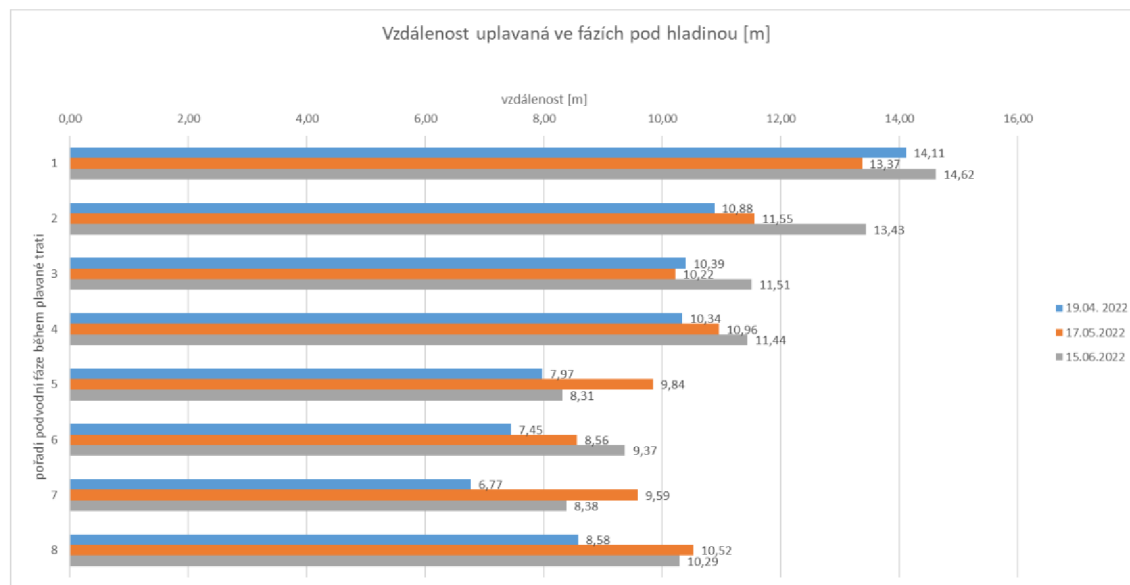
### 5.1 Kapitola k první výzkumné otázce

*Jak se promění uplavaná vzdálenost elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?*

Při porovnání uplavané vzdálenosti ve fázích pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ byl mezi vstupním a kontrolním měřením prokázán velký efekt z hlediska nadefinované věcné významnosti ( $d=0,91$ ) (Tabulka 3). Naproti tomu mezi kontrolním a výstupním měřením byl prokázán pouze malý efekt ( $d=0,42$ ) (Tabulka 4). Ovšem jako signifikantní ( $p<0,05$ ) byl prokázán rozdíl mezi naměřenými vzdálenostmi ve vstupním a výstupním měření (Tabulka 5). Vzdálenost uplavaná ve fázích pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ se mezi vstupním a kontrolním měřením prodloužila o 11 %. Zatímco mezi vstupním a výstupním měřením byla vzdálenost prodloužena o 14 % (Obrázek 15).

**Obrázek 15**

*Grafické zobrazení vzdáleností ve fázích pod hladinou*



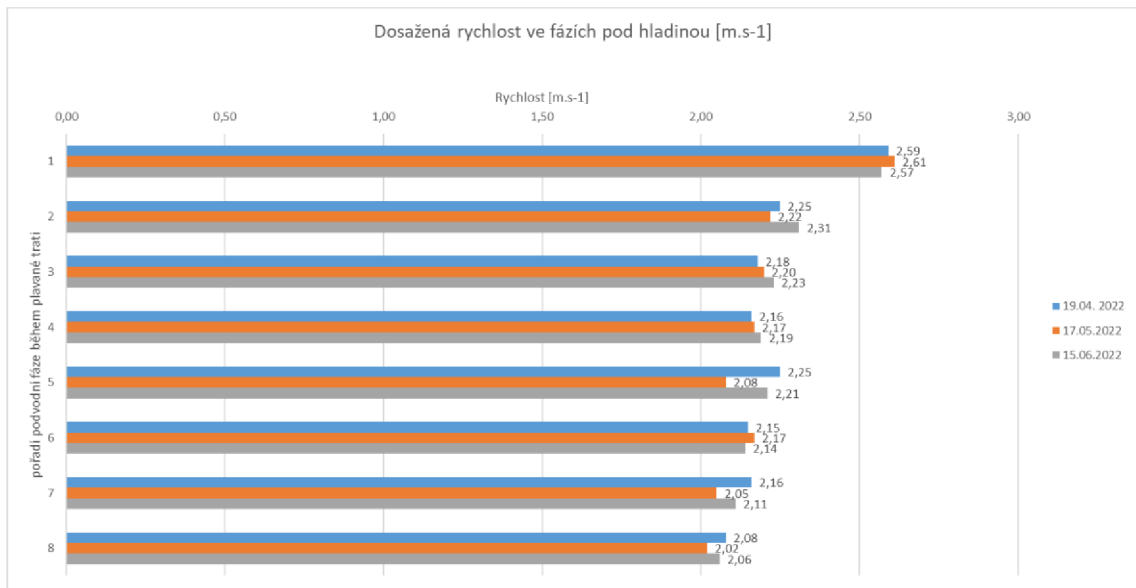
## 5.2 Kapitola ke druhé výzkumné otázce

*Jak se promění dosažená rychlost elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?*

Při porovnání dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ byl mezi vstupním a kontrolním měřením prokázán střední efekt z hlediska nadefinované věcné významnosti ( $d=0,56$ ) (Tabulka 3). Stejného středního efektu ( $d=0,77$ ) bylo dosaženo při porovnání mezi kontrolním a výstupním měřením (Tabulka 4) a mezi vstupním a výstupním měřením byla prokázána shoda ( $p=1,00$ ) v dosažené rychlosti (Tabulka 5). Rychlost dosažená ve fázích pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ se tak mezi vstupním a kontrolním měřením o 2 % poklesla, zatímco mezi vstupním a výstupním měřením dosahovala stejných hodnot (Obrázek 16).

## Obrázek 16

Grafické zobrazení dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou



### 5.3 Kapitola ke třetí výzkumné otázce

*Jak se promění počet kopů elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?*

Při porovnání počtu kopů ve fázích pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ byl mezi vstupním a kontrolním měřením prokázán malý efekt z hlediska nadefinované věcné významnosti ( $d=0,47$ ) (Tabulka 3). Stejného malého efektu ( $d=0,30$ ) bylo dosaženo při porovnání mezi kontrolním a výstupním měřením (Tabulka 4). Ovšem jako signifikantní ( $p<0,05$ ) byl prokázán efekt mezi naměřeným počtem kopů ve vstupním a výstupním měření (Tabulka 5). Počet kopů ve fázích pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ se mezi vstupním a kontrolním měřením navýšil přibližně o 0,5 kopu. Zatímco mezi vstupním a výstupním měřením byl počet kopů navýšen přibližně o 0,75 kopu (Obrázek 17).

## Obrázek 17

Grafické znázornění počtu kopů ve fázích pod hladinou



## 5.4 Kapitola ke čtvrté výzkumné otázce

*Jak ovlivňuje proměnlivost dosažené rychlosti ve fázích pro hladinou celkový výkon v simulovaném plaveckém závodě 200 m Bi-Fins?*

Pro určení vlivu dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou z hlediska proměnlivosti na celkový výkon simulovaného plaveckého závodu 200 m Bi-Fins byla dopočítána rychlost dosažená v plaveckých úsecích, což reflektuje Tabulka 6. Zde byla prokázána signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdílnost mezi rychlostí [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] dosaženou pod hladinou a na hladině (1. Vstupní měření  $2,23 \pm 0,15$  vs.  $1,69 \pm 0,10$ ; 2. Kontrolní měření  $2,19 \pm 0,17$  vs.  $1,66 \pm 0,09$ ; 3. Výstupní měření  $2,23 \pm 0,15$  vs.  $1,72 \pm 0,13$ ) v průběhu všech tří měření.



