

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav klinické rehabilitace

Bc. Adéla Kuběnová

VLIV RESPIRAČNÍHO TRÉNINKU NA SPORTOVNÍ VÝKON

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Robert Vysoký, Ph.D.

Olomouc, 2021

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Vliv respiračního tréninku na sportovní výkon

Název práce v AJ: Respiratory training and its impact on sports performance

Datum zadání: 2020-01-31

Datum odevzdání: 2021-06-22

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

Autor práce: Bc. Adéla Kuběnová

Vedoucí práce: Mgr. Robert Vysoký, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Jana Vyskotová, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Vliv respiračního tréninku na sportovní výkon

Úvod: Respirační trénink je metoda, která má pozitivní vliv na výkonnost sportovců. Ergogenní efekt tréninku spočívá ve zvýšení síly respiračních svalů a zlepšení jejich koordinace, čímž se snižují nároky dechových svalů pro kyslík. Výsledkem je oddálení únavy pracujícího organismu za současného prodloužení či zintenzivnění prováděné pohybové aktivity. Názory na efektivitu respiračního tréninku se ale různí.

Cíl: Cílem této práce je zhodnocení parametrů klidové spirometrie a zátěžového testu ve vztahu ke sportovní výkonnosti dráhových cyklistů a ozřejmit, zdali má respirační trénink vliv na výkonnost sportujících jedinců.

Metodika: Studie se zúčastnilo 8 sportovců z odvětví dráhové cyklistiky ve věkovém rozmezí 17-32 let s věkovým průměrem 23,1 (\pm 4,6) let. Data pro statistické zpracování byla získána retrospektivně. Všem zúčastněným byl implementován do sportovní přípravy trénink s pomůckou SpiroTiger na dobu 3–5 měsíců se 4 tréninkovými jednotkami týdně, kdy jedna tréninková jednotka trvala 10–15 minut. Před začátkem a po

skončení intervence všichni sportovci podstoupili testování klidové spirometrie a zátěžový test na bicyklovém ergometru.

Výsledky: Ze sledovaných parametrů nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl u žádné z porovnávaných hodnot. Některé z parametrů ovšem vykazovaly určitý (zvyšující se/snižující se) trend.

Závěr: Respirační trénink s pomůckou SpiroTiger trvající 3-5 měsíců nemá výrazný vliv na sportovní výkonnost profesionálních dráhových cyklistů.

Abstrakt v AJ:

Respiratory training and its impact on sports performance

Background: Respiratory muscle training is a method with positive influence on sports performance amongst athletes. Its ergogenic effect is based on strengthening respiratory muscles while improving their coordination, which are factors that gradually reduce respiratory muscles oxygen demand. The training results in fatigue attenuation which simultaneously allows athlete perform longer or in higher intensities. However, opinions on the effectiveness of respiratory muscle training are controversial.

Objective: Objective of our thesis is evaluation of spirometric and spiroergometric values in relation to sports performance of track cyclists with clarification of ergogenic effect of respiratory muscle training amongst athletic population.

Design: Group of 8 track cyclists in age 17–32 years with mean age 23,1 (\pm 4,6) years participated in our study. The data for statistical analysis were obtained retrospectively. All of the participants were recruited for respiratory muscle training with SpiroTiger device for 3 to 5 months for 4 times a week, 10–15 minutes a day. At baseline athletes underwent respiratory function tests and exercise stress test performed with cycle ergometer; the same protocol was repeated at the end of intervention.

Results: There was no significant difference in any of the observed values. However, some of the parameters showed certain tendency to increase or to decrease.

Conclusion: Respiratory muscle training with SpiroTiger device does not have a significant influence on sports performance in professional track cyclists after 3 to 5 months of training.

Klíčová slova v ČJ: trénink respiračních svalů, dechová cvičení, sportovní výkon, hyperpneický trénink, metaboreflex, oddálení únavy

Klíčová slova v AJ: respiratory muscle training, breathing exercises, exercise performance, hyperpnea training, metaboreflex, fatigue attenuation.

Rozsah: 93/3

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci 22. 6. 2021

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Mgr. Robertu Vysokému, Ph.D., za odborné vedení, poskytování cenných rad, ochotu a především čas, který této práci věnoval. Také bych chtěla poděkovat sportovnímu fyziologovi Vojtěchu Hačekému a kondičnímu trenérovi Bc. Eriku Kimmelovi za poskytnutí dat k diplomové práci, a především za rady, které mi pomohly k lepšímu porozumění zátěžovým testům a práci s respiračními trenažery.

OBSAH

Úvod	10
1 Sportovní výkon	13
1.1 Sportovní výkon v dráhové cyklistice	13
1.1.1 Faktory ovlivňující sportovní výkon	14
1.1.2 Tréninková specifika	15
2 Zvyšování výkonnosti sportovce	17
2.1 Fyziologické ukazatele sportovního výkonu v dráhové cyklistice	17
2.1.1 Respirační parametry	17
2.1.2 Maximální aerobní kapacita	18
2.1.3 Dynamika VO_2 , VCO_2	19
2.1.4 Minutová ventilace	20
2.1.5 Další ukazatele odezvy na zátěž	21
3 Trénink respiračních svalů	22
3.1 Respirační fyzioterapie	22
3.2 Respirační trénink ve sportu	23
3.3 Trénink respiračních svalů	23
3.3.1 Práce s dechovými trenažery	24
3.4 Specifika tréninku	27
4 Adaptační mechanismy organismu na respirační trénink	30
4.1 Práce respiračních svalů v zátěži	30
4.1.1 Metaboreflex	31
4.2 Adaptační změny organismu na trénink	33
4.2.1 Strukturální změny respiračních svalů	33
4.2.2 Funkční změny	33
4.2.3 Sportovní výkon	34
5 Cíle a hypotézy	36

5.1 Cíl práce	36
5.2 Hypotézy:	36
6 Metodika práce.....	38
6.1 Charakteristika výzkumného souboru	38
6.2 Realizace výzkumu.....	38
6.2.1 Klidová spirometrie a zátěžový test.....	39
6.2.2 Respirační trénink	39
6.3 Použité metody výzkumu.....	40
6.4 Metody statistického hodnocení	41
7 Výsledky výzkumu.....	42
7.1 Klidová spirometrie	42
7.2 Spiroergometrické testování.....	43
8 Diskuze	51
8.1 Diskuze k výsledkům klidové spirometrie.....	51
8.2 Diskuze k výsledkům zátěžového testu	55
8.2.1 Vrcholová aerobní kapacita	55
8.2.2 Výdej oxidu uhličitého	56
8.2.3 Minutová ventilace.....	57
8.2.4 Výkon.....	59
8.3 Přínos pro praxi	61
8.4 Limity studie	61
Závěr.....	64
Referenční seznam literatury:	66
Seznam zkratk	85
Seznam obrázků	87
Seznam tabulek	88
Seznam příloh	89

Přílohy90

Úvod

Již po celá staletí, od dob prvních olympijských her ve starověkém Řecku, až po současnost, kdy se dennodenně odehrávají v různých koutech světa závody, zápasy či soutěže napříč různými druhy sportů na začátečnické i profesionální úrovni, mezi sebou sportovci porovnávají svoji fyzickou výkonnost. Každý z účastníků má jediný cíl, a to být rychlejší, silnější, obratnější či vytrvalejší než jeho soupeři.

Dosažení jisté úrovně sportovního výkonu již dávno není jen o tréninku samotném. S rozvíjející se dobou jsou vyráběny nové materiály a pomůcky, využívají se různé doplňky stravy, vznikají nové nástroje pro urychlení regenerace, to vše proto, aby měl daný jedinec oproti ostatním soupeřům jistou výhodu. I přesto se však rozdíl mezi sportovci stírají a je čím dál těžší soupeře porážet a vytvářet nové rekordy.

Do popředí se mimo jiné v posledních dvou desetiletích dostává také respirační trénink, díky kterému může sportovec dosáhnout vyšší výkonnosti. Ergogenní efekt dané metody nespočívá v ovlivnění kardiovaskulárního systému, ale respiračního. Dechové svaly se po vhodně zvolené intervenci stávají silnějšími, jsou schopny lepší koordinace, a vynakládají nižší nároky na přísun kyslíku, který může být ve větší míře využit svaly pracujícími, čímž je ve výsledku oddálena únava organismu, která nutí jedince k ukončení výkonu. Právě s oddálením únavy a snížením hromadění metabolitů v těle může sportovec provádět danou aktivitu ve vyšší intenzitě, nebo je možné její trvání alespoň prodloužit, což mu může výrazně dopomoci k dosažení kýženého výsledku.

I přesto, že respirační trénink budí velký zájem sportovní veřejnosti, nebyla udána přesná metodika tréninku a testování, která by zaručovala jeho efektivitu.

Cílem diplomové práce je zhodnotit vliv respiračního tréninku s pomůckou SpiroTiger na spirometrické a zátěžové parametry vybraných sportovců z odvětví dráhové cyklistiky a určit, zdali jsme danou metodou schopni zvýšit jejich sportovní výkonnost.

K vyhledávání informačních zdrojů byly používány databáze PubMed, Google Scholar, Research Gate a Wiley Online Library.

Při vyhledávání odborných článků byla použita následující klíčová slova: trénink respiračních svalů, dechová cvičení, sportovní výkon, hyperpneický trénink, metaboreflex, oddálení únavy, a jejich anglické ekvivalenty: respiratory muscle training,

breathing exercises, exercise performance, hyperpnea training, metaboreflex, fatigue attenuation.

Celkem bylo vyhledáno a použito 136 zdrojů, z toho 123 studií v anglickém jazyce a 4 studie v českém jazyce. Zbylých 9 zdrojů představovalo tištěnou literaturu.

AKINOĞLU, B., KOCAHAN, T., ÖZKAN, T. 2019. The relationship between peripheral muscle strength and respiratory function and respiratory muscle strength in athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation* [online]. 15(1), 44-49 [cit. 2020-01-04]. doi: 10.12965//jer.1836518.259. ISSN 2288-176X. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6416508/>

KARSTEN, M., RIBEIRO, G. S., ESQUIVEL, M. S., MATTE, D. L. 2018. The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* [online]. 34, 1-[cit. 2020-11-27]. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.09.004. ISSN 1466853X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X18301652>

MENZES, K.P.P., NASCIMENTO, L.R., AVELINO, P.R., POLESE, J.C., SALMELA, L.F.T. 2018. A review on respiratory muscle training devices. *Journal of Pulmonary & Respiratory Medicine* [online]. 08(02) [cit. 2020-12-01]. doi: 10.4172/2161-105X.1000451. ISSN 2161105X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Janaine_Cunha_Polese/publication/325730850_A_Review_on_Respiratory_Muscle_Training_Devices/links/5b899aae92851c1e123f909a/A-Review-on-Respiratory-Muscle-Training-Devices.pdf

SALES, A. T. N., FREGONEZI, G. A., RAMSOOK, A. H., GUENETTE, J. A., LIMA, I.N.D.F., REID, W.D. 2016. Respiratory muscle endurance after respiratory muscle training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* [online]. 17, 76-86 [cit. 2020-01-14]. DOI: 10.1016/j.ptsp.2015.08.001. ISSN 1466853X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X15000656>

WŁODARCZYK, O. M., BARINOW-WOJEWÓDZKI, A. 2015. The impact of resistance respiratory muscle training with a SpiroTiger® device on lung function, exercise performance, and health-related quality of life in respiratory diseases. *Polish*

Journal of Cardio-Thoracic Surgery [online]. 4, 386-390 [cit. 2020-01-13]. doi:
10.5114/kitp.2015.56796. ISSN 1731-5530. Dostupné
z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4735547/#!po=75.0000>

1 Sportovní výkon

Sportovní výkon je definován jako výsledek kontinuální tréninkové zátěže ve specifickém sportovním odvětví, kdy jedinec dosahuje maximální výkonnosti ve zvolené disciplíně (Perič a Dovalil, 2010, s. 6-7) na hranici svých genetických dispozic z hlediska dlouhodobého a strukturalizovaného tréninku (Cacek, 2017, s. 77).

Sportovní výkonnost je v kterémkoliv odvětví sportu ovlivňována mnoha faktory, například fyzickou výkonností, psychickou připraveností, fyzickým rozvojem, zdatností z hlediska biomechaniky, znalostí taktiky a dalšími proměnnými (nutrice, genetika, celkové zdraví, sociokulturní faktory), (Glazier, 2017, s. 139-140). Výsledný výkon, který sportovec podá ať už v tréninkovém zatížení či na utkání/soutěži, závisí jak na specificky rozvinutých pohybových schopnostech (síla, vytrvalost, rychlost, koordinační schopnosti, flexibilita), tak na jeho aktuálním psychickém rozpoložení a zvládnutím situace (Cacek, 2017, s. 79-91).

Výsledná koordinace a kontrola pohybu při vlastním provedení pohybu je pak závislá na daném jedinci (jsou tu zahrnuty rozvinuté pohybové schopnosti a psychické faktory), dále závisí na úkolu, který je třeba provést, a podmínkách prostředí, ve kterém je pohyb vykonáván (Glazier, 2017, s. 141-142; Newell, 1986, s. 340-361).

1.1 Sportovní výkon v dráhové cyklistice

Dráhová cyklistika je sportovním a olympijským odvětvím, při kterém individuálně či v týmu na speciálním kole závodí sportovci na okruhu zvaném velodrom, mající obvod nejčastěji 333 m (Craig and Norton, 2001, s. 458). Při závodu soupeří oponenti o to, být první za cílovou čarou, čímž své protivníky porazí. Závodí se pak různí od hromadných startů až po starty jeden na jednoho. Co mají společné je, že se cyklista musí neustále adaptovat na akce svých protivníků a měnit se podmínky okolního prostředí, což mimo jiné faktory ovlivňuje jeho úspěšnost (Phillips and Hopkins, 2020, s. 2; Dilger and Geyer, 2000, s. 1).

Dráhová cyklistika se dělí na dvě kategorie, a to konkrétně sprint, kdy se závodí na vzdálenosti do 1000 m, a vytrvalostní závody, kdy sportovci závodí na vzdálenosti nad 1000 m. Tyto dvě kategorie pak obsahují další disciplíny s různými specifiky. Mezi rychlostní disciplíny řadíme například sprint, keirin, pevný kilometr či týmový sprint. Mezi vytrvalostní disciplíny patří stíhací závod, bodovací závod nebo vylučovací závod (Craig and Norton, 2001, s. 458).

1.1.1 Faktory ovlivňující sportovní výkon

Co se týká dráhové cyklistiky, sportovní výkonost a úspěšnost jednotlivce se odvíjí mimo trénink samotný od několika faktorů. Z hlediska morfologických vlastností závisí na tělesné výšce, hmotnosti, svalové hmotě a složení těla. Například u cyklistů závodících ve sprinterských disciplínách byla zjištěna vyšší tělesná hmotnost, menší tělesná výška a větší antropometrické obvody hrudníku, stehen a lýtek než u vytrvalostních cyklistů (Craig and Norton, 2001, s. 459-460; McLean and Parker, 1989, s. 247-255). Pro sportovce je také výhodné nízké procento tělesného tuku, při jeho zvýšení bylo totiž pozorováno až trojnásobné snížení výkonnosti, kdy se zvýšily nároky na akceleraci, valivý odpor a došlo ke zhoršení aerodynamiky v rámci zvětšení frontální plochy těla cyklisty (Craig and Norton, 2001, s. 460).

Do výkonu podaného při závodu se také výrazně promítají kognitivní a emoční faktory, jako jsou například nálada, úzkost, míra sebevědomí, schopnost tolerovat bolest, schopnost se soustředit (Phillips and Hopkins, 2020, s. 8-9; Spindler et al., 2018; s. 1945), nebo také schopnost přizpůsobovat se podmínkám závodu z hlediska rozložení sil, techniky a frekvence šlapání, optimalizace posedu a aerodynamiky, či rozhodování se při volbě vhodné taktiky v průběhu závodu (Phillips and Hopkins, 2020, s. 8).

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující úspěšnost v dané disciplíně jsou parametry týkající vrcholových a funkčních hodnot kardiovaskulárních a pulmonálních funkcí, ovlivnitelné především adekvátní stimulací při tréninku (viz kapitola č. 2, s. 17-21), (Phillips and Hopkins, 2020, s. 8; Faria, Parker and Faria, 2005, s. 294-298).

Dosažení výkonnosti ve sportu je ale nutné chápat především jako komprehensivní proces, kde nehraje roli pouze trénink jako takový. Na úspěch sportovce má totiž vliv mnoho dalších faktorů, které jsou řešeny s dalšími odborníky, rodinou a blízkým okolím sportovce. Patří sem například každodenní strava, ergogenní pomůcky, technické vybavení (design kola, rychlost kola a přídatné komponenty), rozložení aerodynamiky, podmínky prostředí, dále kvalita a trvání spánku, sociální život a vztahy, škola, profesní život či vztah s trenérem (Perič a Dovalil, 2010, s. 18-21; Bazylar et al., 2015, s. 5-7; Craig and Norton, 2001, s. 462; Phillips and Hopkins, 2020, s. 9; Castronovo et al., 2013, s. 4-5).

Pro to, aby byl sportovec dlouhodobě úspěšný, je nutné zvládnutí stresorů každodenního života spolu s kombinací adekvátního tréninkového zatížení, aby byl

zajištěn postupný progres vedoucí k úspěchu (Perič a Dovalil, 2010, s. 10-13; Bazylar et al., 2015, s. 5).

1.1.2 Tréninková specifika

Vzhledem k tomu, že výkony dráhových cyklistů se pohybují v rozmezí od 10 s ve sprintech až 1 h ve vytrvalostních závodech, jsou využívány aerobní i anaerobní systémy energetického krytí v různých poměrech v závislosti na charakteru závodu, proto musí být v rámci tréninkové přípravy voleny vhodné programy pro stimulaci požadovaných metabolických a fyzických změn (Craig and Norton, 2001, s. 459; Craig et al., 1993, s. 150; Chermie, 2004, s. 22).

Jelikož je $VO_2\text{max}$ považována za důležitý prediktor úspěchu v dráhové cyklistice, je prioritní komponentou přípravy vytrvalostní trénink. I přesto, že $VO_2\text{max}$ a zlepšení tohoto parametru závisí z velké části na genetice, jedná se o trénovatelnou proměnnou (Craig and Norton, 2001, s. 461; Craig et al., 1993, s. 154). Vytrvalostním tréninkem jsou rekrutována zejména SO svalová vlákna, čímž se na základě adaptačních změn zvyšuje počet a velikost mitochondrií, zlepšuje se aktivita oxidativních enzymů a absorpce kyslíku tkáněmi spolu s metabolismem lipidů, což pomáhá zvyšovat aerobní kapacitu jedince (Chermie, 2004, s. 24; Faria, 1984, s. 199).

Při vysokém zatížení také dochází k hromadění laktátu ve svalech, což za normálních okolností narušuje sportovní výkonnost. Správným zatížením je možné udržet tuto intenzivní zátěž i přes větší akumulaci laktátu, která byla u cyklistů po závodu zaznamenána (Craig and Norton, 2001, s. 462; Craig et al., 1993, s. 156; Burke, Fleck and Dickson, 1981, s. 242-245). Za intenzivní zátěž odpovídá zejména nábor rychlých oxidativních FOG vláken, jejichž adaptace se projeví zvýšenou schopností pracovat anaerobním způsobem. Proto se v přípravě využívá intervalového tréninku s intenzivním zatížením krátkého trvání v rozmezí 60-90 s s dobou odpočinku trvajícím 20-30 s (Faria, 1984, s. 199).

V současné době se do přípravy dráhových cyklistů zařazuje také silový trénink, z toho důvodu, že cyklista musí být schopný za krátkou dobu vygenerovat vysokou úroveň externího mechanického výkonu (Kordi et al., 2020, s. 1594; Rønnestad, Hansen and Raastad, 2010, s. 965-975). Do tréninku jsou tedy zařazovány cviky na posílení posteriorního (m. triceps surae, hamstringy, gluteus maximus) kinetického řetězce, který je nutný k pohánění kola, a anteriorního řetězce (flexory KYK, m. quadriceps femoris, m.

tibialis anterior), který slouží k asistování při pohybu a vyrovnávání sil generovaných kyčelními klouby za udržení adekvátní techniky. V tréninku jsou také využívány techniky pro posílení středu těla, který musí být funkční z důvodu přenosu sil z dolních končetin na horní, a pevný, aby nedocházelo ke ztrátě výkonu či snížení kvality aerodynamiky sportovce (Parsons, 2010, s. 65).

2 Zvyšování výkonnosti sportovce

Pro to, aby byl sportovec schopný svým výkonem konkurovat a porážet své protivníky při soutěžích, je nutné, aby byl neustále o krok napřed v rámci různých atributů (Perič a Dovalil, 2010, s. 12-13). Úspěch není determinován pouze genetickým potenciálem atleta, závisí také na samotném nastavení tréninku, schopnosti sportovce se koncentrovat (Bompa and Buzzichelli, 2015, s. 3) a optimální regeneraci v rámci prevence syndromu přetrénování či zranění (Cunanan et al., 2018, s. 789). Při zvyšování výkonu je také nutná spolupráce s odborníky z dalších oblastí (lékařství, fyzioterapie, nutriční), která může hrát podstatnou roli ve výsledném ovlivnění výkonnosti daného jedince (Perič a Dovalil, 2010, s. 10-11).

Pro zvýšení výkonnosti se využívá několika metod, jako nejefektivnější se ale jeví metoda tzv. periodizace tréninku (Cunanan et al., 2018, s. 788), která spočívá v plánované manipulaci tréninkových proměnných (objem, intenzita, frekvence) v rámci jednotlivých cyklů tréninku, s cílem navození procesu adaptace vůči stimulu, kterému je sportovec vystaven. Vytvořením optimálního tréninkového programu jsou facilitovány neurální a muskulární adaptace, a zvýšené nároky na tyto systémy pak vedou ke zvýšení svalové výkonnosti v dané dovednosti (výkon, rychlost, hbitost), kterou se sportovec snaží zdokonalit (Lorenz and Morrison, 2015, s. 735). Celý proces směřuje k maximalizaci výkonnosti s vrcholem v soutěžním období (Cunanan et al., 2018, s. 794).

2.1 Fyziologické ukazatele sportovního výkonu v dráhové cyklistice

Pro to, aby bylo možné hodnotit zvýšení výkonnosti sportovce, existují různé fyziologické ukazatele, na jejichž základě je možné posoudit aktuální stav a progres atleta v rámci nastavených cílů. Tyto proměnné je také vhodné pozorovat při manipulaci s tréninkovým plánem, modifikaci vybavení a využívání ergogenních pomůcek pro zhodnocení jejich prospěšnosti na sportovcův výkon (Foster, 2019, s. 141-142).