## 5.5 Tabulky reflektující porovnání vybraných výkonnostních parametrů ve fázích pod hladinou

**Tabulka 3**

*Porovnání vybraných výkonnostních parametrů ve fázích pod hladinou mezi 1. a 2. měřením*

| Vybrané výkonnostní parametry fáze pod hladinou | 200 m Bi-Fins     |                     |          |          |          |
|---|-------------------|---------------------|----------|----------|----------|
|   | 1. Vstupní měření | 2. Kontrolní měření | <i>p</i> | <i>Z</i> | <i>d</i> |
|   | M±SD              | M±SD                |          |          |          |
| Vzdálenost pod hladinou [m]                     | 9,56 ± 2,22       | 10,58 ± 1,35        | 0,068    | 1,82     | 0,91     |
| Rychlost pod hladinou [m.s <sup>-1</sup> ]      | 2,23 ± 0,15       | 2,19 ± 0,17         | 0,262    | 1,12     | 0,56     |
| Počet kopů pod hladinou                         | 5,25 ± 1,48       | 5,75 ± 0,97         | 0,345    | 0,94     | 0,47     |
| Čas fáze pod hladinou [s]                       | 4,26 ± 0,76       | 4,82 ± 0,40         | 0,049*   | 1,96     | 0,98     |

*Poznámka.* M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl; *d* = Cohenovo *d*; *Z* = neparametrický Wilcoxonův párový test

**Tabulka 4**

*Porovnání vybraných výkonnostních parametrů ve fázích pod hladinou mezi 2. a 3. měřením*

| Vybrané výkonnostní parametry fáze pod hladinou | 200 m Bi-Fins       |                    |          |          |          |
|---|---------------------|--------------------|----------|----------|----------|
|   | 2. Kontrolní měření | 3. Výstupní měření | <i>p</i> | <i>Z</i> | <i>d</i> |
|   | M±SD                | M±SD               |          |          |          |
| Vzdálenost pod hladinou [m]                     | 10,58 ± 1,35        | 10,92 ± 2,14       | 0,401    | 0,84     | 0,42     |
| Rychlost pod hladinou [m.s <sup>-1</sup> ]      | 2,19 ± 0,17         | 2,23 ± 0,15        | 0,123    | 1,54     | 0,77     |
| Počet kopů pod hladinou                         | 5,75 ± 0,97         | 6,00 ± 1,5         | 0,554    | 0,59     | 0,30     |
| Čas fáze pod hladinou [s]                       | 4,82 ± 0,40         | 4,86 ± 0,71        | 0,889    | 0,14     | 0,07     |

*Poznámka.* M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl; *d* = Cohenovo *d*; *Z* = neparametrický Wilcoxonův párový test

## Tabulka 5

Porovnání vybraných výkonnostních parametrů ve fázích pod hladinou mezi 1. a 3. měřením

| Vybrané<br>výkonnostní<br>parametry fáze<br>pod hladinou | 200 m Bi-Fins        |                       |          |          |          |
|--|----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|
|  | 1. Vstupní<br>měření | 3. Výstupní<br>měření | <i>p</i> | <i>Z</i> | <i>d</i> |
|  | M±SD                 | M±SD                  |          |          |          |
| Vzdálenost pod<br>hladinou [m]                           | 9,56 ± 2,22          | 10,92 ± 2,14          | 0,012*   | 2,52     | 1,26     |
| Rychlost pod<br>hladinou [m.s <sup>-1</sup> ]            | 2,23 ± 0,15          | 2,23 ± 0,15           | 1,000    | 0        | 0        |
| Počet kopů pod<br>hladinou                               | 5,25 ± 1,48          | 6,00 ± 1,5            | 0,043*   | 2,02     | 1,01     |
| Čas fáze pod<br>hladinou [s]                             | 4,26 ± 0,76          | 4,86 ± 0,71           | 0,012*   | 2,52     | 1,26     |

Poznámka. M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl; *d* = Cohenovo *d*; *Z* = neparametrický Wilcoxonův párový test

## Tabulka 6

Porovnání dosažené rychlosti ve fázích pod a nad hladinou v simulovaném plaveckém závodě 200 m Bi-Fins

| Fáze testování         | 200 m Bi-Fins                                 |   |          |          |          |
|------------------------|---|---|----------|----------|----------|
|                        | Rychlost pod<br>hladinou [m.s <sup>-1</sup> ] | Rychlost na<br>hladině [m.s <sup>-1</sup> ] | <i>p</i> | <i>Z</i> | <i>d</i> |
|                        | M±SD  | M±SD  |          |          |          |
| 1. Vstupní<br>měření   | 2,23 ± 0,15                                   | 1,69 ± 0,10                                 | 0,012*   | 2,52     | 1,26     |
| 2. Kontrolní<br>měření | 2,19 ± 0,17                                   | 1,66 ± 0,09                                 | 0,012*   | 2,52     | 1,26     |
| 3. Výstupní<br>měření  | 2,23 ± 0,15                                   | 1,72 ± 0,13                                 | 0,012*   | 2,52     | 1,26     |

Poznámka. M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl; *d* = Cohenovo *d*; *Z* = neparametrický Wilcoxonův párový test

## 6 DISKUSE

Pro správnou interpretaci výsledků této práce a tvorbu diskuse, je nutné zmínit předpoklad pozitivní asociace mezi vybranými respiračními parametry a plaveckým výkonem. Efekt zlepšení plaveckého výkonu byl již dříve prokázán jak při aplikaci krátkodobého (Wilson et al., 2014), tak i dlouhodobého doplňkového respiračního tréninku (Kilding et al., 2010; Lemaître et al., 2013; Vašíčková et al., 2017). Na základě tohoto předpokladu byla uskutečněna případová evaluační studie, která si klade za cíl zhodnotit proměnlivost simulovaného plaveckého výkonu (200 m Bi-Fins) ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™. Z hlediska respiračního systému bylo prokázáno výrazné zlepšení vybraných respiračních parametrů, a to především mezi vstupním a kontrolním měřením, které proběhlo po absolvování první fáze tréninkového programu (délka 28 dní). Tato zjištění jsou ve shodě s výsledky studie Vašíčkové et al. (2017), jež podobný efekt prokázala po aplikaci měsíčního tréninkového programu u mladých plavců s ploutvemi ( $12,0 \pm 1,7$  let).

Kromě proměnlivosti plaveckého výkonu byla posuzována také změna v tělesném složení plavkyně. Obecně lze říci, že v porovnání s běžnou populací plavkyně disponují nižším procentem tělesného tuku v důsledku absolvování vysoce intenzivních tréninkových programů (Bloomfield et al., 1984). Průměrný podíl tělesného tuku vyjádřený jako procento celkové tělesné hmotnosti byl u mladých plavkyň zaznamenán kolem 16 % (Duché et al., 1993), zatímco u dospělých vysokoškolských závodních plavkyň se procento tuku pohybovalo od 14 do 28 % v závislosti na věku (Siders et al., 1993; Vaccaro et al., 1984). Uvedený interval plně odpovídá prezentovaným výsledkům této studie, ve které došlo k redukci tělesného tuku z 26 % na 22,9 %. Na druhou stranu dle Stager et al. (1984) nebyl prokázán žádný vztah mezi výkonností mladých plavkyň a jejich tělesnou hustotou, procentem tuku nebo tělesnou tukovou hmotností. S výkonností však souvisí beztuková tělesná hmotnost, která reflektuje zvýšenou svalovou hypertrofii (Seifert & Chollet, 2011). Tento trend ovšem není prokazatelný v rámci představované studie, neboť mezi vstupním a výstupním měřením došlo k redukci hmotnosti kosterních svalů z 37,4 na 37,2 Kg.

V rámci výzkumu byla také hodnocena míra subjektivně vnímané dušnosti bezprostředně po ukončení závodní simulace, u které byla prokázána klesající tendence. Tyto výsledky korespondují s výsledky Kilding et al. (2010) a Romer et al. (2002), jejichž designy rovněž obsahovaly hodnocení subjektivně vnímané námahy prostřednictvím Borgovy škály (Mador et al., 1995).

## 6.1 Kapitola k první výzkumné otázce

*Jak se promění uplavaná vzdálenost elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?*

Aktuální studie (Born et al., 2021a, 2021b; Marinho et al., 2020b) věnující se detailní analýze plaveckých výkonů poukazují na možnost potenciálního zlepšení především acyklických úsecích (startovním a obrátkových úsecích) plaveckého závodu, kde je plavcům umožněno plavání pod vodní hladinou do vzdálenosti 15ti metrů. Dle Agallia (2023) lze v závodním plavání s ploutvemi fázi pod hladinou považovat za rozhodující část obrátkových úseků, které mohou mít významný vliv na celkový plavecký výkon a to především na 200 m tratích (Veiga & Roig, 2016, 2017).

Vzdálenosti, které elitní plavci překonávají v podvodních úsecích, se obvykle pohybují od 5 m do 14 m v závislosti na typu a délce závodní tratě (Marinho et al., 2020b; Morais et al., 2019; Polach et al., 2021). Uvedené rozmezí plně koresponduje s výsledky předkládané studie. Prodloužení fáze pod hladinou však sebou nese rizika zvýšené fyziologické únavy plavce v důsledku příliš vysokého hypoxického podnětu, jenž dynamická apnoe způsobuje (Figueiredo et al., 2013; Veiga et al., 2022a). Přesto bylo v rámci prezentované studie zjištěno, že po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ dosahovala plavkyně výrazně delších vzdáleností. Mezi vstupním a kontrolním měřením došlo konkrétně k jejímu prodloužení o 11 % ( $9,56 \pm 2,22$  vs.  $10,58 \pm 1,35$ ), zatímco mezi vstupním a výstupním měřením byla vzdálenost navýšena o 14 % ( $9,56 \pm 2,22$  vs.  $10,92 \pm 2,14$ ). Prodloužení fáze pod hladinou po aplikaci doplňkového respiračního tréninku plně koresponduje s prezentovanými závěry studií Vašíčková et al. (2017) a Wylegala et al. (2007).

## 6.2 Kapitola ke druhé výzkumné otázce

*Jak se promění dosažená rychlost elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?*

Výsledky aktuální studie (Michalica et al., 2023) ukazují, že klíčovým odlišujícím parametrem ve výkonech v rámci obrátkových úseků u elitních českých a světových plavkyň s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins je dosažená rychlost ve fázi pod hladinou. Především lze tento trend sledovat u 200 m tratích. Dle Cuenca-Fernández et al (2022) je

dosažená rychlost během fáze pod hladinou mnohem důležitějším ukazatelem plavecké výkonnosti než čas, který v ní plavec stráví. Lze tedy konstatovat, že změny ve zmíněných dílčích parametrech (vzdálenost a rychlost během fáze pod hladinou) mohou mít rozhodující vliv nejen na celkový výkon v obrátkových úsecích, ale také na celkový čas závodu. Proto lze předpokládat, že díky udržení rychlosti [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] při vstupním i výstupním měření ( $2,23 \pm 0,15$ ) a prodloužením uplavané vzdálenosti ve fázi pod hladinou došlo ke zlepšení celkového výkonu. Jako rozhodující se tedy jeví zvolení vhodné individuální kombinace obou výkonnostních parametrů (Tourny-Chollet et al., 2002; Veiga et al., 2014, 2016; Veiga & Roig, 2016).

Na rychlost ve fázích po hladinou může mít rozhodující vliv rovněž aktuální síla odrazu dolních končetin plavce ze startovního bloku (Březina et al., 2022), potažmo od stěny bazénu v obrátkovém úseku (Mullen, 2018). Proto je nutné poukázat na hlavní limitu předkládané studie, kterou je absence monitorování dynamické síly dolních končetin v průběhu vstupního, kontrolního i výstupního měření.

### **6.3 Kapitola ke třetí výzkumné otázce**

*Jak se promění počet kopů elitní plavkyně s ploutvemi ve fázi pod hladinou v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™?*

Delfínové vlnění ve fázi pod hladinou pomáhá plavcům udržet vysokou rychlost po startu z bloku či po odraze od stěny bazénu (Takeda et al., 2022). Dle Zampara et al. (2012) je pro udržení rychlosti a především zrychlení v prvních 5 m a následujících 10 m po obrátce rozhodující efektivita provedení delfínového kopu. Ta se s rostoucí délkou závodní tratě a nahromaděnou únavou přirozeně proměňuje (Neuls et al., 2018).

Proto se elitní plavci pro udržení co nejvyšší rychlosti po odraze přiklání především ve sprinterských kraulových disciplínách (50VZ a 100VZ) k výjezdům s nižším počtem delfínových kopů, a to především v závěrečných obrátkových úsecích, kde se fyziologická únava promítá do snížení efektivity lokomočního vzoru (Kubínek, 2022). Ovšem výsledky prezentované studie prokazují, že během závodní simulace 200 m Bi Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™ byla plavkyně mezi jednotlivými měřeními schopna počet kopů ve fázi pod hladinou navýšit (1. Vstupní měření  $5,25 \pm 1,48$  vs. 2. Kontrolní měření  $5,75 \pm 0,97$ ; 1. Vstupní měření  $5,25 \pm 1,48$  vs. 3. Výstupní měření  $6,00 \pm 1,5$ ).

Navýšení frekvence kopů ve fázi pod hladinou ovšem nesmí být uskutečněn na úkor poklesu dosažené rychlosti v této fázi, neboť pak by se plavcům pohyb jevil jako neefektivní (Shimojo et al., 2014; Yamakawa et al., 2017). Na základě prezentovaných výsledků plavkyně

při udržení totožné rychlosti [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] během vstupního i výstupního měření ( $2,23 \pm 0,15$ ) dosahovala vyššího počtu kopů, což poukazuje na udržení efektivity lokomočního vzoru.

#### 6.4 Kapitola ke čtvrté výzkumné otázce

*Jak ovlivňuje proměnlivost dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou celkový výkon v simulovaném plaveckém závodě 200 m Bi-Fins?*

Z hlediska biomechanických zákonitostí, jež je nutné v plaveckých sportech respektovat, lze předpokládat, že ve fázích pod hladinou dosahují plavci vyšších rychlostí než při plavání na hladině díky eliminaci vlnového odporu (Vennell et al., 2006) a vysokým počátečním rychlostem dosahovaným po startovním skoku (Born et al., 2020; Březina et al., 2022) nebo po odrazu od stěny bazénu (Veiga et al., 2022b). Nicméně, jak již bylo dříve řečeno, dynamická apnoe, ve které se plavec pohybuje, s sebou nese rizika zvýšené fyziologické únavy, která může být doprovázena ztrátou rychlosti nejen ve fázi pod hladinou, taktéž v plaveckém úseku (Figueiredo et al., 2013; Veiga et al., 2022a).

Proto byla pro určení vlivu dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou z hlediska proměnlivosti na celkový výkon simulovaného plaveckého závodu 200 m Bi-Fins dopočítána rychlost dosažená v plaveckých úsecích, což reflektuje Tabulka 6. Byla zde prokázána signifikantní ( $p < 0,05$ ) poměrově stejná rozdílnost mezi rychlostí [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] dosaženou pod hladinou a na hladině (1. Vstupní měření  $2,23 \pm 0,15$  vs.  $1,69 \pm 0,10$ ; 2. Kontrolní měření  $2,19 \pm 0,17$  vs.  $1,66 \pm 0,09$ ; 3. Výstupní měření  $2,23 \pm 0,15$  vs.  $1,72 \pm 0,13$ ) v průběhu všech tří měření. Naměřené výsledky poukazují na zlepšení celkové výkonnosti, a to jak v cyklických, tak acyklických úsecích závodní simulace. Lze tedy předpokládat, že udržení rychlosti a prodloužení uplavané vzdálenosti ve fázi pod hladinou nemělo rozhodující vliv na zvýšení fyziologické únavy plavkyně.

## 7 ZÁVĚRY

Prezentovaná případová studie nabízí detailní vhled na proměnlivost výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu opakované závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™. Na základě prezentovaných výsledků lze říct, že hlavní cíl práce byl naplněn a došlo tedy prostřednictvím metody videoanalýzy ke komplexnímu posouzení proměnlivosti dílčích vybraných výkonnostních parametrů simulovaného závodního výkonu ve fázích pod hladinou.