2.1.1 Respirační parametry

Metoda, která je považována za důležitou z hlediska odhadu výkonnosti jedince, je spirometrie, tedy měření fyziologických respiračních parametrů (Mazic et al., 2015, s. 193; Miller, 2005, s. 320). Pomocí spirometrie jsou zjišťovány statické a dynamické dechové objemy plic (Novotný, 2017, s. 51), kdy jedinec skrze spirometr vdechuje a vydechuje maximálním úsilím objem vzduchu. Na obrazovce spirometru jsou pak primárně vykreslovány závislosti objemu vdechnutého a vydechnutého vzduchu za časovou jednotku, a dále závislosti průtoku vzduchu v čase. Dle výsledných grafů je

následně popisována funkčnost plic, a v případě přítomných odchylek je možné zjistit typ onemocnění respiračního systému (Graham et al., 2019, s. 72).

Dle ATS a ERS jsou jako nejvíce relevantní parametry pro měření uváděny hodnoty FVC (usilovná vitální kapacita, [l]), což je objem usilovně vydechnutého vzduchu po maximální volní inspiraci, a FEV_1 (jednovteřinový usilovný výdech, [l]), která udává objem vzduchu vydechnutého v první sekundě FVC (Barreiro and Perillo, 2004, s. 1108; Graham et al., 2019, s. 71).

Respirační parametry je možné u zdravé nesportující populace odhadnout na základě pohlaví, věku, výšky, rasy a tělesné hmotnosti jedince, nicméně u sportovců bylo opakovaně prokázáno, že v dechových parametrech dosahují vyšších hodnot než nesportující populace (Lazovic et al., 2015, s. 2269; Twisk et al., 1998, s. 627; Mazic et al., 2015, s. 193). To může být způsobeno sportovním tréninkem jako takovým, díky kterému se zvyšuje vytrvalost a síla respiračních svalů, snižuje se odpor v respiračních kanálech, dochází ke zvýšení plicní elasticity a zvýšení alveolární expanze. Proto není vhodné se u sportovců orientovat dle tabulkových hodnot určené pro zdravou nesportující populaci, a je nezbytné provádět podrobná vyšetření (Lazovic et al., 2015, s. 2271-2272).

2.1.2 Maximální aerobní kapacita

Mezi nejvýznamnější ukazatele výkonnosti je řazena $VO_2\max$ (ml/kg/min), (Basset and Howley, 2000, s. 70) neboli maximální aerobní kapacita. Tento marker vypovídá o maximální kapacitě organismu absorbovat, přenášet a spotřebovávat O_2 pracujícími svaly. Jinak řečeno, $VO_2\max$ je hodnota kyslíku, kterou může organismus využít při fyzické zátěži, a v případě, že se tato hodnota už dále nezvyšuje i přes zvyšující se intenzitu zátěže, je energie je spotřebovávána anaerobním způsobem, tedy bez přístupu kyslíku. Nejčastěji je $VO_2\max$ měřena za laboratorních podmínek zátěžovým testem, existují však také jednodušší metody, které jsou za použití vzorců schopny tento ukazatel predikovat, např. Incremental shuttle run test a Harvard's step test (Gondane, Retharekar and Kudalkar, 2019, s. 3111; Albouaini et al., 2007, s. 675; Bandyopadhyay, 2013, s. 78; Léger et al., 1988, s. 93-101; Cheramie, 2004, s. 10-11; Faria, 1984, s. 191; Hill and Lupton, 1932, s. 151-152).

$VO_2\max$ se u každého jedince liší na základě jeho věku, pohlaví, tělesné hmotnosti, stupněm každodenní aktivity a typem cvičení (Gondane, Retharekar and Kudalkar, 2019, s. 3111-3112). U dráhových cyklistů je její vysoká hodnota považována za jeden

z prediktorů úspěšnosti při závodech. Autoři Craig a Norton (2001, s. 461) ve své studii uvádí, že hodnoty této proměnné by měly dosahovat nad 80 ml/kg/min u mužů a nad 70 ml/kg/min u žen. Jeukendrup, Craig a Hawley (2000, s. 430) sledovali, jak se hodnoty $VO_2\text{max}$ v průběhu roku v závislosti na tréninku mění. Hodnota $VO_2\text{max}$ elitního cyklisty v mimosoutěžní době dosahovala 74,3 ml/kg/min. O 7 měsíců později před účasti na mistrovství v cyklistice vzrostla na 84,8 ml/kg/min. V jiném výzkumu (Olds, Norton and Craig, 1993, s. 733) bylo zjištěno, že navýšení $VO_2\text{max}$ o 15 % umožní dráhovým cyklistům dokončit závod na 4000 m téměř o 15 s rychleji.

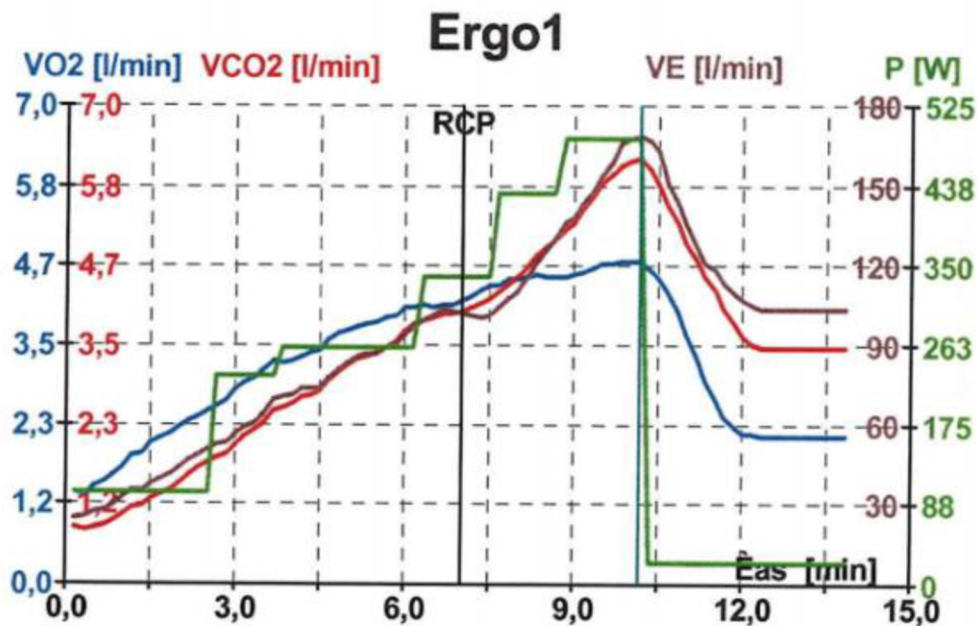
Z daných studií vyplývá, jaký vliv může mít manipulace s tréninkem na výslednou hodnotu $VO_2\text{max}$, a jak důležitou roli tato hodnota hraje ve výkonu cyklistů.

2.1.3 Dynamika VO_2 , VCO_2

I přesto, že hodnota $VO_2\text{max}$ je nejčastěji využívána k predikci maximálního výkonu sportovců, existují také další parametry, které lze využít v rámci hodnocení výkonnosti či efektivity tréninku z provedeného spiroergometrického testování. Jedná se o parametry VO_2 (množství O_2 extrahoveného ze vzduchu za jednotku času) a VCO_2 (množství CO_2 expirovaného z plic za jednotku času), a jejich kinetiku v průběhu přírůstkového testu. Obě hodnoty jsou měřeny v l/min (Mezzani, 2017, s. 5-6; Mezzani et al., 2013, s. 456; Várnay a Mífková, 2020, s. 55-65; Gnosh, 2004, s. 24).

Při stupňované zátěži do maxima křivka VO_2 narůstá po celou dobu testu lineárně. Na úrovni prvního ventilačního prahu však křivka pro ekvivalent VE/VO_2 začne nelineárně vzrůstat, jakožto ukazatel zvýšené produkce CO_2 . Tato zvýšená produkce se odehrává z důvodu, že na základě zvyšování intenzity zátěže vzniká laktát, který je odbouráván pufrovacím bikarbonátovým systémem, což způsobuje zmíněnou vyšší produkci CO_2 . Z metabolického hlediska dochází ke spalování energie částečně, kromě aerobní fosforylace, anaerobní glykolýzou. V případě dalšího zvyšování zátěže, na úrovni druhého ventilačního prahu, nelineárně vzrůstá i ekvivalent pro VE/VCO_2 , kdy organismus využívá převážně anaerobní způsob spotřeby energie. Produkce CO_2 tedy dále narůstá, a metabolická acidóza organismu je kromě pufrovacího systému kompenzována také hyperventilací (bod respirační kompenzace), (Mezzani, 2017, 5-6; Várnay a Mífková, 2020, s. 55-65; Stringier, Wasserman and Casaburi, 1995, s. 25; Casaburi et al., 1989, s. 553-554; Várnay, 2020, s. 194; Struhár et al., 2019, s. 76). Průběh křivek pro VO_2 (modře) a VCO_2 (červeně) je zobrazen na obrázku 1 (s. 20).

Právě ukazatel produkce CO₂, a tím pádem anaerobní práh, by mohl sloužit jako jeden z determinantů fyzické výkonnosti, jelikož hodnota druhého ventilačního (anaerobního) prahu se může měnit beze změn VO₂max, a je tedy více senzitivní na tréninkový stav sportovce (Gnosh, 2004, s. 26, 31; Edwards, Clark and Macfadyen, 2003, s. 24; Allen et al., 1985, s. 1283). Znamenalo by to tedy, že čím se křivka více posouvá vpravo, tím více jedinec využívá efektivnějšího aerobního systému při stupňující se zátěži.



Obrázek 1 Průběh křivek VO₂ a VCO₂ (zdroj: vlastní)

2.1.4 Minutová ventilace

Minutová ventilace (VE) je ukazatelem spiroergometrického měření udávající objem vzduchu, který jedinec prodýchá za jednu minutu. Je tedy dána součinem dechového objemu (VT, l) a dechové frekvence (DF, počet dechů za minutu), jednotkou jsou l/min (Novotný, 2017, s. 51; Várnay a Mífková, 2020, s. 33).

Při zvyšování zátěže dochází za fyziologických podmínek k dané zátěži korelujícímu zvyšování VE (Novotný, 2017, s. 51), a to z důvodu vyššího metabolického obratu tkání (Carey, Pliego and Raymond, 2008, s. 45; Wasserman, 1978, s. 780). Nejdříve při progresivně přirůstající zátěži, asi do 50-60 % vitální kapacity (VC) plic, roste VE na základě zvyšování VT, dále je hodnota ventilace zvyšována zejména narůstající DF (Sheel and Romer, 2012, s. 1094; McParland et al., 1992, s. 311; Clark, Hagerman and Gelfand, 1983, s. 445).

2.1.5 Další ukazatele odezvy na zátěž

Mezi další fyziologické ukazatele odezvy organismu na zatížení patří například tělesná hmotnost stran rozložení tukové a svalové tkáně v organismu, měření laktátu, hodnocení maximální svalové síly (1 RM), hodnocení krevního tlaku či srdeční frekvence (Novotný, 2017, s. 38-58). Pro diplomovou práci však nejsou vyjmenované ukazatele stěžejní, proto jsou zmíněny pouze okrajově.

3 Trénink respiračních svalů

3.1 Respirační fyzioterapie

Respirační fyzioterapie se řadí mezi jednu z metodik, na jejímž základě se snažíme ovlivnit pacientův dechový stereotyp v souvislosti s jeho primárním respiračním postižením, které je často spojeno s dysfunkcí dechové soustavy. Techniky respirační fyzioterapie se využívají jak u akutních, tak u chronických forem konkrétních patologických stavů, mezi které můžeme řadit například pacienty s onemocněním kardiovaskulárního systému (Kolář a Šulc, 2009, s. 251-252), cystickou fibrózou (CF), chronickým obstrukčním pulmonálním onemocněním (CHOPN) či astmatem (AB), (Włodarczyk and Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 387).

Techniky respirační fyzioterapie provází práci fyzioterapeutů ve všech oblastech rehabilitace, jelikož dýchání neslouží pouze pro zajištění základních životních funkcí. Tvoří základ pro zajištění stability a posturálních funkcí každého z nás, a v případě narušení této posturální funkce dechových svalů z různých důvodů dochází k ovlivnění a zřetězení patologie do celého pohybového systému (Machová, Poděbradská a Stepaňuková, 2018, s. 104; Neumannová a Zatloukal, 2011, s. 188). Jak řekl již profesor Karel Lewit (2003): „*Když dýchání není normální, ani žádná jiná funkce či pohyb, nemohou být.*“

Jednotlivé techniky RFT dělíme do základních dvou skupin, a to na „pulmonální fyzioterapii“ a „trénink dechu“. Prvky pulmonální fyzioterapie, kam řadíme například posturální drenáž, vibrace hrudníku, techniky pro zlepšení hygieny dýchacích cest a ulehčení odkašlávání pacienta, slouží zejména pro snížení odporu DC, zlepšení výměny dýchacích plynů intrapulmonálně, a minimalizaci sekundárních komplikací (atalektázy, pneumonie) primárního onemocnění DC. Tyto techniky jsou využívány zejména u pacientů s chronickým onemocněním respiračního systému (AB, CHOPN, bronchopneumonie, CF), (Rochester and Goldberg, 1980, s. 133-139).

Druhá skupina řadící se do RFT je „trénink dechu“, kam patří různé formy dechových cvičení zlepšující pozici bránice, což má za následek následující: zmírnění pocitů dyspnoe, zlepšení ventilačních parametrů a zlepšení zátěžové tolerance člověka. Lze tvrdit, že optimalizace nastavení bránice a posílení dechových svalů zlepšuje vytrvalostní a silový výkon jedince (Rochester and Goldberg, 1980, s. 139), čehož se dá dosáhnout spojením jednotlivých prvků RFT spolu s využitím dechových trenažerů

(Smolíková, 2009, s. 262). Právě problematikou a účinky respiračních trenažerů na výkon sportovce se tato práce bude zabývat.

3.2 Respirační trénink ve sportu

Využití technik respirační fyzioterapie se v současné době stále více rozmáhá i v oblasti sportu. Sportovní výkony elitních atletů se čím dál víc vyrovnávají, a i přes jejich náročný trénink je nutné zkoušet nové metody, na jejichž podkladě by mohlo dojít ke zlepšení sportovcova maximálního výkonu. To by sportovci zajistilo určitou výhodu oproti ostatním soupeřům a on tak mohl uspět tak při soutěži či utkání (Hajghanbari et al., 2013, s. 1643).

V minulosti se trénink pro získání vysoké výkonnosti v příslušné disciplíně či sportu zaměřoval zejména na trénink periferních svalů a trénink kardiovaskulárního systému, tyto modalities však po jisté době dosáhnou fáze plató. Proto se sportovní trénink rozšířil o další metody, které by mohly mít vliv na zlepšení sportovního výkonu jedince (Hajghanbari et al., 2013, s. 1643).

3.3 Trénink respiračních svalů

Mimo výše zmíněné techniky respirační fyzioterapie se v současné době ke zlepšení výkonnosti sportovců rozmáhá využití dechových trenažerů v rámci funkčního respiračního tréninku, což je metoda (v minulosti opomíjená), která se postupně stává nedílnou součástí sportovní přípravy (Hajghanbari et al., 2013, s. 1643-1644).

„Respiratory muscle training“ neboli funkční respirační trénink je terapeutickým konceptem (Nepomuceno et al., 2016, s. 822), který pracuje na ovlivnění síly či vytrvalosti dechových svalů. Na základě specifikace sportovní disciplíny se pak rozhoduje, jaký typ tréninku je pro atleta nejvhodnější (Sales et al., 2016, s. 79; Hajghanbari et al., 2013, s. 1657).

Respirační trénink jako takový vychází z teorie předpokládající zásah respiračních svalů do průběhu sportovní zátěže. Aktivita respiračních svalů totiž interferuje spolu s dalšími výkonnými systémy při pohybové aktivitě (Nepomuceno et al., 2016, s. 822; McConnell and Lomax, 2006, s. 446; Sheel et al., 2001, s. 277-289) a čím větší zatížení je, tím více kyslíku a živin je nutné dopravit do dechových svalů za současného odvedení metabolitů. Vzhledem k tomu, že je z hlediska přežití (či stresové reakce) tělesným organismem upřednostněna funkce dechových svalů, dochází k rané únavě pracujícího periferního svalstva, kdy nahromaděné volné radikály ve svalech způsobují bolest a

únavu, což dříve nebo později vyústí ve snížení výkonnosti jedince či v úplné zastavení pohybové aktivity (Aliverti, 2016, s. 167; Harms et al., 1997, s. 1573-1583). Proto je respirační trénink využíván a předpokládá se, že zlepšení funkce respiračních svalů oddálí nástup únavy periferního svalstva s pozitivním vlivem na sportovní výkon a konečné výsledky jedince při důležitých utkání či soutěžích (Nepomuceno et al., 2016, s. 827, Sheel et al., 2001, s. 277-289; McConnell and Lomax, 2006, s. 445-457).

Existují studii podložená tvrzení o ergogenním efektu RMT (Karsten et al., 2018, s. 4; McConnell and Romer, 2004, s. 284; Nepomuceno et al., 2016, s. 827-828; Sales et al., 2016, s. 1657-1660), kdy kromě zlepšení síly a vytrvalosti dechových svalů může v závislosti na typu tréninku dojít i ke zlepšení některých respiračních parametrů (FEV₁, FVC, VC, MVV), snížení stupně pociťované únavy (RPE), zmírnění kašle, zlepšení polykání, snížení tuhosti bránice a zlepšení expanze hrudníku (Menzes et al., 2018, s. 1.; Hajghanbari et al., 2013, s. 1644; McConnell, 2009, s. 21).

3.3.1 Práce s dechovými trenažery

Pro respirační trénink je využíváno několik typů dechových trenažerů, které pracují na různých principech. Hlavním, a také společným principem RMT je, že při tréninku dochází k opakovanému vdechování a vydechování vzduchu vůči externímu odporu různé velikosti nastaveném pomůckou po určitý čas, při stanovené intenzitě a frekvenci cvičení (Menzes et al., 2018, s. 1). Pro výběr správné pomůcky a zajištění efektivity tréninku je nutné dechové svaly, na které je trénink cílený, vyšetřit specifickými testy (testování hrudní expanze, MIP/MEP, spirometrie, výkonnostní testy) a zhodnotit také stav hlubokého stabilizačního systému, jehož posturální funkce může mít negativní vliv na funkci respirační, přičemž obě funkce se pak mohou vzájemně negativně ovlivňovat (Machová et al., 2017, s. 2; Neumannová a Kašák, 2013, s. 13).

Výběr vhodné dechové pomůcky také souvisí s typem sportu, a to z důvodu již zmíněného propojení respiračních a posturálních funkcí v závislosti na pohybové aktivitě (Illi et al., 2012, s. 709-710). Kvalita těchto funkcí má vliv na výslednou schopnost kontraktility a dřívější či pozdní nástup únavy respiračních svalů (Volianitis et al., 2001, s. 803-809). Proto je nutná přesná znalost specifik dané sportovní disciplíny pro stanovení nejvhodnější dechové pomůcky pro samotný trénink (Machová et al., 2017, s. 3).

Obecně lze RMT dělit na dva typy tréninku – silový a vytrvalostní. Při silovém tréninku (RMST) se pracuje s velkými odpory (intenzitou) krátkého trvání, u vytrvalostního (RMET) je cvičení prováděno v nižších intenzitách po delší časové intervaly. Při prolongované stimulaci respiračních svalů vybraným typem tréninku pak organismus odpovídá akutní reakcí na tréninkové stimuly, dlouhodobě reaguje adaptací struktur a funkčními změnami respiračních svalů (Illi et al., 2012, s. 709; Menzes et al., 2018, s. 1).

Silový trénink:

RMST (Respiratory Muscle Strength Training), také označovaný jako IMT (Inspiratory Muscle Training), je typ respiračního tréninku zaměřující se zejména na zvýšení síly dechových svalů. Cíleného efektu je dosahováno přenosnými, a v současné době také relativně dostupnými pomůckami, které pracují na různém principu (Illi et al., 2012, s. 709). První typ pomůcky dává respiračním svalům odpor, který je závislý na stupni průtoku, tzv. resistive flow zatížení, kdy subjekty vdechují vzduch skrze různý průměr trubice pomůcky. Čím větší průměr této trubice je, tím větší odpor pomůcka udává. Druhý typ pomůcky pak pracuje na principu tzv. pressure treshold zatížení, kdy má pomůcka nastavený určitý stupeň tlaku, který musí jedinec svým dechem překonat, a zahájí tak respiraci (McConnell and Romer, 2004, s. 285).

V obou případech lze tvrdit, že při tréninku inspirační i expirační svaly (čili bránice a pomocné dechové svaly) překonávají externí odpor po krátkou dobu trvání jednoho cyklu dechového cvičení (Menzes et al., 2018, s. 1). Strukturální a funkční změny respiračních svalů podléhají stejným principům adaptace, jako je tomu u periferních svalů. Těmi jsou progresivní přetížení, specifická tréninku a reversibilita adaptačních mechanismů (Moodie, Reeve and Elkins, 2011, s. 213-214; Romer and McConnell, 2003, s. 237-244). Po 4-11 týdnech tréninku dochází k požadovaným změnám, které spočívají ve zvýšení počtu sarkomer respiračních svalů zapojujících se do svalové kontrakce, spolu se zvětšením objemu daného svalu a jeho schopností vykonávat sílu (Nepomuceno et al., 2016, s. 827). Studie autorů Romera a McConnell (2003, s. 237) však uvádí, že „high force-low velocity“ trénink zlepšuje pouze schopnost svalů produkovat sílu, nezvyšuje se však schopnost zvyšovat rychlost svalové kontrakce. Stejní autoři také předpokládají, že pro některé jedince (zejména ze skupiny pacientů) by mohl být odporový typ tréninku nevhodný, jelikož dochází ke zvyšování intrathorakálního tlaku (McConnell and Romer, 2004, s. 286).

Vytrvalostní trénink:

RMET (Respiratory Muscle Endurance Training) je druhým typem respiračního tréninku, který je využíván zejména ke zvýšení vytrvalosti respiračních svalů při provádění pohybové aktivity. Hlavní princip tréninku spočívá v dýchání proti malému odporu (nízké intenzitě) po delší dobu trvání, a jedná se tedy o přesný opak silového tréninku – „low force-high velocity“ trénink (Illi et al., 2012, s. 709).

Odpor kladený na respirační svaly pomůckou je udáván pouze vlastním proudem vzduchu a elasticitou respiračního systému jedince (Menzes et al., 2018, s. 1). Jedná se o tzv. voluntary isocapnic hyperpnoea training, tedy volní isokapnický hyperpneický trénink dechových svalů (McConnell and Romer, 2004, s. 285). Při tréninku je nutné imitovat zatížení dechových svalů jako při pohybové aktivitě, ve které je požadováno zlepšení, proto musí jedinci udržet ventilaci v průběhu cvičení na vysokém stupni, a to v rozmezí 60–90 % MVV po dobu 20-30 minut (Menzes et al., 2018, s. 4). Delší trvání tréninkové jednotky vede k náboru nádechových a výdechových svalů, které jsou následně trénovány (Verges, 2019, s. 146). Vzhledem k riziku hypoxemie a hyperkapnie může být využita suplementace O₂, případně mohou probandi přerušit trénink a dýchat do prostoru mimo trenažer. Zejména z tohoto důvodu je prakticky nemožné provádět trénink mimo laboratoř, na trhu jsou však dostupné pomůcky, které je možné použít i mimo specializované prostory (McConnell and Romer, 2004, s. 285).