Nejprve byla posuzována proměnlivost uplavané vzdálenosti během podvodních fází (dílní cíl 1). Zde byl patrný významný nárůst uplavané vzdálenosti mezi vstupním a kontrolním měřením o 11 % ( $9,56 \pm 2,22$  m vs.  $10,58 \pm 1,35$  m) a mezi vstupním a výstupním měřením o 14 % ( $9,56 \pm 2,22$  m vs.  $10,92 \pm 2,14$  m).

Dále bylo zjištěno, že mezi vstupním a výstupním měřením nedošlo k významné ztrátě rychlosti dosažené ve fázích pod hladinou ( $2,23 \pm 0,15$  [m.s<sup>-1</sup>]) (dílní cíl2), naopak byl významně navýšen průměrný počet kopů v kontrolním měření přibližně o 0,5 a ve výstupním měření přibližně o 0,75 kopu (dílní cíl 3).

Posouzen byl rovněž vliv dosažené rychlosti ve fázích pod hladinou na celkovou rychlost v simulovaném plaveckém závodě 200 m Bi-Fins (dílní cíl 4). Z naměřených dat lze konstatovat, že došlo ke k významnému zlepšení sportovní výkonnosti plavkyně, a to nejen ve fázích pod hladinou, ale také v plaveckých úsecích, kde byl naměřen totožný poměr obou rychlostí.

Představené výsledky a závěry práce mají aplikační potenciál do sportovní přípravy závodních plavců s ploutvemi. Je však třeba respektovat a zohlednit individuální aspekty výkonnosti u jednotlivých plavců, a proto je pro ověření vlivu doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO™ na sportovní výkon žádoucí realizace dalších výzkumů. Plánované studie by se tak kromě posuzování dlouhodobého efektu měly zaměřit i na ověření efektu krátkodobého, který v prostředí závodního plavání s ploutvemi nebyl doposud realizován.

## 8 SOUHRN

Cílem sportovního tréninku je připravit závodníka tak, aby dosahoval maximálních sportovních výkonů, které mohou být limitovány celou řadou faktorů zahrnující i omezené funkce respiračního systému. Proto bylo hlavním cílem prostřednictvím případové evaluační studie posoudit proměnlivost výkonu ve fázích pod hladinou u elitní plavkyně s ploutvemi v průběhu závodní simulace 200 m Bi-Fins po aplikaci osmitýdenního respiračního tréninku Airofit PRO™.

Posouzení proměnlivosti dílčích výkonnostních parametrů bylo uskutečněno na základě sběru a vyhodnocení dat ze vstupního, kontrolního a výstupního měření. V průběhu jednotlivých měření plavkyně podstoupila komplexní spirometrické vyšetření včetně testu síly inspiračních a expiračních svalů, měření tělesného složení a závodní simulaci 200 m Bi-Fins doprovázenou metodou video-analýzy. Mezi jednotlivými měřeními plavkyně absolvovala 28denní doporučený tréninkový program s dechovým trenažerem AiroFit PRO™.

U prvního sledovaného výkonnostního parametru, který představovala uplavaná vzdálenost ve fázích pod hladinou [m], byl zaznamenán významný nárůst, a to jak mezi vstupním a kontrolním měřením ( $9,56 \pm 2,22$  m vs.  $10,58 \pm 1,35$  m), tak i mezi vstupním a výstupním měřením ( $9,56 \pm 2,22$  m vs.  $10,92 \pm 2,14$  m). Zároveň byla sledována dosažená rychlost [ $m \cdot s^{-1}$ ] ve fázích pod hladinou, u které došlo k poklesu o 2 % v rámci kontrolního měření, zatímco během vstupního i výstupního měření byla zaznamenána totožná rychlost ( $2,23 \pm 0,15$ ). A třetím určujícím parametrem byl průměrný počet kopů ve fázích pod hladinou, který v rámci kontrolního (cca o 0,5 kopu) i výstupního (cca o 0,75 kopu) měření byl navýšen.

Dle představených výsledků a závěrů lze aplikaci doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO™ do sportovní přípravy závodních plavců s ploutvemi doporučit. Ovšem za předpokladu respektování individuální charakteristiky jednotlivých závodníků.



## 9 SUMMARY

The goal of sports training is to prepare an athlete to achieve maximum athletic performance, which can be limited by various factors, including restricted respiratory system function. Therefore, the main purpose, through this case evaluation study, was to assess the variability of performance during underwater phases in an elite finswimmer during a 200m Bi-Fins race simulation after an eight-week application of respiratory training using Airofit PRO™.

The assessment of variability in performance parameters was conducted based on data collection and analysis from the pre-test, control test, and post-test measurements. During each measurement, the athlete underwent comprehensive spirometric examinations, including tests of inspiratory and expiratory muscle strength, body composition measurements, and a 200m Bi-Fins race simulation assessed by video analysis.

Between the measurements, the athlete completed a recommended 28-day training program with the AiroFit PRO™ respiratory trainer. For the first observed performance parameter, which represented the underwater distance [m], a significant increase was observed both between the pre-test and control measurements ( $9.56 \pm 2.22$  m vs.  $10.58 \pm 1.35$  m) and between the pre-test and post-test measurements ( $9.56 \pm 2.22$  m vs.  $10.92 \pm 2.14$  m). The achieved breakout velocity [m/s] was also monitored, showing a 2% decrease in the control measurement, but identical velocities were found during the pre-test and post-test measurements ( $2.23 \pm 0.15$ ). The third assessed parameter was the average number of underwater kicks, which increased in both the control measurement (by approximately 0,5 kicks) and the post-test measurement (by approximately 0,75 kicks).

Based on the presented results and conclusions, the application of supplemental respiratory training with the Airofit PRO™ respiratory trainer in the sports preparation of finswimming athletes is recommended, regarding respect the individual characteristics of each athlete.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Agalliu, E. (2023). *Porovnání výkonů v obrátkových úsecích u elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 metrů Bi-Fins* [Magisterská práce]. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Airofit PRO. (2021). *Uživatelská příručka*. <https://www.airofit.com>
- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J., & Nelson, R. C. (1994). Analysis of 50-, 100-, and 200-m Freestyle Swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, *10*(2), 189–199. <https://doi.org/10.1123/jab.10.2.189>
- Aslan, G. K., Huseyinsinoglu, B. E., Oflazer, P., Gurses, N., & Kiyan, E. (2016). Inspiratory Muscle Training in Late-Onset Pompe Disease: The Effects on Pulmonary Function Tests, Quality of Life, and Sleep Quality. *Lung*, *194*(4), 555–561. <https://doi.org/10.1007/s00408-016-9881-4>
- Aspenes, S. T., & Karlsen, T. (2012). Exercise-Training Intervention Studies in Competitive Swimming: *Sports Medicine*, *42*(6), 527–543. <https://doi.org/10.2165/11630760-000000000-00000>
- Babb, T. G. (2013). Exercise Ventilatory Limitation: The Role of Expiratory Flow Limitation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *41*(1), 11–18. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318267c0d2>
- Bloomfield, J., Blanksby, B. A., Beard, D. F., Ackland, T. R., & Elliott, B. C. (1984). Biological characteristics of young swimmers, tennis players and non-competitors. *British Journal of Sports Medicine*, *18*(2), 97–103. <https://doi.org/10.1136/bjism.18.2.97>
- Born, D.-P., Kuger, J., Polach, M., & Romann, M. (2021a). Start and turn performances of elite male swimmers: Benchmarks and underlying mechanisms. *Sports Biomechanics*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1872693>
- Born, D.-P., Kuger, J., Polach, M., & Romann, M. (2021b). Turn Fast and Win: The Importance of Acyclic Phases in Top-Elite Female Swimmers. *Sports*, *9*(9), 122. <https://doi.org/10.3390/sports9090122>
- Born, D.-P., Stöggl, T., Petrov, A., Burkhardt, D., Lüthy, F., & Romann, M. (2020). Analysis of Freestyle Swimming Sprint Start Performance After Maximal Strength or Vertical Jump Training in Competitive Female and Male Junior Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(2), 323–331. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003390>
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory: (Vybrané kapitoly)*. Univerzita Palackého v Olomouci.

- Boutellier, U., & Piwko, P. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *64*(2), 145–152. <https://doi.org/10.1007/BF00717952>
- Březina, J., Polach, M., Michalica, T., & Svozil, Z. (2022). Effect of pull-out technique on acyclic phases in elite male 50 m breaststroke swimmers. *Tělesná kultura*, *45*. <https://doi.org/10.5507/tk.2022.005>
- Capelli, C., Pendergast, D. R., & Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *European Journal of Applied Physiology*, *78*(5), 385–393. <https://doi.org/10.1007/s004210050435>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (0 vyd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Connaboy, C., Coleman, S., & Sanders, R. H. (2009). Hydrodynamics of undulatory underwater swimming: A review. *Sports Biomechanics*, *8*(4), 360–380. <https://doi.org/10.1080/14763140903464321>
- Cordain, L., & Stager, J. (1988). Pulmonary Structure and Function in Swimmers: *Sports Medicine*, *6*(5), 271–278. <https://doi.org/10.2165/00007256-198806050-00002>
- Cortina, J., & Nouri, H. (2000). *Effect Size for ANOVA Designs*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412984010>
- Costill, D., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., & King, D. (1985). Energy Expenditure During Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-Distance Events. *International Journal of Sports Medicine*, *06*(05), 266–270. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025849>
- Courteix, D., Obert, P., Lecoq, A.-M., Guenon, P., & Koch, G. (1997). Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistances and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *European Journal of Applied Physiology*, *76*(3), 264–269. <https://doi.org/10.1007/s004210050246>
- Crisafulli, E., & Clini, E. M. (2010). Measures of dyspnea in pulmonary rehabilitation. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, *5*(3), 202. <https://doi.org/10.1186/2049-6958-5-3-202>
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., Mourão, L., de Jesus, K., de Jesus, K., Zacca, R., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Arellano, R. (2019). Eccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of Sports Sciences*, *37*(4), 443–451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Navarro, J. J., Polach, M., Arellano, R., & Born, D.-P. (2022). Turn Performance Variation in European Elite Short-Course Swimmers. *International Journal*

- of *Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5033.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph19095033>
- Čechovská, I., Jurák, D., & Pokorná, J. (2018). *Plavání: Pohybový trénink ve vodě* (2. vydání). Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
- Čechovská, I., & Miler, T. (2008). *Plavání* (2., upr. vyd). Grada.
- Čechovská, I., & Miler, Tomáš. (2019). *Didaktika Plavání: Vybrané Kapitoly*. Karolinum Press.
- Čuříková, L. (2014). *Vodní sporty a zábavné formy plavání: Inovace výuky tělesné výchovy a sportu na fakultách TUL v rámci konceptu aktivního životního stylu* (Vyd. 1). TUL.
- Dempsey, J. A. (2019). Respiratory Determinants of Exercise Limitation. *Clinics in Chest Medicine*, 40(2), 331–342. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2019.02.002>
- Dempsey, J. A., & Wagner, P. D. (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), 1997–2006. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.87.6.1997>
- Derchak, P. A., Stager, J. M., Tanner, D. A., & Chapman, R. F. (2000). Expiratory flow limitation confounds ventilatory response during exercise in athletes: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(11), 1873–1879. <https://doi.org/10.1097/00005768-200011000-00009>
- Dickinson, J., & Hull, J. (Ed.). (2020). *Complete guide to respiratory care in athletes*. Routledge.
- Dostálová, J. (2016). *Ověření efektivity respiračního tréninku u plavců s ploutvemi*. [https://theses.cz/id/z1m8lj/DP\\_dostlov\\_final.pdf](https://theses.cz/id/z1m8lj/DP_dostlov_final.pdf)
- Downey, A. E., Chenoweth, L. M., Townsend, D. K., Ranum, J. D., Ferguson, C. S., & Harms, C. A. (2007). Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 156(2), 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.08.006>
- Duché, P., Falgairette, G., Bedu, M., Lac, G., Robert, A., & Coudert, J. (1993). Analysis of performance of prepubertal swimmers assessed from anthropometric and bio-energetic characteristics. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(5), 467–471. <https://doi.org/10.1007/BF00599623>
- Dvořáková, Z., & Svozil, Z. (2005). *Potápění: Základy potápění, výcvik a vybavení, potápěčské sporty* (1. vyd). Grada.
- Enright, S. J., & Unnithan, V. B. (2011). Effect of Inspiratory Muscle Training Intensities on Pulmonary Function and Work Capacity in People Who Are Healthy: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 91(6), 894–905. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090413>
- Enright, S. J., Unnithan, V. B., Heward, C., Withnall, L., & Davies, D. H. (2006). Effect of High-Intensity Inspiratory Muscle Training on Lung Volumes, Diaphragm Thickness, and

- Exercise Capacity in Subjects Who Are Healthy. *Physical Therapy*, 86(3), 345–354.  
<https://doi.org/10.1093/ptj/86.3.345>
- Figueiredo, P., Rouard, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Upper and lower limb muscular fatigue during the 200-m front crawl. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(7), 716–724. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0263>
- Finswimming CMAS Rules.* (2023). CMAS.  
<https://www.cmas.org/document?sessionId=&fileId=5763&language=1>
- Fourcade, T.-P. (2020, leden 24). Basics knowledge before talking about Monofin Technique. *bewaterfreediving.com*. <https://bewaterfreediving.com/basics-knowledge-before-talking-monofin-technique/>
- Fourcade, T.-P. (2021, leden 24). THE MONOFIN TECHNIQUE. *bewaterfreediving.com*.  
<https://bewaterfreediving.com/the-monofin-technique/>
- Gaunard, M. (2020, listopad 30). *History of Finswimming*. CMAS World Finswimming Training Congress Level 1, Athens, Greece. <https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>
- Giehl, J., & Hahn, M. (2005). *Plavání*. Kopp.
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2020). Race Analysis in Competitive Swimming: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 69.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18010069>
- Grammaticos, B. (2020, listopad 30). *Biomechanics of finswimming energetic costs and performance scoring*. CMAS World Finswimming Training Congress Level 1, Athens, Greece. <https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>
- Griffiths, L. A., & McConnell, A. K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 99(5), 457–466. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0367-6>
- HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., Palmer, S. A., Toy, M. A., Walsh, C., Sheel, A. W., & Reid, W. D. (2013). Effects of Respiratory Muscle Training on Performance in Athletes: A Systematic Review With Meta-Analyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1643–1663.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318269f73f>
- Haller, G. W., & Murphy, D. (2020). *Fundamentals of fast swimming: How to improve your swimming technique*. The Race Club.
- Heller, J. (2019). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: Východiska, aplikace a interpretace* (Vydání první). Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat: Analýza a metaanalýza dat* (Vyd. 1). Portál.

- Hines, E. W. (2008). *Fitness swimming* (2nd ed). Human Kinetics.
- Hofer, Z. (2016). *Technika plaveckých způsobů* (4. vydání). Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum.
- Hue, O., Galy, O., Blonc, S., & Hertogh, C. (2006). Anthropometrical and Physiological Determinants of Performance in French West Indian Monofin Swimmers: A First Approach. *International Journal of Sports Medicine*, 27(8), 605–609. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865856>
- Chlumský, J. (2014). *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Maxdorf.
- Ikeda, Y., Ichikawa, H., Shimojo, H., Nara, R., Baba, Y., & Shimoyama, Y. (2021). Relationship between dolphin kick movement in humans and velocity during undulatory underwater swimming. *Journal of Sports Sciences*, 39(13), 1497–1503. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1881313>
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 42(8), 707–724. <https://doi.org/10.1007/BF03262290>
- Ives, J. C., Straub, W. F., & Shelley, G. A. (2002). Enhancing Athletic Performance Using Digital Video in Consulting. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(3), 237–245. <https://doi.org/10.1080/10413200290103527>
- Jakovljevic, D. G., & McConnell, A. K. (2009). Influence of Different Breathing Frequencies on the Severity of Inspiratory Muscle Fatigue Induced by High-Intensity Front Crawl Swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1169–1174. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318199d707>
- Jerszyński, D., Antosiak-Cyrak, K., Habiera, M., Wochna, K., & Rostkowska, E. (2013). Changes in Selected Parameters of Swimming Technique in the Back Crawl and the Front Crawl in Young Novice Swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 37(1), 161–171. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0037>
- Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 761–770. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0551-3>
- Jones, H. N., Crisp, K. D., Robey, R. R., Case, L. E., Kravitz, R. M., & Kishnani, P. S. (2016). Respiratory muscle training (RMT) in late-onset Pompe disease (LOPD): Effects of training and detraining. *Molecular Genetics and Metabolism*, 117(2), 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2015.09.003>