Mezi pomůcky trénující vytrvalost dechových svalů patří SpiroTiger (viz obrázek 2, s. 27), který je využíván i v rámci výzkumu naší diplomové práce. SpiroTiger je elektronická vytrvalostní a přenosná pomůcka (Menzes et al., 2018, s. 4-5), která má několik součástí. Jedná se o silikonový vak, který je přes plastovou hadici připojen k náústku svírající s hadicí úhel 90 °. Při tréninku drží proband zařízení za rukojeť, která je umístěna vespod zařízení. Uprostřed systému je pak uložen boční vstup s otvorem, který umožňuje vdechování čerstvého vzduchu (Włodarczyk and Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 387; Scherer et al., 2000, s. 1711). Tento boční vstup totiž obsahuje dvousměrný pístový ventil, který je spojen s dechovým vakem. Když tedy jedinec dýchá skrz náústek, ve vaku zůstává část vydechnutého vzduchu, který obsahuje větší množství CO₂. Až je naplněna kapacita vaku, ventil se otevře, a umožní uvolnění vydechnutého vzduchu do okolí. S ukončením expirace se ventil uzavírá a dochází k zahájení inspirace, kdy se vak vyprázdí (a je tedy vdechnut vzduch s větší koncentrací CO₂), ventil se znovu otevře a s každým inspirem se do vaku dostává čerstvý vzduch (Lemaitre et al., 2013, s. 632;

Verges et al., 2007, s. 1247). I přesto, že trénink musí být pod odborným dohledem fyzioterapeuta, zařízení obsahuje také displej a auditivní feedback, dle kterých se jedinec může orientovat, a udržovat tak dech v rozmezí prahových hodnot isokapnie (Menzes et al., 2018, s. 4-5; Kim, Fell and Lee, 2011, s. 75-76).

Při zatížení tímto typem tréninku dochází k aktivaci hlavních a pomocných dechových svalů na nejvyšší možný stupeň, čímž je navozeno zvýšení flexibility hrudníku a zvýšení koordinace dechu (Włodarczyk and Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 387), dále zlepšení vytrvalosti a také zlepšení některých ventilačních parametrů (Menzes et al., 2018, s. 1).

Určitá nevýhoda intervence spočívá v délce tréninku a nemalé náročnosti této metody, vzhledem k aktivní účasti trénujícího jedince (Menzes et al, 2018, s. 4). Vysoké ventilační proudění v rámci isokapnického hyperpneického tréninku může také vést k vysoušení sliznice dýchacích cest, což může způsobit až pozátěžový bronchospasmus sportovce (McConnell and Romer, 2004, s. 285).



Obrázek 2 Vytrvalostní dechový trenažer SpiroTiger (Włodarczyk, Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 3)

3.4 Specifika tréninku

Vzhledem k předpokladu, že respirační svaly reagují na tréninkové zatížení stejnými mechanismy, jako periferní kosterní svalstvo (Menzes et al., 2018, s. 1), musí

být pro dosažení žádoucích účinků tréninku dodržena základní pravidla specificity, progresivního přetížení a reversibility tréninku (Moodie, Reeve and Elkins, 2011, s. 213-214; Romer and McConnell, 2003, s. 237-244).

Nezáleží ale pouze na uvedených pravidlech. Žádoucích efektů RMT je dosaženo v případě, že parametry svalové kontrakce respiračních svalů, jako jsou rozsah, rychlost a síla kontrakce, odpovídají nárokům sportovního tréninku dané disciplíny. Při dodržení těchto parametrů je tedy zajištěna efektivní intenzita tréninku, spolu s rychlostí inspiračních kontrakcí a změnami objemu (rozsahu kontrakce) pracujících svalů. Se současným zvyšováním intenzity RMT jedinec postupně z tréninku benefituje, a jeho výkonnost může na základě adaptačních mechanismů narůstat (Hajghanbari et al., 2013, s. 1644; Sales et al., 2016, s. 84-86).

Existuje několik různých protokolů, dle kterých je respirační trénink veden, a proto je nutné vybrat pro daného sportovce ten nejvhodnější. Dle metaanalýzy studií autorů Hajghanbari et al. (2013, s. 1655-1657) se pro navození ergogenních efektů tréninku vhodná délka trvání tréninkového cyklu pohybuje ideálně mezi 4-11 týdny. Nejčastěji je využíván protokol o délce 6 týdnů (Hajghanbari et al., 2013, s. 1655-1657).

Respirační trenažer je pak nastavován zvlášť pro každého jedince dle naměřených hodnot při vstupním testování. Orientujeme se parametry, které jsou naměřeny při testování respiračních tlaků (MIP/MEP) či při spirometrii (MVV, VC), (Karsten et al., 2018, s. 11). Ve většině případů je objem silikonového vaku trenažeru nastaven na 40-50 % VC jedince, případně je hodnota nastavena na počátečních 60 % MVV (Lemaitre et al., 2013, s. 632). Pro progresi tréninkového zatížení je možné navýšit intenzitu až na 90 % MVV (McConnell and Romer, 2004, s. 285). Orientujeme se dle obecných pravidel, buď navyšujeme intenzitu tréninku (procenta nastavená dle VC či MVV), nebo je navýšen počet dechových cyklů za časovou jednotku tréninku. Tím dosáhneme přetížení respiračních svalů, samozřejmě pouze za dodržení kvalitního provedení tréninkového cyklu. Každá následující tréninková jednotka pak může být navýšena o 2 dechy za minutu v případě, že se jedinec subjektivně nevnímá žádné negativní fenomény. V opačném případě může být počet dechů snížen až o 5 za minutu, pro lepší toleranci zatížení jedincem (Lemaitre et al., 2013, s. 632).

Tréninková jednotka je pak nastavena tak, že by měl sportovec dosáhnout 30-40 nádechů v objemu VC v jedné až dvou sériích, případně může trénovat proti stálému

odporu po dobu 15-30 minut (Hajghanbari et al., 2013, s. 1654-1655). Cvičení může být prováděno v různé frekvenci, studie uvádějí opakování tréninku například 2x denně (Nepomuceno et al., 2016, s. 825; Włodarczyk and Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 388), 3-4x do týdne (Hajghanbari et al., 2013, s. 1655) či dokonce až 7x týdně (Karsten et al., 2018, s. 20).

Pro dosažení žádoucích výsledků je vhodné kombinovat trénink s dechovými trenažery jak se standardními rehabilitačními postupy (Włodarczyk and Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 388), tak se samotným cvičebním programem v rámci dané sportovní disciplíny (Nepomuceno et al., 2016, s. 827).

4 Adaptační mechanismy organismu na respirační trénink

4.1 Práce respiračních svalů v zátěži

Na inspiriu a expiriu se podílejí tři typy svalů. Jedná se o bránici, svaly hrudního koše a břišní svalstvo. Při dýchání v klidu se na ventilační pumpě účastní bránice a svaly inspirační, ty expirační se zapojují až při zvýšených nárocích na zatížení. Právě při odolávání většímu stupni zatížení dochází v respiračních svalech ke zvýšení neurální akce, čímž se zvyšuje jejich schopnost generovat sílu (Aliverti, 2016, s. 165; Aliverti et al., 1997, s. 1256). Střídání inspiria a expiria pak tvoří respirační rytmus, který je úzce spojen s metabolickým obratem, a podléhá tak zachování homeostázy krevních plynů a acidobazické rovnováhy (Welch, Kipp and Sheel, 2019, s. 102).

Při pohybové aktivitě pro udržení homeostázy nastávají v respiračním cyklu následující změny: navýšení alveolární ventilace skrze zvýšenou konzumaci O₂ svaly a jimi zvýšenou produkci CO₂, zvýšení DF, VE a práce dýchání v čase, a také nárůst kontrakcí v respiračních svalech pro lepší transport O₂ krví. Pro udržení potřebné úrovně tělesného výkonu je potřebné zvýšit výměnu plynů nejen v respiračních svalech, ale i ve svalech pracujících. V případě, že výše zmíněné mechanismy selžou, jedinec může pociťovat nepříjemné pocity dyspnoe. V organismu pak nastává hypoxemie následovaná únavou respiračních svalů. Všechny tyto atributy spějí k intoleranci zátěže (Welch, Kipp and Sheel, 2019, s. 102). U trénovaných jedinců, ale také u stárnoucí populace či populace s respiračním onemocněním, je popsána tzv. dynamická hyperinflace. Jedná se o jev, kdy při zatížení musí inspirační svaly překonat vyšší elastický odpor, který je dán plicní tkání a hrudní stěnou. Tyto svaly tedy vykonají více práce pro jejich zkrácení a stávají se méně schopné produkovat tlak, což vede k větší konzumaci O₂ dechovými svaly (Aliverti, 2016, s. 166-167).

Ke zvýšené konzumaci O₂ respiračními svaly, a tím pádem k jejich rané únavě, dochází při intenzivní fyzické aktivitě, tj. nad 85 % VO₂max (Welch, Kipp and Sheel, 2019, s. 105; Mador et al., 1993, s. 1571-1575). Za těchto podmínek respirační svaly spotřebují 10-15 % celkové spotřeby O₂ v závislosti na stupni kondice daného jedince. Čím více je člověk trénovaný, tím více O₂ jeho dechové svaly v zátěži spotřebují. Aby organismus předešel brzké únavě dechových svalů, distribuuje podstatnou část srdečního výdeje, tj. 14-16 %, právě na tato místa pro podporu metabolických nároků respiračních svalů (Romer et al., 2006, s. 425; Harms et al., 1998, s. 617). Vzhledem k únavě pracujících svalů a k jejich zvýšené potřebě živin, kterých se jim za ztížených podmínek

nedostává, postupně nastává jev zvaný metaboreflex, způsobující v lokomočních a respiračních svalech hemodynamické (Welch, Kipp and Sheel, 2019, s. 105; Sheel, Boushel and Dempsey, 2018, s. 820-821) a neurální změny (Witt et al., 2007, s. 1019).

4.1.1 Metaboreflex

Metaboreflex bývá také označován jako „metaboreflex inspiračních svalů“ či „chemoreflex“. Jde o fyziologický jev doprovázející prolongovanou fyzickou zátěž člověka, mající nezanedbatelné funkční konsekvence (Seals, 2001, s. 2).

Při fyzickém výkonu pracují svaly respirační i lokomoční. V případě, že se jedinec pohybuje v rozmezí submaximálního až maximálního stupně tělesné námahy, postupně přichází únava a je narušena koordinace pracujících respiračních svalů. Mechanickými či metabolickými mechanismy jsou podrážděna zejména aferentní vlákna typu III a IV volných nervových zakončení v bránici (Croix et al., 2000, s. 493), jejichž stimulace vede k aktivaci sympatiku, a jím zprostředkované vazokonstrikci lokomočních svalů (Welch, Kipp and Sheel, 2019, s. 106). Kromě podráždění nervových zakončení může být metaboreflex spuštěn i akumulací metabolických produktů v intersticiu či vaskulární distenzí (testováno u koček), (Croix et al., 2000, s. 493; Haouzi et al., 1999, s. 552). Vazokonstrikce nepostihuje pouze pracující lokomoční svaly, ale také svaly v klidovém režimu, může tedy být výrazně narušen fyzický výkon zdravých, trénovaných jedinců, mimo jedince respiračně znevýhodněné (McConnell and Lomax, 2006 s. 445; Witt et al., 2007, s. 1019, Johnson et al., 1993, s. 402-403). Snížené prokrvení a vaskulární vodivost v lokomočních svalech bývá také spojována s nárůstem noradrenalinu v aktivních končetinách, což periferní vazokonstrikci umocňuje (Seals, 2001, s. 2; Harms et al., 1997, s. 1573).

Cílem metaboreflexu je určitá priorita respiračních svalů nad těmi pracujícími v rámci zvýšené dodávky O₂ k zachování pulmonální ventilace, regulace krevních plynů, udržení pH a celkové homeostázy (Seals, 2001, s. 2). Na úkor udržení dechových funkcí jsou však narušeny jedny z hlavních parametrů určující sportovní výkon, kterými jsou síla a vytrvalost pracujících svalů, respirační funkce a síla respiračních svalů, což může sportovní výkon výrazně omezit nebo dokonce donutit sportovce k jeho ukončení (Akinoğlu, Kocahan and Özkan, 2019, s. 44,48; Tranchita et al., 2014, s. 411,421-422).

Jednou z možností, kterou je možné metaboreflex oddálit, utlumit či úplně zvrátit je trénink respiračních svalů. Studie zabývající se vztahem inspiračních svalů a únavou

plantárních flexorů lýtky (McConnell and Lomax, 2006, s. 445-457), které se účastnilo 7 zdravých subjektů bez kardiovaskulárního, pulmonálního či neurologického onemocnění, dospěla k následujícím výsledkům. Před prováděním respiračního tréninku byla z výsledků patrná únava plantárních flexorů po namáhání respiračních svalů. Po 4 týdnech respiračního tréninku se tento fenomén neprojevil, a výzkumníci tak usoudili, že inspirační svaly ovlivňují výkon svalů lokomočních, kdy IMT tuto reakci potlačuje.

Další studie (Witt et al., 2007, s. 1026) předpokládala, že u zdravých jedinců vede únava respiračních svalů k nárůstu svalové sympatické nervové aktivity, tepové frekvence a průměrného arteriálního tlaku. Byl tedy sledován efekt IMT na kardiovaskulární odpověď organismu. Studie se účastnilo 16 zdravých probandů, kteří byli rozděleni na experimentální a kontrolní skupinu. Probandi experimentální skupiny podstoupili IMT trénink s parametry 50 % MIP, s frekvencí 6x do týdne po dobu 5 týdnů. Tréninky kontrolní skupiny pak trvaly stejně dlouho, ovšem IMT trénink byl nastaven pouze na 10 % MIP. Z výsledků intervence, kdy probandi před měřením prováděli tzv. „eucapnic resistive breathing task“ za měření TF a průměrného intraarteriálního tlaku, bylo patrné následující. U experimentální skupiny byl před intervencí zaznamenán nástup metaboreflexu spolu s nárůstem TF a TK_{ia}. Po ukončení pětítýdenního tréninku experimentální skupina nedosáhla tak vysokého nárůstu měřených parametrů a metaboreflex nebyl téměř zaznamenán. Výzkumníci předpokládají, že oddálení metaboreflexu bylo způsobeno snížením aktivity chemosenzitivních vláken.

Také byl zkoumán vztah mezi silou periferního a respiračního svalstva, jakožto jednoho z nejdůležitějších atributů sportovního výkonu. Studie (Akinoglu, Kocahan and Özkan, 2019, s. 44-49) se účastnilo celkem 150 atletů různých sportovních odvětví, u nichž byla hodnocena síla flexorů a extenzorů KOK isokinetickým dynamometrem. Měření respiračních parametrů pak spočívalo v evaluaci hodnot MIP, MEP, FVC, MVV a FEV₁. Z výsledků byl patrný silný vztah mezi silou flexorů a extenzorů KOK a respiračními funkcemi, a středně silný vztah mezi silou testovaných svalů KOK a silou svalů dechových. Autoři předpokládají, že trénink respiračních svalů může zvýšit sílu svalů DKK s pozitivním vlivem na sportovní výkon. Současné studie tedy potvrzují ergogenní efekt tréninku respiračních svalů.

4.2 Adaptační změny organismu na trénink

4.2.1 Strukturální změny respiračních svalů

Z fyziologického hlediska reagují respirační svaly na progresivní trénink stejným způsobem, jako kosterní svaly. Respiračním tréninkem by tedy mělo být dosaženo nárůstu sarkomer a zvětšení objemu samotného svalu, což by způsobilo větší schopnost daného svalu produkovat sílu (Nepomuceno et al., 2016, s. 827). Některé studie (Karsten et al., 2018, s. 36; Ramírez-Sarmiento et al., 2002, s. 1491-1497; McConnell and Romer, 2004, s. 291) uvádí navození strukturálních změn svalu, kdy na základě RMT byla způsobena přeměna typu svalových vláken ve prospěch vláken typu I o 38 % a typu II o 21 % na základě výsledků z biopsie. Právě tyto strukturální změny by mohly mít vliv na vytrvalost a sílu respiračních svalů, což by mohlo mít vliv i na zvýšení parametru MIP (Nepomuceno et al., 2016, s. 827).

Výzkumu autorů West et al. (2014, s. 764-772) se zúčastnilo 10 zdravých středně trénovaných mužů podstupující třítydenní IMT trénink. V prvním týdnu probandi dýchali s pomůckou na 60 % MIP, 7x do týdne na 60 opakování. Každý týden byla zátěž navyšována o 10 % MIP. Kontrolní skupina, která obsahovala 6 probandů, trénovala na minimální možný odpor nastavitelný trenažerem po 3 týdny na 30 dechů. Při kontrolním měření EMG aktivity mm. scaleni, m. sternocleidomastoideus, bránice a parasternálních svalů u experimentální skupiny došlo k redukci únavy daných svalů, a bylo zaznamenáno zlepšení jejich aktivace a neuromuskulární koaktivace oproti měření vstupnímu (Segizbaeva et al., 2015, s. 35-43). IMT by také mohl mít vliv na tloušťku bránice, kdy u experimentální skupiny paralympijských atletů byla naměřena ultrazvukem o 22 % větší hodnota než u kontrolní skupiny po absolvování šestitýdenního respiračního tréninku s frekvencí 5x do týdne po 30 dynamických dechů na 50-60 % MIP (West et al., 2014, s. 764-772).

4.2.2 Funkční změny

Spolu se strukturálními změnami respiračních svalů dochází také k funkčním změnám, které se podílejí na ovlivnění výkonu jedince. Jedna ze změn může spočívat v oddálení tzv. metaboreflexu inspiračních svalů (Shei, 2018, s. 2666; Witt et al., 2007, s. 1026), který byl podrobněji popisován v kapitole 4.1.1 (s. 31-32).

Další faktor, který může RMT pozitivně ovlivnit, je oddálení únavy respiračních svalů. Vzhledem k tomu, že respirační svaly pracují v limitech své kapacity, je logické, že může dojít k jejich únavě či vyčerpání. Při zátěži se tento jev projevuje zvýšením DF,

a zkrácením dechu, tedy snížením VT. Zvýšená DF má pak vliv na subjektivní vnímání intenzity zátěže, která bude sportovcem vnímána náročněji. V případě implementace RMT do tréninku může být tento negativní jev oddálen, spolu s ovlivněním mechaniky dýchání a vytrvalosti respiračních svalů (Shei, 2018, s. 2666; Nicolò et al., 2017, s. 935; Nicolò, Marcora and Sacchetti, 2015, s. 1204; Carey, Pliego and Raymond, 2008, s. 45; McConnell, 2009, s. 18-19).

Z dalších objektivních ukazatelů pak mohou být ovlivněny některé respirační parametry, dále $VO_2\max$, ekvivalent pro VE/VCO_2 či koncentrace krevního laktátu v průběhu zátěže v závislosti na skupině, u které respirační trénink probíhá (Włodarczyk and Barinow-Wojewódzki, 2015, s. 386-390; Hajghanbari et al., 2013, s. 1657; McConnell, 2009, s. 25; Shei, 2018, s. 6672).

4.2.3 Sportovní výkon

Výše zmíněné adaptační změny by měly navodit zvýšení sportovního výkonu. Výkonnost může být hodnocena z hlediska maximálního dosaženého výkonu při specifickém testu (spiroergometrie), případně může dojít ke zlepšení v rámci specifické aktivity daného sportu, například provedením testu na stanovenou vzdálenost za měření času, případně testu, kdy musí být udržena stanovená intenzita zátěže po co nejdelší čas (McConnell, 2009, s. 21; Nepomuceno et al., 2016, s. 827-828; Kilding, Brown and McConnell, 2010, s. 505-511; Romer, McConnell and Jones, 2002b, s. 547-590; Lemaitre et al., 2013, s. 636; Sheel, 2002, s. 575).

Nesmíme také zapomínat na důležitost subjektivního vnímání zátěže, RPE (rate of perceived exertion), vyjadřující na číselné škále od 6 do 20 (viz obrázek 3, s. 35) stupeň pociťované únavy či obtížnosti úkolu, který má sportovec splnit. Tato hodnota úzce souvisí se vzrůstem DF v průběhu zátěže (viz kapitola 4.2.2, s. 33-34), a při respiračním tréninku může hrát nezastupitelnou roli co do hodnocení jeho efektivity (Hajghanbari et al., 2013, s. 1658; McConnell, 2009, s. 19).

Všechny zmíněné proměnné tedy mohou hrát rozhodující roli v rámci efektivity respiračního tréninku, proto je nutné zvolit vhodnou pomůcku s ohledem na individuální potřeby sportovce. Vhodně zvoleným a progredujícím tréninkem může být oddálen nástup metaboreflexu, což způsobí zvýšení přísunu O_2 do končetin spolu se snížením hodnot laktátu v krvi, a tím může být sportovcův výkon prodloužen či zlepšen (McConnell and Romer, 2004, s. 291; Romer, McConnell and Jones, 2002a, s. 353-360).

Vzhledem k tomu, že existuje velké množství tréninkových protokolů s nejednoznačnými výsledky (Sales et al., 2016, s. 79), je zapotřebí určit a popsat přesné mechanismy a kombinace cvičení, za kterých bude efekt respiračního tréninku prokazatelný, jednotný a přínosný pro jednotlivá sportovní odvětví stran zlepšování výkonu jednotlivých atletů (Aliverti et al., 2016, s. 168).

St.	intenzita (subjektivně)
6	
7	velmi, velmi lehká
8	
9	velmi lehká
10	
11	lehká
12	
13	poněkud namáhavá
14	
15	namáhavá
16	
17	velmi namáhavá
18	
19	velmi, velmi namáhavá
20	

Obrázek 3 RPE/Borgova škála k subjektivnímu hodnocení vnímané intenzity (Várnay a Mífková, 2020, s. 183)

5 Cíle a hypotézy

5.1 Cíl práce

Cílem výzkumu diplomové práce bylo zhodnotit vliv respiračního tréninku s trenažerem SpiroTiger na sportovní výkonnost dráhových cyklistů vyplývající z hodnot spirometrického a spiroergometrického měření.

Dílčí cíle:

1. Zhodnocení změn klidových respiračních parametrů po absolvování intervence s respiračním trenažerem.
2. Zhodnocení změn zátěžových parametrů po absolvování intervence s respiračním trenažerem.

5.2 Hypotézy:

Vědecká otázka č. 1:

Existuje statisticky významný rozdíl v rámci parametrů klidové spirometrie?

H₀1: Neexistuje rozdíl v hodnotě usilovné vitální kapacity (FVC) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.

H_A1: Existuje rozdíl v hodnotě usilovné vitální kapacity (FVC) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.

H₀2: Neexistuje rozdíl v hodnotě usilovného jednovteřinového výdechu (FEV₁) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.

H_A2: Existuje rozdíl v hodnotě usilovného jednovteřinového výdechu (FEV₁) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.

Vědecká otázka č. 2:

Existuje statisticky významný rozdíl v parametrech zátěžového vyšetření?