- Kilding, A. E., Brown, S., & McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 505–511. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1228-x>
- Klub sportovních potápěčů. (2023). *Historie plavání s ploutvemi*. <https://www.potapeciolomouc.cz/historie/historie-plavani-s-ploutvemi/>
- Kokai, D. (2020, listopad 30). *Finswimming technique of Bifins event*. CMAS World Finswimming Training Congress Level 1. <https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>
- Kolář, P. (2020). *Rehabilitace v klinické praxi* (Druhé vydání). Galén.
- Kračmar, B., Smolík, P., & Dvořák, T. (2008). Vliv delfínového vlnění na pohybovou soustavu člověka. *Problematika plavání a plaveckých sportů*. [https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1312-version1-6\\_vliv\\_delfinoveho\\_vlneni\\_na\\_p.pdf](https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1312-version1-6_vliv_delfinoveho_vlneni_na_p.pdf)
- Kubínek, O. (2022). *Kvantifikace delfínových kopů v kraulařských disciplínách (50 m, 100 m) u vrcholových plavců* [Bakalářská práce]. Univerzita Karlova.
- Lauder, M. A. (2008). Motion analysis in water sports. In P. Dabnichki & A. Baca (Ed.), *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering* (1. vyd., Roč. 1, s. 218–245). WIT Press. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564-064-4/08>
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, T., Háp, P., & Neuls, F. (2014). *Kondiční trénink* (1.). Univerzita Palackého v Olomouci. <https://publi.cz/books/149/Lehnert.html>
- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku I* (Vyd. 1). Hanex.
- Leko, G., Šiljeg, K., & Mikuliæ, P. (2011). SWIMMERS SOMATOTYPE PROFILE. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 26, 83–87.
- Lemaitre, F., Coquart, J. B., Chavallard, F., Castres, I., Mucci, P., Costalat, G., & Chollet, D. (2013). Effect of additional respiratory muscle endurance training in young well-trained swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 630–638.
- Lomax, M., & McCONNELL, A. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of Sports Sciences*, 21(8), 659–664. <https://doi.org/10.1080/0264041031000101999>
- Lomax, M., & McConnell, A. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of Sports Sciences*, 21(8), 659–664. <https://doi.org/10.1080/0264041031000101999>
- Lotters, F., van Tol, B., Kwakkel, G., & Gosselink, R. (2002). Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: A meta-analysis. *European Respiratory Journal*, 20(3), 570–577. <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00237402>

- Lyons, K. (2005). Performance Analysis in Applied Contexts. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5(3), 155–162. <https://doi.org/10.1080/24748668.2005.11868346>
- Mador, M. J., Rodis, A., & Magalang, U. J. (1995). Reproducibility of Borg Scale Measurements of Dyspnea During Exercise in Patients With COPD. *Chest*, 107(6), 1590–1597. <https://doi.org/10.1378/chest.107.6.1590>
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Human Kinetics.
- Machová, L., Stejskal, P., & Neumannová, K. (2018). Respirační trénink ve sportovní přípravě. *Sborník příspěvků VII. absolventská konference katedry fyzioterapie Fakulty tělesné kultury*, 18(6), 25–29.
- Mareš, J. (2015). *Tvorba případových studií pro výzkumné účely*. 65(2), 113–142.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Silva, A. J., & Morais, J. E. (2020a). Comparison of the Start, Turn and Finish Performance of Elite Swimmers in 100 m and 200 m Races. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 397–407.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Silva, A. J., & Morais, J. E. (2020b). Comparison of the Start, Turn and Finish Performance of Elite Swimmers in 100 m and 200 m Races. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 397–407.
- Marinof, A., & Coumbe-Lilley, J. (2016). *The Science of Sport—Swimming*. Crowood Press.
- Matúš, I., Ružbarský, P., & Vadašová, B. (2021). Key Parameters Affecting Kick Start Performance in Competitive Swimming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 11909. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211909>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (7th ed). Wolters kluwer health - Lippincott Williams & Wilkins.
- McConnell, A. (2011). *Breathe strong, perform better*. Human Kinetics.
- McConnell, A. (2013). *Respiratory muscle training: Theory and practice*. Churchill Livingstone/Elsevier.
- McGibbon, K. E., Pyne, D. B., Shephard, M. E., & Thompson, K. G. (2018). Pacing in Swimming: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(7), 1621–1633. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0901-9>
- McLester, C. N., Nickerson, B. S., Kliszczewicz, B. M., & McLester, J. R. (2020). Reliability and Agreement of Various InBody Body Composition Analyzers as Compared to Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Healthy Men and Women. *Journal of Clinical Densitometry*, 23(3), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.10.008>



- Mickleborough, T. D., Stager, J. M., Chatham, K., Lindley, M. R., & Ionescu, A. A. (2008). Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *European Journal of Applied Physiology*, 103(6), 635–646. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0759-x>
- Michalica, T., Polach, M., Březina, J., & Agalliu, E. (2023). *POROVNÁNÍ VÝKONŮ V OBRÁTKOVÝCH ÚSECÍCH U ELITNÍCH ČESKÝCH A SVĚTOVÝCH PLAVKYŇ S PLOUTVEMI V DISCIPLÍNÁCH 100 A 200 METRŮ BI-FINS*. Analýza pohybu v Česku a na Slovensku, Olomouc.
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Bragada, J. A., Castro, F. A. de S., & Marinho, D. A. (2020). Stability analysis and prediction of pacing in elite 1500 m freestyle male swimmers. *Sports Biomechanics*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1810749>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Pinto, J. N., & Marinho, D. A. (2021). Assessment of the inter-lap stability and relationship between the race time and start, clean swim, turn and finish variables in elite male junior swimmers' 200 m freestyle. *Sports Biomechanics*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1952298>
- Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R., & Barbosa, T. M. (2019). Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming. *Sports Biomechanics*, 18(1), 100–114. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435713>
- Mullen, G. J. (Ed.). (2018). *Swimming science: Optimizing training and performance*. The University of Chicago Press.
- Nakashima, M., Maeda, S., Miwa, T., & Ichikawa, H. (2012). Optimizing Simulation of the Arm Stroke in Crawl Swimming Considering Muscle Strength Characteristics of Athlete Swimmers. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 7(2), 102–117. <https://doi.org/10.1299/jbse.7.102>
- Nakashima, M., Yoneda, T., & Tanigawa, T. (2019). Simulation analysis of fin swimming with bi-fins. *Mechanical Engineering Journal*, 6(4), 19-00011-19-00011. <https://doi.org/10.1299/mej.19-00011>
- Neogi, A., Bandyopadhyay, A., Chatterjee, S., & Dey, S. (2017). Anthropometric and physiological characteristics in young Indian elite swimmers: A comparative study. *Medicina Sportiva*, 12, 2762–2771.
- Neuls, F., & Viktorjeník, D. (2017). *Technická příprava v plavání: Cvičení pro rozvoj a zdokonalení techniky plaveckých způsobů* (1. vydání). Český svaz plaveckých sportů.
- Neuls, F., Viktorjeník, D., Dub, J., Kunicki, M., & Svozil, Z. (2018). *Plavání: (Teorie, didaktika, trénink)* (Druhé (přepracované a doplněné) vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.