H₀3: Neexistuje rozdíl v hodnotě vrcholové aerobní kapacity (VO₂peak) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H_A3: Existuje rozdíl v hodnotě vrcholové aerobní kapacity (VO₂peak) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H₀4: Neexistuje rozdíl v hodnotě výdeje oxidu uhličitého (VCO₂) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H_A4: Existuje rozdíl v hodnotě výdeje oxidu uhličitého (VCO₂) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H₀5: Neexistuje rozdíl v hodnotě minutové ventilace (VE) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H_A5: Existuje rozdíl v hodnotě minutové ventilace (VE) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H₀6: Neexistuje rozdíl v hodnotě dosaženého výkonu (P) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

H_A6: Existuje rozdíl v hodnotě dosaženého výkonu (P) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.

6 Metodika práce

6.1 Charakteristika výzkumného souboru

Do výzkumného souboru bylo zařazeno celkem 8 účastníků, z toho 7 probandů bylo mužského pohlaví, 1 proband ženského pohlaví. Věk zúčastněných se pohyboval v rozmezí 17-32 let s věkovým průměrem 23,1 (\pm 4,6) let. Tělesná výška výzkumného souboru se pohybovala od 163 do 186 cm s průměrnými hodnotami 177,9 (\pm 7,1) cm. Tělesná váha jedinců se pohybovala od 63 do 90 kg, s průměrnými hodnotami 81,25 (\pm 7,9) kg.

Do studie byli na základě cílů této práce zařazeni profesionální sportovci z odvětví dráhové cyklistiky, kdy kritéria zařazení do výzkumu byla následující:

- absence akutního či chronického onemocnění (zejména kardiopulmonálního),
- absence zranění,
- nekuřáctví,
- absence historie pozitivního testování na přítomnost dopingových látek,
- pravidelný trénink s respiračním trenažerem SpiroTiger.

Poskytnutá nezpracovaná data jednotlivců byla do studie vybrána na základě konzultace s odborníky z Centra sportovní medicíny sídlící v Praze (viz Příloha 1). Jedinci, kteří byli vybráni do výzkumu byli s předstihem poučeni o sběru dat, formě jejich zpracování a účelech výzkumu, a svůj souhlas ztvrdili podpisem informovaného souhlasu (viz Příloha 2). Studie byla schválena Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (viz Příloha 3).

6.2 Realizace výzkumu

Výzkumná část práce proběhla na základě retrospektivní analýzy výsledků vybraných sportovců z odvětví dráhové cyklistiky z období od roku 2019-2020, kteří splňovali kritéria pro zařazení do studie a kterým byl do tréninkové přípravy implementován tréninkový protokol s respiračním trenažerem Spirotiger s cílem zvýšení sportovní výkonnosti. Sportovci byli vybráni na základě splnění všech vstupních kritérií z databáze Centra sportovní medicíny. Bylo vybráno celkem 8 sportovců, kterým byla zařazena do sportovní přípravy práce se SpiroTigerem na dobu 3–5 měsíců. Před začátkem a po skončení práce s dechovým trenažerem všichni zúčastnění podstoupili

měření klidové spirometrie a zátěžový test, jejichž výsledky jsme následně statisticky zpracovali pro potřeby našeho výzkumu.

6.2.1 Klidová spirometrie a zátěžový test

Do laboratoře na vyšetření respiračních a ventilačních parametrů v Centru sportovní medicíny v Praze, které bylo celou dobu pod dohledem sportovního fyziologa, se sportovci dostavili dostatečně odpočínutí a hydratovaní, alespoň 3 h po jídle, ve vhodném sportovním oblečení a obuvi. Probandům kromě vynechání namáhavé sportovní aktivity nebyla doporučena konzumace kofeinu minimálně 12 h před testováním.

Nejdříve probandí absolvovali měření statických a dynamických parametrů klidové spirometrie za dodržení doporučených postupů ATS a ERS, které byly aktualizovány roku 2019 (Graham et al., 2019, s. 70-85).

Následoval zátěžový test, kdy byly sportovcům na hrudník umístěny EKG svody a elektrody pro měření srdeční činnosti a na obličej byla umístěna speciální maska pro analýzu vydechovaných plynů. Samotný test probíhal za konstantních teplotních a tlakových podmínek v klimatizované laboratoři na bicyklovém ergometru.

Sportovci poté absolvovali spiroergometrický test bez rozehřívací fáze dle kontinuálního rampového protokolu. Počáteční výkon byl nastaven na 50 W s navyšováním výkonu o 30 W u žen a 40 W u mužů každou následující minutu prováděného testu do maximální tolerované zátěže. Pro získání validních výsledků test obecně trvá 8-12 minut (Forman et al., 2015, s. 71-72; Myers et al., 2001, s. 1041).

6.2.2 Respirační trénink

Po absolvovaných vyšetření následovala edukace, nácvik a korekce optimální dechové mechaniky nejdříve bez dechové pomůcky. Po zvládnutí správného dechového stereotypu v různých posturálních situacích byl sportovec seznámen s tréninkem s pomůckou SpiroTiger tak, aby zvládal trénink v domácích podmínkách bez supervize.

Práce s respiračním trenažerem probíhala stanovených 3-5 měsíců 4x týdně, kdy se střídaly tři typy tréninků – vytrvalostní, frekvenční a objemový. Tyto typy tréninku se v průběhu týdne střídaly, čtvrtá jednotka byla zvolena na základě dechové limitace sportovce (vytrvalost, frekvence, objem). Dvě tréninkové jednotky sportovci prováděli pod dohledem kondičního trenéra před začátkem samotného cyklistického tréninku, zbylé jednotky odtrénovali v domácím prostředí. Nutné podotknout, že u každé tréninkové

jednotky byla brána maximální zřetel na udržení kvalitní dechové vlny a optimálního dechového stereotypu. Pro lepší představu průběhu tréninkových jednotek je uveden příklad v tabulce 1.

Po ukončení tréninkového cyklu probandi znovu prošli měřením klidové spirometrie a zátěžovým testem s cílem porovnání počátečních a konečných výsledků.

Tabulka 1 Ukázka tréninku s pomůckou SpiroTiger

Typ tréninku	Frekvence dýchání	Objem	Délka trvání
Vytrvalostní	25-30/min	Maximální	3 x 5 min
Frekvenční	25-30-35-40-45-40-35-30-25/min	Střední	9 x 1 min
Objemový	25/min	Maximální	10 x 1 min

6.3 Použité metody výzkumu

Výzkumné šetření bylo provedeno pomocí kvantitativního typu výzkumu. Jednalo se o experimentální typ studie, kdy byla zpracovávána data účastníků na základě výsledků spirometrického a spiroergometrického měření. Vstupní i výstupní měření bylo zaznamenáváno do programu Ganshorn PowerCube LF8.5M SR3. Měření probíhalo za dodržení určených standardů pro provedení spirometrie a zátěžového testu, které je možné dohledat v odborné literatuře (Struhár et al., 2019, s. 75-80; Homolka, 2020, s. 25-30; Graham et al., 2019, s. 70-85).

Z parametrů absolvovaných měření probandů bylo hodnoceno celkem 8 proměnných a jejich statistické rozdíly po absolvování tréninku s respiračními trenažery. Hodnoty klidové spirometrie jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Hodnocené parametry klidové spirometrie

Slovní název	Parametr	Jednotka
Usilovná vitální kapacita	FVC	l
Jednovteřinový usilovný výdech	FEV ₁	l

Zátěžové testování bylo prováděno do maximální subjektivně tolerované zátěže probandem, což znamená, že při daném testu nebylo dosaženo VO₂max, tedy maximální aerobní kapacity, ale VO₂peak, tedy vrcholové aerobní kapacity. Tato hodnota přímo

souvisí s VO_2max . VO_2max je dosaženo, když křivka VO_2 dosáhne fáze plató a dále se i přes zvyšující se intenzitu nezvyšuje. Hodnota VO_2peak je na rozdíl od VO_2max definována jako nejvyšší hodnota VO_2 dosažená při daném testu v limitu subjektivní tolerance daného jedince (Cade et al., 2018, s. 2; Noonan and Dean, 200, s. 783). Ačkoliv by sportovci měli být testováni do objektivního maxima, nebylo je možné takovou intenzitou zatížit z důvodu nutnosti provedení dalších speciálních vyšetření.

Hodnocené parametry spiroergometrického testování jsou uvedeny v tabulce 3. Více informací k daným parametrům se nachází v kapitole 2 (s. 17-21).

Tabulka 3 Hodnocené parametry zátěžového testu

Slovní název	Parametr	Jednotka
Vrcholová spotřeba kyslíku	VO_2peak	ml/kg/min
Množství CO_2 expirovaného z plic	VCO_2	l/min
Mínutová ventilace	VE	l/min
Dechový objem	VT	l
Dechová frekvence	DF	n/minuta
Výkon	P	W

6.4 Metody statistického hodnocení

Získaná data byla převedena do tabulky programu Microsoft Office - Excel 2010. Ke statistickému zpracování byl použit program Statistica 13.4.0. Vzhledem k malému vzorku měření a z důvodu toho, že nebylo na základě popisné statistiky dosaženo normálního rozdělení u žádného ze sledovaných parametrů, byly použity neparametrické testy, konkrétně Wilcoxonův test pro závislé skupiny k porovnání výsledků mezi 1. a 2. měřením. Veškeré statistické testy byly provedeny na hladině signifikance $p \leq 0,05$.

7 Výsledky výzkumu

7.1 Klidová spirometrie

Data v tabulce 4 vyjadřují základní popisnou statistiku hodnocených parametrů klidové spirometrie prvního a druhého měření ve smyslu průměru, minimálních a maximálních hodnot, hodnot dolního a horního kvartilu a směrodatné odchylky.

Tabulka 4 Popisná statistika dat klidové spirometrie

Parametr	M	X	Min.	Max.	LQ	UQ	SD
FVC [l]	1.	5,741	3,310	7,020	5,205	6,505	1,170
FVC [l]	2.	5,813	3,670	7,190	5,415	6,490	1,062
FEV ₁ [l]	1.	4,605	2,910	5,560	4,285	5,300	0,846
FEV ₁ [l]	2.	4,626	3,160	5,740	4,385	5,165	0,768

Legenda: M – měření, FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – jednovteřinový usilovný výdech, X – průměr, Min. – minimum, Max. – maximum, LQ – dolní kvartil, UQ – horní kvartil, SD – směrodatná odchylka

Pro statistické zhodnocení parametru usilovné vitální kapacity ve vztahu k efektu respiračního tréninku byl použit neparametrický Wilcoxonův párový test pro závislé skupiny. Byla stanovena hypotéza **H₀₁**: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě usilovné vitální kapacity (FVC) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.*“

Na hladině významnosti $p \leq 0,05$ bylo Wilcoxonovým párovým testem pro závislé skupiny prokázáno, že **H₀₁** **nelze zamítnout**, jelikož **p=0,889** (viz tabulka 5, s. 43). Alternativní hypotézu **H_{A1}**: „*Existuje rozdíl v hodnotě usilovné vitální kapacity (FVC) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.*“, ve vztahu k efektu respiračního tréninku tedy **můžeme zamítnout**.

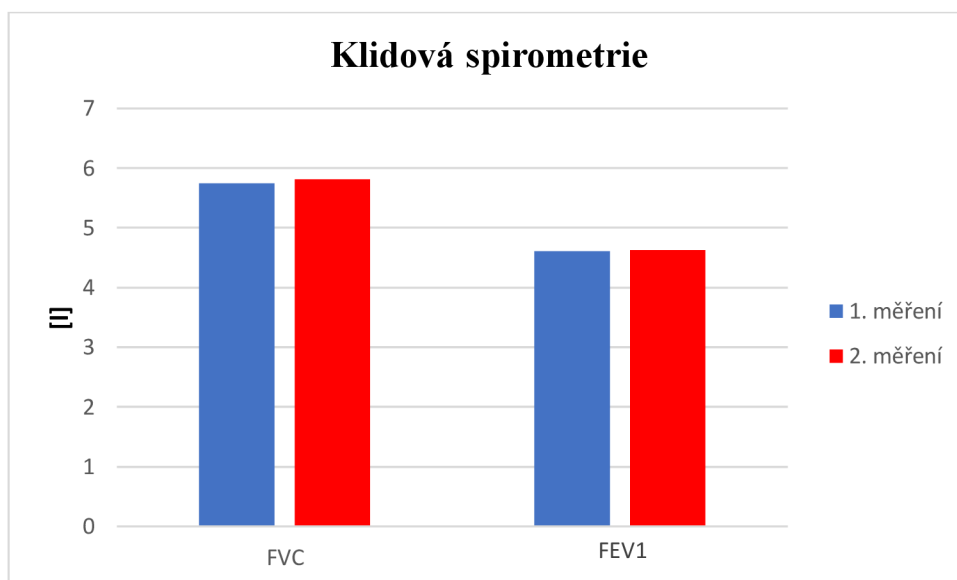
Hypotézu **H₀₂**: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě usilovného jednovteřinového výdechu (FEV₁) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.*“, týkající se dalšího sledovaného parametru FEV₁, kdy na hladině významnosti $p \leq 0,05$ nebyla Wilcoxonovým párovým testem pro závislé skupiny prokázána statistická významnost, **nelze zamítnout**, jelikož **p=0,735** (viz tabulka 5, s. 43).

Alternativní hypotézu **H_{A2}**: „Existuje rozdíl v hodnotě usilovného jednovteřinového výdechu (FEV_1) mezi 1. a 2. spirometrickým měřením.“, tedy **zamítáme**. Grafické znázornění sledovaných hodnot je uvedeno na obrázku 4 (s. 43).

Tabulka 5 Statistické zhodnocení dat klidové spirometrie

Páry hodnot	Hodnoty Wilcoxonova testu pro závislé skupiny		
	T	Z	p
Δ FVC	17	0,140	0,889
Δ FEV_1	12	0,338	0,735

Legenda: Δ FVC – pár hodnot usilovné vitální kapacity, Δ FEV_1 – pár hodnot jednovteřinového usilovného výdechu, T – T hodnota Wilcoxonova párového testu, Z – Z hodnota Wilcoxonova párového testu, p – hladina statistické signifikance



Obrázek 4 Průměrné hodnoty klidové spirometrie

Legenda: FVC – usilovná vitální kapacita, FEV_1 – jednovteřinový usilovný výdech

7.2 Spiroergometrické testování

Základní popisná statistika dat naměřených při spiroergometrickém testování vstupního a výstupního měření, kdy jsou u jednotlivých dat vyobrazeny statistické hodnoty průměru, minima, maxima, horního a dolního kvartilu a směrodatné odchylky, jsou znázorněny v tabulce 6 (s. 44).

Tabulka 6 Popisná statistika dat spiroergometrického testování

Parametr	M	X	Min.	Max.	LQ	UQ	SD
VO ₂ peak [ml/kg/min]	1.	52,263	46,000	61,600	48,650	55,500	5,254
VO ₂ peak [ml/kg/min]	2.	48,240	36,670	54,300	46,200	51,850	5,538
VCO ₂ [l/min]	1.	5,315	3,680	6,260	4,845	5,940	0,872
VCO ₂ [l/min]	2.	4,958	2,730	5,800	4,635	5,675	1,018
VE [l/min]	1.	160,393	102,790	205,580	134,525	179,665	33,658
VE [l/min]	2.	144,863	106,000	172,500	134,685	161,050	21,488
VT [l]	1.	3,163	2,100	3,910	2,795	3,540	0,576
VT [l]	2.	3,218	1,770	3,680	3,025	3,670	0,654
DF [n/min]	1.	50,750	43,000	64,000	45,500	56,500	7,630
DF [n/min]	2.	46,500	40,000	60,000	40,500	51,500	7,578
P [W]	1.	396,375	100,000	518,000	341,000	490,000	130,252
P [W]	2.	414,875	270,000	500,000	400,000	438,000	69,756

Legenda: VO₂peak – vrcholová spotřeba kyslíku, VCO₂ – výdej oxidu uhličitého, VE – minutová ventilace, VT – dechový objem, DF – dechová frekvence, P – výkon, M – měření, X – průměr, Min. – minimum, Max. – maximum, LQ – dolní kvartil, UQ – horní kvartil, SD – směrodatná odchylka

V tabulce 7 (s. 45) jsou pak znázorněny hodnoty statistického zpracování jednotlivých proměnných v rámci spiroergometrického testování. Pro statistické vyhodnocení dat byly využity neparametrické testy, konkrétně Wilcoxonův párový test pro závislé skupiny. Data v tabulce 7 (s. 45) slouží jako podklady pro vyjádření se k jednotlivým hypotézám.

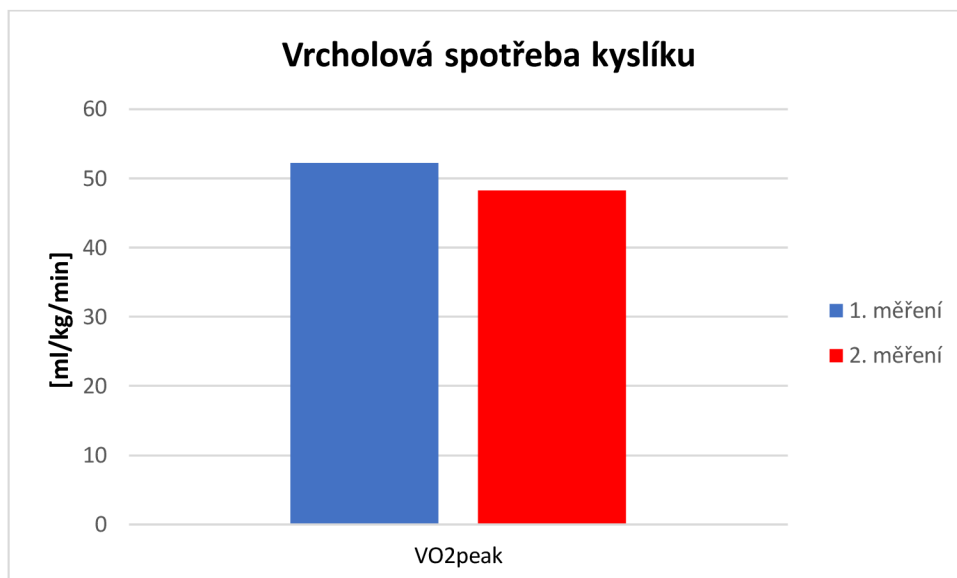
Tabulka 7 Statistické zhodnocení dat spiroergometrie

Páry hodnot	Hodnoty Wilcoxonova testu pro závislé skupiny		
	T	Z	p-hodnota
$\Delta VO_2\text{peak}$	6	1,680	0,093
ΔVCO_2	9	1,260	0,208
ΔVE	10	1,120	0,263
ΔVT	14	0,560	0,575
ΔDF	10	1,120	0,263
ΔP	14	0,000	1,000

Legenda: $\Delta VO_2\text{peak}$ – pár hodnot vrcholové spotřeby kyslíku, ΔVCO_2 – pár hodnot výdeje oxidu uhličitého, ΔVE – pár hodnot minutové ventilace, ΔVT – pár hodnot dechového objemu, ΔDF – pár hodnot dechové frekvence, ΔP – pár hodnot výkonu, T – T hodnota Wilcoxonova párového testu, Z – Z hodnota Wilcoxonova párového testu, p – hladina statistické significance

Byla stanovena hypotéza **H₀₃**: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě vrcholové aerobní kapacity ($VO_2\text{peak}$) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“. Wilcoxonovým párovým testem pro závislé skupiny nebyla prokázána na hladině významnosti $p \leq 0,05$ statistická significance, jelikož **p=0,093** (viz tabulka 7, s. 45). Hypotézu H₀₃ tedy **nelze zamítnout**.

Alternativní hypotézu **H_{A3}**: „*Existuje rozdíl v hodnotě vrcholové aerobní kapacity ($VO_2\text{peak}$) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“, proto **zamítáme** pro dané hodnoty ve vztahu vlivu respiračního tréninku na tuto proměnnou. Znázorněné změny průměrných hodnot vrcholové spotřeby kyslíku mezi jednotlivými měřeními jsou na obrázku 5 (s. 46).

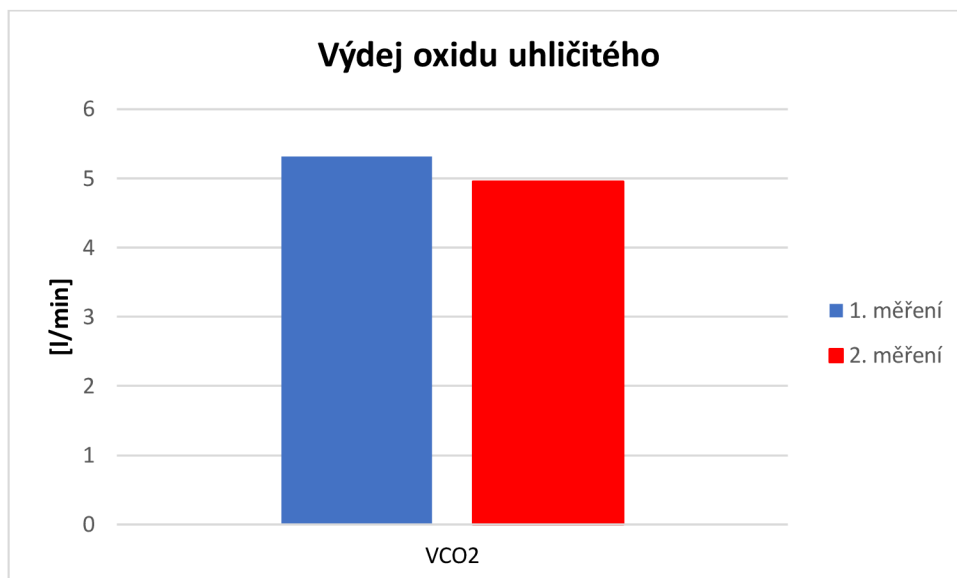


Obrázek 5 Průměrné hodnoty vrcholové spotřeby kyslíku 1. a 2. měření

Legenda: VO₂peak – vrcholová spotřeba kyslíku

Hypotézu **H₀₄**: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě výdeje oxidu uhličitého (VCO₂) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“, **zamítáme**, jelikož **p=0,208** (viz tabulka 7, s. 45), což z hlediska nastavení hladiny statistické významnosti $p \leq 0,05$ neodpovídá signifikantním rozdílům ve vztahu k testovanému parametru výdeje oxidu uhličitého.

Alternativní hypotéza **H_{A4}**: „*Existuje rozdíl v hodnotě výdeje oxidu uhličitého (VCO₂) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“, tedy vzhledem k daným výsledkům může být **zamítnuta**. Průměrné hodnoty sledované hodnoty výdeje oxidu uhličitého jsou zobrazeny na obrázku 6 (s. 47).



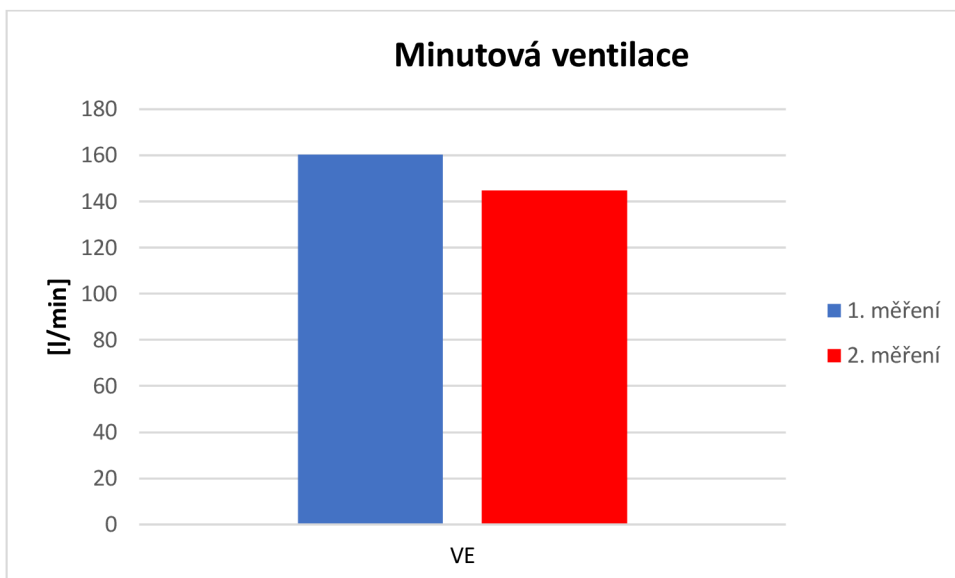
Obrázek 6 Průměrné hodnoty výdeje oxidu uhličitého

Legenda: VCO₂ – výdej oxidu uhličitého

Dále byla stanovena hypotéza **H₀₅**: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě minutové ventilace (VE) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“. Wilcoxonovým párovým testem pro závislé skupiny nebyla prokázána na hladině významnosti $p \leq 0,05$ statistická signifikance, jelikož **p=0,263** (viz tabulka 7, s. 45). Tuto hypotézu tedy **nelze zamítnout**.

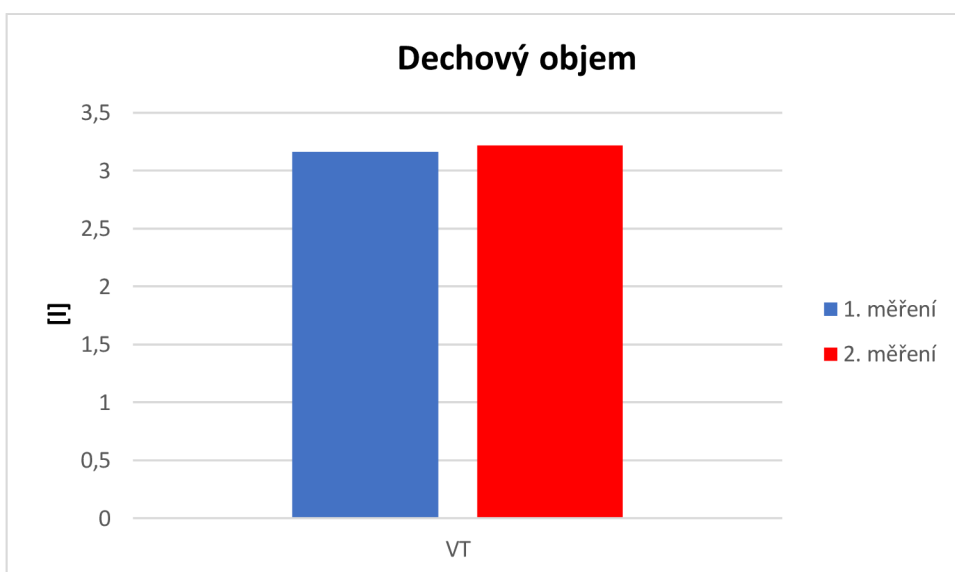
Alternativní hypotézu **H_{A5}**: „*Existuje rozdíl v hodnotě minutové ventilace (VE) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“, proto **zamítáme** pro dané hodnoty ve vztahu k vlivu respiračního tréninku na sledovanou proměnnou. Průměrné hodnoty změn parametru minutové ventilace mezi 1. a 2. měřeními je možné vidět na obrázku 7 (s. 48).

Ačkoliv pro parametry dechového objemu (VT) a dechové frekvence (DF) nebyly stanoveny hypotézy v rámci výzkumu, úzce souvisí s proměnou minutové ventilace (VE), proto byla i těmto hodnotám věnována pozornost při statistickém vyhodnocování. Ani tyto hodnoty však na hladině významnosti $p \leq 0,05$ nevykazovaly známky statistické významnosti (**p_{VT}=0,575**, **p_{DF}=0,263**), (viz tabulka 7, s. 45). Změny průměrných hodnot dechového objemu a dechové frekvence mezi měřeními jsou graficky znázorněny na obrázku 8 (s. 48) a obrázku 9 (s. 49).



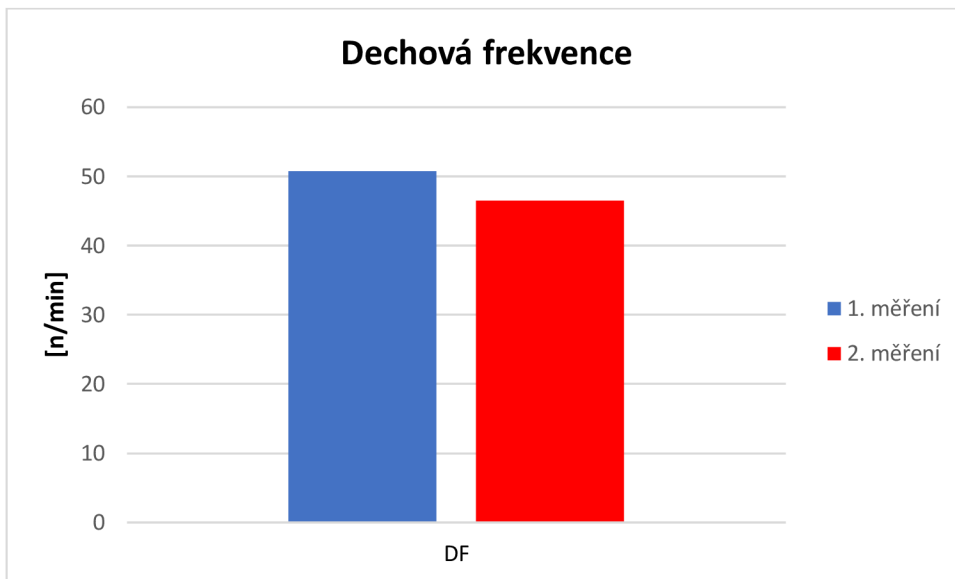
Obrázek 7 Průměrné hodnoty minutové ventilace

Legenda: VE – minutová ventilace



Obrázek 8 Průměrné hodnoty dechového objemu

Legenda: VT – dechový objem

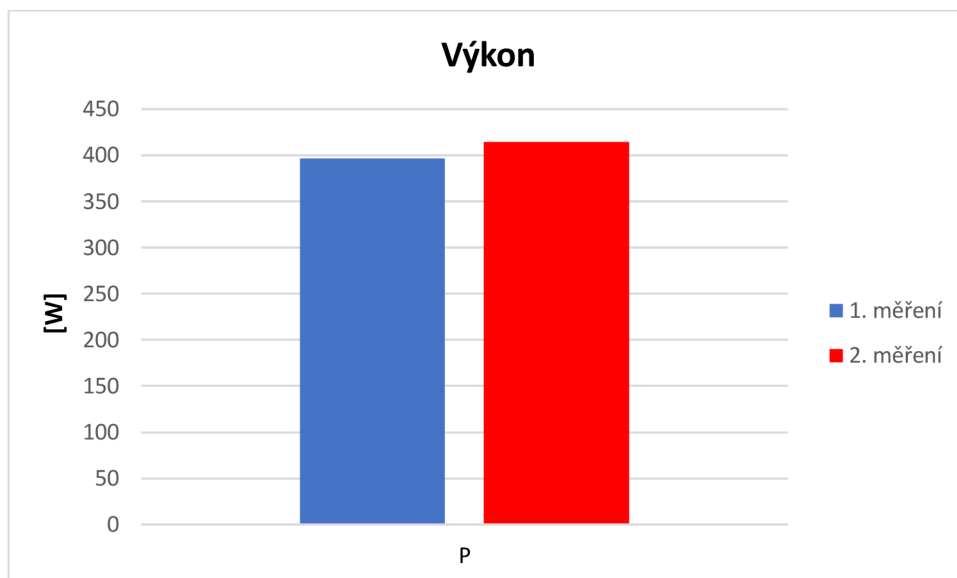


Obrázek 9 Průměrné hodnoty dechové frekvence

Legenda: DF – dechová frekvence

Byla stanovena hypotéza **H₀₆**: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě dosaženého výkonu (P) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“. Wilcoxonovým párovým testem pro závislé skupiny nebyla prokázána na hladině významnosti $p \leq 0,05$ statistická signifikance, jelikož **p=1,000** (viz tabulka 7, s. 45). Tuto hypotézu tedy **nelze zamítnout**.

Alternativní hypotézu **H_{A6}**: „*Existuje rozdíl v hodnotě dosaženého výkonu (P) mezi 1. a 2. spiroergometrickým měřením.*“, proto **zamítáme** pro dané hodnoty ve vztahu ke vlivu respiračního tréninku na zátěžové parametry. Průměrné hodnoty výkonu mezi měřeními jsou k vidění na obrázku 10 (s. 50).



Obrázek 10 Průměrné hodnoty dosaženého výkonu

Legenda: P – výkon

8 Diskuze

Diskuze k diplomové práci je obsahově rozdělena dle pořadí výzkumných otázek. První část se zabývá výsledky klidové spirometrie ve vztahu k tréninku s respiračními trenažery. Druhá část se pak zabývá výsledky ventilačních parametrů a vlivem použité intervence na sportovní výkonnost. V poslední části kapitoly jsou zpracovány limity studie spolu s doporučeními pro další výzkum.

8.1 Diskuze k výsledkům klidové spirometrie

Při statistickém vyhodnocování výsledků klidové spirometrie praktické části diplomové práce se hodnoty FVC zvýšily z původních hodnot $5,741 \pm 1,170$ l na $5,813 \pm 1,062$ l. V hodnotách FEV₁ také bylo zaznamenáno nepatrné zvýšení z $4,605 \pm 0,846$ l na $4,626 \pm 0,768$ l, což ale ve výsledku nepřineslo žádné statisticky signifikantní rozdíly ani v jednom z případů (viz tabulka 5, s. 43).

Na otázku, proč nedošlo ke zvýšení plicních parametrů po intervenci s respiračními trenažery, není nutné pro její zodpovězení sahát daleko. Z hlediska fyziologie tréninku dochází v rámci adaptačních mechanismů ke změnám zejména na úrovni muskuloskeletálního a kardiovaskulárního systému, což se odráží například v parametrech VO₂max či SV. Adaptace na tréninkové změny, kdy musíme brát v potaz typ, intenzitu, náročnost, trvání a frekvenci dané sportovní aktivity, by mohly být navozeny i stran plicních objemů (Lazovic et al., 2015, s. 2269; Mazic et al., 2015, s. 193; Durmic et al., 2015, s. 516).

Právě zvýšené hodnoty klidové spirometrie sportovců oproti zdravé populaci se sedavým způsobem života byly prokázány v několika studiích. V jedné ze studií (Durmic et al., 2015, s. 516-522) byly sledovány hodnoty plicních objemů u 150 sportovců z různých sportovních odvětví. Bylo zjištěno, že u všech skupin sportovců byly naměřeny větší hodnoty plicních objemů v porovnání s referenčními hodnotami pro zdravou dospělou populaci. U hráčů vodního póla však hodnoty FVC, FEV₁, VC a MVV byly statisticky prokazatelně vyšší než u ostatních sportovců z jiných odvětví. To ale může být vysvětleno tím, že v plaveckých sportech je dosahováno obecně lepších plicních funkcí (Yilmaz and Özdal, 2019, s. 129-135).

Další studie (Lazovic et al., 2015, s. 2269-2274) také sledovala respirační parametry u různých typů sportovců. Studie zahrnovala 1639 probandů ve věku od 18-35 let z různých sportovních odvětví – obratnostních, silových, vytrvalostních a rychlostně-

vytrvalostních sportů. U všech typů sportovců byly zjištěny vyšší hodnoty plicních objemů oproti hodnotám zdravých průměrně pohybujících se jedinců populace daného věku. Nejvyšší hodnoty, konkrétně FVC, FEV₁ a VC byly zaznamenány u vytrvalostních sportovců, konkrétně u veslařů, plavců, dálkových běžců, cyklistů a triatlonistů.

Současné poznatky tedy dokazují, že sportovní populace má obecně vyšší hodnoty plicních funkcí než obecně zdravá populace se sedavým způsobem života a v rámci sportovního tréninku tedy dochází ke zvyšování plicních objemů. To by mohlo vysvětlovat, proč jsou parametry plicních objemů u sportovců dále těžko ovlivnitelné, a proč po respiračním tréninku nevykazují žádné statisticky signifikantní změny (Karsten et al., 2018, s. 32).

Toto tvrzení podkládají i některé studie. Například studie autorů Ozmen et al. (2017, s. 1-7) sledovala mimo jiné také vliv respiračního tréninku na plicní funkce fotbalistů (n=18). Zúčastnění podstoupili pětiletý vytrvalostní RMT s frekvencí 2x do týdne po dobu 15 minut, kdy nebyly zjištěny žádné signifikantně významné rozdíly v hodnotách VC, FVC a FEV₁.

V dalším výzkumu (Vašíčková, Neumannová a Svozil, 2017, s. 521-526) byl také sledován vliv tréninku s respirační pomůckou na respirační parametry, tentokrát u ploutvových plavců. Výzkumu se zúčastnilo 28 jedinců, kteří byli rozděleni na experimentální skupinu (n=14) a kontrolní skupinu (n=14). Probandi experimentální skupiny prováděli plavecký trénink spolu s RMT každý den po dobu 1 měsíce. Intervence u kontrolní skupiny obsahovala pouze běžný plavecký trénink. Ačkoliv se respirační parametry (FVC, FEV₁, VC, IC, PEF) v experimentální skupině zvýšily, nejednalo se o statisticky významný přírůstek. Parametry FEV₁ a PEF se zvýšily také u kontrolní skupiny, výsledek ovšem také nebyl statisticky významný.

Malý vliv respiračního tréninku na dechové parametry u sportovců také potvrzují systematické review a metaanalýzy studií (Karsten et al., 2018, s. 32; Hajghanbari et al., 2013, s. 1657), které sledovaný jev vysvětlují tím, že z důvodu vysoké trénovanosti a odolávání vysokým ventilačním nárokům v průběhu dlouhodobého RMT dané parametry nemění.

I přesto, že se jedná o výzkumy hodnotící vliv respiračního tréninku u odlišných disciplín, než je cyklistika, lze předpokládat, že hodnoty plicních objemů se nebudou měnit ani u profesionálních dráhových cyklistů.

To ovšem neplatí pro populaci pacientů s chronickými respiračními onemocněními. U pacientů, vzhledem ke sníženým plicním funkcím, může mít RMT pozitivní vliv na respirační parametry. Například ve studii autorů Włodarczyk a Barinow-Wojewódzki (2015, s. 386-390), ve které byl srovnáván efekt RMT u různých respiračních chorob, bylo zjištěno, že osmitýdenní respirační trénink s frekvencí 4-5x do týdne po 10-15 minut denně, u pacientů s CF zlepšuje hodnoty FEV₁ o 13 % oproti kontrolní skupině. Dále u pacientů trpící CHOPN bylo zaznamenáno zvýšení hodnoty MVV o 7 % a VO₂max se zvýšilo o 2,5 ml/kg/min. Dle autorů vzhledem k nedostatečnému množství podobných studií však nelze potvrdit, zdali jsou tyto výsledky statisticky významné.

Nejednoznačné výsledky u pacientů s CF zmiňují také autoři Stanford, Halligan a Solis-Moya (2020, s. 1-54), kteří v review 10 studií s celkovým počtem 238 pacientů nezjistili žádný signifikantní efekt respiračního tréninku na plicní funkce (FVC, FEV₁). Uvádí však také, že každá zahrnuté studie se velmi lišily v rámci metodiky tréninku, proto nelze posoudit, zdali je RMT pro pacienty benefiční či nikoliv, a je nutné jeho použití posoudit zvlášť pro každý případ dle klinického stavu daného jedince.

Co se tedy týká zvýšení respiračních parametrů, obecně lze tvrdit, že z tréninku budou profitovat zejména lidé, kteří jsou méně v kondici, na rozdíl od trénovaných atletů (Illi et al., 2012, s. 709). Z výzkumu diplomové práce v porovnání se studii zkoumající efekt dané intervence je možné říci, že respiračním tréninkem nemohou být ovlivněny hodnoty jako například FEV₁ ani FVC, vzhledem k tomu, že sportovci na profesionální úrovni mají díky vysoké zátěži a dlouhodobému tréninku nadprůměrné plicní funkce, a tréninkem respiračních svalů tedy tyto hodnoty nelze ovlivnit.

Hodnoty, na které má ale práce s dechovými trenažery prokazatelný vliv, jsou parametry MIP (PI_{max}) a MEP (PE_{max}), tedy maximální inspirační a expirační tlaky. Jedná se o hodnoty určující sílu nádechových a výdechových svalů (Bien et al., 2015, s. 3723; Vašíčková, Neumannová a Svozil, 2017, s. 522-523).

Existuje několik výzkumů, které v rámci intervence sledovaly změny zmiňovaných ústních tlaků. Například ve výzkumu autorů Sonetti et al. (2001, s. 185-199) byl zkoumán efekt tréninku s respirační pomůckou u 9 cyklistů (experimentální skupina). Do kontrolní skupiny, která trénovala s „placebo“ trenažerem, bylo zařazeno 8 cyklistů. Intervence trvala celkem 5 týdnů, kdy jedinci absolvovali s respirační pomůckou 25 tréninkových jednotek s frekvencí 5x do týdne po 30-35 minut denně. Experimentální skupina

vykazovala signifikantní navýšení v parametru MIP o 8 %, v kontrolní skupině dosáhlo navýšení MIP pouze 3,7 %.

V dalším výzkumu (Bernardi et al., 2014, s. 1-7), kterého se zúčastnilo celkem 20 triatlonistů, 10 jedinců (experimentální skupina) podstoupilo pětítýdenní trénink se SpiroTigery. Tréninkové jednotky probíhaly bez supervize 20 minut denně, 7 dní v týdnu s nastaveným objemem vaku na 60 % VC jednotlivců. Kontrolní skupina (n=10) trénovala běžným způsobem. U experimentální skupiny došlo po intervenci k signifikantnímu zvýšení MIP z $8,9 \pm 2,4$ kPa na $9,4 \pm 2,1$ kPa ($p \leq 0,05$). Hodnota MIP tedy vzrostla o 5,6 %. U kontrolní skupiny žádný signifikantní rozdíl zjištěn nebyl.

Zvýšené hodnoty ústních tlaků byly zpozorovány také v již zmiňované studii Vašíčkové, Neumannové a Svozila (2017, s. 151-156), (viz s. 52), kdy se u experimentální skupiny ploutvových plavců významně zvýšily hodnoty MIP po 1 měsíci tréninku s respiračním trenažerem o 20,8 % a MEP o 10,6 %. U kontrolní skupiny nebyl zaznamenán signifikantní přírůstek v hodnotě MIP, u parametru MEP bylo dokonce zaznamenáno mírné snížení.

Efekt respiračního tréninku na ústní okluzní tlaky u různých typů sportů potvrzuje i systematická review a metaanalýza studií autorů Karsten et al. (2018, s. 28-30), do které bylo zahrnuto celkem 159 atletů. Hodnota MIP se u probandů, kteří podstoupili RMT, zvýšila o statisticky signifikantních 29,8 %. U sham-skupin byl zjištěn nárůst o pouhých 7,4 %, kontrolní skupiny vykazovaly nárůst hodnoty o 5,3 %. Autoři také uvádí, že na hodnoty MEP nemá respirační trénink žádný vliv. Podobné výsledky jsou uvedeny i v další literatuře (Hajghanbari et al., 201, s. 1657; Nepomuceno et al., 2016, s. 827).

Ze zmíněných výzkumů tedy vyplývá, že hodnoty respiračních tlaků úzce souvisí se silou respiračních svalů, a vhodně zvoleným tréninkem je možné tyto hodnoty výrazně ovlivnit. Na rozdíl od hodnot plicních objemů lze zejména díky parametru MIP objektivně posuzovat efektivitu respiračního tréninku u sportovců, a měla by být v rámci hodnocení upřednostňována. V našem výzkumu však hodnocení těchto parametrů nebylo možné, proto je v budoucích studiích podobného typu nutné brát na vhodně zvolenou metodiku větší zřetel (více v kapitole 8.4, s. 61-63).

8.2 Diskuze k výsledkům zátěžového testu

8.2.1 Vrcholová aerobní kapacita

I přes očekávání, že v rozdílech hodnot $VO_2\text{peak}$ mezi vstupním a výstupním měřením bude zřejmý signifikantní efekt tréninku, opak byl pravdou. Mezi počátečním ($55,263 \pm 5,254$ ml/kg/min) a konečným ($48,240 \pm 5,538$ ml/kg/min) testováním $VO_2\text{peak}$ nebylo pozorováno žádné signifikantní zvýšení. Hodnota se dokonce mírně snížila, ačkoliv tato změna nebyla statisticky významná (viz tabulka 6, s. 44 a tabulka 7, s. 45).

Největším úskalím měřené hodnoty $VO_2\text{peak}$ je, že se jedná pouze o vrcholovou hodnotu aerobní kapacity, nikoliv o maximální. Pro vysvětlení, nejedná se o objektivně dosažené maximum, ale o subjektivně dosažené maximum v daném zátěžovém testu. Výsledné hodnoty $VO_2\text{peak}$ jsou tedy nižší, největší problém ale spočívá v tom, že se mohou tyto hodnoty mezi jednotlivými měřeními lišit. Vstupuje sem celá řada proměnných, které mohou výsledky ovlivnit, například únava, nedostatečná regenerace či psychický stav sportovce. Ano, u populace pacientů, kteří zátěžové testy provádějí do subjektivního maxima a jsou limitováni klinickými příznaky, lze tuto hodnotu použít, u sportovců však není dostatečná a je nutné měřit hodnoty maximální.

Také níže zmíněné studie sledovaly při hodnocení vlivu respiračního tréninku na výkonnost sportovců hodnoty $VO_2\text{max}$, nikoliv vrcholové. Například ve studii autorů Amonette a Dupler (2002, s. 29-35), které se zúčastnilo 12 triatlonistů a maratonců, nedošlo u experimentální skupiny ($n=8$) po čtyřtýdenním respiračním tréninku k signifikantním změnám v hodnotách aerobní kapacity i přesto, že byly sledovány právě hodnoty maximální.

Podobné výsledky pozorovali také výzkumníci Holm, Sattler a Fregosi (2004, s. 1-14), kteří sledovali efekt respiračního hyperpneického tréninku u cyklistů. Cyklisté byli rozděleni na tři skupiny – experimentální ($n=10$), placebo ($n=4$) a kontrolní ($n=6$). Experimentální skupina podstoupila celkem 20 tréninkových jednotek v časovém intervalu 4 týdnů s respiračním trenažerem, kdy samostatná jednotka trvala 45 minut. Placebo skupina měla v tréninku 20 tréninkových jednotek trvajících 5 minut s falešnou pomůckou, kontrolní skupina netrénovala s žádnou pomůckou. Při výstupním testování ale také nebyl zpozorován žádný statisticky signifikantní rozdíl v hodnotách $VO_2\text{max}$ u žádné ze skupin.

Jediná studie (Bernardi et al., 2014, s. 1-7), která porovnávala stejně jako náš výzkum hodnoty VO_{2peak} , nezpozorovala po pěti týdnech respiračního tréninku u triatlonistů žádný statisticky významný rozdíl v této hodnotě, což je v souladu s výsledky diplomové práce. Je tedy možné usoudit, že sledované hodnoty, ať už VO_{2peak} či VO_{2max} , se vlivem respiračního tréninku u sportovců nemění.

To ostatně potvrzují v systematické review a metaanalýze studií autoři Illi et al. (2012, s. 23), kdy z celkem 22 zahrnutých studií pozorovaly změny hodnoty maximální aerobní kapacity pouze 2. Můžeme tedy předpokládat, že trénink s respiračními pomůckami nemá na tento parametr u profesionálně sportovní populace vliv, a efekt dané intervence spočívá v jiných mechanismech než ve zvýšení hodnoty VO_{2max} (McConnell, 2009, s. 25). Pro objektivnější vyhodnocení výsledků by však bylo vhodnější místo VO_{2peak} testovat maximální hodnoty daného jedince i z hlediska snazšího porovnání výsledků se studii podobného typu.

8.2.2 Výdej oxidu uhličitého

I přesto, že hodnoty vypovídající o VCO_2 po absolvování respiračního tréninku měly tendenci dle očekávání klesat z počátečních hodnot $5,315 \pm 0,872$ l/min na $4,958 \pm 1,018$ l/min, nebyl z hlediska statistického vyhodnocení shledán žádný statisticky významný rozdíl (viz tabulka 6, s. 44 a tabulka 7, s. 45).

Předpoklad byl takový, že hodnota VCO_2 se bude v důsledku RMT snižovat z toho důvodu, že při vyšších intenzitách pohybové aktivity bude organismus schopný déle pracovat aerobním způsobem spotřeby energie, což by se v parametrech VCO_2 mělo odrazit. Bohužel nebyly nalezeny žádné studie, které by konkrétně tuto hodnotu pozorovaly. V rámci výzkumů byla častěji sledována hodnota VE/VCO_2 slope, vyjadřující tzv. ventilační efektivitu. Čím nižší ekvivalent pro CO_2 je při zátěžovém testu naměřen, tím větší je ventilační efektivita. To znamená více efektivní extrakci O_2 organismem (Salazar-Martínez et al., 2016, s. 17; Salazar-Martínez et al., 2017, s. 2; Sun et al., 2002, s. 1447).

Je ovšem nutné podotknout, že studie (Lomax, Massey, House, 2017, s. 544-549; Salazar-Martínez et al., 2017, s. 1-11) sledující parametr VE/VCO_2 slope u zdravých jedinců se snažily zjistit, jak se lidský organismus chová za hypoxických podmínek versus za podmínek normoxie, a jaké vznikají rozdíly v reakci organismu na tyto podmínky po absolvování RMT. V obou studiích se po respiračním tréninku snížily

hodnoty VE/VCO₂ slope za podmínek hypoxie, nikoliv normoxie. Z daných výsledků tedy vyplývá, že z respiračního tréninku by pro snížení fyziologického zatížení organismu mohli profitovat zejména lidé trénující v hypoxickém prostředí, například na horách.

Parametr VE/VCO₂ slope se dokonce nezměnil ani při longitudinálním sledování profesionálních cyklistů (Salazar-Martínez et al., 2016, s. 17-23) po dobu tří let. Výzkumníci předpokládali změnu VE/VCO₂ slope v rámci dlouhodobého a vysoce náročného tréninku spolu se změnou dechového vzoru co do DF a VT. Tento předpoklad se ovšem nepotvrdil a dle autorů hodnota ventilační efektivity nepodléhá u sportovců tréninkovým adaptacím.

Z uvedených výzkumů tedy vyplývá, že místo hodnoty VCO₂ je pro měření vhodnější sledování hodnoty ventilační efektivity, ačkoliv je nutné podotknout, že tyto dva parametry spolu úzce souvisí bylo by možné efekt tréninku posoudit nepřímo. I přesto, že zmíněné studie zahrnují do zkoumání malý počet probandů, a bylo by tedy do budoucna nutné tento parametr zhodnotit u větší skupiny, můžeme tvrdit, že sportovním ani respiračním tréninkem nelze hodnoty VCO₂ a VE/VCO₂ slope u sportovců za normoxických podmínek ovlivnit.

8.2.3 Minutová ventilace

Také v případě hodnot VE nedošlo k žádným statisticky signifikantním změnám (viz tabulka 6, s. 44 a tabulka 7, s. 45). Očekávané výsledky je možné interpretovat dvojím způsobem. Buď mohlo dojít k tomu, že bychom zaznamenali nárůst hodnoty VE. K tomu by mohlo dojít v případě, že by sportovci při zátěžovém testu dosáhli objektivního maxima, což je podmínka, která ve výzkumu nebyla splněna. Museli jsme tedy pracovat s dosažením subjektivního maxima, předpoklad byl tedy takový, že při submaximální intenzitě cvičení bude mít hodnota VE tendenci ke snížení. Právě snižující se trend sledované proměnné z hodnot 160,393 ± 33,658 l/min na 144,863 ± 21,488 l/min byl zaznamenán, nikoliv však statisticky významný.

Tendence hodnoty VE klesat k nižším číslům může být vysvětlena tím, že za fyziologických okolností a při postupně narůstající zátěži do maxima se hodnota ventilace zvyšuje na základě vyššího metabolického obratu a větší produkce CO₂. S tím jde ruku v ruce fakt, že při vyšších intenzitách pohybové aktivity vyžadují více O₂ kromě pracujících svalů také respirační, a jsou kladeny větší nároky na jejich koordinaci (Carey, Pliego and Raymond, 2008, s. 45-46; Wasserman, 1978, s. 780; Di Paco, Dubé and

Laveneziana, 2017, s. 238; Nicolò et al., 2018, s. 2; Nicolò et al., 2017, s. 935). Náš předpoklad byl tedy takový, že v případě implementace respiračního tréninku, dojde k lepší koordinaci respiračních svalů a snížení jejich nároků na O₂, což se odrazí v nižší kumulaci CO₂ ve tkáních a výsledkem bude snížená hodnota VE.

Co se ale parametru VE týká, výsledky studií se různí. U některých bylo zaznamenáno zvýšení tohoto parametru (Holm, Sattler and Fregosi, 2004, s. 1-14; Ammonette and Dupler, 2002, s. 29-35), musíme však podotknout, že první ze studií probíhala na dospívajících cyklistech, tím pádem se hodnota ventilace mohla zvýšit, ve druhé studii pak výzkumníci testovali probandy do objektivního maxima (v porovnání s designem našeho výzkumu). Naopak v dalších výzkumech respirační trénink neměl na tuto hodnotu žádný signifikantní vliv (Sonetti et al., 2001, s. 185-199; Volianitis et al., 2001, s. 803-809). Také v systematické review a metaanalýze studií autorů Hajghabangari et al. (2013, s. 1657), do které bylo zahrnuto celkem 13 studií zabývajících se podobnou problematikou, nebyly zjištěny žádné signifikantní změny hodnot VE. Z daných studií tedy vyplývá, že výsledky parametru VE nejsou jednotné a nelze tedy vydedukovat, zdali má respirační trénink na danou hodnotu vliv.

Do budoucna ale považujeme za důležité sledování hodnot, které úzce souvisejí s VE, a to hodnoty určující dechový objem (VT) a dechovou frekvenci (DF). Platí totiž vztah: $VE = VT \times DF$ (Novotný, 2017, s. 51; Várnay a Mífková, 2020, s. 33). Je tedy možné, že změny nutně nemusí nastat na úrovni VE, ale vlivem respiračního tréninku je možné sledovat právě změny v poměru hodnot VT a DF.

Při postupném přirůstání zátěže se zvyšuje VE za zvyšování VT a DF (viz kapitola 2.1.4, s. 20). V případě velkého nárůstu DF vzrůstají také nároky na práci respiračních svalů. V ideálním případě by tedy měly více růst hodnoty pro VT s nižším nárůstem DF, čímž by byla maximalizována dechová účinnost za minimalizace nároků na respirační svaly (Carey, Pliego and Raymond, 2008, s. 45-46; Wasserman, 1978, s. 780; Sheel, and Romer, 2012, s. 1094). V našem výzkumu byl právě tento trend mezi jednotlivými měřeními sledován. I přesto, že statistické rozdíly hodnot VT (z původních $3,163 \pm 0,576$ l na $3,218 \pm 0,654$ l) a DF (z počtu $50,750 \pm 7,630$ na $46,5 \pm 7,758$) nebyly signifikantní, považujeme právě jejich změny jako jedny z klíčových pro hodnocení účinnosti RMT.

Podobný trend, ačkoliv nevýznamný, byl zpozorován ve výzkumu autorů Amonette a Dupler (2002, s. 29-35), kdy byl po čtyřtýdenním respiračním tréninku triatlonistů a

maratonců zaznamenán nárůst hodnoty VT za současného snížení DF. Také další studie (Volianitis et al., 2001, s. 803-809), která sledovala vliv respiračního tréninku u veslařů, pozorovala po jeho absolvování prohloubení dechu (tedy nárůst VT), DF však zůstala beze změn. Změny pro VT však nebyly statisticky významné. Jedna studie (Cunha et al., 2019, s. 1-8) ale v rámci daných parametrů neshledala žádné změny. Výzkumný soubor ale tvořila profesionálních plavců, u kterých z důvodu vysokých plicních objemů nemusí být požadované změny navozeny.

Další výzkumy, které by se zabývaly parametry DF a VT, bohužel nebyly nalezeny. Není tedy možné zodpovědět na otázku, zdali má respirační trénink na tyto proměnné vliv. Určitý potenciál ke změně jejich poměrů jsme ve výzkumu zpozorovali, proto si myslíme, že by bylo vhodné tyto parametry sledovat ve více pracích.

Co by ale nemělo zůstat opomenuto vztahu k daným hodnotám, je úzká souvislost DF s mírou pociťované únavy (RPE). Literatura (McConnell, 2009, s. 21; Nicolò et al., 2018, s. 12; Nicolò et al., 2017, s. 946) uvádí, že člověk určuje subjektivní náročnost cvičení se související únavou na základě dechové frekvence, a také dech využívá k určování tempa při pohybové aktivitě. Čím vyšší je hodnota DF, tím více stoupá také jeho hodnocení RPE při pohybové aktivitě, což je faktor, který může výrazně ovlivnit výkonnost a konečný výsledek sportovce. Proto je možné usoudit, že pokud respiračním tréninkem ovlivníme míru DF, sníží se zároveň subjektivní vjem pociťované míry zátěže.

Toto tvrzení podporuje i několik studií, které ve svém výzkumu po tréninku respiračních svalů pozorovaly snížení hodnoty RPE (Hajghabangari et al., 2013, s. 1657-1658; Romer, McConnell and Jones, 2002b, s. 547-590; Volianitis et al., 2001, s. 803-809; McConnell, 2009, s. 21). Zdá se tedy, že právě tato hodnota je ideální pro hodnocení efektivity respiračního tréninku a mohla by patřit mezi jednu ze stěžejních.

8.2.4 Výkon

Statisticky signifikantní výsledky (viz tabulka 6, s. 44 a tabulka 7, s. 45) nebyly shledány ani v rámci parametru dosaženého výkonu i přesto, že průměrné hodnoty se mírně zvýšily z počátečních hodnot $396,375 \pm 130,252$ W na $414,875 \pm 69,756$ W. I v tomto případě narážíme na fakt, že při použitých metodických postupech nemohlo být dosaženo na bicyklovém ergometru objektivního maxima, což ztěžuje možnost vyhodnotit efekt využití intervence.

Dosažený výkon je možné testovat dvojím způsobem. Ten první, stejně jako v našem výzkumu, spočívá v testování například v rámci zátěžového testu, kdy sportovec dosáhne maximální hodnoty výkonu (W_{max}). Bohužel ale nebylo nalezeno dostatečné množství studií, které by hodnotily právě tento výkonnostní parametr. Ačkoliv v jedné studii (Bernardi et al., 2014, s. 1-7) byly u triatlonistů zaznamenány signifikantní nárůsty hodnot maximálního výkonu po 5 týdnech respiračního tréninku, výzkum autorů Johnson, Sharpe a Brown (2007, s. 761-770) toto tvrzení zpochybňuje. Při testování efektu respiračního tréninku totiž nebyl zpozorován žádný efekt co do kritického výkonu, naopak bylo zaznamenáno zlepšení skupiny 18 cyklistů v hodnotě času ukončení jízdy na kole na 25 km o 2,66 %.

To nás přivádí ke druhému způsobu testování, kterým lze zhodnotit vliv respiračního tréninku na sportovní výkon, a který byl v systematické review a metaanalýze studií autory Illi et al. (2012, s. 6) označený za spolehlivější než zmiňované konvenční přírůstkové testy. Jedná se o testy fixní intenzity pohybové aktivity, kdy se sportovec tuto intenzitu snaží udržet po co nejdelší čas (tzv. T_{lim} testy), nebo tzv. time trial testy, které by se do češtiny daly laicky přeložit jako „časovky“ (McConnell, 2009, s. 21) – sportovec musí například urazit na kole 5 km a je měřen čas, za který vzdálenost urazí.

Druhý typ testování byl použit u většiny studií (viz níže), s výsledky potvrzující pozitivní vliv respiračního tréninku na sportovní výkonnost. Co se týká konkrétně výkonu u cyklistů, zlepšení bylo pozorováno hned v několika výzkumech. Například výzkum autorů Romer, McConnell, Jones (2002, s. 547-590) uvádí signifikantní zlepšení cyklistů při jízdě na kole na 20 km a 40 km o 65 s (3,8 %) a 114 s (4,6 %) oproti placebo skupině po 6 týdnech RMT. V další studii (Sonetti et al. 2001, s. 185-199) bylo zpozorováno po 5 týdnech RMT zlepšení cyklistů v testu na 8 km o 14,8 s (1,8 %), u placebo skupiny nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Zlepšení sportovního výkonu cyklistů zmiňují také další studie (Holm, Sattler and Fregosi, 2004, s. 1-14; Johnson, Sharpe and Brown, 2007, s. 761-770), a tyto změny byly pozorovány také u plavců (Kilding, Brown and McConnell, 2010, s. 505-511), veslařů (Volianitis et al., 2001, s. 803-809) a běžců (Leddy et al., 2007, s. 665-676).

Zmíněné studie tedy dokazují, že respiračním tréninkem lze ovlivnit dosaženou sportovní výkonnost napříč různými sporty. Výsledky jsou znatelnější v případě použití

specifických testů, nikoliv při zjišťování hodnot maximálního výkonu při zátěžovém testu.

8.3 Přínos pro praxi

Ačkoliv lze zejména v zahraniční literatuře nalézt spoustu informací týkající se ergogenních efektů respiračního tréninku u sportovní populace, metodika i výsledky daných studií se značně liší. Není tedy zcela jasné, jakým způsobem by měl respirační trénink probíhat a jaké proměnné testovat pro získání objektivních výsledků.

Tato práce i přesto, že v praktické části nebyly získány žádné statisticky významné odpovědi na vznesené hypotézy, nabízí užitečný souhrn informací dostupný ke zvolené problematice a udává další potenciální cesty, díky kterým by se budoucí výzkumníci mohli posunout dále co do zvolení vhodnějších postupů pro testování a objektivizaci tréninku s respiračními trenažery.

Ačkoliv budou nutné další výzkumné práce pro získání bližších informací o respiračním tréninku a jeho vlivu na lidský organismus, domníváme se, že kromě dalších populací má i pro tu sportovní budoucnost nejen v rámci zlepšení sportovního výkonu, ale také může dopomoci ke snazšímu návratu ke sportovní aktivitě v rámci post – Covid syndromu.

Do budoucna je ale nutné stanovit jasné parametry respiračního tréninku pro různé typy sportu, aby byla intervence účinná, a také je ke zvážení možnost tréninku respiračních svalů přímo při provádění specifické sportovní aktivity, což je možná jeden z faktorů, díky kterému budeme moci navodit požadované strukturální a funkční adaptace.

8.4 Limity studie

Původní výzkum byl navržen tak, abychom předešli co nejvíce nedostatkům. Bohužel z důvodu celosvětové pandemie onemocněním Covid – 19, následnému dlouhodobému znemožnění provedení vlastní intervenční studie, a také z důvodu větší bezpečnosti pro všechny zúčastněné, jsme byli nuceni změnit metodiku práce a zanalyzovat výsledky profesionálních dráhových cyklistů retrospektivně, což s sebou přineslo spoustu limitací.

Prvním velkým limitem celé práce byl malý počet probandů, kdy bylo do studie zařazeno celkem 8 probandů od 17 do 32 let s věkovým průměrem 23,1 (\pm 4,6) let. Takto malý vzorek mohl konečné výsledky výrazně ovlivnit. Ačkoliv žádná ze sledovaných

hodnot nevykázala žádné statisticky významné rozdíly, mohly být právě tyto výsledky negativně ovlivněny malým počtem probandů. Pro další studie podobného typu bychom tedy doporučili navýšit počet sledovaných probandů.

Další limit studie činí nerovnoměrné zastoupení obou pohlaví, kdy z celkového počtu 8 probandů bylo do studie zařazeno 7 mužů a 1 žena, mezi skupinami tedy nebylo možné výsledky porovnat. Ačkoliv vyšší počet mužů může být dán i typem sportu, takové výsledky není možné zobecnit na celou populaci dané skupiny sportovců, proto by bylo vhodné do budoucna zajistit dostatečné zastoupení obou pohlaví.

V našem výzkumu také chyběla kontrolní skupina, které by byl ponechán pouze kondiční trénink, nebo by měla nastavený určitý druh „placebo“ tréninku, abychom mohli skutečně ověřit validitu změřených výsledků. Bohužel takové množství probandů nebylo dostupné, a nemohla být utvořena kontrolní skupina. Pro podobné studie by bylo vhodnější vytvořit kromě experimentální i placebo či kontrolní skupinu.

Dále bychom se rádi vyjádřili k metodice samotného měření. Velký nedostatek spiroergometrického testování spočívalo v testování pouze do vrcholových, nikoliv do maximálních hodnot sportovců. Důvodem pro takto zvolené měření je, že cyklisti před samotným zátěžovým testem musí projít další sadou specifických testů, a není je tedy následně možné zatížit do maxima. Pro vyhodnocení fyziologických reakcí organismu na zátěž jsou vrcholové hodnoty dostačující, nikoliv však pro objektivní zhodnocení efektu respiračního tréninku, kdy je nezbytné získat maximální hodnoty. V takovém případě doporučujeme změnit metodiku měření, případně využít zmiňované výkonnostní testy, které je možné provádět v rámci samotné tréninkové přípravy a následně je porovnat na základě zápisů z tréninkového deníku kondičního trenéra. Nesmíme samozřejmě zapomínat na hodnocení míry pociťované únavy (RPE) sportovcem, která v rámci sportovního výkonu hraje nezbytnou roli (Hajghanbari et al., 2013, s. 1658; McConnell, 2009, s. 19).

Dále bychom nahradili také měření klidové spirometrie. Literatura uvádí (Karsten et al., 2018, s. 32; Hajghanbari et al., 2013, s. 1657), že u vysoce trénovaných sportovců není možné hodnoty plicních objemů dále výrazně ovlivnit. Proto bychom měření klidové spirometrie nahradili testováním ústních okluzních tlaků, kdy změny daných hodnot byly prokázány v několika výzkumech (Bernardi et al., 2014, s. 1-7; Karsten et al., 2018, s. 28-30; Vašíčková, Neumannová a Svozil, 2017, s. 151-156), a jejich testování se tedy

jeví jako dostatečně senzitivní pro hodnocení efektu respiračního tréninku. Přístroje pro evaluaci respiračních tlaků však nebyly dostupné, což znemožnilo jejich měření.

Také nesmíme opomenout fakt, že testování bylo prováděno na profesionálních sportovcích, a jak už bylo mnohokrát zmiňováno, je velice těžké u takto trénovaných osob ovlivnit fyziologické zátěžové parametry, proto nebylo možné očekávané výsledky pozorovat. Pro další práce podobného typu tedy doporučujeme zvýšit počet probandů a z hlediska metodiky měření zvolit testy citlivější na změny navozené respiračním tréninkem.

Závěr

Tato diplomová práce se zabývá vlivem respiračního tréninku dráhových cyklistů ve vztahu ke sportovnímu výkonu. V práci byl hodnocen průmět parametrů klidové spirometrie a vybraných hodnot zátěžového testu do maximálního výkonu sportovců po intervenci s respiračním trenažerem SpiroTiger, která trvala 3-5 měsíců.

Žádná z testovaných hodnot klidových plicních objemů ve statistické analýze výsledků nevykazovala statisticky významné rozdíly. Předpokládáme, že právě tyto parametry u vrcholových sportovců nelze výrazným způsobem ovlivnit, a proto se jejich hodnoty nezměnily, což je v souladu s výsledky studií podobného typu.

V hodnotách zátěžového testu, zejména u vrcholové aerobní kapacity, výdeje oxidu uhličitého a minutové ventilace jsme také nezpozorovali žádné statisticky významné rozdíly. To ostatně koreluje s výsledky dalších výzkumů, což potvrzuje, že efekt respiračního tréninku se u sportovní populace v daných hodnotách neprojevuje.

Významných výsledků nebylo dosaženo ani u parametrů dechového objemu a dechové frekvence, ačkoliv jsme zaznamenali tendenci dechového objemu se zvyšovat a tendenci dechové frekvence se snižovat. Jak už bylo potvrzeno v obdobných studiích, právě snižující se hodnota dechové frekvence souvisí s mírou pocíťované únavy, a mohla by hrát klíčovou roli při hodnocení efektivity respiračního tréninku.

Žádná ze zmíněných hodnot neměla vliv na maximální výkonnost výzkumného souboru. I přes mírný nárůst dané hodnoty nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Nemůžeme tedy potvrdit, že respirační trénink přináší zlepšení výkonnosti sportovců. Předpokládáme však, že výsledky zátěžového testu byly výrazně ovlivněny nevhodně zvolenou metodikou měření. Příště bychom pro testování výkonnosti zátěžový test nahradili spíše specifickými testy na čas či vzdálenost, které se napříč studiemi jeví jako dostatečně senzitivní pro získání objektivních informací o sportovním výkonu jedinců.

Pro další zkoumání problematiky týkající se práce s respiračními trenažery doporučujeme zaměřit se na hodnocení proměnných, na které, dle provedených výzkumů, má respirační trénink významný vliv (ústní okluzní tlaky, RPE a výkonnostní testy). Dále doporučujeme prozkoumat efekt tréninku na větším vzorku se zastoupením více sportovních odvětví a zdokonalit metodiku měření.

Ačkoliv výsledky diplomové práce nepotvrdily ergogenní efekt tréninku respiračních svalů, věříme, že díky shrnutí poznatků dokážeme najít efektivnější a vhodnější výzkumnou metodu. Také doufáme, že tyto informace mohou být prospěšné a inspirující i pro širokou sportující veřejnost.

Referenční seznam literatury:

AKINOĞLU, B., KOCAHAN, T., ÖZKAN, T. 2019. The relationship between peripheral muscle strength and respiratory function and respiratory muscle strength in athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation* [online]. 15(1), 44-49 [cit. 2020-01-04]. doi: 10.12965//jer.1836518.259. ISSN 2288-176X. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6416508/>

ALBOUAINI, K., EGRED, M., ALAHMAR, A., WRIGHT, D. J. 2007. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgraduate Medical Journal* [online]. 83(985), 675-682 [cit. 2020-09-18]. ISSN 0032-5473. Dostupné z: doi:10.1136/hrt.2007.121558

ALIVERTI, A., 2016. The respiratory muscles during exercise. *Breathe* [online]. 12(2), 165-168 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1810-6838. Dostupné z: doi:10.1183/20734735.008116

ALIVERTI, A., CALA, S. J., DURANTI, R., FERRINGO, G., KENYON, C. M., PEDOTTI, A., SCANO, G., SLIWINSKI, P., MACKLEM, P. T., YAN, S. 1997. Human respiratory muscle actions and control during exercise. *Journal of Applied Physiology* [online]. 83(4), 1256-1269 [cit. 2021-01-20]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1997.83.4.1256

ALLEN, W. K., SEALS, D. R., HURLEY, B. F., EHSANI, A. A., HAGBERG, J. M. 1985. Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology* [online]. 58(4), 1281-1284 [cit. 2021-04-07]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1985.58.4.1281

AMONETTE, W. E., DUPLER, T. E. 2002. The effects of respiratory muscle training on VO₂ max, the ventilatory threshold and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology Online* [online]. 5(2), 29-35 [cit. 2021-6-5]. ISSN 1097-9751. Dostupné z: <https://www.asep.org/asep/asep/Ammonette.pdf>

BANDYOPADHYAY, A. 2013. Validity of 20 meter multi-stage shuttle run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology* [online]. 57(1), 77-83 [cit. 2020-09-18]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/271834807_Validity_of_20_meter_multi-

stage_shuttle_run_test_for_estimation_of_maximum_oxygen_uptake_in_female_university_students

BARREIRO, T. J., PERILLO, I. 2004. An approach to interpreting spirometry. *American Family Physician* [online]. 69(5), 1107-1114 [cit. 2020-09-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15023009/>

BASSETT, D. R., HOWLEY, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [online]. 32(1), 70-84 [cit. 2020-09-18]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10647532/>

BAZYLER, C.D., ABBOTT, H., TABER, CH., BELLON, CH. 2015. Strength training for endurance athletes: Theory to practice. *Strength and Conditioning Journal* [online]. 37(2), 1-12 [cit. 2020-09-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/279327274_Strength_Training_for_Endurance_Athletes_Theory_to_Practice

BERNARDI, E., MELLONI, E., MANDOLESI, B., ULIARI, S., GRAZZI, G., COGO, A. 2014. Respiratory muscle endurance training improves breathing pattern in triathletes. *Annals of Sports Medicine and Research* [online]. 1(1), 1-7 [cit. 2021-6-4]. Dostupné z: <https://www.elitrehab.com/wp-content/uploads/2015/03/sportsmedicine-1-1003.pdf>

BIEN, U. D. S., SOUZA, G. F., CAMPOS, E. S., FARAH DE CARVALHO, E., FERNANDES, M. G., SANTORO, I., COSTA, D., ARENA, R., SAMPAIO, L. M. M. 2015. Maximum inspiratory pressure and rapid shallow breathing index as predictors of successful ventilator weaning. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 27(12), 3723-3727 [cit. 2021-01-05]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.3723

BOMPA, T., BUZZICHELLI, O. 2015. *Periodization training for sports*. [online]. Third Edition. Champaign: Human Kinetics [cit. 2020-09-14]. ISBN 9781450469432. Dostupné z: http://www.periodisasi.com/uploads/5/2/5/9/52590823/tudor_bompa_carlo_buzzichelli-periodization_training_for_sports-human_kinetics__2015__1.pdf

BURKE, E. R., FLECK, S., DICKSON, T. 1981. Post-competition blood lactate concentrations in competitive track cyclists. *British Journal of Sports*

Medicine [online]. **15**(4), 242-245 [cit. 2021-04-01]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.15.4.242

CACEK, J. 2017. Pedagogické prostředky regenerace. In: BERNACIKOVÁ, M., CACEK J., DOVRTĚLOVÁ, L., HRNČIŘÍKOVÁ, I., KAPOUNKOVÁ, K., KOPŘIVOVÁ, J., KUMSTÁT, M., NOVOTNÝ, J., POSPÍŠIL, P., ŘEZANINOVÁ, J., ŠAFÁŘ, M., ULBRICH, T. *Regenerace a výživa ve sportu. 2.*, přepracované vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-8810-8.

CADE, W. T., BOHNERT, K. L., REEDS, D. N., PETERSON, L. R., BITTEL, A. J., BASHIR, A., BYRNE, B. J., TAYLOR, C. L., VAN WOUWE, J. P. 2018. Peak oxygen uptake (VO₂peak) across childhood, adolescence and young adulthood in Barth syndrome: Data from cross-sectional and longitudinal studies. *PLOS ONE* [online]. **13**(5), 1-12 [cit. 2021-04-22]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0197776

CAREY, D., PLIEGO, G., RAYMOND, R. 2008. How endurance athletes breathe during incremental exercise to fatigue: Interaction of tidal volume and frequency. *Journal of Exercise Physiology Online* [online]. **11**(4), 44-51 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.asep.org/asep/asep/CareyJEPonlineAugust2008.pdf>

CASABURI, R., BARSTOW, T. J., ROBINSON, T., WASSERMAN, K. 1989. Influence of work rate on ventilatory and gas exchange kinetics. *Journal of Applied Physiology* [online]. **67**(2), 547-555 [cit. 2021-04-07]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1989.67.2.547

CASTRONOVO, A. M., CONFORTO, S., SCHMID, M., BIBBO, D., D'ALESSIO, T. 2013. How to assess performance in cycling: The multivariate nature of influencing factors and related indicators. *Frontiers in Physiology* [online]. **4** [cit. 2021-03-30]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2013.00116

CLARK, J. M., HAGERMAN, F. C., GELFAND, R. 1983. Breathing patterns during submaximal and maximal exercise in elite oarsmen. *Journal of Applied Physiology* [online]. **55**(2), 440-446 [cit. 2021-04-16]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1983.55.2.440

- CRAIG, N. P., NORTON, K. I. 2001. Characteristics of track cycling. *Sports Medicine* [online]. **31**(7), 457-468 [cit. 2021-03-29]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200131070-00001
- CRAIG, N. P., NORTON, K. I., BOURDON, P. C., WOOLFORD, S. M., STANEF, T., SQUIRES, B., OLDS, T. S., WALSCH, C. B. V. 1993. Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. **67**(2), 150-158 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: doi:10.1007/BF00376659
- CROIX, C. M., MORGAN, B. J., WETTER, T. J., DEMPSEY J. A., 2000. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *The Journal of Physiology* [online]. **529**(2), 493-504 [cit. 2021-01-04]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-7793.2000.00493.x
- CUNANAN, A. J., DEWEESE, B. H., WAGLE, J. P., CARROLL, K. M., SAUSAMAN, R., HORNSBY, W. G., HAFF, G. G., TRIPLETT, N. T., PIERCE, K. C., STONE, M. H., 2018. The general adaptation syndrome: A foundation for the concept of periodization. *Sports Medicine* [online]. **48**(4), 787-797 [cit. 2020-09-17]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-017-0855-3
- CUNHA, M., MENDES, F., PACIÊNCIA, I., RODOLFO, A., CARNEIRO-LEÃO, L., RAMA, T., RUFO, J., DELGADO, L., MOREIRA, A. 2019. The effect of inspiratory muscle training on swimming performance, inspiratory muscle strength, lung function, and perceived breathlessness in elite swimmers: A randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal* [online]. **4**(6), 1-8 [cit. 2021-6-11]. ISSN 2444-8664. Dostupné z: doi:10.1097/j.pbj.0000000000000049
- DI PACO, A., DUBÉ, B. P., LAVENEZIANA, P. 2017. Changes in ventilatory response to exercise in trained athletes: Respiratory physiological benefits beyond cardiovascular performance. *Archivos de Bronconeumología (English Edition)* [online]. **53**(5), 237-244 [cit. 2021-6-10]. ISSN 15792129. Dostupné z: doi:10.1016/j.arbr.2017.01.002
- DILGER, A., GEYER, H. 2000. The dynamic of bicycle finals: A theoretical and empirical analysis of slipstreaming. *SSRN Electronic Journal* [online]. **4**(9), 1-15 [cit. 2021-03-29]. ISSN 1556-5068. Dostupné z: doi:10.2139/ssrn.1541229

- DOHERTY, M., DIMITRIOU, L., 1997. Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 31(4), 337-341 [cit. 2020-11-05]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.31.4.337
- 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* [online]. 156(2), 137-146 [cit. 2020-11-27]. ISSN 15699048. Dostupné z: doi:10.1016/j.resp.2006.08.006
- DURMIC, T., LAZOVIC, B., DJELIC, M., LAZIC, J. S., ZIKIC, D., ZUGIC, V., DEKLEVA, M., MAZIC, S. 2015. Sport-specific influences on respiratory patterns in elite athletes. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [online]. 41(6), 516-522 [cit. 2021-6-2]. ISSN 1806-3713. Dostupné z: doi:10.1590/s1806-37562015000000050
- EDWARDS, A. M., CLARK, N., MACFADYEN, A. M. 2003. Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *Journal of Sports Science & Medicine* [online]. 2(1), 23-29 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3937571/>
- FARIA, E. W., PARKER, D. L., FARIA, I. E. 2005. The science of cycling. *Sports Medicine* [online]. 35(4), 285-312 [cit. 2021-03-30]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200535040-00002
- FARIA, I. E. 1984. Applied physiology of cycling. *Sports Medicine* [online]. 1(3), 187-204 [cit. 2021-04-01]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-198401030-00003
- FORMAN, D. E., MYERS, J., LAVIE, C. J., GUAZZI, M., CELLI, B., ARENA, R. 2015. Cardiopulmonary exercise testing: Relevant but underused. *Postgraduate Medicine* [online]. 122(6), 68-86 [cit. 2021-04-21]. ISSN 0032-5481. Dostupné z: doi:10.3810/pgm.2010.11.2225
- FOSTER, C. 2019. Sport science: Progress, hubris, and humility. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. 14(2), 141-143 [cit. 2020-09-18]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2018-0982

GHOSH, A. K. 2004. Anaerobic treshold: Its concept and role in endurance sport. *The Malaysian Journal of Medical Sciences* [online]. 11(1), 24-36 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3438148/>

GLAZIER, P. S. 2017. Towards a grand unified theory of sports performance. *Human Movement Science* [online]. 56, 139-156 [cit. 2020-07-27]. DOI: 10.1016/j.humov.2015.08.001. ISSN 01679457. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167945715300129>

GONDANE, S., RETHAREKAR, S. A., KUDALKAR, S. W. 2019. Comparison between Incremental shuttle run test and Harvard's step test on peak exercise performance in healthy males: a cross-sectional study. *International Journal of Research in Medical Sciences* [online]. 7(8), 3111-3115 [cit. 2020-09-18]. ISSN 2320-6012. Dostupné z: doi:10.18203/2320-6012.ijrms20193403

GRAHAM, B. L., STEENBRUGGEN, I., MILLER, M. R., BARJAKTAREVIC, I. Z., COOPER, B. G., HALL, HALLSTRAND, T. S., KAMINSKY, D. A., MCCARTHY, K., MCCORMACK, M. C., OROPEZ, C. E., ROSENFELD, M., STANOJEVIC, S., SWANNEY, M. P., THOMPSON, B. R. 2019. Standardization of spirometry 2019 update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 200(8), e70-e88 [cit. 2020-11-10]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.201908-1590ST

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, A. D. 2013. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with metaanalysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 27(6), 1643-1663 [cit. 2020-01-11]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi: 10.1519/JSC.0b013e318269f73f.

HAOUZI, P., HILL, J. M., LEWIS, B. K., KAUFMAN, M. P. 1999. Responses of group III and IV muscle afferents to distension of the peripheral vascular bed. *Journal of Applied Physiology* [online]. 87(2), 545-553 [cit. 2021-01-22]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1999.87.2.545

HARMS, C. A., BABCOCK, M. A., MCCLARAN, S. R., PEGELOW, D. F., NICKELE G. A., NELSON, W. B., DEMPSEY, J. A. 1997. Respiratory muscle work compromises

leg blood flow during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology* [online]. 82(5), 1573-1583 [cit. 2020-12-20]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1997.82.5.1573

HARMS, C. A., WETTER, T. J., MCCLARAN, S. R., PEGELOW, D. F., NICKELE, G. A., NELSON, W. B., HANSON, P., DEMPSEY, J. A. 1998. Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology* [online]. 85(2), 609-618 [cit. 2021-01-21]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1998.85.2.609

HILL, A. V., LUPTON, H. 1923. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM: An International Journal of Medicine* [online]. **os-16**(62), 135-171 [cit. 2021-04-02]. ISSN 1460-2725. Dostupné z: doi:10.1093/qjmed/os-16.62.135

HOLM, P., SATTLER, A., FREGOSI, R. P. 2004. Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. *BMC Physiology* [online]. **4**(9), 1-14 [cit. 2021-6-7]. ISSN 14726793. Dostupné z: doi:10.1186/1472-6793-4-9

HOMOLKA, P. 2020. Praktické provedení spiroergometrického testování. VÁRNAY, F., HOMOLKA, P., MÍFKOVÁ, L., DOBŠÁK, P. *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně* [online]. Praha: Grada Publishing, s. 25-30 [cit. 2021-5-12]. ISBN 978-80-271-2552-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/spiroergometrie-v-kardiologii-a-sportovni-medicine-485021/>

CHERAMIE, W. M. 2004. Effects of aerobic and anaerobic training protocols on 4000m track cycling time trial. [online]. Baton Rouge, LA [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2360&context=gradschool_theses. Master's. Louisiana State University.

CHIAPPA, G. R., ROSEGUINI, B. T., VIEIRA, P. J. C., ALVES, C. N., TAVARES, A., WINKELMANN, E. R., FERLIN, E. L., STEIN, R., RIBEIRO, J.P. 2008. Inspiratory muscle training improves blood flow to resting and exercising limbs in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology* [online]. 51(17), 1663-1671 [cit. 2020-11-27]. ISSN 07351097. Dostupné z: doi:10.1016/j.jacc.2007.12.045

- ILLI, S. K., HELD, U., FRANK, I., SPENGLER, C.M. 2012. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Sports Medicine* [online]. 42(8), 707-724 [cit. 2020-12-01]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/BF03262290
- JEUKENDRUP, A. E., CRAIG, N. P., HAWLEY, J. A. 2000. The bioenergetics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 3(4), 414-433 [cit. 2021-04-03]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/S1440-2440(00)80008-0
- JOHNSON, B. D., BABCOCK, M. A., SUMAN, O. E., DEMPSEY, J. A. 1993. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *The Journal of Physiology* [online]. 460(1), 385-405 [cit. 2021-01-22]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/jphysiol.1993.sp019477
- 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* [online]. 101(6), 761-770 [cit. 2021-6-14]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-007-0551-3
- KARSTEN, M., RIBEIRO, G. S., ESQUIVEL, M. S., MATTE, D. L. 2018. The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* [online]. 34, 1-[cit. 2020-11-27]. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.09.004. ISSN 1466853X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X18301652>
- KILDING, A. E., BROWN, S., MCCONNELL, A. K. 2010. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 108(3), 505-511, [cit. 2020-01-11]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-009-1228-x
- KIM, K., FELL, D. W., LEE, J. H. 2011. Feedback respiratory training to enhance chest expansion and pulmonary function in chronic stroke: A double-blind, randomized controlled study. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 23(1), 75-79 [cit. 2020-01-12]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.23.75
- KOLÁŘ, P., ŠULC, J. 2009. Metody a postupy používané v rehabilitaci nemocných s chronickým postižením respiračního systému. In: KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

- KORDI, M., FOLLAND, J. P., GOODALL, S., MENZIES, C., PATEL, T. S., EVANS, M., THOMAS, K., HOWATSON, G. 2020. Cycling-specific isometric resistance training improves peak power output in elite sprint cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. **30**(9), 1594-1604 [cit. 2021-04-01]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.13742
- LAZOVIC, B., MAZIC, S., SUZIC-LAZIC, J., DJELIC, M., DJORDJEVIC-SARANOVIC, S., DURMIC, T., ZIKIC, D., ZUGIC, V. 2015. Respiratory adaptations in different types of sports. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences* [online]. 19, 2269-2274 [cit. 2020-09-26]. Dostupné z: <https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/2269-2274.pdf>
- LEDDY, J. J., LIMPRASERTKUL, A., PATEL, S., MODLICH, F., BUYEA, C., PENDERGAST, D. R., LUNDGREN, C. E. G. 2007. Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners. *European Journal of Applied Physiology* [online]. **99**(6), 665-676 [cit. 2021-6-14]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-006-0390-7
- LÉGER, L. A., MERCIER, D., GADOURY, C., LAMBERT, J. 1988. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences* [online]. 6(2), 93-101 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.1080/02640418808729800. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640418808729800>
- LEMAITRE, F., COQUART, J.B., CHAVALLART, F., MUCCI, P., COSTALAT, G., CHOLLET, D. 2013. Effect of additional respiratory muscle endurance training in young well-trained swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine* [online]. 12(4), 630-638 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3873652/#__ffn_sectitle
- LEWIT, K. 2003. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. 5. přeprac. vyd. Praha: Sdělovací technika ve spolupráci s Českou lékařskou společností J.E. Purkyně. ISBN 80-86645-04-5.
- LOMAX, M., MASSEY, H. C., HOUSE, J. R. 2017. Inspiratory muscle training effects on cycling during acute hypoxic exposure. *Aerospace Medicine and Human Performance* [online]. **88**(6), 544-549 [cit. 2021-6-9]. ISSN 2375-6314. Dostupné z: doi:10.3357/AMHP.4780.2017

LORENZ, D., MORRISON, S. 2015. Current concepts in periodization of strength and conditioning for the sports physical therapist. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. 10(6), 734-747 [cit. 2020-09-17]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4637911/#__ffn_sectitle

MADOR, M. J., MAGALANG, U. J., RODIS, A., KUFEL, T. J. 1993. Diaphragmatic Fatigue after Exercise in Healthy Human Subjects. *American Review of Respiratory Disease* [online]. 148(6_pt_1), 1571-1575 [cit. 2021-01-21]. ISSN 0003-0805. Dostupné z: [doi:10.1164/ajrccm/148.6_Pt_1.1571](https://doi.org/10.1164/ajrccm/148.6_Pt_1.1571)

MACHOVÁ, L., PODĚBRADSKÁ, R., STEPAŇUKOVÁ, M. 2018. Základy respirační fyzioterapie pro praktické lékaře. *Praktický lékař* [online]. 98(2), 104-108 [cit. 2020-01-13]. ISSN 0032-6739. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/325995947_Zaklady_respiracni_fyzioterapie_pro_prakticke_lekare

MACHOVÁ, L., ZATLOUKAL, J., STEJSKAL, P., PODĚBRADSKÁ, R. 2017. The implications of respiratory muscle training in professional athletes. In: *11th International conference of Kinantropology*. 1st. Brno: Muni press, Faculty of Sport Studies, Masaryk University. s. 191-198. ISBN 978-80-210-8917-4.

MAZIC, S., LAZOVIC, B., DJELIC, M., SUZIC-LAZIC, J., DJORDJEVIC-SARANOVIC, S., DURMIC, T., SOLDATOVIC, I., ZIKIC, D., GLUVIC, Z., ZUGIC, V. 2015. Respiratory parameters in elite athletes – Does sport have an influence? *Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition)* [online]. 21(4), 192-197 [cit. 2020-09-26]. ISSN 21735115. Dostupné z: <https://www.journalpulmonology.org/pt-respiratory-parameters-in-elite-athletes-articulo-X0873215915339479>

MCCONNELL, A. K. 2009. Respiratory muscle training as an ergogenic aid. *Journal of Exercise Science & Fitness* [online]. 7(2), 18-27 [cit. 2020-01-11]. ISSN 1728869X. Dostupné z: [doi:10.1016/S1728-869X\(09\)60019-8](https://doi.org/10.1016/S1728-869X(09)60019-8)

MCCONNELL, A. K., LOMAX, M. 2006. The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The Journal of Physiology* [online]. 577(1), 445-457 [cit. 2021-01-04]. ISSN 00223751. Dostupné z: [doi:10.1113/jphysiol.2006.117614](https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.117614)

MCCONNELL, A. K., ROMER, L. M. 2004. Respiratory muscle training in healthy humans: Resolving the controversy. *International Journal of Sports Medicine* [online].

25(4), 284-293 [cit. 2020-11-25]. doi: 10.1055/s-2004-815827. ISSN 0172-4622.
Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2004-815827>

MCLEAN, B. D., PARKER, A. W. 1989. An anthropometric analysis of elite Australian track cyclists. *Journal of Sports Sciences* [online]. **7**(3), 247-255 [cit. 2021-03-29]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640418908729845

MCPARLAND, C., KRISHNAN, B., LOBO, J., GALLAGHER, C. 1992. Effect of physical training on breathing pattern during progressive exercise. *Respiration Physiology* [online]. **90**(3), 311-323 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1480842/>

MENZES, K.P.P., NASCIMENTO, L.R., AVELINO, P.R., POLESE, J.C., SALMELA, L.F.T. 2018. A review on respiratory muscle training devices. *Journal of Pulmonary & Respiratory Medicine* [online]. 08(02) [cit. 2020-12-01]. doi: 10.4172/2161-105X.1000451. ISSN 2161105X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Janaine_Cunha_Polese/publication/325730850_A-Review_on_Respiratory_Muscle_Training_Devices/links/5b899aae92851c1e123f909a/A-Review-on-Respiratory-Muscle-Training-Devices.pdf

MEZZANI, A. 2017. Cardiopulmonary exercise testing: Basics of methodology and measurements. *Annals of the American Thoracic Society* [online]. **14**(1), S3-S11 [cit. 2021-04-07]. ISSN 2329-6933. Dostupné z: doi:10.1513/AnnalsATS.201612-997FR

MEZZANI, A., HAMM, L. F., JONES, A. M., MCBRIDE, P. E., MOHOLDT, T., STONE, J. A., URHAUSEN, A., WILLIAMS, M. A. 2013. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: A joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. *European Journal of Preventive Cardiology* [online]. **20**(3), 442-467 [cit. 2021-04-07]. ISSN 2047-4873. Dostupné z: doi:10.1177/2047487312460484

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* [online]. 103(6), 635-646 [cit. 2020-11-05]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-008-0759-x

MILLER, M. R. 2005. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal* [online]. 26(2), 319-338 [cit. 2020-03-31]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi:10.1183/09031936.05.00034805

MOODIE, L., REEVE, J., ELKINS, M. 2011. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *Journal of Physiotherapy* [online]. 57(4), 213-221 [cit. 2020-12-02]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/S1836-9553(11)70051-0

MYERS, J., BADER, D., MADHAVAN, R., FROELICHER, V. 2001. Validation of a specific activity questionnaire to estimate exercise tolerance in patients referred for exercise testing. *American Heart Journal* [online]. 142(6), 1041-1046 [cit. 2021-04-21]. ISSN 00028703. Dostupné z: doi:10.1067/mhj.2001.118740

NEPOMUCENO, J., BALBINO, B. R., GÓMEZ, T. B., GOMES NETO, M. 2016. Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioterapia em Movimento* [online]. 29(4), 821-830 [cit. 2020-01-11]. doi: 10.1590/1980-5918.029.004.ao19. ISSN 0103-5150. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-51502016000400821&script=sci_arttext

NEUMANNOVÁ, K., KAŠÁK, V. 2013. Možnosti ovlivnění dušnosti během sportovní zátěže u nemocné s asthma bronchiale pomocí rehabilitační léčby. *Kazuistiky v alergologii, pneumologii a ORL* [online]. 10(3), 13-17 [cit. 2021-01-20]. ISSN 1802-0518. Dostupné z: <https://www.geum.org/files/shop-archiv-casopisu/pdf/91.pdf#page=14>

NEUMANNOVÁ, K., ZATLOUKAL, J. 2011. Ovlivnění poruch dýchání pomocí tréninku dýchacích svalů. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 18(4), 188-192 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2011-4/ovlivneni-poruch-dychani-pomoci-treninku-dychacich-svalu-37246>

NEWELL, K. M. 1986. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M. G., WHITING, H. T. A. *Motor development in children: Aspects of coordination and control*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers. ISBN: 978-90-247-3389-7

NICOLÒ, A., GIRARDI, M., BAZZUCCHI, I., FELICI, F., SACCHETTI, M. 2018. Respiratory frequency and tidal volume during exercise: Differential control and

unbalanced interdependence. *Physiological Reports* [online]. **6**(21), 1-17 [cit. 2021-6-10]. ISSN 2051817X. Dostupné z: doi:10.14814/phy2.13908

NICOLÒ, A., MARCORA, S. M., BAZZUCCHI, I., SACCHETTI, M. 2017. Differential control of respiratory frequency and tidal volume during high-intensity interval training. *Experimental Physiology* [online]. **102**(8), 934-949 [cit. 2021-04-16]. ISSN 09580670. Dostupné z: doi:10.1113/EP086352

NICOLÒ, A., MARCORA, S. M., SACCHETTI, M. 2015. Respiratory frequency is strongly associated with perceived exertion during time trials of different duration. *Journal of Sports Sciences* [online]. **34**(13), 1199-1206 [cit. 2021-04-16]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2015.1102315

NOONAN, V., DEAN, E. 2000. Submaximal exercise testing: Clinical application and interpretation. *Physical Therapy* [online]. **80**(8), 782-807 [cit. 2021-04-22]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/80.8.782

NOVOTNÝ, J. 2017. Biologické ukazatele odezvy a adaptace na zátěž, únavy a regenerace sil. In: BERNACIKOVÁ, M., CACEK J., DOVRTĚLOVÁ, L., HRNČIŘÍKOVÁ, I., KAPOUNKOVÁ, K., KOPŘIVOVÁ, J., KUMSTÁT, M., NOVOTNÝ, J., POSPÍŠIL, P., ŘEZANINOVÁ, J., ŠAFÁŘ, M., ULBRICH, T. *Regenerace a výživa ve sportu*. 2., přepracované vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-8810-8.

OLDS, T. S., NORTON, K. I., CRAIG, N. P. 1993. Mathematical model of cycling performance. *Journal of Applied Physiology* [online]. **75**(2), 730-737 [cit. 2021-04-03]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1993.75.2.730

OTIS, A. B., FENN, W. O., RAHN, H. 1950. Mechanics of breathing in man. *Journal of Applied Physiology* [online]. **2**(11), 592-607 [cit. 2021-04-16]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1950.2.11.592

OZMEN, T., GUNES, G. Y., UCAR, I., DOGAN, H., GAFUROGLU, T. U. 2017. Effects of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. **57**, 1-7 [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: doi:10.23736/S0022-4707.16.06283-6

PAREEK, R.P., MODAK, P. 2013. The effect of swimming on pulmonary function in healthy student population. *International Educational E-Journal* [online]. **2**(4), 31-36 [cit.

2020-11-05]. ISSN 2277-2456. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/259192176_The_Effect_of_Swimming_on_Pulmonary_Function_in_Healthy_Student_Population

PARSONS, B. 2010. Resistance training for elite-level track cyclists. *Strength and Conditioning Journal* [online]. **32**(5), 63-68 [cit. 2021-04-01]. ISSN 1524-1602. Dostupné z: doi:10.1519/SSC.0b013e3181e97d97

PERIČ, T., DOVALIL, J. 2010. *Sportovní trénink*. Praha: Grada. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7.

PHILLIPS, K. E., HOPKINS, W. G. 2020. Determinants of cycling performance: A review of the dimensions and features regulating Performance in elite cycling competitions. *Sports Medicine - Open* [online]. **6**(1), 1-18 [cit. 2021-03-29]. ISSN 2199-1170. Dostupné z: doi:10.1186/s40798-020-00252-z

RAMÍREZ-SARMIENTO, A., OROZCO-LEVI, M., GÜELL, R., BARREIRO, E., HERNANDEZ, N., MOTA, S., SANGENIS, M., BROQUETAS, J. M., CASAN, P., GEA, J. 2002. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 166(11), 1491-1497 [cit. 2020-11-28]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.200202-0750C

ROCHESTER, D. F., GOLDBERG, S. K. 1980. Techniques of respiratory physical therapy 1, 2. *American Review of Respiratory Disease* [online]. 122(5P2), 133-146 [cit. 2020-10-19]. ISSN 0003-0805. Dostupné z: doi:10.1164/arrd.1980.122.5P2.133

ROMER, L. M., LOVERING, A. T., HAVERKAMP, H. C., PEGELOW, D. F., DEMPSEY, J. A. 2006. Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *The Journal of Physiology* [online]. 571(2), 425-439 [cit. 2021-01-04]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/jphysiol.2005.099697

ROMER, L. M., MCCONNELL A. K. 2003. Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 35(2), 237-244 [cit. 2020-12-02]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/01.MSS.0000048642.58419.1E

ROMER, L. M., MCCONNELL, A. K., JONES, D. A. 2002a. Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint

activity. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 23(5), [cit. 2021-01-20]. ISSN 01724622. Dostupné z: doi:10.1055/s-2002-33143

ROMER, L. M., MCCONNELL, A. K., JONES, D. A. 2002b. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of Sports Sciences* [online]. 20(7), 547-590 [cit. 2021-6-11]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/026404102760000053

RØNNESTAD, B. R., HANSEN, E. A., RAASTAD, T. 2010. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 108(5), 965-975 [cit. 2021-04-01]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-009-1307-z

SALAZAR-MARTÍNEZ, E., GATTERER, H., BURTSCHER, M., NARANJO ORELLANA, J., SANTALLA, A. 2017. Influence of inspiratory muscle training on ventilatory efficiency and cycling performance in normoxia and hypoxia. *Frontiers in Physiology* [online]. 8(133), 1-11 [cit. 2021-6-8]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2017.00133

SALAZAR-MARTÍNEZ, E., TERRADOS, N., BURTSCHER, M., SANTALLA, A., NARANJO ORELLANA, J. 2016. Ventilatory efficiency and breathing pattern in world-class cyclists: A three-year observational study. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. 229, 17-23 [cit. 2021-6-8]. ISSN 15699048. Dostupné z: doi:10.1016/j.resp.2016.04.001

SALES, A. T. N., FREGONEZI, G. A., RAMSOOK, A. H., GUENETTE, J. A., LIMA, I.N.D.F., REID, W.D. 2016. Respiratory muscle endurance after respiratory muscle training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* [online]. 17, 76-86 [cit. 2020-01-14]. DOI: 10.1016/j.ptsp.2015.08.001. ISSN 1466853X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X15000656>

SEALS, D. R. 2001. Robin Hood for the lungs? A respiratory metaboreflex that ‘steals’ blood flow from locomotor muscles. *The Journal of Physiology* [online]. 537(1), 2-2 [cit. 2021-01-04]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-7793.2001.0002k.x

- SEGIZBAEVA, M. O., TIMOFEEY, N. N., DONINA, Z. A., KUR'YANOVICH, E. N., ALEKSANDROVA, N. P. 2015. Effects of inspiratory muscle training on resistance to fatigue of respiratory muscles during exhaustive exercise, body metabolism and exercise [online]. Cham: Springer International Publishing, 2014-9-24, 840, 35-43 [cit. 2021-01-06]. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. ISBN 978-3-319-10249-8. Dostupné z: doi:10.1007/5584_2014_20
- SHEEL, A. W. 2002. Respiratory muscle training in healthy individuals. *Sports Medicine* [online]. **32**(9), 567-581 [cit. 2021-5-28]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200232090-00003
- SHEEL, A. W., BOUSHEL, R., DEMPSEY, J. A. 2018. Competition for blood flow distribution between respiratory and locomotor muscles: implications for muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology* [online]. 125(3), 820-831 [cit. 2021-01-21]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/japplphysiol.00189.2018
- SHEEL, A. W., DERCHAK, P. A., MORGAN, B. J., PEGELOW, D. F., JACQUES A. J., DEMPSEY, J. A. 2001. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The Journal of Physiology* [online]. 537(1), 277-289 [cit. 2021-01-19]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-7793.2001.0277k.x
- SHEEL, A. W., ROMER, L. M. 2012. Ventilation and respiratory mechanics. *Comprehensive Physiology* [online]. **2**(2), 1093-1142 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: doi:10.1002/cphy.100046
- SHEI, R. J. 2018. Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **32**(9), 2665-2676 [cit. 2021-5-28]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002730
- SCHERER, T. A., SPENGLER, C. A., OWASSAPIAN, D., IMHOF, E., BOUTELIER, U. 2000. Respiratory muscle endurance training in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 162(5), 1709-1714 [cit. 2020-01-13]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/ajrccm.162.5.9912026

- SMOLÍKOVÁ, L. 2009. Respirační fyzioterapie – metody a techniky hygieny dýchacích cest. In: KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- SONETTI, D. A., WETTER, T. J., PEGELOW, D. F., DEMPSEY, J. A. 2001. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiration Physiology* [online]. **127**(2-3), 185-199 [cit. 2021-6-4]. ISSN 00345687. Dostupné z: doi:10.1016/S0034-5687(01)00250-X
- SPINDLER, D. J., ALLEN, M. S., VELLA, S. A., SWANN, C. 2018. The psychology of elite cycling: A systematic review. *Journal of Sports Sciences* [online]. **36**(17), 1943-1954 [cit. 2021-03-29]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2018.1426978
- STANFORD, G., HARRIGAN, R., SOLIS-MOYA, A. 2020. Respiratory muscle training for cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. **12**, 1-54 [cit. 2021-6-4]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD006112.pub5
- STRINGIER, W., WASSERMAN, K., CASABURI, R. 1995. The VCO₂/VO₂ relationship during heavy, constant work rate exercise reflects the rate of lactic acid accumulation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. **72**(1-2), 25-31 [cit. 2021-04-07]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: doi:10.1007/BF00964110
- STRUHÁR, IVAN, NOVOTNÝ J., BERNACIKOVÁ M. a KAPOUNKOVÁ K. 2019. Testování aerobní kapacity a funkční zdatnosti oběhového systému. STRUHÁR, I., NOVOTNÝ, J., BERNACIKOVÁ, M., KAPOUNKOVÁ, K., POSPÍCHAL, V., TOMÁŠKOVÁ, I. *Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi* [online]. Brno: Masarykova univerzita, s. 75-80 [cit. 2021-5-12]. ISBN 978-80-210-9431-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/zatezova-diagnostika-v-telovychovne-a-sportovni-praxi-522195/>
- SUN, X. G., HANSEN, J. E., GARATACHEA, N., STORER, T. W., WASSERMAN, K. 2002. Ventilatory efficiency during exercise in healthy subjects. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. **166**(11), 1443-1448 [cit. 2021-6-8]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.2202033

TRANCHITA, E., MINGANTI, C., MUSUMECI, L., SQUEO, M. R., PARISI, A. 2014. Inspiratory muscles training in young basketball players: preliminary evaluation. *Medicina dello Sport* [online]. 67(3), 411-422 [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: file:///C:/Users/Adela/Downloads/Inspiratorymuscletraininginyoungbasketballplayers.Preliminaryevaluation2.pdf

TWISK, J.W.R., STAAL, B. J., BRINKMAN, M. N., KEMPER, H. C. G., VAN MECHELEN, W. 1998. Tracking of lung function parameters and the longitudinal relationship with lifestyle. *European Respiratory Journal* [online]. 12(3), 627-634 [cit. 2020-09-26]. ISSN

VÁRNAY, F. 2020. Ventilační prahy a jejich stanovení, laktátové prahy. VÁRNAY, F., HOMOLKA, P., MÍFKOVÁ, L., DOBŠÁK, P. *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně* [online]. Praha: Grada Publishing, s. 194-211 [cit. 2021-5-12]. ISBN 978-80-271-2552-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/spiroergometrie-v-kardiologii-a-sportovni-medicine-485021/>

VÁRNAY, F., MÍFKOVÁ, L. 2020. Základní parametry sledované při spiroergometrii. In: VÁRNAY, F., HOMOLKA, P., MÍFKOVÁ, L., DOBŠÁK, P. *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně*. Praha: Grada Publishing, s. 31-185 [cit. 2021-5-12]. ISBN 978-80-271-2552-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/spiroergometrie-v-kardiologii-a-sportovni-medicine-485021/>

VAŠÍČKOVÁ, J., NEUMANNOVÁ, K., SVOZIL, Z. 2017. The effect of respiratory muscle training on fin-swimmers' performance. *Journal of Sports Science & Medicine* [online]. 16(4), 521-526 [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5721182/>

VERGES, S. 2019. Respiratory muscle training. In: COGO, A., BONINI, M., ONORATI, P. *Exercise and Sports Pulmonology: Pathophysiological Adaptations and Rehabilitation* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019-03-01, 143-151 [cit. 2020-12-03]. ISBN 978-3-030-05257-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-05258-4_10

VERGES, S., LENHERR, O., HANER, A. C., SCHULZ, C., SPENGLER, C. M. 2007. Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and*

- Comparative Physiology* [online]. 292(3), 1246-1253 [cit. 2021-01-21]. ISSN 0363-6119. Dostupné z: doi:10.1152/ajpregu.00409.2006
- 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* [online]. 33(5), 803-809 [cit. 2021-01-21]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1097/00005768-200105000-00020
- WASSERMAN, K. 1978. Breathing during exercise. *New England Journal of Medicine* [online]. 298(14), 780-785 [cit. 2021-04-16]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJM197804062981408
- WELCH, J. F., KIPP, S., SHEEL, A.W. 2019. Respiratory muscles during exercise: mechanics, energetics, and fatigue. *Current Opinion in Physiology* [online]. 10, 102-109 [cit. 2020-12-29]. ISSN 24688673. Dostupné z: doi:10.1016/j.cophys.2019.04.023
- WEST, C. R., TAYLOR, B. J., CAMPBELL, I. G., ROMER, L. M. 2014. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 24(5), 764-772 [cit. 2021-01-06]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.12070
- 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. *The Journal of Physiology* [online]. 584(3), 1019-1028 [cit. 2021-01-04]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/jphysiol.2007.140855
- WŁODARCZYK, O. M., BARINOW-WOJEWÓDZKI, A. 2015. The impact of resistance respiratory muscle training with a SpiroTiger® device on lung function, exercise performance, and health-related quality of life in respiratory diseases. *Polish Journal of Cardio-Thoracic Surgery* [online]. 4, 386-390 [cit. 2020-01-13]. doi: 10.5114/kitp.2015.56796. ISSN 1731-5530. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4735547/#!po=75.0000>
- YILMAZ, Ö. F., ÖZDAL, M. 2019. Acute, chronic, and combined pulmonary responses to swimming in competitive swimmers. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. 259, 129-135 [cit. 2020-11-05]. ISSN 15699048. Dostupné z: doi:10.1016/j.resp.2018.09.002

Seznam zkratek

1 RM	one repetiton maximum
AB	astma bronchiale
ATS	American Thoracic Society
CF	cystická fibróza
CO ₂	oxid uhličitý
DC	dýchací cesty
DF	dechová frekvence
DKK	dolní končetiny
EKG	elektrokardiogram
EMG	elektromyografie
ERS	European Respiratory Society
FEV ₁	usilovně vydechnutý objem vzduchu za 1 sekundu
FOG	fast oxidative glycolytic
FVC	usilovná vitální kapacita
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
IC	inspiratory capacity
IMT	Inspiratory Muscle Training
KOK	kolenní kloub
KYK	kyčelní kloub
MEP	maximal expiratory pressure
MIP	maximal inspiratory pressure
MVV	maximal voluntary ventilation
O ₂	kyslík
P	výkon
PEF	peak expiratory flow
PE _{max}	maximal expiratory pressure

pH	power of hydrogen
PI _{max}	maximal inspiratory pressure
RFT	respirační fyzioterapie
RMET	Respiratory Muscle Endurance Training
RMST	Respiratory Muscle Strength Training
RMT	Respiratory Muscle Training
RPE	Rate of Perceived Exertion
SO	slow oxidative
TF	tepová frekvence
TK	krevní tlak
TK _{ia}	intraarteriální krevní tlak
VC	vitální kapacita
VCO ₂	množství oxidu uhličitého expirovaného z plic za jednotku času
VE	minutová ventilace
VE/VCO ₂	ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý
VE/VCO ₂ slope	ventilační efektivita
VE/VO ₂	ventilační ekvivalent pro kyslík
VO ₂	množství kyslíku extrahovaného ze vzduchu za jednotku času
VO _{2max}	maximální aerobní kapacita
VO _{2peak}	vrcholová aerobní kapacita
VT	dechový objem
W _{max}	maximální dosažený výkon

Seznam obrázků

Obrázek 1 Průběh křivek VO ₂ a VCO ₂	20
Obrázek 2 Vytrvalostní dechový trenažer SpiroTiger	27
Obrázek 3 RPE/Borgova škála k subjektivnímu hodnocení vnímané intenzity	35
Obrázek 4 Průměrné hodnoty klidové spirometrie	43
Obrázek 5 Průměrné hodnoty vrcholové spotřeby kyslíku 1. a 2. měření	46
Obrázek 6 Průměrné hodnoty výdeje oxidu uhličitého.....	47
Obrázek 7 Průměrné hodnoty minutové ventilace.....	48
Obrázek 8 Průměrné hodnoty dechového objemu	48
Obrázek 9 Průměrné hodnoty dechové frekvence	49
Obrázek 10 Průměrné hodnoty dosaženého výkonu.....	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 Ukázka tréninku s pomůckou SpiroTiger	40
Tabulka 2 Hodnocené parametry klidové spirometrie	40
Tabulka 3 Hodnocené parametry zátěžového testu	41
Tabulka 4 Popisná statistika dat klidové spirometrie.....	42
Tabulka 5 Statistické zhodnocení dat klidové spirometrie.....	43
Tabulka 6 Popisná statistika dat spiroergometrického testování	44
Tabulka 7 Statistické zhodnocení dat spiroergometrie	45

Seznam příloh

Příloha 1 Souhlas s prováděným výzkumem praktické části diplomové práce.....	90
Příloha 2 Informovaný souhlas	91
Příloha 3 Souhlasné stanovisko Etické komise.....	93

Přílohy

Příloha 1 Souhlas s prováděným výzkumem praktické části diplomové práce

Souhlas s prováděným výzkumem praktické části diplomové práce

Název práce: Vliv respiračního tréninku na sportovní výkon

Jméno studentky: Bc. Adéla Kuběnová

Vážený pane Hačecký,

Žádám Vás o souhlas a povolení s vykonáváním praktické části k diplomové práci v Centru sportovní medicíny v Praze. K výzkumné části bude zapotřebí zajistit sběr dat z příslušných výkonnostních testů sportovců pro následnou statistickou analýzu.

Tímto dokumentem se zavazuji, že v rámci diplomové práce ani v dalších publikacích z této práce vycházející, nebudou uváděny osobní ani jiné údaje testovaných probandů, a vše bude uváděno anonymně. Jsem si vědoma, že jsem vázána povinnou mlčenlivostí o skutečnostech, se kterými jsem se setkala při výzkumu k diplomové práci.

Datum:

Podpis studentky:

Podpis sportovního fyziologa:

Podpis vedoucího DP:

Příloha 2 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Vliv respiračního tréninku na sportovní výkon

Období realizace: listopad 2020 – duben 2021

Řešitelé projektu: Bc. Adéla Kuběnová, Mgr. Robert Vysoký, Ph.D., Bc. Erik Kimmel

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je získat relevantní statistická data sloužící pro stanovení efektivity tréninku s respiračním trenažerem SpiroTiger v rámci sportovního výkonu.

S Vámi uděleným svolením a za zajištění Vaší anonymity bychom si dovolili v rámci retrospektivní analýzy zpracovat naměřená data ze spiroergometrických vyšetření, která probíhala v Centru sportovní medicíny v Praze pod dohledem odborných pracovníků. Data budou sbírána z období před absolvováním tréninku s dechovým trenažerem a budou porovnávána s daty po absolvování této intervence. Primárně se bude jednat o hodnoty $VO_2\text{peak}$ (vrcholová aerobní kapacita), VE (minutová ventilace), VT (dechový objem) a VCO_2 (výdej oxidu uhličitého). Tyto parametry budou statisticky zpracovány a vyhodnoceny pro stanovení objektivního vlivu na výkonnost sportovců.

Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná zdravotní ani jiná rizika týkající se ochrany Vašeho soukromí. Pokud s účastí ve výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení účastníka výzkumu

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně

zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracována v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce): _____

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: _____

Příloha 3 Souhlasné stanovisko Etické komise



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL-109735/1050S-2020

Vážená paní
Bc. Adéla Kuběnová

2020-06-25


Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní Kuběnová,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše diplomová práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomová práce s názvem „**Vliv respiračního tréninku na sportovní výkon**“ jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP.

S pozdravem,


Mgr. Lenka Mazalová, Ph.D.
předsedkyně
Etické komise FZV UP

Datum :

Podpis :

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Fakulta zdravotnických věd
Etická komise
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvotínská 976/3 | 775 15 Olomouc | IČ 61989592 |
www.fzv.upol.cz