- Neumannová, K., & Kolek, V. (2018). *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc: Možnosti komplexní léčby z pohledu fyzioterapeuta* (2., přepracované a doplněné vydání). Mladá fronta.
- Nevill, A. M., Negra, Y., Myers, T. D., Sammoud, S., & Chaabene, H. (2020). Key somatic variables associated with, and differences between the 4 swimming strokes. *Journal of Sports Sciences*, *38*(7), 787–794. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1734311>
- Pendergast, D. R., Mollendorf, J. C., Cuvillo, R., & Termin, A. C. (2006). Application of theoretical principles to swimsuit drag reduction. *Sports Engineering*, *9*(2), 65–76. <https://doi.org/10.1007/BF02844859>
- Petrik, J. (2022). *RESPIRAČNÍ TRÉNINK U SPORTOVců S VYUŽITÍM DECHOVÝCH TRENAŽÉRŮ*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Pla, R., Poszalczyk, G., Souaïssia, C., Joulia, F., & Guimard, A. (2021). Underwater and Surface Swimming Parameters Reflect Performance Level in Elite Swimmers. *Frontiers in Physiology*, *12*, 712652. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712652>
- Placheta, Z., Siegelová, J., & Svačinová, H. (2005). *Praktická cvičení z klinické fyziologie: Pro bakalářské studium Specializace ve zdravotnictví* (1. vyd). Masarykova univerzita v Brně.
- Polach, M., Thiel, D., Kreník, J., & Born, D.-P. (2021). Swimming turn performance: The distinguishing factor in 1500 m world championship freestyle races? *BMC Research Notes*, *14*(1), 248. <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05665-x>
- Polach, M., Thiel, D., & Svozil, Z. (2019a). Turns as an important factor of swimming performance. *Tělesná kultura*, *42*(1), 9–13. <https://doi.org/10.5507/tk.2019.006>
- Polach, M., Thiel, D., & Svozil, Z. (2019b). Turns as an important factor of swimming performance. *Tělesná kultura*, *42*(1), 9–13. <https://doi.org/10.5507/tk.2019.006>
- Powers, S. K., Dodd, S., Lawler, J., Landry, G., Kirtley, M., McKnight, T., & Grinton, S. (1988). Incidence of exercise induced hypoxemia in elite endurance athletes at sea level. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *58*(3), 298–302. <https://doi.org/10.1007/BF00417266>
- Raković, A., Savanović, V., Stanković, D., Pavlović, R., Simeonov, A., & Petković, E. (2015). Analysis of the elite athletes' somatotypes. *Acta Kinesiologica*, *9*, 47–53.
- Rodríguez, F. A. (2000). Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *40*(2), 87–95.
- Romer, L. M., Mcconnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: Effects of inspiratory muscle training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(5), 785–792. <https://doi.org/10.1097/00005768-200205000-00010>

- Rosina, J., Vránová, J., & Kolářová, H. (2021). *Biofyzika: Pro zdravotnické a biomedicínské obory* (2., doplněné vydání). Grada Publishing.
- Ruiz-Navarro, J. J., Cuenca-Fernández, F., Sanders, R., & Arellano, R. (2022). The determinant factors of undulatory underwater swimming performance: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 40(11), 1243–1254. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2061259>
- Sanders, R., Psycharakis, S., McCabe, C., Naemi, R., Connaboy, C., Shuping, L., Scott, G., & Spence, A. (2006). Analysis of swimming technique: state of the art; applications and implications. *Portuguese Journal of Sports Sciences*, 6(2), 20-24.
- Saprykin, I. (2020, listopad 30). *Finswimming Technique of Immersion events—Differences—Features*. CMAS World Finswimming Training Congress Level 1, Athens, Greece. <https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>
- Seifert, L., & Chollet, D. (Ed.). (2011). *World book of swimming: From science to performance*. Nova Science Publishers.
- Sharkey, B. J., Gaskell, S. E., & Barda, M. (2019). *Fyziologie sportu pro trenéry*. Mladá fronta.
- Sheel, A. W., & Guenette, J. A. (2008). Mechanics of Breathing during Exercise in Men and Women: Sex versus Body Size Differences? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(3), 128–134. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31817be7f0>
- Sheskin, D. (2007). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (4th ed). Chapman & Hall/CRC.
- Shimojo, H., Sengoku, Y., Miyoshi, T., Tsubakimoto, S., & Takagi, H. (2014). Effect of imposing changes in kick frequency on kinematics during undulatory underwater swimming at maximal effort in male swimmers. *Human Movement Science*, 38, 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.09.001>
- Siders, W. A., Lukaski, H. C., & Bolonchuk, W. W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(2), 166–171.
- Sigmundová, D., & Sigmund, E. (2012). The statistical and practical significance and „effect size“ coefficients for the evaluation of physical activity. *Tělesná kultura*, 35(1), 55–72. <https://doi.org/10.5507/tk.2012.004>
- Simbaña-Escobar, D., Hellard, P., & Seifert, L. (2018). Modelling stroking parameters in competitive sprint swimming: Understanding inter- and intra-lap variability to assess pacing management. *Human Movement Science*, 61, 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.08.002>

- Smoliga, J. M., Mohseni, Z. S., Berwager, J. D., & Hegedus, E. J. (2016). Common causes of dyspnoea in athletes: A practical approach for diagnosis and management. *Breathe*, *12*(2), e22–e37. <https://doi.org/10.1183/20734735.006416>
- Stager, J., Cordain, L., & Becker, T. J. (1984). Relationship of body composition to swimming performance in female swimmers. *Journal of Swimming Research*, *1*, 21–26.
- Stanković, D., Pavlović, R., Petkovic, E., Raković, A., & Puletić, M. (2018). The Somatotypes and Body Composition of Elite Track and Field Athletes and Swimmers. *International Journal of Sports Science*, *8*. <https://doi.org/10.5923/j.sports.20180803.01>
- Stavrou, V. T., Turlakopoulos, K. N., Daniil, Z., & Gourgoulialis, K. I. (2021). Respiratory Muscle Strength: New Technology for Easy Assessment. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.14803>
- Stavrou, V., & Voutselas, V. (2018). Which start is faster in finswimming? *Turkish Journal of Kinesiology*, *4*(1), 16–18. <https://doi.org/10.31459/turkjin.398450>
- Suito, H., Nunome, H., & Ikegami, Y. (2016). RELATIONSHIP BETWEEN 100 M RACE TIMES AND START, STROKE, TURN, FINISH PHASES AT THE FREESTYLE JAPANESE SWIMMERS.
- Takeda, T., Sakai, S., & Takagi, H. (2022). Underwater flutter kicking causes deceleration in start and turn segments of front crawl. *Sports Biomechanics*, *21*(10), 1224–1233. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1747528>
- Taormina, S. (2022). *Kraul: Ovládněte techniku nejrychlejších plavců* (1. vydání). Mladá fronta.
- Taormina, S., & Gaines, R. (2014). *Swim speed strokes for swimmers and triathletes: Master Butterfly, Backstroke, Breaststroke, and Freestyle for your fastest swimming*. VeloPress.
- Thng, S., Pearson, S., & Keogh, J. W. L. (2019). Relationships Between Dry-land Resistance Training and Swim Start Performance and Effects of Such Training on the Swim Start: A Systematic Review. *Sports Medicine*, *49*(12), 1957–1973. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01174-x>
- Tor, E., Pease, D. L., & Ball, K. A. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of Sports Sciences*, *33*(13), 1313–1321. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
- Tourny-Chollet, C., Chollet, D., Hogue, S., & Pappardopoulos, C. (2002). Kinematic analysis of butterfly turns of international and national swimmers. *Journal of Sports Sciences*, *20*(5), 383–390. <https://doi.org/10.1080/026404102317366636>
- Tůma, M. (2009). *Pohybové aktivity v biosociálním kontextu* (I. Čechovská, Ed.; Vyd. 1). Karolinum.
- Vaccaro, P., Ostrove, S. M., VanderVelden, L., Goldfarb, A. H., Clarke, D. H., & Dummer, G. M. (1984). Body Composition and Physiological Responses of Masters Female Swimmers 20

- to 70 Years of Age. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55(3), 278–284.  
<https://doi.org/10.1080/02701367.1984.10609365>
- Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: A review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 223–231.
- Vassilios, G. (2020, listopad 30). *Hydrodynamic resistance in Finswimming*. CMAS World Finswimming Training Congress Level 1, Athens, Greece.  
<https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>
- Vašíčková, J., Neumannová, K., & Svozil, Z. (2017). The Effect of Respiratory Muscle Training on Fin-Swimmers' Performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 521–526.
- Veiga, S., Cala, A., G. Frutos, P., & Navarro, E. (2014). Comparison of starts and turns of national and regional level swimmers by individualized-distance measurements. *Sports Biomechanics*, 13(3), 285–295. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.910265>
- Veiga, S., Lorenzo, J., Trinidad, A., Pla, R., Fallas-Campos, A., & de la Rubia, A. (2022a). Kinematic Analysis of the Underwater Undulatory Swimming Cycle: A Systematic and Synthetic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12196. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912196>
- Veiga, S., Lorenzo, J., Trinidad, A., Pla, R., Fallas-Campos, A., & de la Rubia, A. (2022b). Kinematic Analysis of the Underwater Undulatory Swimming Cycle: A Systematic and Synthetic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12196. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912196>
- Veiga, S., & Roig, A. (2016). Underwater and surface strategies of 200 m world level swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 34(8), 766–771.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1069382>
- Veiga, S., & Roig, A. (2017). Effect of the starting and turning performances on the subsequent swimming parameters of elite swimmers. *Sports Biomechanics*, 16(1), 34–44.  
<https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1179782>
- Veiga, S., Roig, A., & Gómez-Ruano, M. A. (2016). Do faster swimmers spend longer underwater than slower swimmers at World Championships? *European Journal of Sport Science*, 16(8), 919–926. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1153727>
- Vennell, R., Pease, D., & Wilson, B. (2006). Wave drag on human swimmers. *Journal of Biomechanics*, 39(4), 664–671. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.01.023>
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., Mcnaughton, L., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 803–809. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00020>
- Vondra, V. (2015). *Dužnost: Problém mnoha oborů* (První vydání). Mladá fronta.

- Vorontsov, A. R., & Rumyantsev, V. A. (2000). Propulsive Forces in Swimming. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport* (s. 205–231). Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470693797.ch10>
- Wells, G. D., Plyley, M., Thomas, S., Goodman, L., & Duffin, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, *94*(5–6), 527–540. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1375-7>
- Willems, T. M., Cornelis, J. A. M., De Deurwaerder, L. E. P., Roelandt, F., & De Mits, S. (2014). The effect of ankle muscle strength and flexibility on dolphin kick performance in competitive swimmers. *Human Movement Science*, *36*, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.05.004>
- Wilson, E. E., McKeever, T. M., Lobb, C., Sherriff, T., Gupta, L., Hearson, G., Martin, N., Lindley, M. R., & Shaw, D. E. (2014). Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(9), 789–791. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092523>
- Witt, J. D., Guenette, J. A., Rupert, J. L., McKenzie, D. C., & Sheel, A. W. (2007). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex: Cardiovascular effects of training respiratory muscle. *The Journal of Physiology*, *584*(3), 1019–1028. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.140855>
- Wylegala, J. A., Pendergast, D. R., Gosselin, L. E., Warkander, D. E., & Lundgren, C. E. G. (2007). Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European Journal of Applied Physiology*, *99*(4), 393–404. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0359-6>
- Yamakawa, K. K., Shimojo, H., Takagi, H., Tsubakimoto, S., & Sengoku, Y. (2017). Effect of increased kick frequency on propelling efficiency and muscular co-activation during underwater dolphin kick. *Human Movement Science*, *54*, 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.06.002>
- Yang, F. (2018). Kinematics Research Progress of Swim-start on the New Start Block. *Physical Activity and Health*, *2*(1), 15–21. <https://doi.org/10.5334/paah.7>
- Zamparo, P., Pendergast, D. R., Termin, B., & Minetti, A. E. (2002). How fins affect the economy and efficiency of human swimming. *Journal of Experimental Biology*, *205*(17), 2665–2676. <https://doi.org/10.1242/jeb.205.17.2665>
- Zamparo, P., Vicentini, M., Scattolini, A., Rigamonti, M., & Bonifazi, M. (2012). The contribution of underwater kicking efficiency in determining „turning performance" in front crawl swimming. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *52*(5), 457–464.

# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Informovaný souhlas účastnice výzkumu



Fakulta  
tělesné kultury  
Univerzita Palackého  
v Olomouci

### Základní informace pro účastníky výzkumu

Vážení účastníci,

dovolujeme si Vás požádat o spolupráci na projektu „Využití doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO ve sportovní přípravě závodních plavců s ploutvemi“, který souvisí s dizertačním projektem hlavního řešitele Tomáše Michalici, studenta doktorandského studijního programu na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Hlavním cílem práce je formou experimentu zhodnotit vliv měsíčního doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO na sportovní výkon dvou elitních plavců s ploutvemi.

Mgr. Tomáš Michalica  
odpovědný řešitel projektu

e-mail: tommichalica94@gmail.com  
tel. kontakt: +420 605 320 688

(Informovaný souhlas na druhém listu)

---



Fakulta  
tělesné kultury  
Univerzita Palackého  
v Olomouci

## Základní informace pro účastníky výzkumu

Vážení účastníci,

dovolujeme si Vás požádat o spolupráci na projektu „Využití doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO ve sportovní přípravě závodních plavců s ploutvemi“, který souvisí s dizertačním projektem hlavního řešitele Tomáše Michalici, studenta doktorandského studijního programu na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Hlavním cílem práce je formou experimentu zhodnotit vliv měsíčního doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO na sportovní výkon dvou elitních plavců s ploutvemi.

Mgr. Tomáš Michalica  
odpovědný řešitel projektu

e-mail: tommichalica94@gmail.com  
tel. kontakt: +420 605 320 688

(Informovaný souhlas na druhém listu)

---



**Název studie (projektu): Využití doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO ve sportovní přípravě závodních plavců s ploutvemi**

Jméno: Zuzana Hraškova

Datum narození: 25. 1. 1999

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

**Souhlasím** - Nesouhlasím

s účastí na projektu s názvem

„Využití doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO ve sportovní přípravě závodních plavců s ploutvemi“

Podpis účastníka:



Datum: 19. 4. 2022

Podpis pověřeného touto studií:



Datum: 19. 4. 2022

## 11.2 Anamnestický dotazník účastnice výzkumu

### ANAMNESTICKÝ DOTAZNÍK

Jméno a příjmení: Zuzana Hrajková

Pohlaví: ~~MUŽ~~ ŽENA

Datum narození: 25. 1. 1999 věk: 23

Výška: 186 Hmotnost: \_\_\_\_\_

Účast na plaveckém tréninku alespoň 4x týdně  
v období leden 2021 – duben 2022:

ANO ~~NE~~

Celkový počet plaveckých let: 14 let

Specializace v ploutvovém plavání: ~~MONOFIN~~ BIFINS

Délka tratě: středně trváte (200,400)

Úrazy: zlomená noha 2x, zlomená ruka, zlomený prst

Operace: zlomený nohy

Sledovaná onemocnění: žiadne

Pravidelně užívané léky: žiadne

Bolesti pohybového aparátu vlivem sportovního zatížení:

bez bolesti občas často pravidelně déle než 3 měsíce

Uved': \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Můj výkon limituje bolest (čeho): \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Pro bolest jsem vyhledal/a lékaře/fyziio: ~~ANO~~ NE

Úrazy a operace vlivem sportovního zatížení: zlomená prava noha - lyžování,

zlomená ľava noha - futbal, zlomená prava ruka - karchľovanie, zlomený prst - basketbal

Problémy s rovnováhou (častá tendence k pádu): ~~ANO~~ NE

Cítím se nejistý/á při: \_\_\_\_\_

Problémy s dýcháním: ~~ANO~~ NE

Pocity nedostatku dechu při: \_\_\_\_\_

Dechové problémy limitují můj výkon: ~~ANO~~ NE

Nachlazení či jiné dechové problémy nebo akutní onemocnění tento měsíc: ~~ANO~~ NE

ANO (uveď): \_\_\_\_\_

Jiné sportovní aktivity (např. kolo, kolečkové brusle, turistika, lyže): pokud ano, uveď sportovní aktivitu + jak často ji realizuješ:

---

---

---

---

---

---

---

---

## 11.3 Vyjádření etické komise FTK UP



Fakulta  
tělesné kultury

Genius loci ...

### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 19.4.2022 byl projekt aplikovaného výzkumu

Autor /hlavní řešitel/: **Mgr. Tomáš Michalica**  
Spoluřešitelé: **Mgr. Marek Polach**

s názvem **Využití doplňkového respiračního tréninku s dechovým trenažerem Airofit PRO ve sportovní přípravě závodních plavců s ploutvemi**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **57/2022**

dne: **11. 5. 2022**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc