



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra tělesné výchovy a sportu

Bakalářská práce

Porovnání výsledků testu spiroergometrie na běžeckém a bicyklovém ergometru u sportovců s rozdílnou specializací

Vypracoval: David Marko

Vedoucí práce: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2019



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

University of South Bohemia in České Budějovice

Faculty of Education

Department of Sports Studies

Bachelor thesis

**Comparison of results of spiroergometry
on running and bicycle ergometer of
athletes with different specialization**

Author: David Marko

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2019

Bibliografická identifikace

Název bakalářské práce: Porovnání výsledků testu spiroergometrie na běžeckém bicyklovém ergometru u sportovců s rozdílnou specializací

Jméno a příjmení autora: David Marko

Studijní obor: BTV-1

Pracoviště: Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

Vedoucí bakalářské práce: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2019

Abstrakt:

Výběr mezi běžeckým či bicyklovým ergometrem není v každé laboratoři umožněn. Ve výsledcích měření na ergometrech s rozdílnou specifíčností zátěže mohou být značné rozdíly. Cílem naší práce je zjistit rozdíl hodnot při spiroergometrickém testu na běžeckém a bicyklovém ergometru u sportovců s rozdílnou specializací, adolescentních kategorií horských cyklistů a běžců na střední a dlouhé tratě. K veškerému testování byla využita Laboratoř funkční zátěžové diagnostiky KTVS PF JU. Cyklisté a běžci absolvovali oba testy v období tří dnů a za stejného stavu fyzické kondice. Mezi zkoumané parametry patřila hodnota VO_2max , dechový objem, minutová ventilace, dechová frekvence, maximální srdeční frekvence a maximální wattový výkon. Naše výsledky prokázaly u běžců věcně významné rozdíly u všech námi zkoumaných parametrů. Věcně významný rozdíl ve výsledcích měření cyklistů byl zaznamenán u parametrů VO_2max , dechového objemu, minutové ventilace a wattového výkonu. Průměr hodnot u nejdůležitějšího parametru VO_2max činil u běžců $60,6 \pm 4,24 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ při běhu a $56,0 \pm 5,34 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ při jízdě na bicyklu, cyklisté dosáhli hodnot $56,6 \pm 5,16 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ při běhu a $61,30 \pm 4,47 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ při jízdě na bicyklu. Výsledky naší práce prokázaly věcně i statisticky významné rozdíly ve výsledcích měření na běžeckém a bicyklovém ergometru v závislosti na typu tělesné zátěže.

Klíčová slova: běžci, cyklisté, VO_2max , běhátko, bicykl

Bibliographical identification

Title of the bachelor thesis: Comparison of results of spiroergometry on running and bicycle ergometer of athletes with different specialization.

Author's first name and surname: David Marko

Field of study: BTV-1

Department: Department of Sports studies

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract:

A choice between a running or bicycle ergometer is not possible in every laboratory. Significant differences may appear in measuring results of ergometers with different load specificity. The aim of our thesis is to find out about the differences of values during the spiroergometric test at the running and bicycle ergometer in sportspeople with different specialization, adolescent categories of mountain cyclists and medium and long track runners. To carry out all the testing, the Functional Load Diagnostic Laboratory belonging to the Department of Sport Studies at the University of South Bohemia. All cyclists and runners underwent both tests during three days having an equal physical condition. The tested parameters included the $VO_2\text{max}$ value, breath volume, minute ventilation, breathing frequency, maximal heart frequency, and maximal watt performance. Our results proved significant differences of all examined parameters in runners. There was a significant difference in cyclists' results noted in the following parameters: $VO_2\text{max}$, breathing volume, minute ventilation, and watt performance. The average values of the most important parameter, $VO_2\text{max}$, in runners, was equal to $60,6 \pm 4,24 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ while running, and $56,0 \pm 5,34 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ while cycling, however, cyclists reached the value of $56,6 \pm 5,16 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ when running, and $61,30 \pm 4,47 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ when cycling. The results of our thesis have proven factually as well as statistically significant differences of measuring results in both running and bicycle ergometer, depending on the type of exercise.

Keywords: runners, cyclists, $VO_2\text{max}$, treadmill, bicycle

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě archivované Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

.....

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce panu PhDr. Petru Bahenskému, Ph.D. za cenné rady, připomínky, odbornou pomoc při konzultacích, zapůjčený materiál a možnost využití laboratoře KTVS. Také bych rád poděkoval sportovcům, kteří byli součástí výzkumného souboru jako probandi.

Obsah

1 Úvod	9
2 Přehled poznatků	10
2.1 Sportovní výkon	10
2.1.1 Struktura sportovního výkonu	10
2.1.2 Faktory sportovního výkonu	10
2.2 Dlouhodobá koncepce sportovního tréninku	12
2.2.1 Biologický a chronologický věk	12
2.2.2 Adolescentní věk (15–18 let)	12
2.3 Cyklistika	14
2.4 Běžecské disciplíny na střední a dlouhé tratě	16
2.5 Transportní mechanismus	18
2.6 Laboratorní zátěžová diagnostika	21
2.6.1 Historie zátěžové funkční diagnostiky ve sportu	21
2.6.2 Význam zátěžové funkční diagnostiky ve sportu	23
2.7 Spiroergometrie	23
2.7.1 Maximální aerobní kapacita	24
2.7.2 Test VO ₂ max	24
2.7.3 Spirometrické a spiroergometrické ukazatele	26
2.7.4 Rozdílné spiroergometrické hodnoty pro běhátko a bicyklový ergometr	29
3 Metodologie	30
3.1 Cíl, úkoly, hypotézy a výzkumné otázky práce	30
3.1.1 Cíl práce	30
3.1.2 Úkoly práce	30
3.1.3 Hypotézy	30
3.1.4 Výzkumné otázky	31
3.2 Charakteristika testovaných souborů	31
3.2.1 Všeobecné a sportovní gymnázium Vimperk — specializace cyklistika — horská kola	31
3.2.2 T. J. Sokol České Budějovice, atletický oddíl.	32
3.3 Použité metody	32
3.3.1 Obsahová analýza	32
3.3.2 Metoda měření	32
3.3.3 Komparativní metoda	33
3.3.4 Věcná a statistická významnost	33
3.4 Použité testovací přístroje	34
3.5 Použité programy	39
3.6 Design výzkumu	39
3.7 Pohybová aktivita	43
3.7.1 Cyklisté	44
3.7.2 Běžci	45
4 Výsledky	48
4.1 VO ₂ max	48
4.1.1 VO ₂ max běžci	48
4.1.2 VO ₂ max cyklisté	49
4.1.3 Porovnání hodnot VO ₂ max cyklistů a běžců	50
4.2 Dechový objem	51

4.2.1 Dechový objem běžci	51
4.2.2 Dechový objem cyklisté.....	52
4.2.3 Porovnání hodnot dechového objemu cyklistů a běžců	53
4.3 Minutová ventilace	54
4.3.1 Minutová ventilace běžci	54
4.3.2 Minutová ventilace cyklisté.....	55
4.3.3 Porovnání hodnot minutové ventilace cyklistů a běžců	56
4.4 Dechová frekvence	57
4.4.1 Dechová frekvence běžci.....	57
4.4.2 Dechová frekvence cyklisté	58
4.4.3 Porovnání hodnot dechové frekvence cyklistů a běžců.....	59
4.5 Maximální srdeční frekvence	60
4.5.1 Maximální srdeční frekvence běžci.....	60
4.5.2 Maximální srdeční frekvence cyklisté	61
4.5.3 Porovnání hodnot maximální srdeční frekvence cyklistů a běžců.....	62
4.6 Maximální wattový výkon	63
4.6.1 Maximální wattový výkon běžci	63
4.6.2 Maximální wattový výkon cyklisté.....	64
4.6.3 Porovnání hodnot maximálního wattového výkonu cyklistů a běžců	65
5 Diskuze.....	66
6 Závěr	70
7 Použitá literatura	72
Internetové zdroje	74
Seznam tabulek	75
Seznam obrázků.....	76

1 Úvod

Ve druhém ročníku studia mi byla nabídnuta možnost spolupracovat na testování sportovců v Laboratoři funkční zátěžové diagnostiky na Tělovýchovné katedře v Českých Budějovicích. Výzkum zde mě velice zaujal a věděl jsem, že téma mé bakalářské práce bude spjato s laboratorním testováním. Když se pro laboratoř podařil získat běžecký ergometr, téma za účelem porovnání výsledků spiroergometrie na běžeckém a bicyklovém ergometru pro mě bylo velmi atraktivní.

Pro naši práci jsme nechtěli porovnávat pouze výsledky dvou rozdílných ergometrů, ale také jakých výsledků dosáhnou zástupci dvou rozdílných specializací ve sportu, konkrétně běžci na střední a dlouhé tratě a cyklisté v kategorii MTB. Protože podmínky našich testů byly velice náročné, oslovili jsme sportovce, se kterými naše laboratoř již dlouhodobě spolupracuje, a to adolescentní kategorie atletického oddílu T. J. Sokol České Budějovice a Všeobecného a sportovního gymnázia Vimperk — specializace cyklistika.

Vzhledem k výrazně vyšší ceně běžeckého ergometru, se častěji v zátěžových laboratořích setkáváme s bicyklovým ergometrem. Mezi oběma ergometry jsou rozdíly, které je nutno zmínit. Hlavní rozdíly jsou ve výsledcích šetření, které jsou důsledkem jiného pohybového stereotypu (Bunc, 2012).

Při laboratorním vyšetřování a posuzování fyzické zdatnosti stále zůstává „zlatým standardem“ maximální aerobní test. Hlavním výstupním parametrem tohoto testu, je hodnota $VO_2\max$ (Bartůňková et al., 2013).

Ačkoliv se $VO_2\max$ nerovná výkonu, je jednou z hlavních charakteristik, které určují výkonnost ve vytrvalostních sportech (Peronnet, Thibault, & Cousineau, 1991).

Naše bakalářská práce může pomoci laboratořím, které nedisponují běžeckým ergometrem a nemají možnost výsledky spiroergometrie porovnat.

2 Přehled poznatků

2.1 Sportovní výkon

2.1.1 *Struktura sportovního výkonu*

Dle Dovalila et al. (2002) je sportovní výkon jedním ze základních pojmů sportu a sportovního tréninku. Soustřeďuje se k němu pozornost jak sportovců, trenérů, tak i dalších odborníků. Sportovní výkon má specifickou strukturu, proto je nezbytné hlubší poznání jeho obsahu za účelem hledání cesty ke zvyšování výkonnosti sportovce. Sportovní výkon závisí na mnoha vnitřních a vnějších faktorech.

Mezi vnější řadíme faktory související se zdravotním a vědeckovýzkumným zabezpečením a s výchovně — vzdělávacím procesem, dále také faktory spojené s přírodními, společenskými a ekonomickými podmínkami, a rovněž faktory, které se netýkají samotného tréninkového procesu. Jedná se zejména o vliv výživy a pitného režimu, vlivy klimatické, psychologické a biomechanické vlivy materiálů (např. tretry, povrch drah) (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015).

Vnitřní faktory sportovního výkonu, které výkon ovlivňují a vytvářejí, jsou faktory somatické, kondiční, technické, taktické a psychické. Tyto faktory se vzájemně propojují a lze je chápat jako celek. Vnitřní faktory mají důležitý společný znak a to, že se dají ovlivnit tréninkem. U některých výkonů se může objevovat dominance jednoho z faktorů, u jiných je postaven na existenci zastoupení většího počtu faktorů (Dovalil et al., 2002).

2.1.2 *Faktory sportovního výkonu*

Sportovní výkon ovlivňuje celá řada proměnných. Řada z nich má významný vliv na výkon, ale podmínkou docílení vrcholného (limitního) výkonu je optimální úroveň všech faktorů, které se na výkonu podílejí (Daniels, 2013).

Dle Cattella (1970) výkon závisí na neintelektuálních faktorech (motivaci, emocích, únavě), lokálních schopnostech (smyslových orgánů a motoriky), centrálních (mentálních) schopnostech a instrumentálních strukturách (získaných dovednostech). Faktory sportovního tréninku dělíme na:

- **kondiční faktory** — Daniels (2013) řadí mezi kondiční faktory rychlostní, silové, vytrvalostní a koordinační předpoklady. Dle Dovalila et al. (2002) se za kondiční faktory sportovního výkonu považují pohybové schopnosti. Ve všech pohybových činnostech, které tvoří obsah sportovního výkonu, lze najít projevy „síly“,

„vytrvalosti“, „rychlosti“ aj. Poměr mezi nimi se liší podle pohybových úkolů. U běhů na střední a dlouhé tratě jsou potřebné na určité úrovni všechny faktory, dominantní jsou však dispozice vytrvalostní,

- **somatické faktory** — jsou poměrně stálé a z velké míry geneticky podmíněné, nicméně v řadě sportů hrají významnou roli. Mezi hlavní somatické faktory řadíme výšku a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ (Dovalil et al., 2002),
- **psychické faktory** — mezi psychické faktory zahrnujeme kognitivní, emoční a motivační procesy. Právě motivace je důležitým předpokladem vrcholného výkonu (Daniels, 2013). Motivace se dělí na vnější a vnitřní (Martens, 1996). Dovalil et al. (2002) mluví o motivaci jako o podněcující příčině chování. Má energetizující význam a rozhoduje o dynamice chování člověka. Motivaci je velmi obtížné diagnostikovat a analyzovat,
- **technické faktory** — ve všech sportovních výkonech musí sportovec řešit konkrétní pohybový úkol. Techniku můžeme chápat jako účelný způsob řešení pohybového úkolu. Již na počátku moderního sportu se technika výrazně podílela na vzestupu sportovní výkonnosti. Vývoj techniky byl dlouhou dobu určován praktickou zkušeností, až pozdější vědecké přístupy (zejména biomechanické analýzy sportovních pohybů, ale také poznatky anatomie, fyziologie, neurologie a dalších oborů) umožnily vytvoření teoretických základů techniky (Dovalil et al., 2002).

Technika je zejména záležitostí řízení motoriky. Jejím cílem je dosažení dokonale efektivní organizace sportovní činnosti, neboli uspořádání pohybu v čase a prostoru tak, aby došlo k úspěšnému řešení požadovaného pohybového úkolu. To v podstatě určuje bezchybná souhra zúčastněných svalových skupin, která je řízená nervovou soustavou (Dovalil et al., 2002),

- **taktické faktory** — taktiku lze chápat jako způsob řešení širších a dílčích úkolů, které jsou realizovány v souladu s pravidly daného sportu. Taktika ve vytrvalostních disciplínách (např. v atletických nebo lyžařských bězích) spočívá především v rozložení sil a volbě optimálního tempa běhu, apod. (Dovalil et al., 2002). Dle Schmidta (1991) má cílevědomí taktický plán závodu v běžeckých disciplínách společně s psychickými a fyzickými faktory rozhodující roli.

2.2 Dlouhodobá koncepce sportovního tréninku

Podle Dovalila et al. (2002) rozbor přípravy úspěšných sportovců, vítězů mistrovství světa, olympijských her a dalších soutěží na vrcholné úrovni ukazují, že nejlepší výkonnosti mohou dosáhnout jen ti sportovci, kteří mají pro daný sport talent a zároveň ti, u kterých již v dětském a adolescentním věku byly vybudovány základy pro pozdější vrcholové výkony.

2.2.1 Biologický a chronologický věk

Kromě chronologického věku je důležitým výkonnostním činitelem také věk biologický a jeho zákonitosti, vývoj centrální nervové soustavy a energetických systémů organismu (Perič, 2004). Biologický věk, zejména v pubescentním věku významně ovlivňuje tělesnou stavbu organismu, funkční ukazatele organismu i motorickou výkonnost (Bompa, 2000).

Biologický věk vyjadřuje skutečný dosažený stupeň vývoje. Z celé řady šetření (např. z údajů o výšce a hmotnosti těla, různých tělesných rozměrech, kostí zralosti a vývoji chrupu) lze doložit, jaké znaky v průměru odpovídají tomu či onomu kalendářnímu věku (Dovalil et al., 2002). Někdy je však možno narazit na jedince, který se znakům své věkové kategorie vymyká, to souvisí s dvěma případy individuálně různého tempa vývoje:

- vývojové zrychlení (akcelerace), kdy biologický věk je vyšší než věk kalendářní,
- vývojové zpoždění (retardace), kdy je naopak kalendářní věk větší než věk biologický (Dovalil et al., 2002).

Dle Bunce (2013) není snadné určit úroveň fyziologického zrání a stále se hledají různé možnosti, které umožní určit biologický věk. Ideální ukazatel pro určení biologického věku by měl být:

- snadný, bezpečný a dostatečně přesný,
- úzce spojený s rozvojem fyziologických proměnných,
- vhodný, použitelný pro všechny věkové skupiny.

Doposud bohužel nebyl nalezen ukazatel, který by splňoval všechny tyto podmínky (Bunc, 2013).

2.2.2 Adolescentní věk (15–18 let)

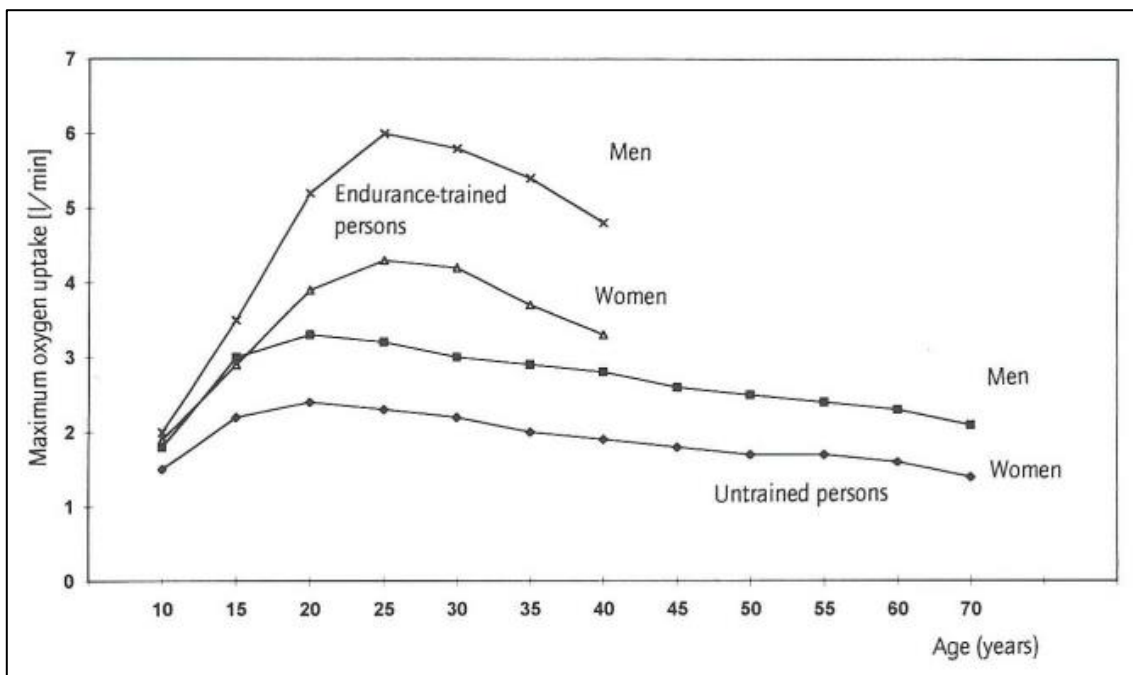
Období, které je posledním vývojovým stádiem mezi dětstvím a dospělostí. Dochází zde k postupnému dokončování růstu a vývoje, vyrovnání pubertálních

nesrovnalostí a disproporcí. Nicméně tyto procesy v dorostovém věku ještě nekončí a vývoj, hlavně ve společenském utváření, pokračuje dál (Dovalil et al., 2012).

Tělesný vývoj se koncem adolescentního věku pozvolna dovršuje a projevuje se v plném rozvoji výkonnosti všech orgánů těla: srdce, plic, svalů, zesílení kostí, šlach aj. Oproti předchozím letům, kdy dochází k přestavbě organismu, jde nyní o jeho dobudování (Dovalil et al., 2012).

V adolescentním věku, resp. od 16 let, lze výrazně zvyšovat tréninkové nároky a koncem tohoto období života nastává doba maximální trénovatelnosti. Nic nebrání rozvoji pohybových schopností, značné možnosti jsou také ve vytrvalostní a silové oblasti. Stále probíhá zdokonalování techniky až do žádoucích detailů. Větší míra důrazu a pozornosti se přesouvá na přípravu taktickou (Dovalil et al., 2012).

Na obrázku 1 lze vidět vývoj $VO_2\max$ trénovaných a netrénovaných mužů a žen v různém věku. Z obrázku je patrné, že v adolescentním věku dochází u trénovaných mužů stále k významnému vývoji $VO_2\max$ (Neumann, Pfützner, & Berbalk, 2000).



Obrázek 1. Závislost $VO_2\max$ na věku u trénovaných a netrénovaných osob obou pohlaví podle Neumanna, Pfütznera, & Berbalkové (2000), s. 26.

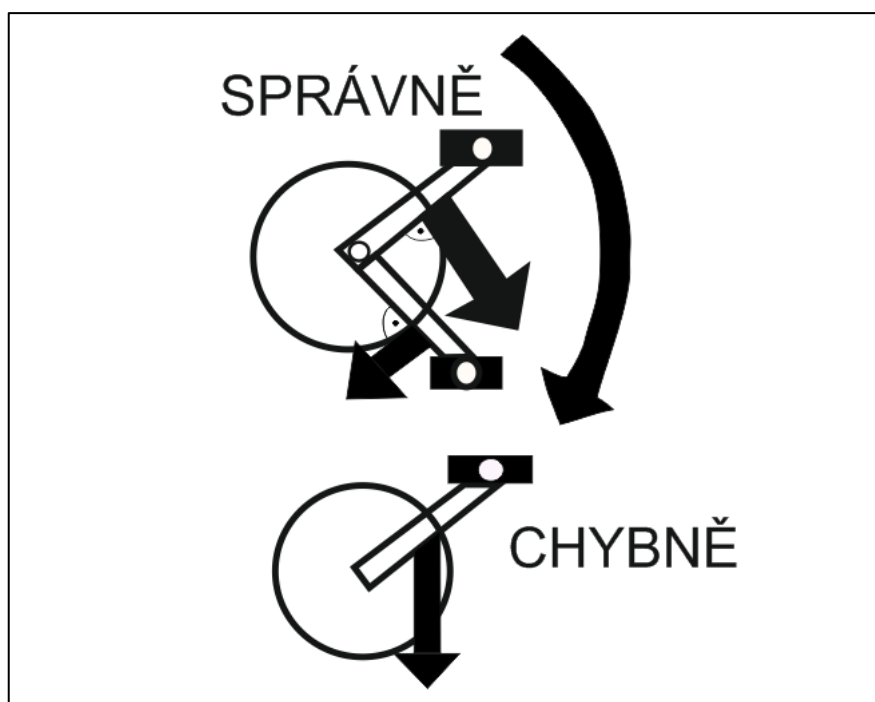
2.3 Cyklistika

Cyklistika obsahuje velké množství sportovních disciplín. V odvětví silniční cyklistiky mluvíme zejména o klasických jednorázových silničních závodech a etapových závodech, časovkách jednotlivců a družstev. Cyklokros, který se nachází mezi silniční a horskou cyklistikou, jsou závody kratší (okolo 1 hodiny), ale velmi technicky i fyzicky náročné. Horská cyklistika patří mezi novější odvětví cyklistiky a její počátky sahají do 80. let 20. století (Heller, 2018).

Mezi nejznámější disciplíny horské cyklistiky můžeme zařadit cross — country (jízda terénem), MTB maratony (závody na 25—40km), půlmaratony (1/2MTB maratonů), downhill (sjezd jednotlivců), four — cross (závod čtyř jezdců, ve velké míře na umělých okruzích) a závody BMX, které jsou charakteristické rychlou a technickou jízdou na krátkých umělých dráhách s velkým počtem skoků (Heller, 2018).

Cyklistika je typická cyklickým pohybem vytrvalostního charakteru, který je prováděn střídavou prací svalstva dolních končetin. Šlapání je návyk z nejpřirozenějšího pohybu, a to z chůze. U začátečníků doprovází každé šlápnutí kývání celého těla. Technicky vybroušený cyklista působí dojmem lehkosti a elegance, tělem téměř nepohybuje, pouze nohy lehce otáčejí pedály. Angličané tento pohyb pojmenovali „hra kloubů“ — ankle pay. Při šlapání, kyčelní, kolenní a hlezenní kloub umožňuje velkým svalovým partiím, jako jsou hýždě, stehna, lýtka a chodidla dosud neúčelnější pohyb, kterým se člověk pomocí bicyklu posunuje vpřed. Pro pohon bicyklu potřebuje cyklista pouze část své síly. U začátečníků je častá snaha sešlápnout pedál špatným směrem. Člověk se při chůzi naučil odrážet vždy jednou nohou od země. U bicyklu tomuto přímému „odrazu“ brání klika. Chceme-li svou sílu vydat jen na otočení pedálu a kliky, musíme měnit směr síly v každém bodě jedné otočky (tj. o 360°), to ukazuje obrázek č. 2 (Cihlář, Hamouz, & Malíř, 1991).

Je zapotřebí sílu rovnoměrně rozložit a působit tak v celém rozsahu kruhového pohybu, ne pouze ve směru shora dolů. Nejkritičtější body celého kruhového pohybu jsou přechody v krajních polohách z tlakové do tahové práce a naopak (Hnízdil, Kirchner, & Novotná, 2005).



Obrázek 2. Směr síly při šlapání podle Cihláře, Hamouze, & Malíře (1991), s. 60.

Svalová hmota se u cyklistů soustřeďuje především v dolních končetinách a s nárůstem výkonnosti se zvětšuje. Morfologické ukazatelé horských cyklistů jsou obdobné jako u cyklistů závodících na silnici. Jsou štíhlí, mají menší hmotnost a výrazné kontury svalstva. Převažuje podíl svalových vláken typu I (pomalých oxidativních), které disponují vysokým objemovým procentem mitochondrií (Havlíčková, 1993). Wilmore & Costill (1994) uvádějí, že procento pomalých svalových vláken se u silničních cyklistů pohybuje okolo 79 %.

Tabulka 1. Morfofunkční ukazatele u silničních a horských (MTB) cyklistů vysoké výkonnosti podle Hellera (2018), s. 123.

	MTB (n = 14)	silniční (n = 38)
Věk [r]	21,6 ± 3,3	23,3 ± 4,1
Hmotnost [kg]	70,8 ± 6,4	70,0 ± 7,2
Výška [cm]	181 ± 5,2	179 ± 7
BMI [kg.m ⁻²]	21,6 ± 1,9	21,7 ± 1,4
Těl. tuk [%]	6,7 ± 2,2	6,2 ± 2,0
VO ₂ max [ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹]	73,3 ± 3,2	72,1 ± 2,8
SF _{max} [n.min ⁻¹]	192 ± 7	190 ± 10

Horský cyklista disponuje vysokou úrovní výkonnosti vnitřních orgánů, především srdečně — cévního systému a energetického využití zdrojů ve svalech. Největší srdce, které bylo doposud zjištěno, bylo srdce jednoho cyklisty, jehož objem byl 1700 ml (Havlíčková, 1993).

Hodnoty srdeční frekvence a spirometrické hodnoty jsou srovnatelné s jinými vytrvalostními sporty. Klidová srdeční frekvence se u dobře trénovaných horských cyklistů pohybuje okolo 50 a méně tepů za minutu. Vysoká aerobní zdatnost je nezbytný předpoklad horských cyklistů, jejich hodnoty maximální spotřeby kyslíku dosahují až $80 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a více (Havlíčková, 1993).

2.4 Běžecské disciplíny na střední a dlouhé tratě

Atletické disciplíny je možné rozdělit do 4 kategorií: sprinty, běhy, skoky, vrhy a hody. Atletické běhy nejsou pouze základními atletickými disciplínami, ale tvoří také pohybový základ k velkému počtu různých sportovních odvětví (Heller, 2018). Běh řadíme mezi vhodné rekreační sporty, které je možno provozovat od mládí až do vyššího věku, za předpokladu, že není kontraindikován pro riziko z přetížení nosných kloubů (Matolín, 1993). Běhy jsou rozděleny na střední tratě (800 m a 1500 m) a dlouhé tratě (3000 m, 3000 m př., 5000 m, 10000 m a maratón). Energetický ekvivalent pro elitní výkon v běhu na 800 m odpovídá 120 % VO_2max , výkon na trati 1500 m zhruba 110 % VO_2max , pro 5 kilometrové tratě asi 96 % VO_2max , u běhů na 10 km cca 92 % VO_2max a u maratónu okolo 85 % VO_2max (Londeree, 1986). Běhy na střední a dlouhé tratě vycházejí z přirozeného pohybu člověka a při závodech dochází k přímé konfrontaci s dalšími závodníky (Hanon & Thomas, 2011).

Výkon v běhu na střední a dlouhé tratě je zajišťován především aerobními energetickými procesy, z čehož vyplývá, že běžec musí disponovat vysokou úrovní schopnosti dodávat kyslík do svalů a využít ho k přeměně energie. Tato schopnost je udávána tzv. maximální spotřebou kyslíku (VO_2max). Vysoká hodnota VO_2max však není zárukou vysoké výkonnosti ve vytrvalostních sportech, ale pouze předpokladem. Mezi další faktory pak patří procento využití VO_2max při jednotlivých a vytrvalostních úrovních. Běžci na špičkové úrovni jsou schopni využívat vysoké procento VO_2max , bez toho, aby došlo ke změnám vnitřního prostředí (koncentrace laktátu, BE) (Kučera & Truksa, 2000). Výkony na střední tratě jsou také spojeny se schopností organismu tolerovat velké změny vnitřního prostředí (vysokou hladinu laktátu, zakyselení organismu). V těchto disciplínách roste podíl anaerobních procesů na energetické hrazení a tím i vliv kapacity glykolytických anaerobních procesů, takzvané anaerobní kapacity. Anaerobní kapacita je do určité míry trénovatelná, i když determinována ve

velké míře jednotlivým druhem svalových vláken a jejich enzymatickým vybavením (Kučera & Truksa, 2000).

Z hlediska morfofunkčních předpokladů jsou běžci vytrvalci vyšších postav s větší ektomorfní složkou somatotypu. Dle Kučery a Truksy (2000) byl výškový průměr finalistů v dlouhých bězích na posledních OH 174 cm. Podle Ulbrichové (1980) se u běžců mužů vytrvalců pohybuje výška okolo 174 cm, váha cca 65 kilogramů a procento tělesného tuku zhruba 3 %. Noakes (2002) tvrdí, že procento tělesného tuku se u běžců mužů pohybuje pod 10 %, u žen pod 12 %. Procento svalových vláken typu I (pomalých oxidativních) se u běžců vytrvalců pohybuje mezi 79–88 % (Noakes, 2002).

Tabulka 2. Morfofunkční ukazatele u elitních běžců na střední a dlouhé tratě dle Hellera (2018), s. 92.

	Střední tratě (n = 28)	Dlouhé tratě (n = 14)
Věk [r]	18,2 ± 2,8	19,5 ± 4,0
Hmotnost [kg]	66,7 ± 6,2	67,7 ± 4,0
Výška [cm]	180 ± 6	179 ± 6
BMI [kg.m ⁻²]	20,6 ± 1,3	21,2 ± 1,4
Těl. tuk [%]	6,5 ± 2,2	6,7 ± 2,3
VO ₂ max [ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹]	70,3 ± 4,1	71,8 ± 3,1
SF _{max} [n.min ⁻¹]	198 ± 8	196 ± 7

Vliv vytrvalostního tréninku na oběhový a dýchací systém se projevuje jak úspornějším režimem obou systémů, tak zvýšením hranice funkčních možností. Úspornost se pak projeví v poklesu klidové i zátěžové srdeční frekvence a zvětšením systolického objemu srdečního. Klidové hodnoty srdeční frekvence se u vytrvalostních běžců pohybují mezi 40–60 n.min⁻¹, ale nezřídka i pod 40 n.min⁻¹. Srdeční objem u netréňovaného člověka činí zhruba 800 ml, vytrvalostním tréninkem lze tuto hodnotu až zdvojnásobit (Kuhn, Nüsser, Platen, & Vafa, 2005). Vytrvalostní trénink má také posilující vliv na stažlivost (kontraktilitu) myokardu. Běžci vytrvalci také disponují větším počtem kapilár na svalové vlákno, větším celkovým objemem krve, počtem červených krvinek i množstvím hemoglobinu. Díky tomu se zvětšuje transportní kapacita krve a tím i vytrvalostní schopnosti jedinců. Maximální spotřeba kyslíku se u vrcholových běžců na dlouhé tratě pohybuje okolo 80 ml.min⁻¹.kg⁻¹ u mužů a 70 ml.min⁻¹.kg⁻¹ u žen. Běžci na 800 m disponují hodnotu okolo 75 ml.min⁻¹.kg⁻¹ u mužů resp. 65 ml.min⁻¹.kg⁻¹ u žen, toto se přisuzuje většímu podílu rychlých svalových vláken než u běžců, specializovaných na tratě dlouhé (Kučera & Truksa, 2000).

Pro pochopení běhu se využívá analýza krokového cyklu. Běh je charakterizován tím, že jsou během cyklu obě chodidla bez kontaktu s podložkou (cyklus je určen jako doba mezi tím, kdy se jedno chodidlo poprvé dotkne země, a dobou, kdy se stejné chodidlo od země oddělí). Krokový cyklus má dvě fáze, a to opornou (stojnou) fázi a švihovou fázi. Ve chvíli, kdy je chodidlo v oporné fázi, druhé je ve fázi švihové (Puleo & Milroy, 2014).

Oporná fáze je označena počátečním kontaktem chodidla s podložkou. Před tím, než dojde k počátečnímu kontaktu, je aktivní převážně přímý sval stehenní. V momentě kontaktu dojde k aktivaci svalů, šlach, kostí a kloubů chodidla a spodní části nohy, aby zmírnily náraz se zemí (Puleo & Milroy, 2014).

Ve fázi švihu spolupracují převážně ohýbače kyčlí, hamstringy, kvadricepsy a svaly lýtkové (dvojhlavý a platýzový sval), aby umožnili správně zvednutí. Mezitím, kdy se jedna noha pohybuje v krokovém cyklu, druhá se připravuje na cyklus vlastní. Ve chvíli kontaktu s podložkou se noha začíná pohybovat vpřed jako důsledek přední rotace pánve a souběžné flexe kyčlí způsobené bederními svaly. V důsledku pohybu přes přední švihovou fázi se hamstringy prodlužují a limitují přední extenzi dolní části nohy, která byla již dříve natažena kvadricepsy. K běžeckému povrchu se spodní část nohy snižuje v době, kdy se trup zrychluje a vytváří tak před nárazem vertikální rovinu od hlavy ke špičce. Dynamická podstata běhu činí problematickou izolaci zapojených svalů. Oproti chůzi jsou kinetická energie (energie těla vzniklá pohybem) a potenciální energie (energie uložená ve fyzickém systému) souběžné (Puleo & Milroy, 2014).

Významnou roli mají i paže, ale trochu jiným způsobem. Každý pohyb paže vyrovnává pohyb opačné nohy. Když pravá noha švihá vpřed, švihá vpřed levá ruka a naopak. Jedna paže vyrovnává druhou tím, že stabilizuje trup a udržuje ho v dobrém postavení. Paže zajišťují také směr ve švihovém pohybu v pozici vpřed a vzad, nikoli ze strany na stranu (Puleo & Milroy, 2014).

2.5 Transportní mechanismus

Buzek (2007) říká, že transportní systém zajišťuje organismu jak přísun energetických zdrojů a kyslíku do pracujících svalů a tkání, tak odstranění oxidu uhličitého a dalších odpadních látek z těla ven. Při zatížení můžeme odpověď

organismu rozdělit do dvou fází. Při fázi první, která trvá 30—45 s, dochází k rychlejším a výraznějším změnám a druhá fáze je charakteristická změnami pomalejšími. Pokud je prováděna zátěž mírnou až střední intenzitou, nastává tzv. rovnovážný stav, naopak u vyšších stoupajících intenzit zatížení výkon končí vyčerpáním z důvodu dosažení maximální intenzity zatížení. K zajištění výměny respiračních plynů, dodávky energetických substrátů a dalších látek je nezbytná spolupráce jak dýchacího, tak i oběhového systému (Bartůňková et al., 2013).

Dle Mareše, Bernáškové, Matějovské, a Pometlové (2013), dýchací systém tvoří dýchací cesty a plíce. Dýchání ale závisí také na stavbě hrudníku a na funkci dýchacích svalů. Dýchací systém zastává i jiné, nerespirační funkce. Dochází zde k metabolizaci některých látek, např. serotoninu a celý dýchací systém také plní roli imunitní bariéry proti zevnímu okolí.

Dýchání se dělí na vnější (zevní) dýchání a dýchání vnitřní. Při zevním dýchání dochází k procesům zvaným ventilace a difuze. Ventilaci je možno popsat, jako výměnu vzduchu mezi okolním vzduchem a plícemi. Difuze je proces, při kterém dochází k výměně dýchacích plynů mezi plicními alveoly a krví plicních kapilár. Jako vnitřní dýchání je označován proces výměny dýchacích plynů ve tkáních (Mareš et al., 2013).

Dýchání začíná nádechem, tedy přísunem dýchacích plynů do organismu. Tato činnost je prováděna aktivně dýchacími svaly (Buzek, 2007). Svaly, které se zejména podílí na dýchání, jsou bránice, mezižeberní svaly a pomocné dýchací svaly, které mají jeden ze svých úponů na hrudníku a druhý na kostech páteře, kostech trupu nebo proximálních kostech horních končetin (Mareš et al., 2013).

Vdechovaný vzduch se skládá z 21 % (20,94 %) kyslíku, 79 % (79,02 %) dusíku a vzácných plynů a z 0,04 % oxidu uhličitého (Mareš et al., 2013).

Vydechovaný vzduch nemá stálé složení. V první fázi výdechu je jeho složení téměř stejné jako u vdechovaného vzduchu, jelikož dýchací cesty současně představují tzv. mrtvý dýchací prostor, jehož objem je cca 150 ml a vzduch se v těchto prostorách neúčastní výměny plynů v alveolech (Mourek, 2012). Tento prostor je převážně tvořen horními cestami dýchacími (Dylevský, 2013).

Dýchací cesty zastávají mnoho funkcí. Umožňují komunikaci sklípků (alveolů) s atmosférou, mají velmi důležitou obrannou funkci, a také zvlhčují a oteplují vzduch. Důležitou funkcí dýchacích cest je také tvorba hlasu na hlasivkách v hrtanu. Dýchací

cesty je možné rozdělit na horní a dolní. Jejich anatomickým předělem je hrtanová příklopka, neboli epiglottis (Mareš et al., 2013).

Dle Bartůňkové (2010) mezi horní dýchací cesty patří dutina nosní, která plní funkci oteplení chladného vzduchu, percepce vůní a pachů a nasycení vzduchu vodními parami. Dále také vedlejší dutiny nosní (uloženy v kostech obličejové části lebky) a nosohltan. Horní dýchací cesty plní především funkce obranné. Škodliviny ze vzduchu jsou fagocytovány buňkami imunitního systému a následně buď spolýkány společně se slizničním sekretem, nebo odstraněny z těla smrkáním či kýchacím reflexem, reflexním dějem řízeným z mozkového kmene (Mareš et al., 2013).

Dolní dýchací cesty začínají hrtanem, který obsahuje kromě hlasivkových řas také záklopku hrtanovou (epiglottis), která zabraňuje vstupu potravy a jiných cizích těles do dýchacích cest (Bartůňková, 2010). Následuje průdušnice (trachea), která se rozdělí na pravou a levou hlavní průdušku a následně se větví více než 30 krát až k plicním sklípkům a tím vytvoří bohatý strom průdušek a průdušinek (bronchů a bronchiolů). Dolní dýchací cesty mají také obranný reflex, tím je kašel (Mareš et al., 2013).

Mezi hlavní funkce oběhového systému patří přenos dýchacích plynů, živin, různých minerálů, vitamínů, enzymů, hormonů a také tepla (Bartůňková et al., 2013).

Oběhový systém se skládá ze srdce a cév, které tvoří systémové a plicní řečiště. Hlavně práce srdce dodává energii k proudění krve oběhem. Srdce můžeme přirovnat k pumpě, která slouží k přečerpání krve z žil jednoho řečiště do tepen řečiště druhého (Mareše et al., 2013). Levá komora srdce vypudí okysličenou krev do tepen, tepének a nakonec kapilár (Jiráček, 2007). V kapilárách, neboli vlasečnicích, probíhá cílový proces, kterým je difuze látek mezi krví a tkání (Mareš et al., 2013). Následně se krev z tkání dostává tenkými žilami do žil velkých, které vedou do pravé síně a tím uzavírají velký krevní oběh. Malý (plicní) oběh začíná v pravé síni, odkud krev prochází do pravé komory. Z pravé komory pokračuje plicní tepnou do plic, kde se sytí krev kyslíkem a probíhá odevzdání oxidu uhličitého. Okysličená krev poté putuje plicními žilami do levé síně (Jiráček, 2007).

2.6 Laboratorní zátěžová diagnostika

Zátěžová diagnostika je objektivní nástroj, díky kterému můžeme hodnotit sportovní zdatnost a výkonnost. Jejím účelem je zpravidla vyšetření fyziologické reakce a adaptace organismu na zatížení. Při laboratorních testech se ve většině případů využívá bicyklových ergometrů či běžeckých pásů (běhátek). Aby v laboratorních testech nebyl jedinec nucen využívat ve velké míře techniku a pohybové dovednosti, je zatížení určováno pro velké svalové skupiny (Bartůňková et al., 2013).

2.6.1 Historie zátěžové funkční diagnostiky ve sportu

Pro posouzení zdatnosti a výkonnosti existuje velké množství postupů a metod. Již ve starověku se využívalo posuzování výkonnosti a zdatnosti člověka, například u mladých chlapců v antické Spartě v 8. století př. n. l. V pozdějších staletích je možné se setkat s odhady výkonnosti a zdatnosti při posuzování způsobilosti pro službu v armádě nebo pro výkon fyzicky náročných profesí. Koncem 17. století se však dostáváme k přesnějším měření lidské výkonnosti, díky francouzskému matematikovi a astronomovi Philippe de La Hire (1640—1718), který roku 1699 sepsal pojednání o měření síly člověka, která spočívala v nošení a zvedání zátěže a srovnáváním síly člověka se silou koně. Roku 1763 Angličané Graham a Desaguliers vytvořili dynamometr, který sloužil k měření svalové síly, bez zapojení synergických svalových skupin (Heller, 2018). Poté v roce 1798 Francouz Edmé Régnier zkonstruoval a následně roku 1801 definitivně upravil první praktický dynamometr, který byl schopen měření stisku ruky, tahu paže a síly zad (Pearn, 1978).

V 19. století se využíval k hodnocení německý turnerský koncept, který se zaměřoval na hodnocení tělesných výkonů různé obtížnosti. Vycházelo se také z několika neurologicko — motorických konceptů a antropologických hledisek, které rozpracoval anglický antropolog a genetik F. Galton. Koncem 19. století byly v USA vypracovány první motorické či výkonové testy (např. Intercollegiate Strength Tests, IST 1880). Při snaze testy motorických projevů zobjektivizovat, francouzský fyziolog J. E. Marey (1830—1904) zdokonalil dynamometr tak, že dokázal měřit vyvíjenou sílu s přesností na gram. Následný vývoj spočíval v tzv. pneumatických dynamometrech a dráhách s elektrickými kontakty (Heller, 2018).

Počátek laboratorního vyšetřování výkonnosti a zdatnosti je zaznamenáván již na konci 19. století (Van Praagh & Franca, 1998). Kdy například německý hesenský

lékař C. Speck využil v roce 1883 klikovou ergometrii pro hodnocení pracovního výkonu horních končetin. Poté v roce 1897 ve Francii, Elysée Bouny sestavil první mechanicky brzděný bicyklový ergometr a ve stejném roce Američané F. G. Benedict a E. O. Atwater využili pro měření výdeje energie první bicyklový ergometr brzděný dynamem. V roce 1914 byl sestaven švédským fyziologem Magnusem Gustafem Blixem bicyklový ergometr s torzním brzděním (Kolesár & Mikeš, 1981).

Běhací pás vyvinuli Nathan, Zuntz a Lehmann roku 1889 v Berlíně, který byl poté v roce 1915 využit Hansem Murschhauserem a Francisem Gano Benedictem k fyziologickému výzkumu lokomoce člověka. Test vytvořený Cramptonem v roce 1913, se řadí mezi první kardiovaskulárně zaměřené testy. Tento test porovnával hodnoty systolického krevního tlaku a srdeční frekvence vstoje a vleže (Kolesár & Mikeš, 1981).

Přelom v oblasti měření spotřeby kyslíku a výdeje oxidu uhličitého nastal již koncem 20. let 20. století, kdy Francis Gano Benedict a Hans Murschhauser přispěli k prosazení názoru, že kyslíkový dluh a maximální spotřeba kyslíku představují dva hlavní faktory, které limitují výkonnost člověka. „Rozvoj fyziologie tělesné zátěže významně ovlivnil Dán Augustin Krogh (1874—1949), který studoval výměnu plynů v plicích, využití sacharidů a tuků při různých typech zátěže a jako první změřil systolický objem srdeční s pomocí oxidu dusíku, vytvořil řadu originálních diagnostických přístrojů a za vyřešení problémů transportu dýchacích plynů do svalů a jejich difuze ve svalech obdržel v roce 1920 Nobelovu cenu“ (Heller 2018, s. 14). Mezi další významné centrum, které se zabývalo rozvojem fyziologické tělesné zátěže, bylo americké „Harvard Fatigue Laboratory“ (1927—1946) založené fyziologem a biochemikem L. J. Hendersonem (1878—1942) a chemikem D. B. Dilleem (1891—1986). Ve Fatigue Laboratory se zaměřovali na problematiku tělesné zdatnosti, pracovní kapacity a odezvy organismu na zátěž v extrémních podmínkách, zejména v době druhé světové války (Tipton, 1998).

V průběhu dvacátých let minulého století vzniklo několik směrů zátěžové diagnostiky, které se ale později výrazně neprosadily a dnes se využívají pouze zřídka, např. Masterův test vystupování na schůdek. Dále Ruffierův test zátěžových dřepů, nebo například Schellongův či Lianův test, využívající běh na místě (Kolesár & Mikeš, 1981).

2.6.2 Význam zátěžové funkční diagnostiky ve sportu

Význam zátěžové funkční diagnostiky se v širší oblasti sportu týká především vyšetřování zdatnosti a výkonnosti jedince. „Zdatnost zahrnuje soubor předpokladů optimálně reagovat na různé podněty prostředí, které mohou být různého druhu, například teplotní, akustické, hypoxické, vibrační, psychické atd., nebo podnět prostředí představuje pohybové zatížení“ (Heller, 2018, s. 20). Mezi obecnou zdatnost je řazena také zdatnost fyzická, kterou lze charakterizovat jako optimalizaci funkcí organismu při řešení vnějších úkolů, které zahrnují pohybový výkon a způsobilost k odolání vnějšímu stresu (Beunen, 2001).

Výkonnost lze popsat jako schopnost provádět výkon v některé z pohybových oblastí či sportovních odvětví. Na rozdíl od fyzické zdatnosti, je výkonnost zaměřena na užší a méně obecnou oblast. Jako sportovní výkonnost lze chápat předpoklad k podání jednoho či opakovaného určitého výkonu na co nejvíce stabilní úrovni (Heller, 2018).

Existuje mnoho postupů a metod, kterými lze hodnotit zdatnost a výkonnost. Mezi nejvíce využívané se řadí laboratorní testy, ať už přímo či nepřímo určující úroveň maximální spotřeby kyslíku, ale také terénní testy, které využívají odhadu $VO_2\max$ (Cooperův 12. min test, test chůze na 2 km, Légerův test člunkového běhu aj.) U těchto testů je tak odhadovaná hodnota $VO_2\max$ stanovena podle uběhnuté vzdálenosti nebo dosažené rychlosti běhu, kterou lze určit podle nejvyšší absolvované úrovně zátěže v testu. Při výběru vhodného testu je nutno brát v potaz především cíle konkrétního testování a potřebu spolehlivosti a přesnosti výsledků, které nám umožní trénink vyhodnotit a dále řídit, v těchto případech se přednostně využívají standardní metodiky zátěžových testů. U početnějších skupin, kde postačí pouze orientační informace o stavu fyzické zdatnosti, je možno využít i některého z terénních testů pro odhad hodnoty $VO_2\max$ nebo využít metodu nepřímého stanovení $VO_2\max$ (Heller, 2018).

Mimo testů zaměřených na aerobní zdatnost, lze hodnotit fyzickou zdatnost také vyšetřením tělesného složení nebo například výkonovými či motorickými testy zaměřenými na sílu a flexibilitu (Heller, 2018).

2.7 Spiroergometrie

Spiroergometrií se dle Hellera (2018) rozumí funkční laboratorní vyšetření, které při standardním způsobu zatěžování sleduje a zaznamenává metabolické

a kardiorespirační změny probíhající v organismu. Při diagnostice zdatnosti a výkonnosti pomocí spiroergometrického vyšetření, je hlavním výstupem maximální aerobní kapacita.

2.7.1 Maximální aerobní kapacita

Dle Bartůňkové et al. (2013) maximální aerobní kapacita představuje celkové množství mobilizovatelné energie, kterou lze získat aerobní syntézou ATP. Stanovení aerobní kapacity se převážně provádí nepřímo jako maximální aerobní výkon, maximální spotřeba či lépe příjem kyslíku. Maximální příjem kyslíku odpovídá maximálnímu množství kyslíku, které je organismus schopen při práci získat z ventilovaného vzduchu, transportovat a využít ve tkáních. Dnes se doporučuje používat pojem „maximální příjem kyslíku“, protože dokážeme měřit množství přijatého kyslíku organismem, nikoliv jeho spotřebu na tkáňové úrovni. „Maximální příjem či spotřeba kyslíku představuje základní parametr zdatnosti a výkonnosti člověka, protože vyjadřuje horní limit aerobní zátěžové tolerance, odráží jak kapacitu plic, schopnost srdce a krve transportovat kyslík k pracujícímu svalstvu, tak i využití kyslíku ve svalstvu při zatížení (Heller, 2018, s. 43)“. Vyjádřit ho můžeme jako absolutní objem kyslíku v jednotkách mililitrů za minutu, nicméně nejčastěji se vyjadřuje relativně ve vztahu k tělesné hmotnosti ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (Heller, 2018).

2.7.2 Test VO_2max

VO_2max je měřeno během zátěže na běhátku či bicyklovém ergometru. Sportovec začíná pracovat na nízké intenzitě, která postupně a progresivně v pravidelných intervalech roste. Tyto intervaly zpravidla trvají 1 minutu v testu trvajícím od 8 do 15 minut. Konec testu nastává ve chvíli, kdy sportovec dosáhne vyčerpání a ukončí výkon. U běžců je maximální pracovní nasazení, které mohou dosáhnout, v běhu na 100 m. Avšak takto krátký výkon neumožňuje dostatečný čas na to, aby spotřeba kyslíku dosáhla svého maxima, a proto je nutné, aby test trval přiměřený čas, pokud má být změřena maximální spotřeba kyslíku sportovce (Noakes, 2002).

Podle Noakese (2002) by se hodnota VO_2max měřena v progresivním testu do vyčerpání, pravděpodobně nelišila od testu, ve kterém by sportovec pracoval maximálním úsilím po dobu od 5 do 8 minut.

K posouzení „pravosti“ hodnot $VO_2\max$ se využívá splnění několika kritérií. Nejčastěji používané kritérium je tzv. plató v hodnotách spotřeby kyslíku. Plató nastává ve chvíli, kdy se i přes dále zvyšovanou intenzitu zatížení spotřeba kyslíku nezvyšuje. Dalšími kritérii jsou srdeční frekvence, její maximální hodnota v testu, by měla být blízká predikované hodnotě, vypočtené pomocí vzorce např. $220 - \text{věk}$ nebo $210 - (0,65 \times \text{věk})$, poměr respirační výměny („respiratory Exchange ratio“ = $VCO_2 \cdot VO_2^{-1}$) jehož hodnota by měla být nad 1,0 u běžné populace a u sportovců spíše nad 1,1 a také koncentrace laktátu v krvi, která by měla dosahovat hodnot nad 8 mmol.l^{-1} u běžné populace a 10 mmol.l^{-1} u sportovců (Heller & Vodička, 2011).

Noakes (2002) říká, že je důležité používat termín $VO_2\max$ pouze tehdy, pokud je považován za nepřímý ekvivalent dosažené maximální pracovní intenzity. Proto není vždy jednoduché určit hodnotu $VO_2\max$ pro sportovce všech sportovních kategorií, jelikož se musí daná aktivita provést v laboratorních podmínkách. U určitých sportů lze poměrně snadno změřit maximální pracovní intenzitu na bicyklovém ergometru, avšak mnohem obtížnější je to například u plavců či veslařů. Mezi faktory ovlivňující hodnotu $VO_2\max$ patří:

- **věk** — je známo, že u zdravé, ale neaktivní populace se po 25 roku života hodnota $VO_2\max$ postupně snižuje zhruba o 9 % každých 10 let. U aktivně sportující populace se hodnota pohybuje okolo 5 %. Snížení hodnot $VO_2\max$ a pracovní intenzity s věkem může reflektovat postupné snižování kontraktility, účinnosti a odolnosti proti únavě srdce a kosterního svalstva. Další z důvodu snížení $VO_2\max$ může být úbytek svalové hmoty s věkem nebo také postupně se snižující hodnota kyslíku doručeného do myokardu, z důvodu změn nebo nemoci koronárních cév (Noakes, 2002),
- **pohlaví** — ženy mají menší $VO_2\max$ než muži. Je to z části dáno větším procentem tělesného tuku, menší svalovou hmotou a pravděpodobně nejvíce ovlivněno jejich menší svalovou silou (Noakes, 2002),
- **kondice a trénink** — hodnota $VO_2\max$ se tréninkem zvýší v průměru o 5 až 15 %. Nicméně každý člověk má pravděpodobně geneticky dáno, o kolik se může tato hodnota zvýšit a to od 0 % až 60 % (Noakes, 2002),
- **změny v nadmořské výšce** — změny v nadmořské výšce mají největší vliv na hodnotu $VO_2\max$. S nárůstem nadmořské výšky se barometrický tlak a obsah

kyslíku vdechovaného vzduchu snižuje. Tento úbytek obsahu kyslíku ve vzduchu zapříčiní také snížení $VO_2\text{max}$ a to průměrně o 10 % každých 1000 m nad 1200 m n. m. Hodnota $VO_2\text{max}$ se tak na vrcholu Mount Everestu u průměrného horolezce pohybuje okolo $15 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Noakes, 2002).

2.7.3 Spirometrické a spiroergometrické ukazatele

Spirometrické a spiroergometrické parametry můžeme rozdělit na statické a dynamické. Do dynamických parametrů řadíme: minutovou ventilaci, dechovou frekvenci, dechovou rezervu, dobu zadržení dechu, rozepsaný usilovný výdech vitální kapacity a různé průtokové rychlosti. Do statických parametrů patří: dechový objem, inspirační a expirační rezervní objem, vitální kapacita a reziduální objem (Bartůňková et al., 2013). Nejsledovanější spirometrické a spiroergometrické ukazatelé jsou:

- **minutová ventilace** ($V'E$) představuje množství vdechnutého vzduchu za minutu udávaného v litrech. Havlíčková (1993) říká, že se minutová ventilace nepřizpůsobuje pouze potřebám zvýšeného přísunu kyslíku, ale především zvýšené koncentraci oxidu uhličitého a potřebě ho vyloučit z těla. Hodnota klidové minutové ventilace je zhruba $6\text{--}7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Dle Bartůňkové et al. (2013) klidová minutová ventilace dosahuje $7\text{--}10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, minutová ventilace při maximálním zatížení se u mužů může dostat ke $100\text{--}130 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a u sportujících jedinců s velkou vitální kapacitou až k $150\text{--}200 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$,
- **dechová frekvence** (BF) určuje rytmus dýchání v časové jednotce. Dechová frekvence je ovlivnitelná pomocí vůle, ale závisí také na pohybovém rytmu a charakteru zátěže. Při zatížení s vysokou intenzitou je ventilace ovlivněna zejména dechovou frekvencí, při dlouhodobějším zatížení s nižší intenzitou je však ekonomičtější zvyšovat objem. Klidová dechová frekvence se pohybuje okolo $14\text{--}16 \text{ n} \cdot \text{min}^{-1}$. Při mírném zatížení se zvýší na $20\text{--}30 \text{ n} \cdot \text{min}^{-1}$ a u velmi těžké práce až na $40\text{--}60 \text{ n} \cdot \text{min}^{-1}$, případně i více. Buzek (2007) říká, že se dechová frekvence v klidu pohybuje okolo $12 \text{ n} \cdot \text{min}^{-1}$ a při maximální intenzitě až $50\text{--}60 \text{ n} \cdot \text{min}^{-1}$. Příliš vysoká dechová frekvence nemusí zaručovat vyšší minutovou ventilaci, neboť může dojít k zmenšení dechového objemu (Bartůňková et al., 2013),
- **dechový objem** (VT) je množství vzduchu vdechnutého nebo vydechnutého jedním dechem. Dechový objem ve velké míře závisí na dechové frekvenci a společně

určují plicní ventilaci. Při vysoké dechové frekvenci se jedinec nestačí dostatečně nadechnout, proto se dechový objem zvyšuje jen málo nebo vůbec. S hodnotou dechového objemu úzce souvisí respirační svaly, neboť v průběhu dýchání překonávají jak elastický odpor plicní (svalové a vazivové tkáně hrudníku), tak i odpor dýchacích cest. Klidová hodnota dechového objemu je 0,5—0,7 l, při střední intenzitě výkonu se zvyšuje na 1,0—2,0 l a při vysoké intenzitě práce až na 2,5—3,0 l. Dle Buzka (2007) se hodnota při maximálním zatížení pohybuje okolo 2,3 l. Pro objektivní posouzení hodnoty dechového objemu je vhodnější udávat relativní hodnotu, tzn. vyjádřit dechový objem v procentuálním podílu vitální kapacity. V zátěži střední intenzity se pak hodnota VT dostává k 30 % vitální kapacity, při maximální intenzitě zátěže až k 50 % vitální kapacity. Velmi dobře trénovaní jedinci se mohou dostat až na 70 % vitální kapacity (Bartůňková et al., 2013),

- **usilovný výdech vitální kapacity (FVC)** je měřen pomocí maximálního výdechu, provedeném po předchozím maximálním nádechu. FVC je jednorázový maximální dechový objem, který je měřen v klidových podmínkách. Buzek (2007) říká, že pomocí FVC je možné nepřímo určit mechanické vlastnosti dýchacích orgánů. Hodnota FVC u netrénovaných mužů je 4,5—5 l, u netrénovaných žen 3,5—4 l (Bartůňková et al., 2013). Dle Buzka (2007) hodnota FVC netrénovaných mužů činí 3,0—4,0 l a hodnota trénovaných mužů od 5,0—6,0 l, někdy i více. Zvýšení hodnoty FVC je možné dosáhnout vytrvalostním tréninkem, avšak vysoké hodnoty nemusí být ovlivněny jen tréninkem, ale také konstitucí a velikostí hrudníku. Mezi další faktory, které ovlivňují FVC může být fyzický výkon provedený před měřením. Po mírném zatížení, kdy je jedinec „rozdýchaný“ se může FVC oproti klidové hodnotě lehce zvýšit, naopak při dlouhodobě vyčerpávající práci, která zapříčiní únavu dýchacího svalstva, se FVC může snížit až na 60 % výchozí hodnoty (Bartůňková et al., 2013),
- **poměr respirační výměny (RER)** představuje poměr mezi vydaným oxidem uhličitým a přijatým (spotřebovaným) kyslíkem. Poměr respirační výměny také ukazuje, jaký druh energetického zdroje se právě v těle metabolizuje (Bartůňková et al., 2013),

- **spotřeba kyslíku** (VO_2) určuje množství spotřebovaného kyslíku za minutu. VO_2 se řadí mezi nejsledovanější respirační parametry (Bartůňková et al., 2013),
- **tepový kyslík** ($VO_2 \cdot SF^{-1}$) je teoretické množství kyslíku vypuzené jednou systolou do oběhu. Tepový kyslík se vypočítává ze spotřeby kyslíku a srdeční frekvence (Bartůňková, 2010). Užívají se jak absolutní hodnoty [ml], tak relativní hodnoty vztažené na kilogram tělesné hmotnosti [$ml \cdot kg^{-1}$]. Tepový kyslík je cenný ukazatel vytrvalostní výkonnosti, neboť zjednodušeným způsobem vyjadřuje kvalitu nejen respiračních, ale i oběhových funkcí (Bartůňková et al., 2013). U netrénovaných jedinců se hodnoty tepového kyslíku v klidu, pohybují okolo $5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ a při maximálním zatížení okolo $15 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$. Trénovaní jedinci mají klidové hodnoty také přibližně $5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$, avšak hodnoty při maximálním zatížení se u vytrvalců mohou dostat až na $30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bartůňková, 2010),
- **srdeční frekvence** (SF) je nejjednodušším a nejpřístupnějším ukazatelem intenzity zatížení. SF je dána aktivitou sinusového uzlíku a u zdravého člověka činí asi $70 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$ (Bartůňková, 2010). I přestože je SF nejpřístupnějším měřeným parametrem, který bývá nejvíce využíván, existuje řada faktorů, které jej mohou ovlivnit:
 - genetická dispozice (vrozená sympatikotonie, vagotonie),
 - trénovanost (srdeční frekvenci nejvíce ovlivňuje vytrvalostní trénink),
 - poloha těla (ve stoji je SF vyšší, vleže nižší),
 - klimatické podmínky (v prostředí s vyšší teplotou SF stoupá, s nižší klesá),
 - psychická zátěž (nejen fyzická, ale i psychická zátěž zvyšuje SF, např. závodníci formule 1 dosahují před závodem až na $170 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$),
 - trávení (hodnoty SF se při trávení zvyšují),
 - únava (SF může stoupat i při stejné intenzitě zatížení) (Bartůňková, 2010).

Srdeční frekvence se měří pomocí sporttesterů, které se využívají již řadu let, poslechem nebo častěji přiložením prstu na tepnu a v klinické praxi se využívá Holterův telemetrický systém, který umožňuje dlouhodobý záznam EKG (Bartůňková et al., 2013). Pro posouzení zdatnosti jedince se využívá čas návratu klidové SF po předchozím zatížení. Maximální hodnoty srdeční frekvence u trénovaných jedinců se mohou pohybovat okolo $200 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$ (Dovalil et al., 2002).

2.7.4 Rozdílné spiroergometrické hodnoty pro běhátko a bicyklový ergometr

Kvůli podstatně vyšší ceně běhátka, se častěji v zátěžových laboratořích setkáváme se šlapacím ergometrem. Mezi oběma ergometry jsou rozdíly, které je nutno zmínit. Hlavní rozdíly jsou ve výsledcích šetření, které jsou důsledkem jiného pohybového stereotypu (Bunc, 2012).

Hodnoty změřené na bicyklovém ergometru jsou obecně o cca 10–12 % nižší než hodnoty na ergometru běžeckém, a proto je nutné tuto skutečnost respektovat při srovnávání výsledků z různých laboratoří i při využití výsledků z kola do terénu, kde převládá chůze nebo běh (Bunc, 2009).

Dle Bartůňkové et al. (2013) běh bývá zahrnut do základního kondičního tréninku téměř u všech sportovních disciplín, a proto se v laboratorních podmínkách často provádí zátěžový test na běhátko. Při testu na běhacím koberci se intenzita zatížení zvyšuje nárůstem rychlosti posunu běhacího koberce. To může znamenat problémy pro ty sportovce, kteří jsou navyklí na kondiční běh o nižších rychlostech, a proto mohou mít při běhu ve vyšších rychlostech v závěru testu problémy s koordinací. Důvodem k ukončení testu tedy může být nevládnutí dané rychlosti běhu, namísto vyčerpání dýchacího, oběhového a metabolického systému. I přes tento problém řada trenérů i sportovců upřednostňuje zátěžový test právě na běhacím koberci, při kterém bývají hodnoty $VO_2\max$ cca o 5–10 % vyšší než při vyšetření na bicyklovém ergometru z důvodu vysoké míry zapojených svalových skupin. Naopak zapojení svalových skupin při standardní pozici na bicyklu je poněkud menší než na běhacím koberci.

U vrcholně trénovaných sportovců, např. běžců, cyklistů, plavců, chodců naměříme obvykle maximální příjem kyslíku při jejich specifické zátěži. Zde zřejmě hraje úlohu i tréninkem podmíněné optimální zapojení svalstva v souladu s ostatními funkčními systémy (Máček & Radvanský, 2012).

Dle Římáka, Fialy, Kunzové, a Kaňovského (2012) jsou hodnoty maximální spotřeby kyslíku vyšší na bicyklovém ergometru, a to o 12 % u cyklistů a u běžců o hodnotu statisticky nevýznamnou 4,6 %.

3 Metodologie

3.1 Cíl, úkoly, hypotézy a výzkumné otázky práce

3.1.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zjištění závislosti výsledků testu spiroergometrie na použitém přístroji a zaměření probandů, což jsme zjišťovali prostřednictvím testování adolescentních běžců a cyklistů na běžeckém a bicyklovém ergometru.

3.1.2 Úkoly práce

- Prostudování odborné literatury a provedení obsahové analýzy,
- vybrání probandů,
- provedení testů cyklistů a běžců na bicyklovém a běžeckém ergometru,
- porovnání naměřených hodnot,
- zpracování výsledků do grafické podoby,
- vytvoření závěrů.

3.1.3 Hypotézy

H1) Předpokládáme, že atleti běžci budou mít vlivem specifičnosti zátěže významně větší naměřené hodnoty VO_{2max} na běhátku než na bicyklovém ergometru.

H2) Předpokládáme, že cyklisté budou mít vlivem specifičnosti zátěže významně větší naměřené hodnoty VO_{2max} na bicyklovém ergometru než na běhátku.

H3) Předpokládáme, že atleti běžci budou mít vlivem specifičnosti zátěže významně větší naměřené hodnoty minutové ventilace na běhátku než na bicyklovém ergometru.

H4) Předpokládáme, že cyklisté budou mít vlivem specifičnosti zátěže významně větší naměřené hodnoty minutové ventilace na bicyklovém ergometru než na běhátku.

H5) Předpokládáme, že atleti běžci budou mít vlivem specifičnosti zátěže významně větší naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu na běhátku než na bicyklovém ergometru.

H6) Předpokládáme, že cyklisté budou mít vlivem specifičnosti zátěže významně větší naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu na bicyklovém ergometru než na běhátku.

3.1.4 Výzkumné otázky

1) Bude souviset počet naběhaných kilometrů cyklistů a počet najetých kilometrů běžců na bicyklu s rozdílem hodnot VO_{2max} mezi testem na běhátku a na bicyklu?

3.2 Charakteristika testovaných souborů

Hlavním kritériem při hledání cyklistů a atletů běžců, u kterých byla provedena komparace testů na bicyklovém a běžeckém ergometru byla ochota podstoupit oba testy v námi daném časovém intervalu a za stejného stavu aktuální únavy. Dalším, méně významným kritériem, byla snadná dostupnost sportovců do laboratoře.

3.2.1 Všeobecné a sportovní gymnázium Vimperk — specializace cyklistika — horská kola

Již roku 1976 byla zřízena první sportovní třída na Vimperském gymnáziu. Žáci absolvují 4 hodiny základní tělesné výchovy a dalších 7 hodin sportovní přípravy týdně. Výzkumný soubor je tvořen 8 žáky 1. a 2. ročníku a 2 čerstvými absolventy. Všichni vybraní cyklisté byli mužského pohlaví. Při provedení testů byl průměrný věk testovaných $16,90 \pm 1,75$ let, hmotnost $72,90 \pm 5,61$ kg a výška $181,30 \pm 2,86$ cm. Věk probanda č. 9 nespadal do věkové skupiny adolescentů, ale pouze v rádech měsíců, proto jsme se rozhodli i jeho zařadit do testovací skupiny. Všech 8 žáků Vimperského všeobecného a sportovního gymnázia je součástí České spořitelny Specialized Junior MTB týmu. Probandi v průměru stráví 13 hodin týdně jízdou na bicyklu. Probandi byli také tázáni na počet naběhaných kilometrů ročně, který průměrně činil $125 \pm 82,76$ km a na počet najetých kilometrů ročně, který průměrně činil 7170 ± 1438 km.

Tabulka 3. Popis zkoumaných probandů — cyklisté.

proband	věk [r]	hmotnost [kg]	výška [cm]	běh [km/rok]	kolo [km/rok]
cyklista 1	16	73,7	185,00	50	6500
cyklista 2	15	70,3	181,00	60	6000
cyklista 3	15	80,8	180,00	80	6500
cyklista 4	16	69,3	183,00	90	7200
cyklista 5	16	70,1	180,00	75	6700
cyklista 6	17	73,4	176,00	250	5500
cyklista 7	17	69,9	182,00	85	7000
cyklista 8	17	64,3	182,00	80	6500
cyklista 9	21	72,8	178,00	300	10000
cyklista 10	19	84,8	186,00	180	9800

3.2.2 T. J. Sokol České Budějovice, atletický oddíl.

Z atletického oddílu T. J. Sokol v Českých Budějovicích bylo vybráno 10 běžců na střední a dlouhé tratě v adolescentních kategoriích. Všichni členové výzkumné skupiny běžců byli mužského pohlaví a každý jedinec absolvuje 6 a více tréninkových jednotek týdně. Testování běžci dosahují výkonnostní úrovně české mládežnické špičky, někteří jsou členy mládežnické reprezentace a získali medaile na MČR v mládežnických kategoriích. V době testování byl průměrný věk testovaných $15,80 \pm 1,24$ let, hmotnost $65,40 \pm 9,73$ kg a výška $179,90 \pm 7,80$ cm. Probandi byli také tázáni na počet najetých kilometrů na kole ročně, který průměrně činil 528 ± 493 km a na počet naběhaných kilometrů ročně, který průměrně činil 2092 ± 492 km.

Tabulka 4. Popis zkoumaných probandů — běžci.

proband	věk [r]	hmotnost [kg]	výška [cm]	běh [km/rok]	kolo [km/rok]
běžec 1	15	68,0	180,00	1863	100
běžec 2	15	62,0	180,00	1570	150
běžec 3	15	45,8	167,00	2380	900
běžec 4	16	70,6	184,00	2103	1160
běžec 5	14	62,1	166,00	1452	300
běžec 6	15	62,6	177,00	1950	300
běžec 7	16	86,2	192,00	1665	1500
běžec 8	18	70,2	185,00	3205	400
běžec 9	16	59,1	181,00	2270	450
běžec 10	18	67,4	187,00	2462	20

3.3 Použité metody

3.3.1 Obsahová analýza

Obsahová analýza je metoda, která umožňuje objektivní, systematický a kvantitativní popis písemných či ústních projevů a jejich rozborů. K tomuto popisu se využívá rozboru literatury, novin, časopisů, filmů, životopisů, osobní korespondence apod. (Štumbauer, 1990).

Tato metoda byla použita v teoretické části naší bakalářské práce, kde jsme shromažďovali poznatky, týkající se tématu naší práce. Veškerá použitá odborná literatura, články a internetové zdroje jsme uvedli v referenčním seznamu literatury.

3.3.2 Metoda měření

Metoda měření byla využita ve funkční laboratoři zátěžové diagnostiky JČU. Pro naši práci byly v laboratoři využity následující přístroje: Tanita BC 418 MA, Cortex MetaControl 3000, Ergometr LODE Excalibur Sport, Cortex MetaLyzer 3B a LodeValiant+.

Mezi důležité příslušenství patřil hrudní pás Polar H7 a spiroergometrická maska. Měření bylo rozděleno na 4 fáze, měření cyklistů na kole a běhátku a měření běžců na kole a běhátku. U všech probandů byl použit standardizovaný protokol testu $VO_2\max$. Z testu $VO_2\max$ bylo vybráno několik spiroergometrických hodnot pro porovnání.

3.3.3 Komparativní metoda

Komparativní metoda nám umožnila porovnat naměřené hodnoty všech probandů. Porovnávali jsme mezi sebou jak hodnoty všech jedinců jednotlivé skupiny na bicyklu a běhátku, tak obě skupiny probandů mezi sebou. Díky tomuto porovnání jsme byli schopni potvrdit či vyvrátit námi stanovené hypotézy a vyhodnotit závěry práce.

3.3.4 Věcná a statistická významnost

Výsledky byly posouzeny jak z hlediska statistické tak věcné významnosti. Statistická významnost byla zjištěna pomocí t-testu na hladině $\alpha=0,05$. Pro hodnocení věcné významnosti jsme využili Cohenovo d – které lze použít pro hodnocení efektu mezi dvěma nezávislými proměnnými (Blahuš, 2000). Pro hodnocení věcné významnosti je běžné využívána velikosti koeficientu d následující (Hendl, 2004):

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

Věcnou a statistickou významnost jsme použili při porovnání hodnot jednotlivých probandů na běžeckém a bicyklovém ergometru. Mezi porovnávané hodnoty patřily: $VO_2\max$, VT , $V'E$, BF , SF_{\max} a WR .

3.4 Použité testovací přístroje

Při testování v laboratoři byly použity následující přístroje:

- **Tanita BC 418 MA** je nenáročný přístroj, který pomocí bioelektrické impedanční analýzy (BIA), měří tělesné složení. Přístroj funguje na principu segmentálního měření, které probíhá za pomoci několika katod. Těchto katod obsahuje Tanita dohromady 8, čtyři se nacházejí na spodní platformě a čtyři v ručních madlech. V průběhu měření jsou do těla pomocí katod vysílány nízko — úroveňové, bezpečné elektrické signály, které procházejí tekutinami ve svalech a dalších tkáních a na základě odporů, které tyto tkáně vytvářejí, přístroj vypočítává pomocí různých matematických vzorců tělesné složení. Pro přesné vyhodnocení výsledků musí být testovaná osoba svlečena do spodního prádla (Fitham, 2018). Parametry, které lze získat z měření jsou: tělesná hmotnost, procento a hmotnost tělesného tuku, beztuková hmota, procento a hmotnost vody v těle a svalová hmota (Tanita-eshop, 2016),



Obrázek 3. Tanita BC 418 MA.

- **Cortex MetaControl 3000** je sestava přístrojů určená ke spirometrickému měření. Jednotlivé přístroje z této sestavy spolu komunikují, souvisejí a zajišťují při testování maximální kompatibilitu a spolehlivost (Vybavení funkčních laboratoří, 2014). MetaControl 3000 spojuje dvanácti svodový elektrokardiograf s analyzátozem dechových plynů (Cortex MetaLyzer) a dalšími doplňky. Všechna periferní zařízení jsou spojena s výkonným počítačem, umístěném v zadní části přístrojového vozíku. V horní části vozíku se nachází dva monitory, sloužící k zobrazení spirometrických a ergometrických hodnot spolu s EKG křivkou (Compek, 2010),



Obrázek 4. Cortex MetaControl 3000.

- **Cortex MetaLyzér 3B** je systém, sloužící pro kardiopulmonální testy a celkovou diagnostiku, která spadá pod spirogrometrii. Je vhodným vybavením tréninkových center, sportovních doktorů či nemocnic. Tento přístroj zajišťuje kompletní vyšetření plic, srdce a metabolismu, v klidovém stavu i při zátěži. Pro vyhodnocení dat využívá Cortex MetaLyzér počítačový program MetaSoft Studio (Compek medical services, 2014),



Obrázek 5. Cortex MetaLyzér 3B.

- **Ergometr LODE Excalibur Sport** je „zlatý standard v ergometrii“ a patří mezi nejoblíbenější a nejrozšířenější ergometry na světě. Jeho velkou výhodou je přesnost, spolehlivost a stabilita. Jelikož se výkony testovaných sportovců stále zvyšují, byl tento bicyklový ergometr navržen tak, aby vydržel i extrémní zátěž až 2500 wattů. Tento ergometr disponuje širokou možností nastavení výšky a vzdálenosti řídítek a kromě vertikálního a horizontálního posunu sedačky, lze nastavit i její sklon. Hodnotu aktuálních otáček může testovaný jedinec vidět v přední části ergometru (Compek, 2010),



Obrázek 6. Ergometr LODE Excalibur Sport.

- **Ergometr LODE Valiant Plus** představuje běhací pás speciálně navržený pro využití ve sportovní medicíně. Pás disponuje zvětšenou běhací plochou a nastavitelnou rychlostí až $25 \text{ km} \cdot \text{hod}^{-1}$. Kromě rychlosti pásu lze nastavit také jeho sklon, a to nejen do pozitivního, ale i negativního náklonu. Rychlost a sklon pásu lze nastavit a průběžně měnit z připojeného externího zařízení. Bezpečnostní zařízení v podobě bederního pásu, připojeného provázkem a ukotveného pomocí magnetu, poskytuje bezpečnost pro klienty. Pás také nabízí možnost měření krevního tlaku (Lode, 2018),



Obrázek 7. Ergometr LODE Valiant Plus.

- **hrudní pás a spiroergometrická maska** jsou nezbytnou součástí testovacího vybavení laboratoře. Hrudní pás značky Polar slouží pro přesné snímání tepové frekvence. Hodnoty tepové frekvence pás přenáší pomocí technologie bluetooth do kompatibilních programů v PC nebo aplikací v mobilním telefonu (Polar, 2018).



Obrázek 8. Hrudní pás Polar H7 a spiroergometrická maska.

3.5 Použité programy

Veškeré naměřené hodnoty probandů byly převedeny do požadovaného formátu, které umožňuje statistické zpracování shromáždění dat. Při měření v laboratoři byl využit program Cortex MetaSoft studio. Výsledné grafy a tabulky byly zpracovány v programech Statistica 12 a tabulkovém procesoru Excel 2016. Naměřené hodnoty byly v bakalářské práci prezentovány ve formě sloupcových a krabicových grafů. Textová část byla zpracována pomocí textového editoru Word 2016.

3.6 Design výzkumu

K provedení experimentu jsme testovali probandy z obou sportovních zaměření na dvou rozdílných ergometrech, a to běžeckém a bicyklovém. Každý proband absolvoval test na obou ergometrech v časovém rozmezí tří dnů, aby nedošlo k ovlivnění výsledků testů z důvodu rozdílné výkonnosti. Je důležité, aby probandi

absolvovali test za stejného stavu fyzické únavy, proto jsme se snažili nastavit tréninkový režim před oběma testy obdobný a zaznamenávat veškerou fyzickou aktivitu v časovém rozmezí tří dnů, před oběma testy. Pro maximální eliminaci rozdílných výsledků z důvodu jiného stavu aktuální únavy při obou testech, jsme využili „plán s křížovou klasifikací a opakováním měření“. Běžci i cyklisté byli náhodně rozděleni na dvě poloviny, kdy jedna polovina absolvovala první test na běžeckém a druhá na bicyklovém ergometru. Pro provedení testů jsme využili standardizovaný protokol testu $VO_2\text{max}$.

Samotnému měření předcházela domluva s oběma trenéry, která měla za úkol naplánovat vhodné termíny pro měření a nastavení tréninkového režimu před oběma testy. Oba trenéři dlouhodobě využívají služeb laboratoře JČU, proto nebylo nutné podrobné vysvětlování podmínek testů. Trenéři byli také požádáni o rozdělení vybrané skupiny na dvě poloviny a připravení poloviny vybraných svěřenců pro první test na běhátku a poloviny pro test na bicyklovém ergometru, a to především ve směru sportovního vybavení (běžeckých treter, SPD nášlapů, cyklistického dresu atp.). Skupiny byly rozděleny na dvě poloviny z důvodu maximální eliminace ovlivnění výsledků testů v důsledku různé míry únavy sportovců před oběma testy. Každý svěřenec tedy absolvoval jak test na běhátku, tak test na bicyklovém ergometru, kdy časový rozestup mezi testy činil minimálně 2 dny, ve velké většině případů však 3 dny. Dostatečná časová rezerva byla stanovena, aby nedošlo k ovlivnění výsledků druhého testu, z důvodů přetrvávající únavy po testu prvním. Nesměla být však naopak moc dlouhá, aby nedošlo k poklesu či nárůstu výkonnosti. Časová náročnost pro jednoho testovaného včetně vstupního měření a vážení, činila maximálně 40 minut. Z důvodu složitější dopravy cyklistů Vimperského gymnázia probíhala organizace skupinově. Atleti Sokola v Českých Budějovicích docházeli do laboratoře ve většině případů po dvojicích až trojicích z důvodu ekonomičnosti času. Tato ekonomičnost spočívá ve vstupním měření a vážení atleta v době, kdy je předchozí testovaný stále na bicyklu či běhátku v tzv. fázi vyjetí respektive vyběhání. Měření běžců a cyklistů bylo provedeno u obou testů ve stejný čas a za stejné metodiky.

Po dostavení testovaného jedince do laboratoře následovalo zapsání osobních údajů do elektronického protokolu. Do tohoto protokolu se zapsalo jméno, příjmení a datum narození. Dalším krokem bylo měření tělesné výšky na manuálním

antropometrickém výškoměru. Testovaný byl požádán o svlečení do spodního prádla, včetně ponožek. Při měření bylo důležité vzpřímení postavy měřeného jedince. Naměřená hodnota byla poté v centimetrech připsána k osobním údajům v elektronickém protokolu.

Druhým krokem testování bylo změření tělesné hmotnosti. Pro měření bylo využito přístroje Tanita BC 418 MA. Měřený jedinec zůstal ve spodním prádle bez ponožek a po uslyšení zvukového signálu stoupl na spodní platformu přístroje. Po uplynutí několika vteřin a ustálení váhy, byl testovaný vyzván k uchopení madel do každé ruky. Průběh měření byl signalizován zvukovými signály, po ukončení těchto signálů byl měřený jedinec vyzván k odložení madel zpět na držáky a sestoupení z váhy. Veškeré naměřené hodnoty byly automaticky uloženy do počítače a uschovány pro pozdější vyvolání v protokolu.

Po ukončení měření výšky a váhy byla testovaná osoba požádána o převlečení do sportovního oblečení dle typu testovacího přístroje (běhátka či bicyklového ergometru) a nasazení hrudního pásu Polar pro měření srdeční frekvence. Před začátkem testu následovalo poučení o průběhu testu a zejména důležité bylo vysvětlení ukončení testu, které se dle použitého přístroje liší. U testu spiroergometrie na běhátku následovalo po vysvětlení a zodpovězení případných dotazů nasazení anatomické masky, kdy po jejím nasazení již testovaná osoba nemluvila až do ukončení testu, z důvodu možného ovlivnění spiroergometrických hodnot. U testu na bicyklovém ergometru se nejdříve nastavila pozice sedla a řídítek, a až poté byla maska nasazena.

Začátku samotného testu na běhátku předchází měření klidové spirometrie, měřili jsme usilovný výdech vitální kapacity (FVC) po maximálním usilovném nádechu. Každý jedinec provádí 2 pokusy, kdy do výsledného protokolu je uvedena větší z hodnot. Měření je prováděno ve stoje na běžeckém ergometru, které disponuje zábradlím, za které se může testovaný případně přidržet.

Po klidové spirometrii následovalo připoutání testovaného bezpečnostním pásem, který je připojen k přístroji provázkem a ukotven magnetem. V případě, že by se testovaný přiblížil kritické hranici na konci pásu a hrozil jeho pád, magnet se pnutím provázku vytrhne z přístroje a pás v řádu vteřin zastaví. Po zapnutí bezpečnostního pásu následoval čtyř minutový rozběh v tempu od 6–8 km.h⁻¹. Tempo rozběhu si testovaný určuje sám v prvních vteřinách rozběhu, kdy automatické nastavení rychlosti

činí $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a po dotázání testujícího, testovaný na běhátku kývne, zda je rychlost dostačující či je nutné rychlost navýšit. Po uplynutí čtyř minut rozběhání se běžecký pás automaticky zastavil a nastala dvou minutová pauza před začátkem stupňovaného testu do vyčerpání (tzv. *vita maxima*).

Pokud byl již testovaný jedinec dříve testovaný ve funkční laboratoři JČU a ví jeho maximální možnou rychlost běhu na běžeckém ergometru, bylo počáteční nastavení rychlosti poměrně snadné a v průběhu testu nemusel testující do rychlosti ve velké míře zasahovat. Protokol testu je standardizovaně nastaven tak, aby každou minutu testu zvýšil rychlost běhu o $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Pokud se jedná o první testování a dotyčný nezná svojí maximální možnou rychlost běhu, nastavila se počáteční rychlost podle odezvy na rozvíčovací zatížení, nebo na menší hodnotu ($6\text{--}8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) a v průběhu testu se upravovala individuálně dle reakcí organismu na dané zatížení. Rychlost by se však v průběhu testu neměla snižovat, měla by mít stále vzestupnou hodnotu až do hodnoty maximální. Velikost sklonu se v průběhu testu nemění a jeho standardizovaná hodnota činí 5 %, proto jsme použili tuto hodnotu i pro náš výzkum.

V úvodním poučení si testovaný s testujícím domluvili signál zvednutím ruky, které značilo, že se testovaný na běhátku blíží k hranici vyčerpání a zbývají mu „síly“ na dalších cca 30 sekund. Testující se s tímto signálem připravuje k okamžitému zpomalení pásu a následného přepnutí do fáze vychození. Pás zpomaluje ve chvíli, kdy se testovaný chytá zábradlí a obě nohy zároveň přesouvá na pevnou konstrukci po stranách pásu. Po zpomalení pásu na rychlost $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ přechází testovaný zpět na pohyblivou část pásu a zároveň se pouští zábradlí. Fáze „vychození“ trvá celkem 3 minuty a je poslední fází testu, v této fázi již nedochází k ovlivnění výsledků testů.

Při testu na bicyklovém ergometru se po nasazení hrudního pásu testovaný posadil na ergometr a nastalo jeho individuální nastavení. Testovaný měl možnost nastavení sedla jak v horizontální, tak vertikální rovině a zároveň si mohl určit jeho úhel sklonu. Poté bylo nutné nastavit řídítka, které je možné opět posouvat ve čtyřech směrech (dopředu, dozadu, nahoru, dolů). Jakmile byl testovaný s nastavením ergometru spokojený, byla mu nasazena anatomická maska a na ukazováček levé ruky vsunut pulsní oxymetr, který je součástí bicyklového ergometru. Samotnému testu opět předcházelo měření usilovného výdechu vitální kapacity plic (FVC), které bylo provedeno za stejných podmínek jako při testu na běhátku, každý testovaný měl

2 pokusy na maximální výdech, kdy do výstupního protokolu byla uložena větší z hodnot. Jediný rozdíl při měření vitální kapacity plic na bicyklu, byla pozice testovaného, která při testu na bicyklu představovala vzpřímený sed.

Spuštění stupňovaného testu do vyčerpání (tzv. *vita maxima*) předcházelo dvou minutové rozjetí při výkonu 25 W a otáčkách cca 100 otáček.min⁻¹. Po uplynutí dvou minutového rozjetí nastala fáze stupňování zátěže. Počáteční hodnota wattového výkonu v testovém protokolu byla nastavena na 120 W, nicméně tato hodnota musela být upravena pro každého testovaného individuálně. Pokud byl již daný jedinec v laboratoři testovaný a věděl, jaká je jeho maximální možná hodnota wattového výkonu, bylo nastavení počáteční hodnoty poměrně snadné a v průběhu testu již testující nemusel do její hodnoty ve velké míře zasahovat. Protokol testu je standardizovaně nastaven tak, aby každou minutu zvýšil velikost výkonu o 20 W. Pokud testovaný absolvoval test poprvé, byla počáteční hodnota nastavena dle odezvy organismu na počáteční rozjetí a dále upravována ručně v průběhu testu. Po celou dobu fáze stupňování zátěže se testovaný jedinec snažil držet hodnotu 98–102 otáček.min⁻¹.

V úvodním poučení si testovaný s testujícím domluvili signál zvednutím ruky, které značilo, že se testovaný na kole blíží k hranici vyčerpání a zbývají mu „síly“ na dalších cca 30 sekund. V tuto chvíli se testující připravil k přepnutí do fáze „vyjetí“, ke kterému došlo při druhém zvednutí ruky testovaného. Fáze vyjetí trvala 3 minuty a v průběhu fáze se testovaný snažil udržet hodnotu 60 otáček.min⁻¹. Hodnota wattového výkonu v této fázi se rovnala hodnotě rozjetí, tedy 25 W. V této fázi již nedochází k ovlivnění výsledků testů.

3.7 Pohybová aktivita

Pro testování na bicyklovém a běžeckém ergometru bylo velmi důležité, aby obě skupiny probandů absolvovali oba testy ve stejné fyzické kondici a se stejným aktuálním stupněm únavy. Testy obou skupin probíhaly u velké většiny probandů v přechodném období po ukončení sezóny, v tomto období mají sportovci více volného času a jejich aktivita nedosahuje vysokých intenzit. V tabulce 5 je možné vidět rozdělení a jednotlivý popis daných intenzit, které jsme rozlišovali u aktivit probandů.

Tabulka 5. Kategorizace pohybové aktivity dle intenzity (Norton K., Norton L., & Sadgrove, 2010, s. 470; upraveno).

Kategorie intenzity	Objektivní měření	Subjektivní měření	Deskriptivní měření
nízká	40–55 % SFmax 20–40 % MTR 20–40 % VO ₂ max	RPE: 8–10	aerobní aktivita, kterou lze udržet nejméně 60 minut
střední	55–70 % SFmax 40–60 % MTR 40–60% VO ₂ max	RPE: 11–13	aerobní aktivita, při které lze udržet souvislou konverzaci
vysoká	70–90 % SFmax 60–85 % MTR 60–85 % VO ₂ max	RPE: 14–16	aerobní aktivita, během které nelze udržet souvislou konverzaci
velmi vysoká	≥ 90 % SFmax ≥ 85 % MTR ≥ 85% VO ₂ max	RPE: ≥ 17	intenzita, kterou obecně nelze udržet déle než 10 minut

Legenda: SFmax — maximální srdeční frekvence; MTR — maximální tepová rezerva [SFmax – SFklid]; RPE — Borgova škála 6–20, subjektivní hodnocení námahy (rating of perceived exertion);

Pro naši práci jsme zaznamenávali údaje v časovém intervalu třech dnů před každým testem.

3.7.1 Cyklisté

V tabulkách 6 a 7 je možné vidět počet minut a intenzitu pohybové aktivity cyklistů před oběma testy. Počty minut pohybových aktivit jsou před testy obdobné, již při první konzultaci s trenéry bylo nutné upozornit na důležitost stejné úrovně fyzického zatížení před oběma testy.

Tabulka 6. Minutová dotace pohybové aktivity cyklistů před druhým testováním.

proband	3. den před testem		2. den před testem		1. den před testem	
	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita
cyklista 1	0	-	0	-	0	-
cyklista 2	0	-	120	nízká	0	-
cyklista 3	0	-	0	-	0	-
cyklista 4	30	nízká	0	-	0	-
cyklista 5	30	nízká	30	nízká	0	-
cyklista 6	0	-	30	střední	30	nízká
cyklista 7	120	nízká	0	-	0	-
cyklista 8	0	-	0	-	0	-
cyklista 9	30	nízká	30	nízká	0	-
cyklista 10	40	nízká	40	nízká	30	nízká

Před prvním testováním žádná z aktivit cyklistů nedosahovala vysoké intenzity zátěže, jednalo se především o regenerační jízdy na kole, inline bruslení, bowling či jízdu na koloběžce.

Tabulka 7. Minutová dotace pohybové aktivity cyklistů před prvním testováním.

proband	3. den před testem		2. den před testem		1. den před testem	
	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita
cyklista 1	60	střední	0	-	0	-
cyklista 2	60	střední	0	-	0	-
cyklista 3	60	střední	0	-	0	-
cyklista 4	60	střední	0	-	0	-
cyklista 5	60	střední	0	-	0	-
cyklista 6	60	střední	0	-	0	-
cyklista 7	60	střední	0	-	0	-
cyklista 8	60	střední	0	-	0	-
cyklista 9	45	nízká	30	nízká	0	-
cyklista 10	30	nízká	45	nízká	0	-

Před druhým testováním je u osmi probandů možné vidět šedesátiminutovou aktivitu střední intenzity, která spočívala v přátelském utkání v ledním hokeji. Další dny však neobsahovali žádnou fyzicky náročnou aktivitu, proto měli probandi dostatek času pro regeneraci.

U cyklistů činila průměrná minutová dotace pohybové aktivity nízké intenzity po dobu tří dnů před prvním testem za 53 minut, střední intenzity 3 minuty, vysoké 0 minut a velmi vysoké také 0 minut. Průměrná minutová dotace pohybové aktivity nízké intenzity po dobu tří dnů před druhým testem činila za 15 minut, střední intenzity 48 minuty, vysoké 0 minut a velmi vysoké také 0 minut.

3.7.2 Běžci

V tabulkách 8 a 9 je možné vidět počet minut a intenzitu pohybové aktivity běžců před oběma testy. Většina běžců se nacházela stejně jako cyklisté v přechodném období, proto mohl být trénink upraven pro potřeby testování. Hodiny pohybové aktivity jsou proto podobné před oběma testy s rozdíly pouze u nízkých a středních intenzit, které neovlivňují u takto trénovaných sportovců míru únavy.

Tabulka 8. Minutová dotace pohybové aktivity běžců před prvním testováním.

proband	3. den před testem		2. den před testem		1. den před testem	
	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita
běžec 1	40	nízká	30	střední	0	-
běžec 2	5	velmi vysoká	0	-	30	nízká
běžec 3	15	velmi vysoká	30	nízká	30	nízká
běžec 4	45	nízká	50	nízká	50	nízká
běžec 5	0	-	0	-	0	-
běžec 6	15	velmi vysoká	0	-	40	nízká
běžec 7	40	nízká	30	nízká	30	nízká
běžec 8	70	nízká	40	nízká	40	nízká
běžec 9	35	nízká	25	nízká	15	střední
běžec 10	15	velmi vysoká	25	nízká	25	nízká

Tabulka 8 zobrazuje pohybovou aktivitu běžců před prvním testováním. Většina pohybových aktivit běžců obsahovala klus od 4 km do 10 km. Běžci 2, 3, 6 a 10 absolvovali závody od 400 do 1500 m 3 dny před testováním, avšak po dotázání na jejich subjektivní pocity únavy jsme rozhodli zařadit i tyto běžce do skupiny testovaných.

Tabulka 9. Minutová dotace pohybové aktivity běžců před druhým testováním.

proband	3. den před testem		2. den před testem		1. den před testem	
	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita
běžec 1	10	velmi vysoká	60	nízká	40	nízká
běžec 2	10	velmi vysoká	60	nízká	30	nízká
běžec 3	10	velmi vysoká	60	nízká	50	nízká
běžec 4	10	velmi vysoká	60	nízká	0	-
běžec 5	0	-	80	nízká	0	-
běžec 6	0	-	50	nízká	50	nízká
běžec 7	40	nízká	30	nízká	45	nízká
běžec 8	40	nízká	25	vysoká	60	nízká
běžec 9	10	velmi vysoká	70	nízká	50	nízká
běžec 10	10	velmi vysoká	25	nízká	25	nízká

Tabulka 9 zobrazuje pohybovou aktivitu běžců před druhým testováním. U běžců 1, 2, 3, 4, 9 a 10 proběhlo druhé testování pro naši práci již třetí den po dokončení prvního testu. Testování je v tabulce znázorněno velmi vysokou intenzitou po dobu 10 minut. U většiny běžců bylo důvodem dřívějšího testování včasná regenerace po testu prvním a u dvou probandů nutnost posunutí testů z důvodu tréninkového plánu daného běžce.

U běžců činila průměrná minutová dotace pohybové aktivity nízké intenzity po dobu tří dnů před prvním testem 67,5 minut, střední intenzity 4,5 minuty, vysoké 0 minut a velmi vysoké 5 minut. Průměrná minutová dotace pohybové aktivity nízké intenzity po dobu tří dnů před druhým testem činila 92,5 minut, střední intenzity 0 minuty, vysoké 2,5 minut a velmi vysoké 6 minut.

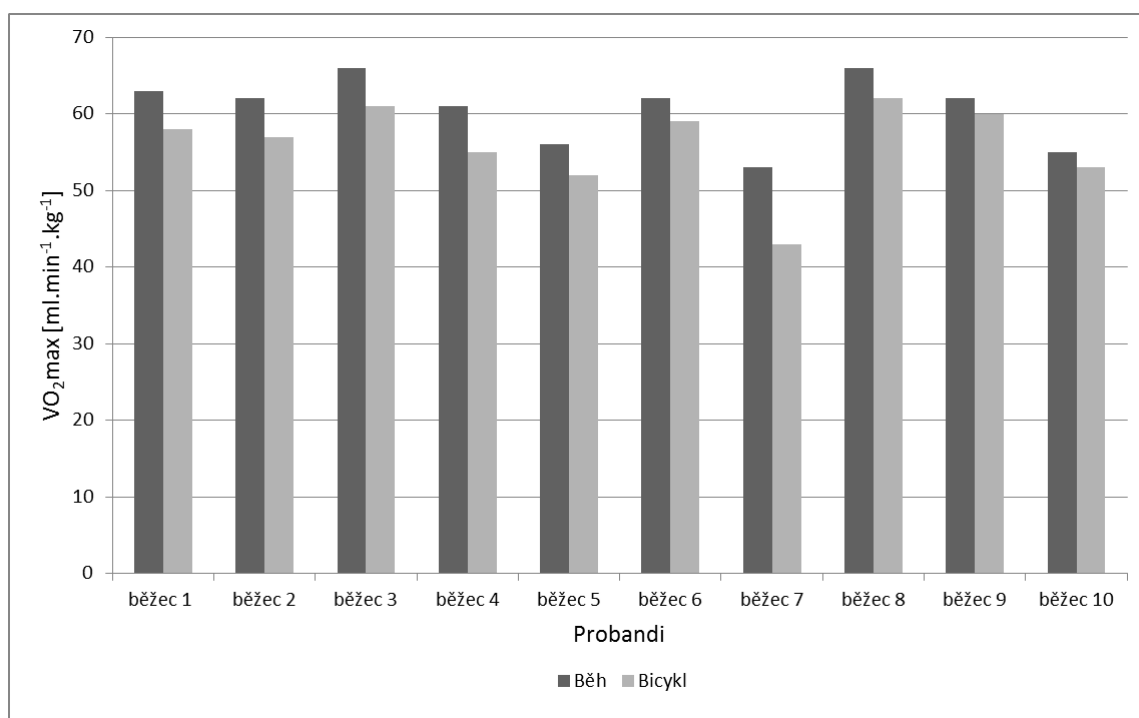
4 Výsledky

4.1 VO₂max

První a nejvýznamnější hodnotu, kterou jsme porovnávali, byla hodnota VO₂max. Na obrázcích 8—10 jsou prezentovány výsledné hodnoty maximální spotřeby kyslíku u běžců a cyklistů.

4.1.1 VO₂max běžci

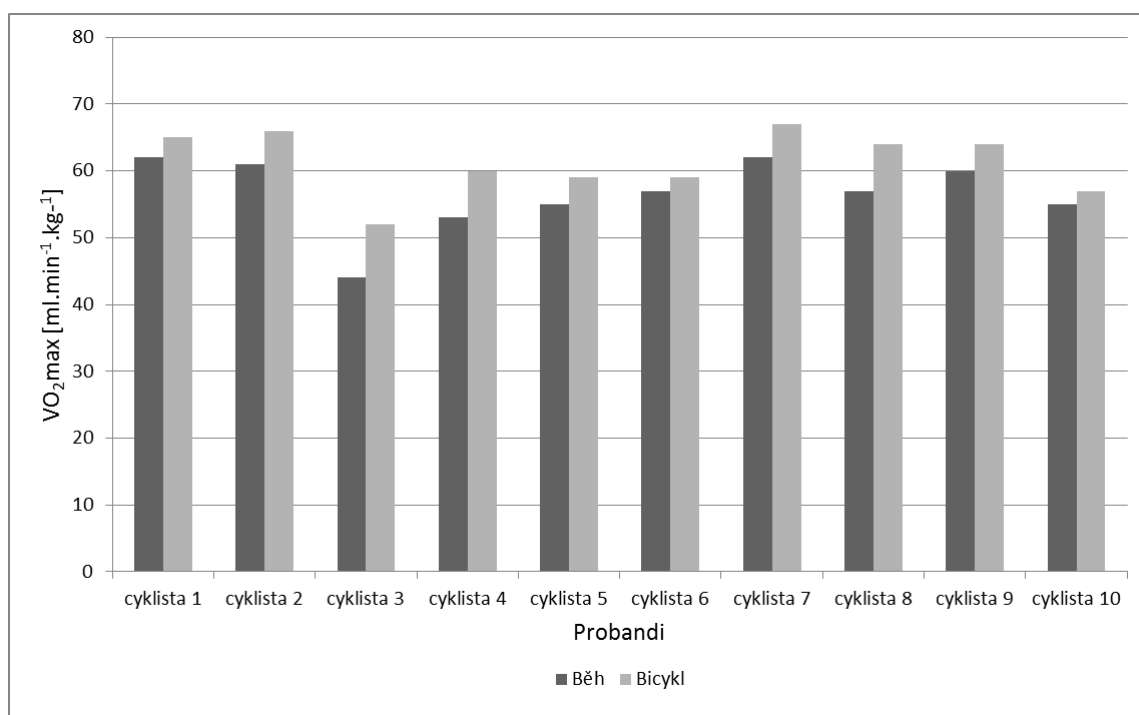
Obrázek č. 9 znázorňuje hodnoty VO₂max.kg⁻¹ na bicyklu a běhátku u každého běžce zvlášť. Na obrázku lze vidět, že všichni běžci dosáhli větší hodnoty VO₂max.kg⁻¹ na běhátku než na bicyklovém ergometru. Největší rozdíl těchto hodnot byl zaznamenán u běžce č. 7, kde hodnota na běhátku činila 53 ml.min⁻¹.kg⁻¹ a hodnota na bicyklovém ergometru 43 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Nejmenší rozdíl naměřených hodnot se vyskytl u běžců č. 9 a 10. U běžce č. 9 představovala hodnota na běhátku 62 ml.min⁻¹.kg⁻¹ a hodnota na bicyklu 60 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Běžec č. 10 dosáhl na běhátku hodnoty 55 ml.min⁻¹.kg⁻¹ a hodnoty 53 ml.min⁻¹.kg⁻¹ na bicyklu. Nejvyšší hodnoty VO₂max na běhátku dosáhl běžec č. 3 a 8, a to 66 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Nejmenší hodnota na běhátku byla změřena u běžce č. 7, a to 53 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Nejvyšší hodnota na bicyklu činila 62 ml.min⁻¹.kg⁻¹, o kterou se postaral běžec č. 8, a nejmenší zaznamenanou hodnotou na bicyklu bylo 43 ml.min⁻¹.kg⁻¹, změřenou u běžce č. 7. Rozdíl hodnot VO₂max na běhátku a bicyklu je u běžců věcně (d=0,903) i statisticky významný (p<0,01).



Obrázek 9. Hodnota maximální spotřeby kyslíku u běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.1.2 VO₂max cyklisté

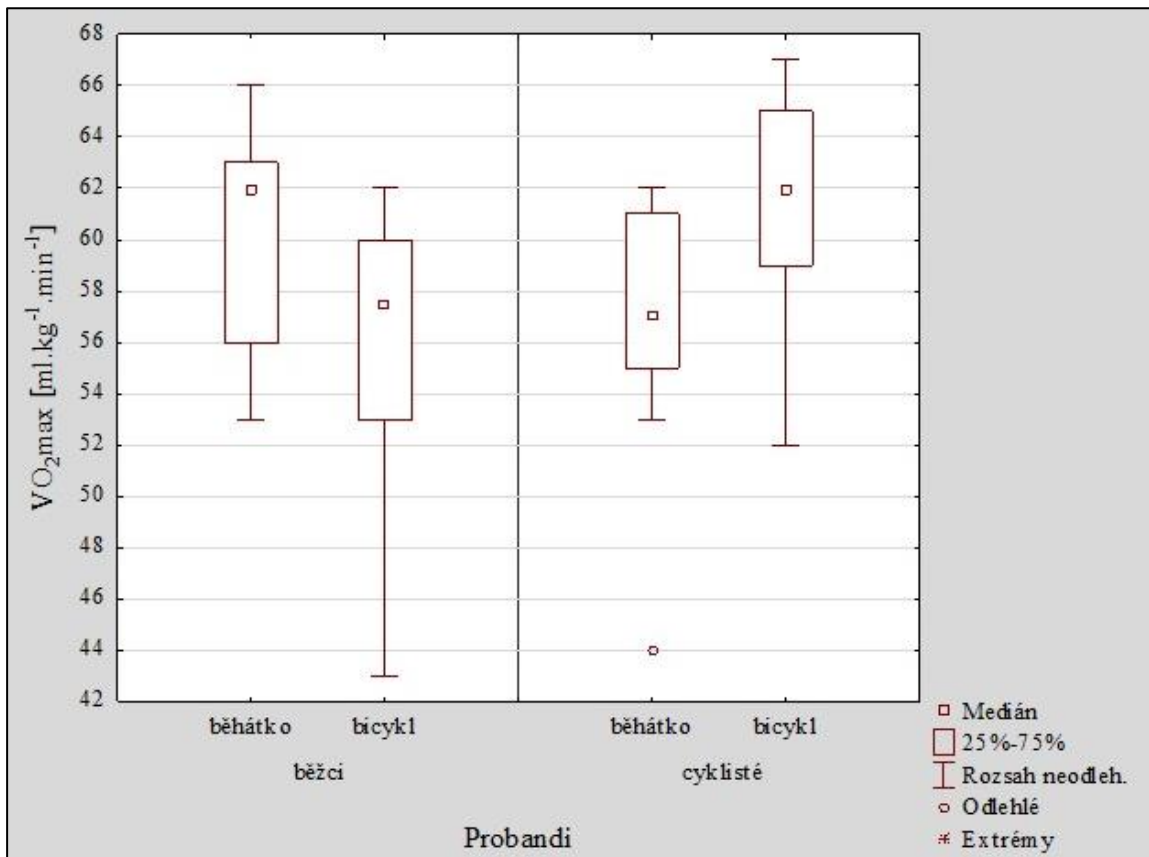
Na obrázku č. 10 lze vidět hodnoty VO₂max.kg⁻¹ na bicyklu a běhátku u každého cyklisty zvlášť. Všichni cyklisté dosáhli větší hodnoty maximální spotřeby kyslíku na bicyklu. Největší rozdíl těchto hodnot jsme zaznamenali u cyklisty č. 3, který dosáhl hodnot 52 ml.min⁻¹.kg⁻¹ na bicyklu a 44 ml.min⁻¹.kg⁻¹ na běhátku. Nejmenší rozdíl naměřených hodnot dosáhli cyklisté č. 6 a 10. U cyklisty č. 6 činila hodnota VO₂max 57 ml.min⁻¹.kg⁻¹ na běhátku a 59 ml.min⁻¹.kg⁻¹ na bicyklu. U cyklisty č. 10 dosáhla hodnota VO₂max 55 ml.min⁻¹.kg⁻¹ při běhu a 57 ml.min⁻¹.kg⁻¹ při testu na bicyklovém ergometru. Nejvyšší hodnoty VO₂max na běhátku dosáhl cyklista č. 1 a 7, a to 62 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Nejmenší naměřená hodnota na běhátku byla změřena u cyklisty č. 3, a to 44 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Nejvyšší změřená hodnota na bicyklu činila 67 ml.min⁻¹.kg⁻¹, o kterou se postaral cyklista č. 7 a nejmenší zaznamenanou hodnotou na bicyklu bylo 52 ml.min⁻¹.kg⁻¹, změřenou u cyklisty č. 3. Rozdíl hodnot VO₂max na běhátku a bicyklu je u cyklistů věcně (d=0,923) i statisticky významný (p<0,01).



Obrázek 10. Hodnota maximální spotřeby kyslíku u cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.1.3 Porovnání hodnot VO_2max cyklistů a běžců

Obrázek č. 11 znázorňuje průměr hodnot $VO_2max.kg^{-1}$ u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklu. Obrázek dokazuje, že tvrzení výše je pravdivé, a to že běžci dosáhli v průměru větších hodnot na běhátku a cyklisté na bicyklu. Hodnota VO_2max u cyklistů průměrně činila $61,3 \pm 4,47 ml.min^{-1}.kg^{-1}$ na bicyklu a $56,6 \pm 5,16 ml.min^{-1}.kg^{-1}$ na běhátku. Hodnoty VO_2max byly u cyklistů o 8,30 % vyšší na bicyklu než na běhátku. Hodnota VO_2max u běžců průměrně činila $60,6 \pm 4,24 ml.min^{-1}.kg^{-1}$ na běhátku a $56 \pm 5,34 ml.min^{-1}.kg^{-1}$ na bicyklu. Hodnoty VO_2max byly u běžců o 8,21 % vyšší na běhátku než na bicyklu.

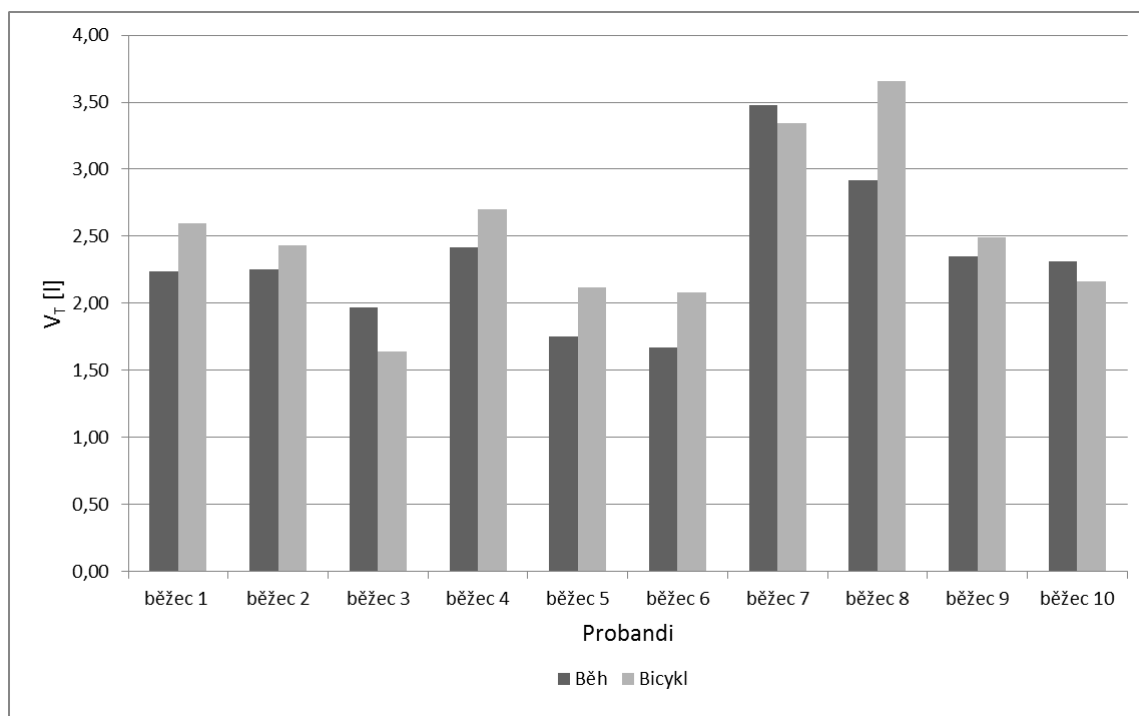


Obrázek 11. Naměřené hodnoty VO_2max u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.2 Dechový objem

4.2.1 Dechový objem běžci

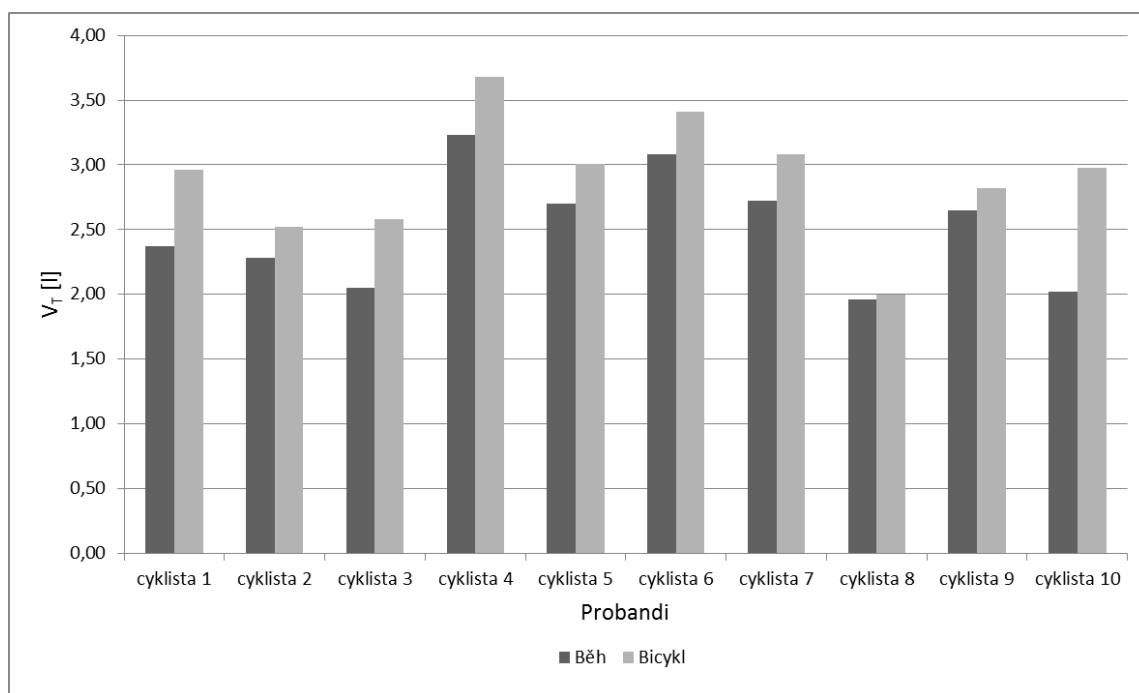
Obrázek č. 12 představuje naměřené hodnoty dechového objemu v litrech na běhátku a bicyklu u každého běžce zvlášť. Na obrázku lze vidět, že sedm běžců dosáhlo větší hodnoty dechového objemu na bicyklu než na běhátku. U tří běžců byl dechový objem při běhu větší než při jízdě na kole. Největší rozdíl hodnot byl zaznamenán u běžce č. 8, kterému byly naměřeny hodnoty dechového objemu při běhu 3,66 l a při jízdě na bicyklu 2,92 l. Nejmenší rozdíl hodnot byl u běžce č. 9, jehož hodnota na běhátku byla 2,35 l a 2,49 l na bicyklu. Největší naměřená hodnota u běžců na běhátku činila 3,48 l, tuto hodnotu získal běžec č. 7. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl běžec č. 8, a to 3,66 l. Naopak nejmenší hodnoty byly při běhu naměřeny běžci č. 6, a to 1,67 l. Nejmenší hodnotu při jízdě na bicyklu 1,64 l získal běžec 3. Při hodnocení věcné významnosti u hodnot dechového objemu běžců na běhátku a bicyklu pomocí Cohenova koeficientu účinku je výsledkem $d=0,325$, což představuje dle Cohena (1988) malý efekt. Rozdíl dechového objemu není statisticky významný.



Obrázek 12. Naměřené hodnoty dechového objemu u běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.2.2 Dechový objem cyklisté

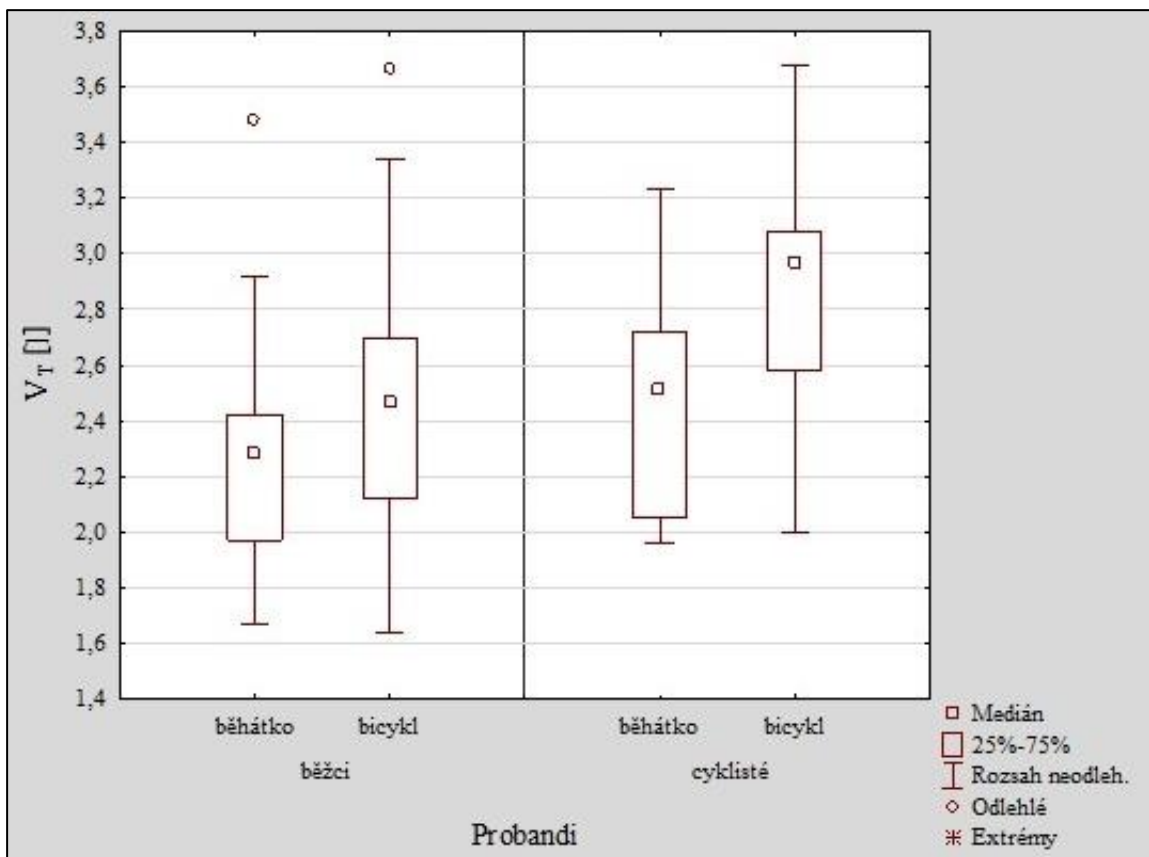
Obrázek č. 13 představuje naměřené hodnoty dechového objemu v litrech na běhátku a bicyklu u každého cyklisty zvlášť. Na obrázku lze vidět, že u všech cyklistů bylo naměřeno větších hodnot dechového objemu při jízdě na bicyklu než při běhu na běhátku. O největší rozdíl mezi hodnotou na bicyklu a běhátku se postaral cyklista č. 10, u kterého byla naměřena hodnota 2,02 l při běhu a 2,98 l při jízdě na bicyklovém ergometru. Nejmenší rozdíl v dechovém objemu byl změřen u cyklisty č. 8, kde rozdíl činil pouhých 0,04 l. Největší naměřená hodnota u cyklistů na běhátku činila 3,23 l, tuto hodnotu získal cyklista č. 4, který zároveň dosáhl největší hodnoty na bicyklu, a to 3,68 l. Naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny cyklistovi č. 8, a to 1,96 l při běhu a 2,00 l při jízdě na bicyklu. Rozdíl hodnot dechového objemu na běhátku a bicyklu je u cyklistů věcně ($d=0,871$) i statisticky významný ($p<0,01$).



Obrázek 13. Naměřené hodnoty dechového objemu u cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.2.3 Porovnání hodnot dechového objemu cyklistů a běžců

Obrázek č. 14 znázorňuje celkový průměr hodnot V_T u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklu. Obrázek dokazuje, že tvrzení výše je pravdivé, a to že běžci i cyklisté dosáhli u tohoto parametru v průměru větších hodnot na bicyklu než běhátku. Hodnota dechového objemu byla u cyklistů na běhátku v průměru $2,51 \pm 0,42$ l, na bicyklu byl její průměr $2,90 \pm 0,44$ l. Hodnota dechového objemu byla u cyklistů o 15,88 % větší při jízdě na bicyklu. Hodnota dechového objemu byla u běžců na běhátku v průměru $2,34 \pm 0,50$ l, na bicyklu byl její průměr $2,52 \pm 0,57$ l. Hodnota dechového objemu byla u běžců o 7,96 % větší při jízdě na bicyklu.

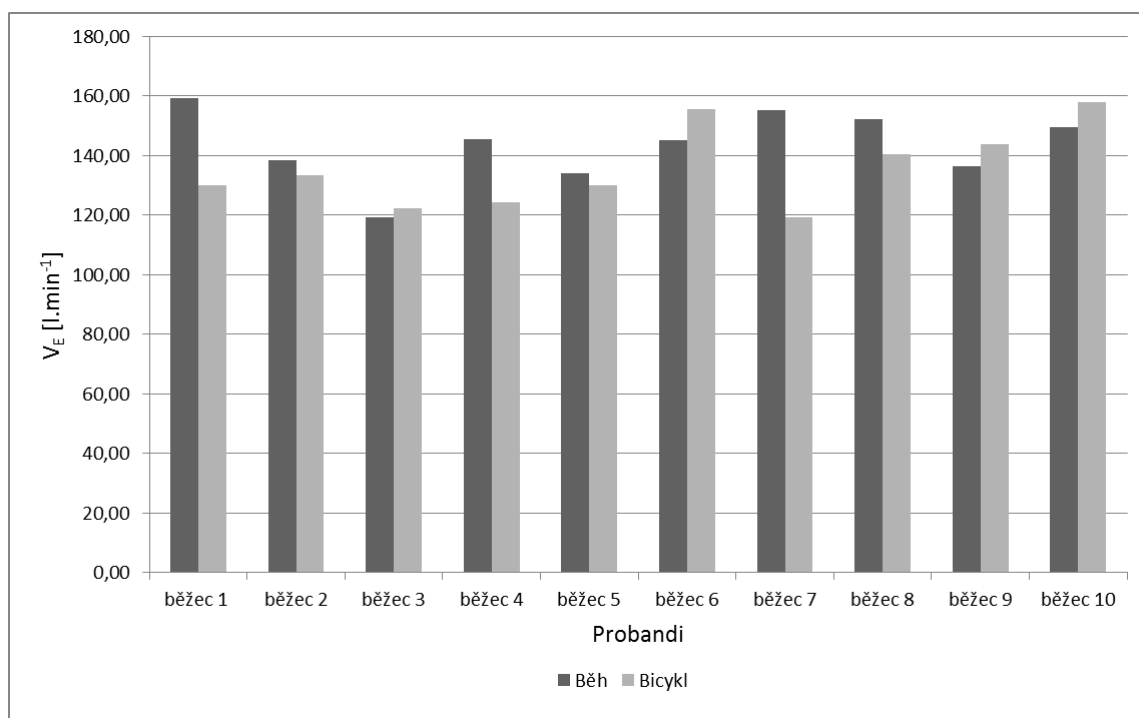


Obrázek 14. Naměřené hodnoty dechového objemu u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.3 Minutová ventilace

4.3.1 Minutová ventilace běžci

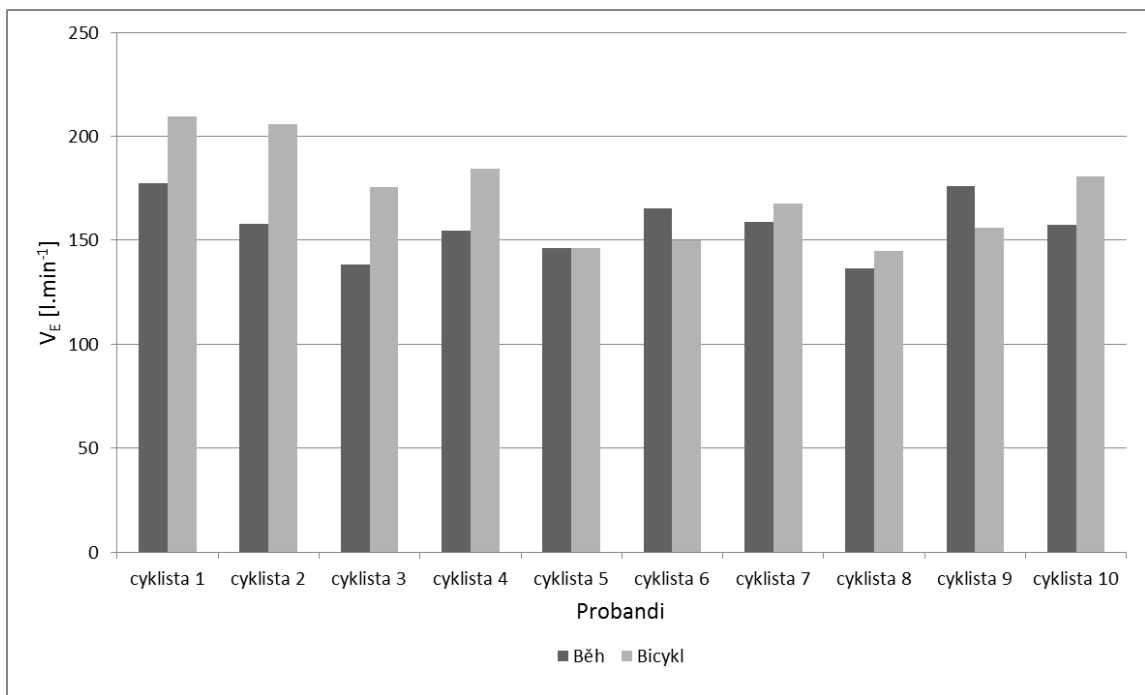
Obrázek č. 15 představuje naměřené hodnoty minutové ventilace v litrech na běžátku a bicyklu u každého běžce zvlášť. Na obrázku lze vidět, že šest běžců dosáhlo větší minutové ventilace při běhu než při jízdě na bicyklu. Zbylí 4 běžci dosáhli větší minutové ventilace při jízdě na bicyklu. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běžátko byl zaznamenán u běžce č. 7, který dosáhl V_E 155,30 l.min⁻¹ při běhu a pouze 119,20 l.min⁻¹ při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běžátko byl zaznamenán u běžce č. 3, který dosáhl V_E 119,2 l.min⁻¹ při běhu a 122,3 l.min⁻¹ při jízdě na bicyklu. Největší naměřená hodnota u běžců na běžátko činila 159,20 l.min⁻¹, tuto hodnotu získal běžec č. 1. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl běžec č. 10, a to 157,9 l.min⁻¹. Naopak nejmenší hodnoty byly při běhu naměřeny běžci č. 3, a to 119,2 l.min⁻¹. Nejmenší hodnotu při jízdě na bicyklu 119,2 l.min⁻¹ získal běžec č. 7. Rozdíl hodnot minutové ventilace u běžců na běžátko a bicyklu je věcně významný ($d=0,614$) se středním efektem. Statistická významnost nebyla prokázána.



Obrázek 15. Naměřené hodnoty minutové ventilace běžců na běžátko a bicyklovém ergometru.

4.3.2 Minutová ventilace cyklisté

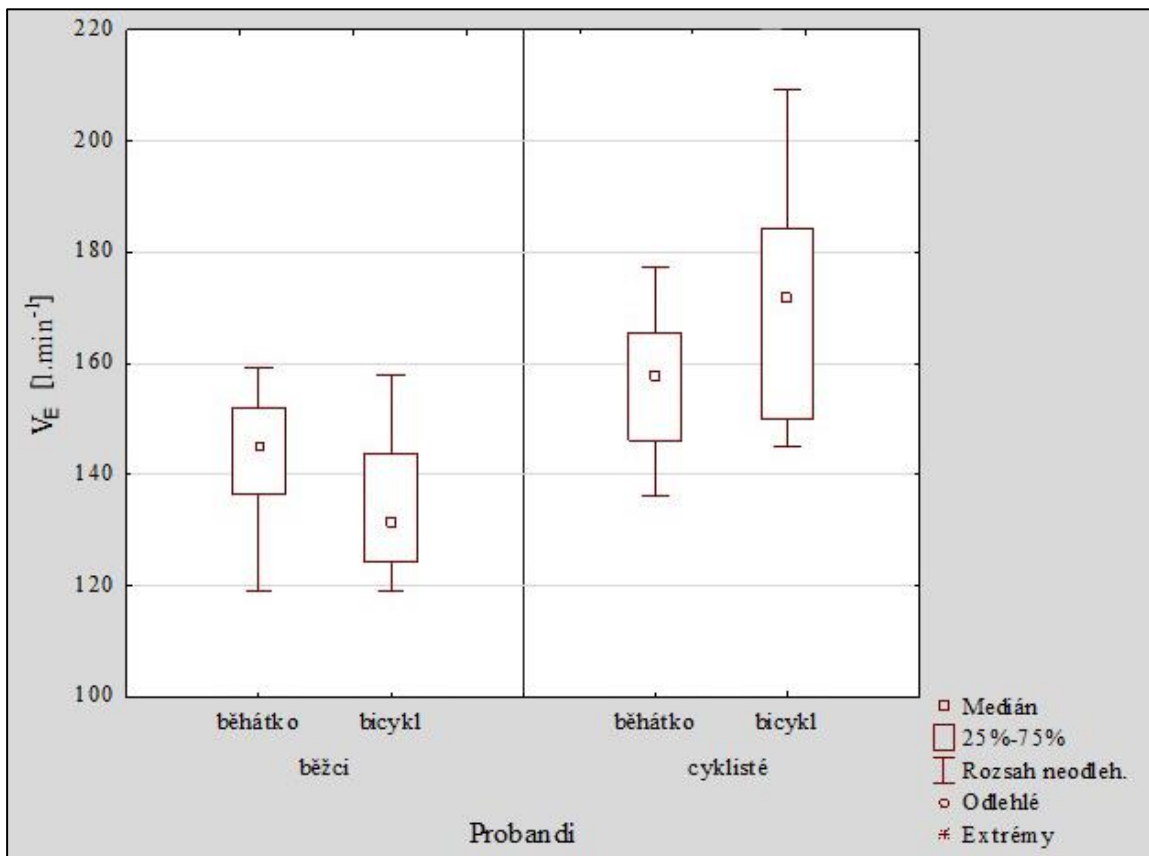
Obrázek č. 16 představuje naměřené hodnoty minutové ventilace v litrech na běhátku a bicyklu u každého cyklisty zvlášť. Na obrázku lze vidět, že 7 cyklistů dosáhlo větší minutové ventilace při jízdě na bicyklu. U 2 cyklistů byla hodnota V_E větší při běhu. Cyklista č. 5 získal téměř stejné hodnoty, které při běhu dosáhly $146,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a při jízdě na bicyklu $146,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 2, který dosáhl V_E $158 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ při běhu a $206 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 5, jehož výsledné hodnoty byly zmíněny výše. Největší naměřená hodnota u cyklistů na běhátku činila $177,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, tuto hodnotu získal cyklista č. 1. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl cyklista č. 1, a to $209,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny cyklistovi č. 8, který dosáhl $136,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ při běhu a $145,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ při jízdě na bicyklu. Rozdíl hodnot minutové ventilace u cyklistů na běhátku a bicyklu je věcně významný ($d=0,795$) se středním efektem. Statistická významnost nebyla prokázána.



Obrázek 16. Naměřené hodnoty minutové ventilace cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.3.3 Porovnání hodnot minutové ventilace cyklistů a běžců

Obrázek č. 17 znázorňuje celkový průměr hodnot V_E u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklu. Obrázek dokazuje, že tvrzení výše je pravdivé, a to že běžci dosáhli u tohoto parametru v průměru větších hodnot při běhu a cyklisté naopak při jízdě na bicyklu. Hodnota dechového objemu byla u cyklistů na běhátku v průměru $156,8 \pm 13,21 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, na bicyklu byl její průměr $172,13 \pm 22,23 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Hodnota minutové ventilace byla u cyklistů o 9,78 % větší při jízdě na bicyklu. Hodnota minutové ventilace byla u běžců na běhátku v průměru $143,45 \pm 11,19 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, na bicyklu byl její průměr $135,68 \pm 12,75 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Hodnota minutové ventilace byla u běžců o 5,73 % větší při běhu.

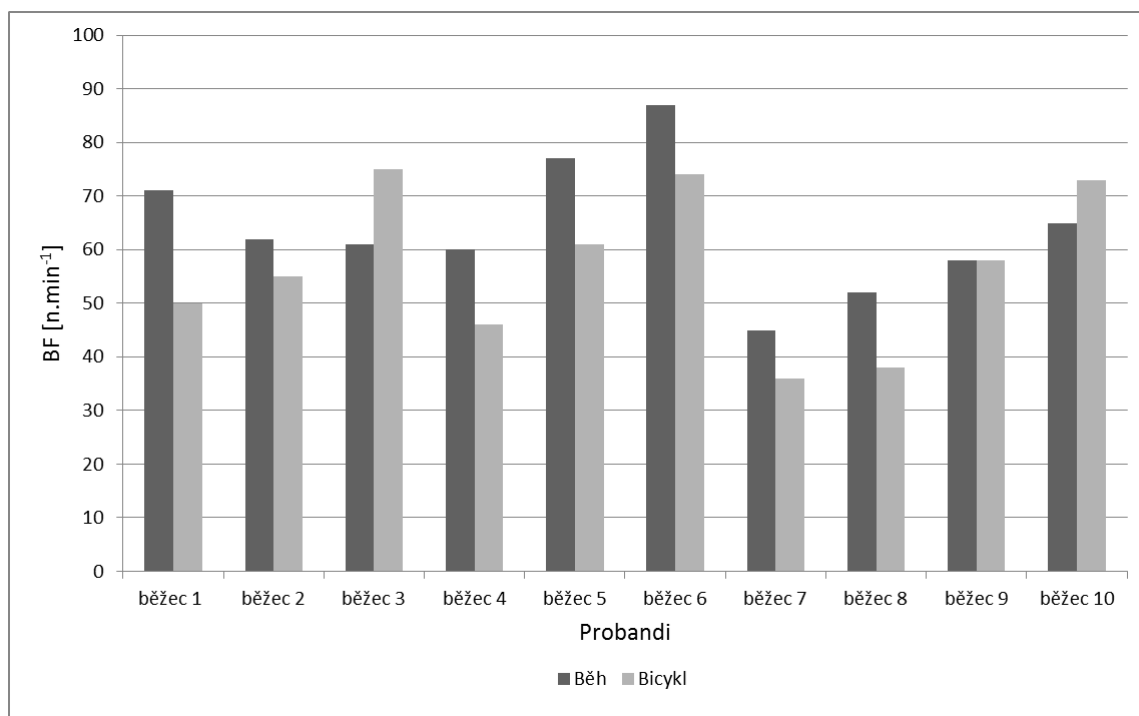


Obrázek 17. Naměřené hodnoty minutové ventilace u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.4 Dechová frekvence

4.4.1 Dechová frekvence běžci

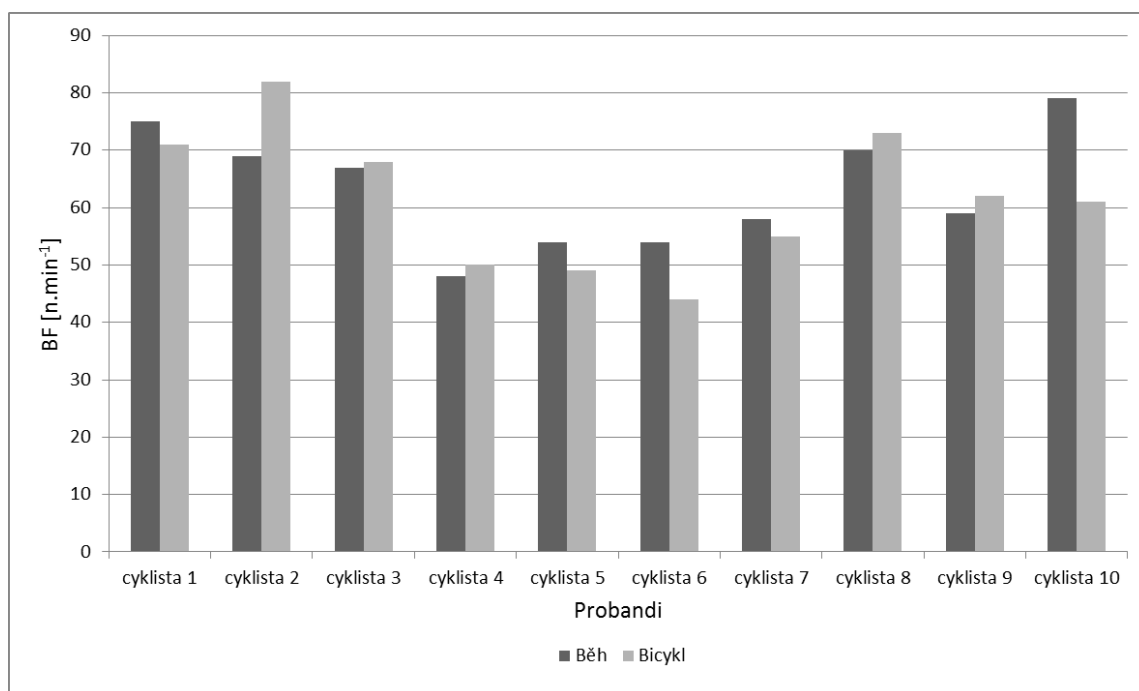
Obrázek č. 18 představuje naměřené hodnoty dechové frekvence za minutu na běhátku a bicyklu u každého běžce zvlášť. Na obrázku lze vidět, že sedm běžců dosáhlo větší dechové frekvence při běhu než při jízdě na bicyklu. Tři běžci dosáhli větší dechové frekvence při jízdě na bicyklu a jeden běžec získal stejné hodnoty pro běhátko i bicykl. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u běžce č. 1, který dosáhl BF 71 n.min^{-1} při běhu a pouze 50 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u běžce č. 9, který dosáhl dechové frekvence 58 n.min^{-1} při běhu i jízdě na bicyklu. Největší naměřená hodnota u běžců na běhátku činila 87 n.min^{-1} , tuto hodnotu získal běžec č. 6. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl běžec č. 3, a to 75 n.min^{-1} . Naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny běžci č. 7, který dosáhl 45 n.min^{-1} při běhu a 36 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Rozdíl hodnoty dechové frekvence u běžců na běhátku a bicyklu je věcně významný ($d=0,541$). Statistická významnost nebyla prokázána.



Obrázek 18. Naměřené hodnoty dechové frekvence běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.4.2 Dechová frekvence cyklisté

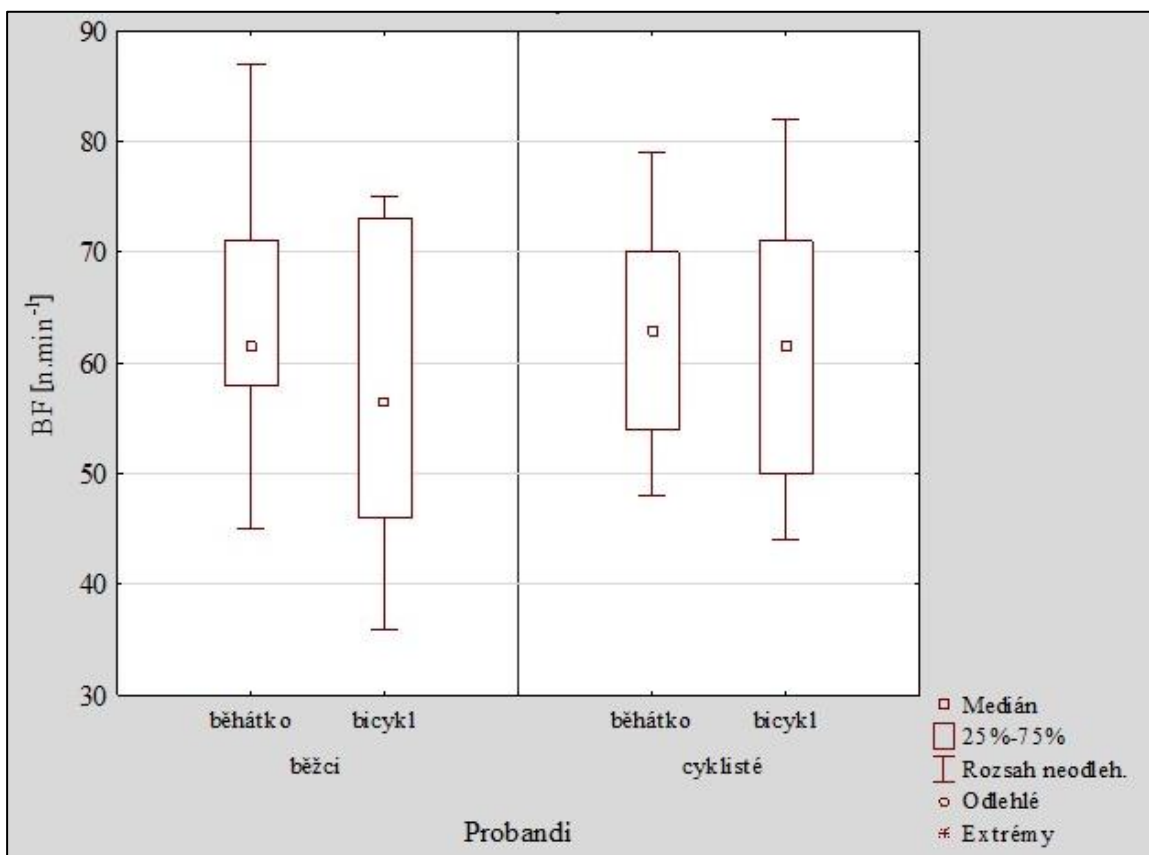
Obrázek č. 19 představuje naměřené hodnoty dechové frekvence za minutu na běhátku a bicyklu u každého cyklisty zvlášť. Na obrázku lze vidět, že polovina cyklistů dosáhla větší dechové frekvence při jízdě na bicyklu a druhá polovina při běhu. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 10, který dosáhl BF 79 n.min^{-1} při běhu a 61 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 4, u kterého byla naměřena hodnota 48 n.min^{-1} při běhu a 50 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Největší naměřená hodnota u cyklistů na běhátku činila 79 n.min^{-1} , tuto hodnotu získal cyklista č. 10. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl cyklista č. 2, a to 82 n.min^{-1} . Nejmenší hodnota změřena u cyklistů na běhátku patřila cyklistovi č. 4, který dosáhl dechové frekvence 48 n.min^{-1} . Na bicyklu se nejmenší hodnota změřila u cyklisty č. 6, který dosáhl dechové frekvence 44 n.min^{-1} . Rozdíl hodnot dechové frekvence u cyklistů není statisticky ani věcně významný.



Obrázek 19. Naměřené hodnoty dechové frekvence cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.4.3 Porovnání hodnot dechové frekvence cyklistů a běžců

Obrázek č. 20 znázorňuje celkový průměr hodnot BF u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklu. Obrázek dokazuje, že tvrzení výše je pravdivé, a to že běžci dosáhli u tohoto parametru v průměru větších hodnot při běhu. Míra dechové frekvence se u cyklistů v průměru liší jen velmi málo. Hodnota dechové frekvence byla u cyklistů na běhátku v průměru $63,30 \pm 9,63 \text{ n.min}^{-1}$, na bicyklu byl její průměr $61,50 \pm 11,50 \text{ n.min}^{-1}$. Hodnota dechové frekvence byla u cyklistů o 2,93 % větší při běhu než při jízdě na bicyklu. Hodnota dechové frekvence byla u běžců na běhátku v průměru $63,80 \pm 11,40 \text{ n.min}^{-1}$, na bicyklu byl její průměr $56,60 \pm 13,63 \text{ n.min}^{-1}$. Hodnota dechové frekvence byla u běžců o 12,72 % větší při běhu než při jízdě na bicyklovém ergometru.

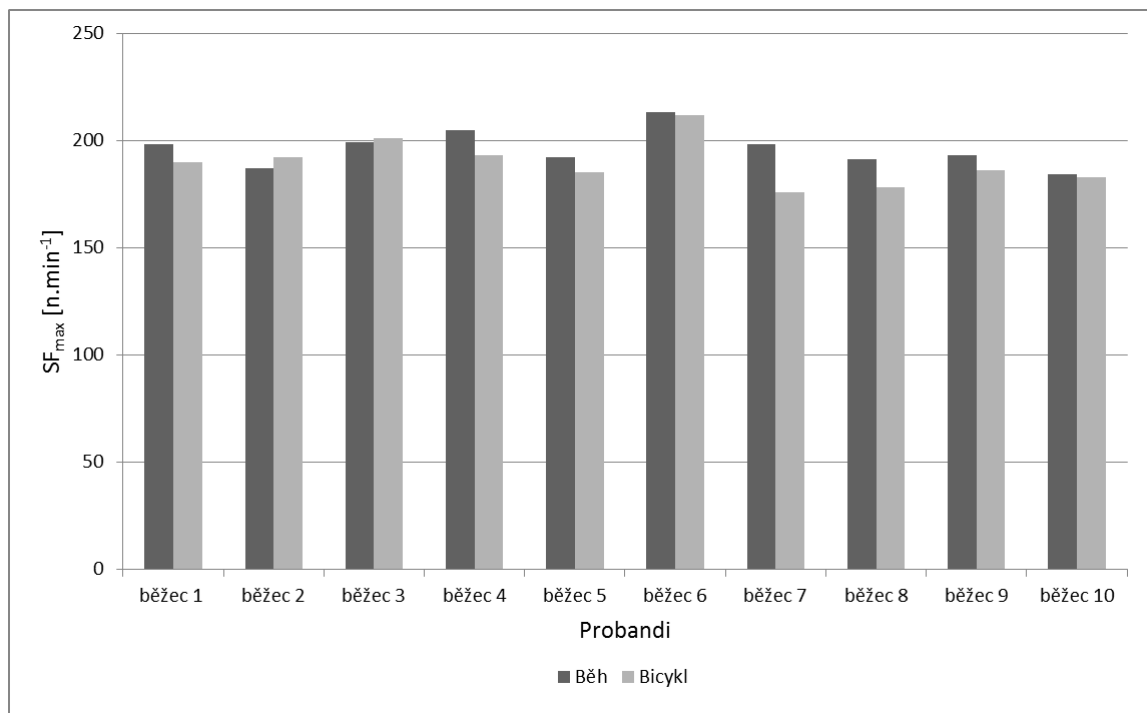


Obrázek 20. Naměřené hodnoty dechové frekvence u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.5 Maximální srdeční frekvence

4.5.1 Maximální srdeční frekvence běžci

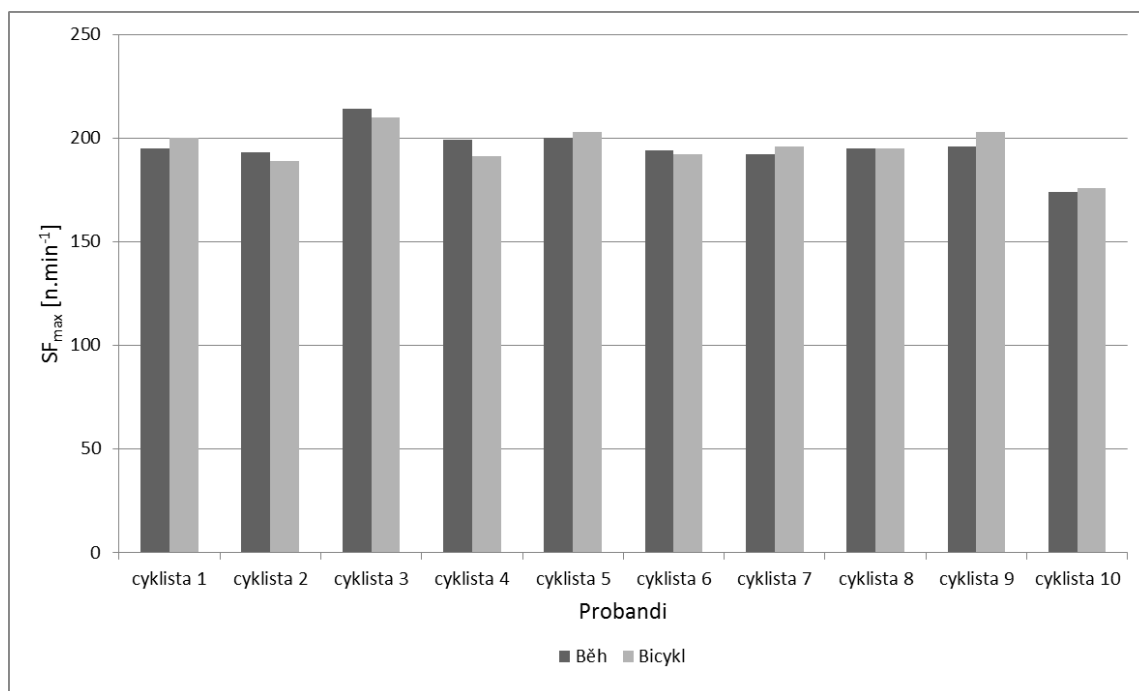
Obrázek č. 21 představuje naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence za minutu na běhátku a bicyklu u každého běžce zvlášť. Na obrázku lze vidět, že osm běžců dosáhlo větší maximální srdeční frekvence při běhu než při jízdě na bicyklu. Dva běžci dosáhli větších hodnot SF_{max} při jízdě na bicyklu. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u běžce č. 7, který dosáhl SF_{max} 198 n.min^{-1} při běhu a pouze 176 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u běžců č. 6 a 10, jejichž rozdíl činil pouhý 1 tep za minutu. Běžec č. 6 dosáhl maximální srdeční frekvence 213 n.min^{-1} při běhu a 212 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu a běžci č. 10 byla naměřena maximální srdeční frekvence 184 n.min^{-1} při běhu a 183 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Největší naměřené hodnoty u běžců byly naměřeny běžci č. 6, a to již zmíněných 213 n.min^{-1} při běhu a 212 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Nejmenší hodnota při běhu byla naměřena běžci č. 10, který dosáhl 184 tepů za minutu. Nejmenší hodnota získaná při jízdě na kole patří běžci č. 7, a to 176 n.min^{-1} . Rozdíl hodnot SF_{max} na běhátku a bicyklu je u běžců věcně ($d=0,656$) i statisticky významný ($p<0,05$).



Obrázek 21. Naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.5.2 Maximální srdeční frekvence cyklisté

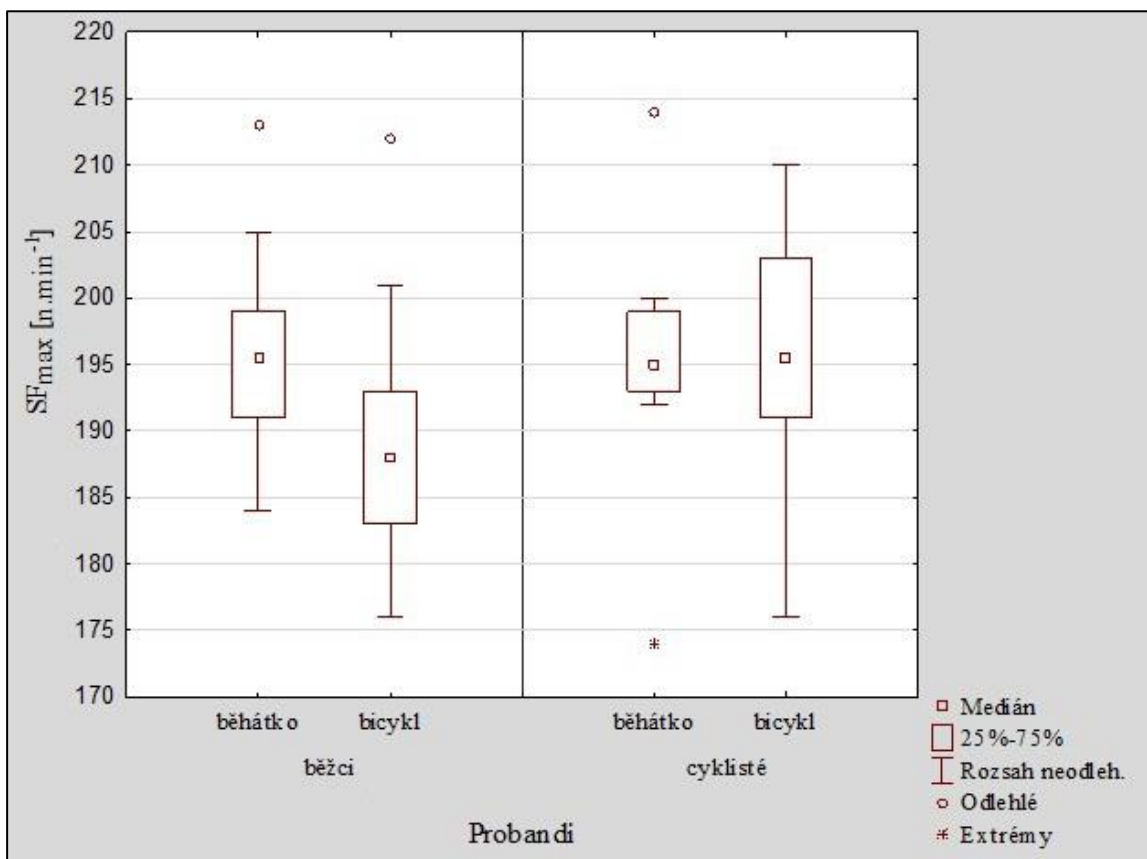
Obrázek č. 22 představuje naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence za minutu na běhátku a bicyklu u každého cyklisty zvlášť. Na obrázku lze vidět, že pět cyklistů dosáhlo větší maximální srdeční frekvence při jízdě na bicyklu, čtyři cyklisté dosáhli větších hodnot při běhu a jeden vyrovnaných hodnot u obou použitých přístrojů. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 4, který dosáhl SF_{max} 199 n.min^{-1} při běhu a 191 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 8, u kterého byly naměřeny shodné výsledky pro běhátko i bicykl a to 195 n.min^{-1} . Největší naměřená hodnota u cyklistů na běhátku činila 214 n.min^{-1} , tuto hodnotu získal cyklista č. 3. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl opět cyklista č. 3, a to 210 n.min^{-1} . Nejmenší hodnoty změřené u cyklistů na běhátku a bicyklu patřily cyklistovi číslo 10, který dosáhl maximální srdeční frekvence 174 n.min^{-1} při běhu a 176 n.min^{-1} při jízdě na bicyklu. Rozdíl hodnot SF_{max} u cyklistů na běhátku a bicyklu není statisticky ani věcně významný.



Obrázek 22. Naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.5.3 Porovnání hodnot maximální srdeční frekvence cyklistů a běžců

Obrázek č. 23 znázorňuje celkový průměr hodnot SF_{max} u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklu. Obrázek dokazuje, že tvrzení výše je pravdivé, a to že běžci dosáhli u tohoto parametru v průměru větších hodnot při běhu. U cyklistů se míra maximální srdeční frekvence v průměru liší jen velmi málo. Hodnota SF_{max} byla u cyklistů na běhátku v průměru $195,2 \pm 9,26 \text{ n.min}^{-1}$, na bicyklu byl její průměr $195,5 \pm 8,93 \text{ n.min}^{-1}$. Hodnota maximální srdeční frekvence byla u cyklistů o 0,15 % větší při jízdě na bicyklu. Hodnota SF_{max} byla u běžců na běhátku v průměru $196,0 \pm 8,13 \text{ n.min}^{-1}$, na bicyklu byl její průměr $189,6 \pm 10,22 \text{ n.min}^{-1}$. Hodnota maximální srdeční frekvence byla u běžců o 3,38 % větší při běhu než při jízdě na bicyklovém ergometru.

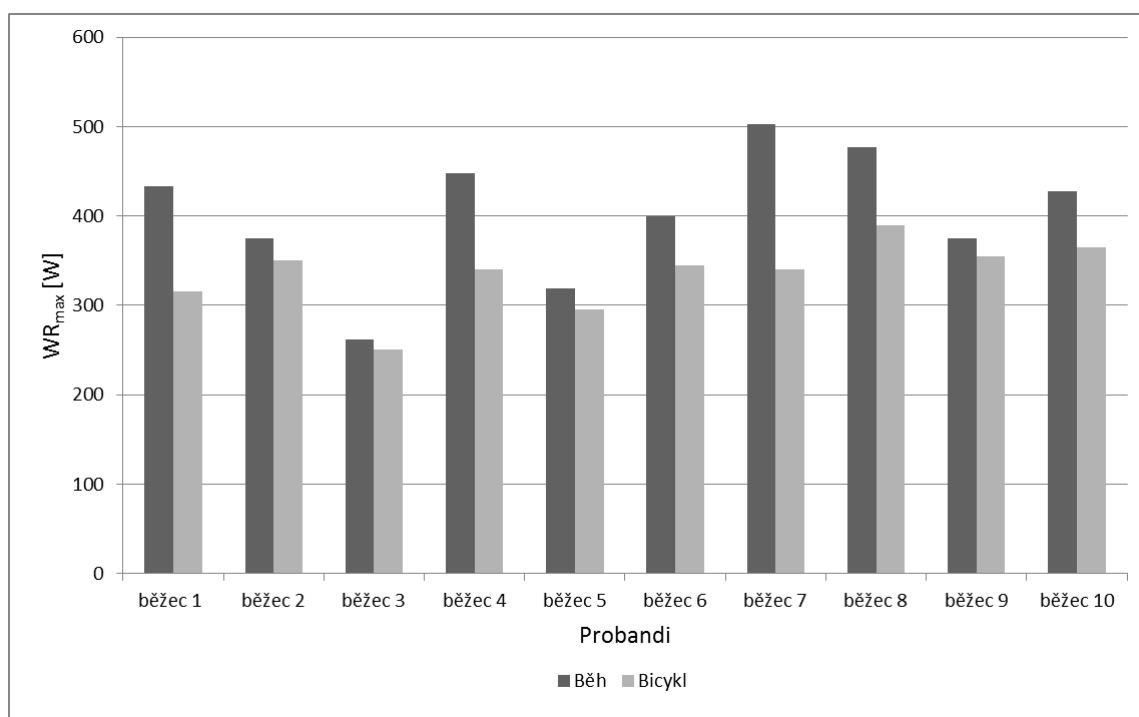


Obrázek 23. Naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.6 Maximální wattový výkon

4.6.1 Maximální wattový výkon běžci

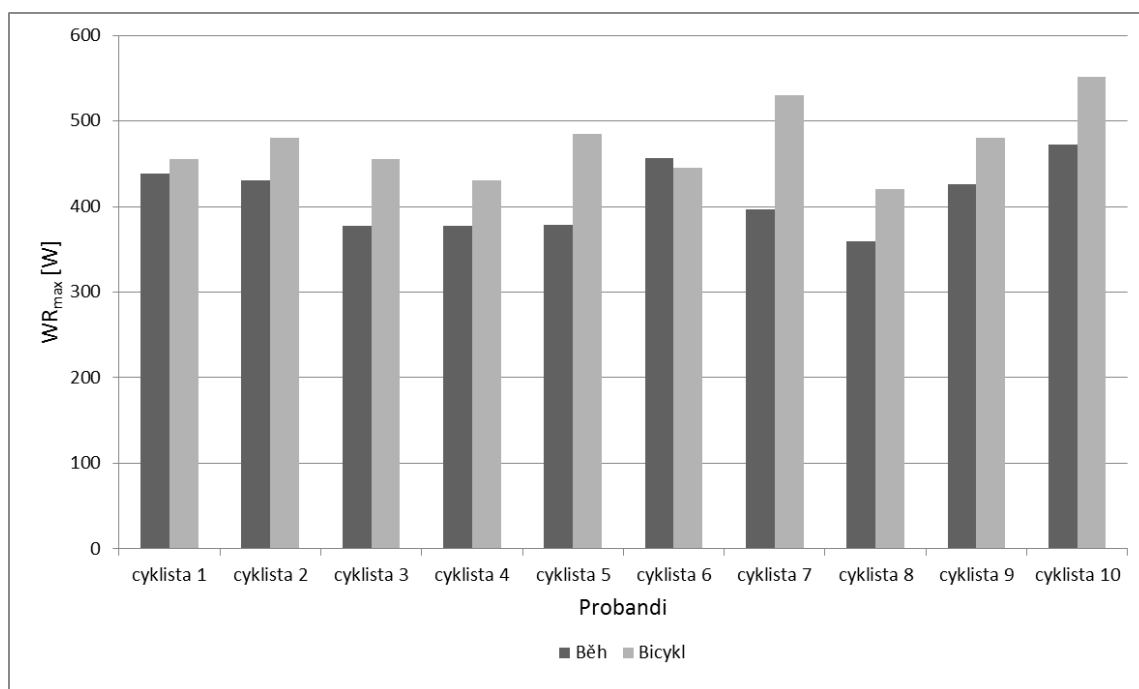
Obrázek č. 24 představuje naměřené hodnoty WR_{max} na běhátku a bicyklu u každého běžce zvlášť. Na obrázku lze vidět, že všech deset běžců dosáhlo většího maximálního wattového výkonu při běhu než při jízdě na bicyklu. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátka byl zaznamenán u běžce č. 7, který dosáhl WR_{max} 503 W při běhu a pouze 340 W při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátka byl zaznamenán u běžce č. 3, který dosáhl maximálního wattového výkonu 262 W při běhu a 250 W při jízdě na bicyklu. Největší naměřená hodnota u běžců na běhátku činila již zmíněných 503 W běžce č. 7. Největší hodnoty na bicyklu dosáhl běžec č. 8, a to 390 W. Naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny běžci č. 3, který dosáhl maximálního wattového výkonu 262 W při běhu a 250 W při jízdě na bicyklu. Rozdíl hodnot maximálního wattového výkonu u běžců na běhátku a bicyklu je věcně ($d=1,155$) i statisticky významný ($p<0,01$).



Obrázek 24. Naměřené hodnoty wattového výkonu běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.6.2 Maximální wattový výkon cyklisté

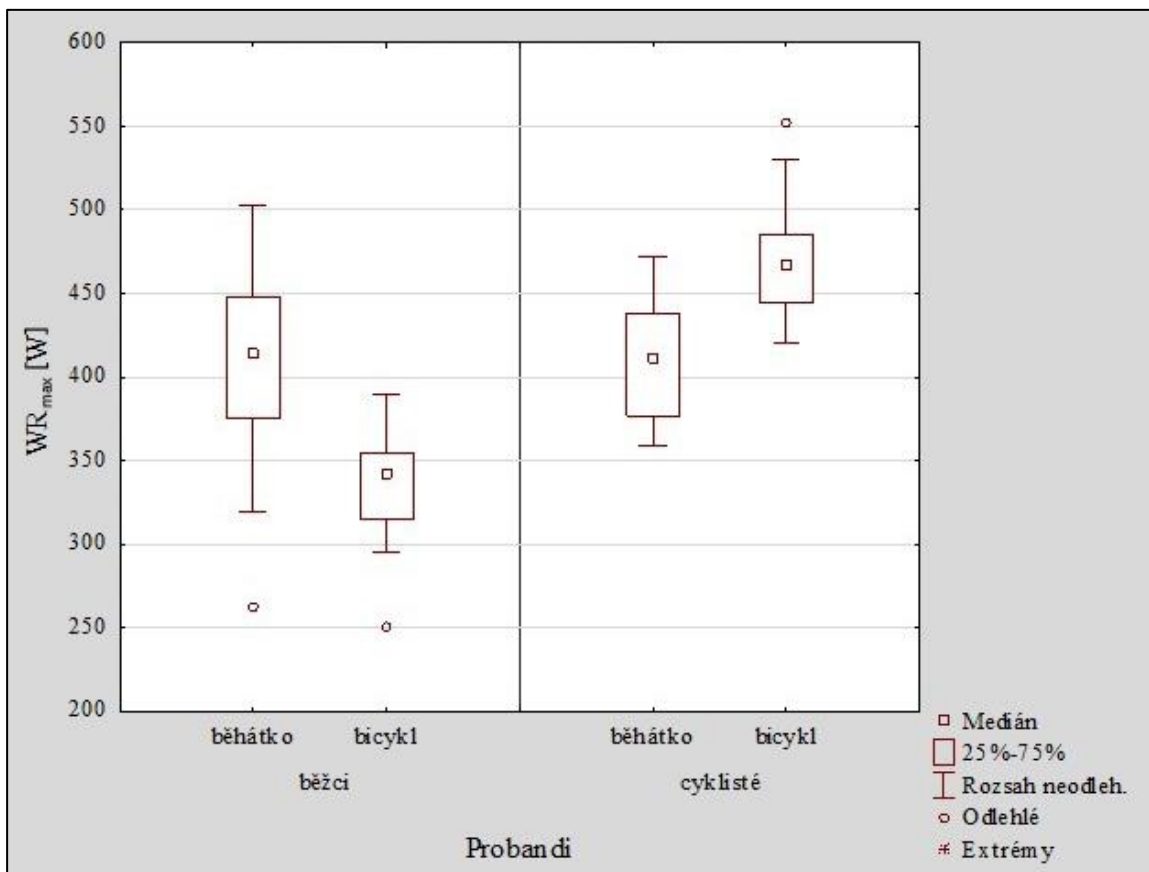
Obrázek č. 25 představuje naměřené hodnoty WR_{max} na běhátku a bicyklu u každého cyklisty zvlášť. Na obrázku lze vidět, že devět cyklistů dosáhlo většího maximálního wattového výkonu při jízdě na bicyklu. Pouze jeden cyklista dosáhl větších hodnot při běhu. Největší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 7, který dosáhl WR_{max} 397 W při běhu a 530 W při jízdě na bicyklu. Nejmenší rozdíl hodnot pro bicykl a běhátko byl zaznamenán u cyklisty č. 6, který dosáhl 456 W při běhu a 445 W při jízdě na bicyklu. Největší hodnoty maximálního wattového výkonu byly naměřeny u cyklisty č. 10, a to 552 W na bicyklu a 472 W na běhátku. Nejmenší hodnoty změřené u cyklistů na běhátku a bicyklu patřily cyklistovi č. 8, který dosáhl maximálního wattového výkonu 420 W při jízdě na bicyklu a 359 W na běhátku. Rozdíl hodnot maximálního wattového výkonu u cyklistů na běhátku a bicyklu je věcně ($d=1,543$) i statisticky významný ($p<0,01$).



Obrázek 25. Naměřené hodnoty wattového výkonu cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.

4.6.3 Porovnání hodnot maximálního wattového výkonu cyklistů a běžců

Obrázek č. 26 znázorňuje celkový průměr hodnot WR_{max} u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklu. Obrázek dokazuje, že tvrzení výše je pravdivé, a to že běžci dosáhli u tohoto parametru v průměru větších hodnot při běhu a cyklisté při jízdě na bicyklu. Hodnota WR_{max} byla u cyklistů na běhátku v průměru $411,1 \pm 36,46$ W, na bicyklu byl její průměr $473,2 \pm 39,77$ W. Hodnota maximálního wattového výkonu byla u cyklistů o 15,11 % větší při jízdě na bicyklu. Hodnota WR_{max} byla u běžců na běhátku v průměru $402,0 \pm 68,94$ W, na bicyklu byl její průměr $334,50 \pm 37,31$ W. Hodnota maximálního wattového výkonu, byla u běžců o 20,18 % větší při běhu než při jízdě na bicyklovém ergometru.



Obrázek 26. Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.

5 Diskuze

Rozdíly mezi oběma ergometry, jsou zejména ve výsledcích šetření, které jsou důsledkem odlišného pohybového stereotypu (Bunc, 2012).

Hodnoty změřené na bicyklu jsou o cca 10—12 % nižší než hodnoty na běžeckém ergometru (Bunc, 2009). Podle Bartůňkové et al. (2013) jsou hodnoty $VO_2\max$ o 5—10 % vyšší na běžeckém ergometru než na ergometru bicyklovém. U námi testovaného souboru běžců jsme naměřili hodnoty $VO_2\max$ o 8,21 % větší na běžeckém ergometru. Naše naměřené hodnoty $VO_2\max$ běžců jsou v souladu s tvrzením Bartůňkové et al. (2013). Všech 10 námi testovaných běžců dosáhlo vyšší hodnoty $VO_2\max$ při běhu na běžeckém ergometru. Rozdíl hodnot $VO_2\max$ je u běžců věcně ($d=0,903$) i statisticky významný ($p<0,01$). Tím byla potvrzena hypotéza 1.

Dle Máčka a Radvanského (2012) se u vrcholně trénovaných sportovců, např. běžců, cyklistů, plavců a chodců naměří obvykle maximální příjem kyslíku při jejich specifické zátěži. Všech 10 cyklistů dosáhlo větších hodnot $VO_2\max$ v průměru o 8,30 % na bicyklovém ergometru. Naše naměřené hodnoty $VO_2\max$ jsou v souladu s tímto tvrzením. Rozdíl hodnot $VO_2\max$ je u cyklistů věcně ($d=0,923$) i statisticky významný ($p<0,01$). Tím byla potvrzena hypotéza 2.

Náš předpoklad se vyplnil, a to že cyklisté dosáhnou větších hodnot $VO_2\max$ při jízdě na bicyklu a běžci při běhu na běhátku, avšak větší rozdíl výsledných hodnot jsme očekávali u běžců. Předpokládali jsme, že pro cyklisty nebude dělat běh, který vychází z přirozeného pohybu — chůze, takové problémy, jako pro běžce technika jízdy na bicyklu.

Větší hodnoty $VO_2\max$ běžců při běhu mohou být způsobeny zapojením většího počtu svalových skupin, dokonalejší ekonomikou pohybu při běhu a zvládnutí vyšších rychlostí na běžeckém ergometru. Důvodem větších hodnot cyklistů při jízdě na bicyklu může být limitující faktor rychlosti běhu, který vzniká při testu na běžeckém ergometru. Důvodem k ukončení testu tedy nemuselo být úplné vyčerpání dýchacího, oběhového a metabolického systému, ale zvládnutí běhu ve vyšších rychlostech (Bartůňková et al., 2013).

Z tohoto důvodu jsme od testovaných cyklistů získávali údaje naběhaných kilometrů v posledním roce tréninku. Vycházeli jsme z logického předpokladu, že u cyklistů s větším počtem naběhaných kilometrů, nebude vyšší rychlost běžeckého

ergometru činit takové problémy jako cyklistům, kteří nejsou v takové míře navyklí na běh. U cyklistů č. 6 a 9, byl počet naběhaných kilometrů za rok největší z celého souboru cyklistů (250—300 km). U daných cyklistů byl rozdíl hodnot VO_2max u bicyklu a běhátku od 2—4 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$, tento rozdíl hodnot patřil mezi nejmenší. U cyklistů s nejmenším počtem naběhaných kilometrů za rok (50—80 km) činil rozdíl mezi běhátkem a bicyklem 3—8 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$. Tento rozdíl patřil mezi největší. Odpověď na vědeckou otázku u cyklistů je ano, počet naběhaných kilometrů v posledním roce tréninku souvisí s rozdílem hodnot VO_2max , avšak pro jednoznačnou závislost by bylo nutné testování provést na početnější skupině cyklistů.

Od skupiny testovaných běžců jsme získávali naopak počet najetých kilometrů na kole v posledním roce tréninku. Největší počet kilometrů byl zaznamenán u běžců č. 3, 4 a 7 (900—1500 km). U těchto běžců však činil rozdíl mezi hodnotami na běhátku a bicyklu 5—10 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$, tyto rozdíly patřily mezi největší. Nejmenší počet najetých kilometrů v posledním roce tréninku patřil běžcům č. 1, 2 a 10 (20—150 km). Rozdíl hodnot u těchto běžců činil na běhátku a bicyklu 2—5 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$, tyto hodnoty patřily mezi nejmenší. Odpověď na vědeckou otázku u běžců je ne, počet najetých kilometrů na kole v posledním roce tréninku nesouvisí s rozdílem hodnot VO_2max , avšak pro jednoznačnou závislost by bylo nutné testování provést na početnější skupině běžců.

Dechový objem je částečně závislý na dechové frekvenci a společně určují minutovou ventilaci (Bartůňková et al., 2013). Naměřené hodnoty dechového objemu byly u běžců o 7,96 % větší při jízdě na bicyklu. Tyto výsledky pro nás byly velice překvapující a bylo by příhodné učinit výzkum se zaměřením na dechový objem na bicyklovém a běžeckém ergometru u početnější skupiny běžců. Možné vysvětlení může být v horší koordinaci horní poloviny těla při běhu ve větších rychlostech. Při jízdě na bicyklu zůstává horní polovina těla „fixována“ a v důsledku této fixace se daný testovaný může více zaměřit na ekonomiku dechu.

Hodnoty dechového objemu u cyklistů byly taktéž větší na bicyklu, a to o 15,88 %. Zde je rozdíl ještě znatelnější a může přispívat teorii již zmíněnou u běžců. Cyklisté mohou mít ještě výraznější problémy s koordinací pohybu ve vyšších rychlostech běhu a tím může docházet k nabourání jejich dechového stereotypu ve větší míře než u běžců.

Hodnoty minutové ventilace byly u běžců, i přes menší dechový objem, o 5,73 % větší při běhu. Menší dechový objem při běhu byl u běžců kompenzován mírou dechové frekvence, která byla při běhu o 12,72 % větší. Hypotéza 3 byla potvrzena.

Hodnoty minutové ventilace byly u cyklistů o 9,78 % větší při jízdě na bicyklu, tento výsledek byl předpokládán a hypotéza 4 byla potvrzena. Hodnoty dechové frekvence byly u cyklistů, stejně jako u běžců, vyšší na běžeckém ergometru a to o 2,93 %, čímž se snažili kompenzovat nižší dechový objem při běhu.

Výsledné hodnoty maximální srdeční frekvence dopadly dle našich předpokladů. Běžci dosáhli o 3,38 % větších hodnot při běhu. Tato výsledná hodnota může být důsledkem zapojení více svalových skupin při běhu a také větší pravděpodobností dosažení svého „vita maxima“, při stejném strukturálním typu pohybu jako u svého sportu.

Hodnoty maximální srdeční frekvence byly u cyklistů pouze o 0,15 % větší při jízdě na bicyklu. Tento výsledek může podpořit již zmíněné důvody, a to takové, že při běhu dochází k zapojení více svalových skupin, ale zároveň větší pravděpodobnost dosažení svého maxima při stejném strukturálním pohybu jako u svého sportu. Proto pravděpodobně nebyl u cyklistů rozdíl hodnot maximální srdeční frekvence na běhátku a bicyklu tak výrazný.

Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu byly u běžců o 20,18 % větší na běhátku. Běžci nebyli schopni dosáhnout na bicyklu takového wattového výkonu, jako jim byl přístrojem vypočítán při běhu z jejich váhy a maximální dosažené rychlosti běžeckého ergometru. Tím byla potvrzena hypotéza 5.

U cyklistů byla hodnota maximálního wattového výkonu o 15,11 % větší na bicyklu. Hypotéza 6 byla potvrzena. Menší rozdíl těchto hodnot může být způsoben větší průměrnou hmotností cyklistů o 7,54 kilogramů oproti běžcům. Cyklisté tedy nemuseli dosahovat tak velké rychlosti běhu, jelikož hmotnost hraje ve výsledném wattovém výkonu při běhu důležitou roli. Někteří trenéři cyklistiky nedávají na rozdíl o jiných vytrvalostních sportů rozhodující význam úrovni $VO_2\max$, ale právě maximálnímu wattovému výkonu (Heller, 2018). Z tohoto důvodu, bylo pro naši práci důležité zařadit i tento parametr.

Jsme si vědomi toho, že výsledky testů mohou být ovlivněny celou řadou faktorů, které představují zdravotní stav, psychický stav, kvalitu spánku, stravovací a pitný režim apod. Bohužel, zajistit optimální úroveň všech těchto proměnných nebylo v rámci naší bakalářské práce možné.

Snažili jsme se o co nejvíce podobné nastavení tréninkového režimu před oběma testy. Rozdíly průměrné minutové dotace před testy jsou pouze u nízkých a středních intenzit. Všichni probandi jsou vysoce trénovaní a tréninkové jednotky v těchto intenzitách nemají vliv na jejich stav únavy. Možnost ovlivnění testů z důvodu jiného stavu aktuální únavy byla také snížena plánem s křížovou klasifikací a opakováním měření (Hendl, 2004). Běžci a cyklisté byli náhodně rozděleni na dvě poloviny, kdy jedna polovina běžců absolvovala první test na běžeckém a druhá na bicyklovém ergometru, tento postup byl aplikován i u skupiny cyklistů.

6 Závěr

Hlavní částí této práce byla snaha porovnat výsledky testu spiroergometrie změřené na běhátku a bicyklovém ergometru. Spiroergometrický test měl standardizovanou podobu $VO_2\text{max}$ stupňovaného testu do „vita maxima“. Pro test byla záměrně zvolena skupina běžců a cyklistů, u kterých je při vykonávání jejich sportu strukturálně pohybová činnost stejná, jako při provádění měření v laboratoři. Obě skupiny probandů byly adolescentního věku. Testování proběhlo v Laboratoři funkční zátěžové diagnostiky na Katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích.

Z výsledků naší práce vyplývá jednoznačný vliv na hodnotu $VO_2\text{max}$ při laboratorním testování na dvou rozdílných ergometrech, a to běžeckém a bicyklovém. Hodnoty $VO_2\text{max}$ změřené na běhátku byly u všech probandů běžců větší než na bicyklovém ergometru. Tím byla potvrzena hypotéza 1.

Hodnota $VO_2\text{max}$ nemusí být u sportovců různých sportovních disciplín větší na běžeckém ergometru, z důvodu zapojení více svalových skupin, než na ergometru bicyklovém. U sportovců, kde převažuje pohybová činnost jízda na kole nebo strukturálně podobná pohybová činnost (např. bruslení), může dojít k dosažení větších hodnot na ergometru bicyklovém. Všichni testovaní cyklisté dosáhli větší hodnoty $VO_2\text{max}$ na bicyklovém ergometru. Tím byla potvrzena hypotéza 2.

Při vyšší rychlosti běhu se zvyšují nároky na koordinaci pohybu, to může být důvodem ovlivnění hodnot dechového objemu. Běžci i cyklisté dosáhli menších hodnot dechového objemu při běhu.

Rozdíl hodnoty minutové ventilace u běžců na běhátku a bicyklu je věcně významný. Běžci dosahovali větších hodnot i přes menší dechový objem při běhu. Tím se potvrdila hypotéza 3.

Věcná významnost byla prokázána i u rozdílu minutové ventilace cyklistů. Cyklisté dosahovali větších hodnot minutové ventilace při jízdě na bicyklovém ergometru. Tím byla potvrzena hypotéza 4.

U parametru dechové frekvence byla zjištěna věcná významnost pouze u běžců. Běžci dosahovali významně větších hodnot při běhu.

Rozdíl hodnot maximální srdeční frekvence na bicyklovém a běžeckém ergometru vyšel statisticky a věcně významný pouze u běžců, kteří dosahovali větších hodnot při běhu.

Věcně i statisticky významný rozdíl naměřených hodnot maximálního wattového výkonu byl zjištěn u běžců i cyklistů. Běžci získali větší hodnoty při běhu, cyklisté naopak při jízdě na bicyklovém ergometru. Hypotézy 5 a 6 byly potvrzeny.

Výsledky naší práce prokázaly, že při laboratorním vyšetření, resp. testu spiroergometrie, mohou být věcně i statisticky významné rozdíly ve výsledcích při použití běžeckého či bicyklového ergometru. U vrcholně trénovaných sportovců je vhodné využít ergometr, u kterého je vykonávaný pohyb co nejvíce obdobný jejich specifické zátěži.

7 Použitá literatura

- Bartůňková, S. (2010). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. Praha: Karolinum.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Štefl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: UK FTVS.
- Beunen, G. (2001). Physical growth, maturation and performance. In R. Eston & T. Reilly (Eds.), *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual, vol. 1*, 65–90. London: Routledge.
- Blahuš, P. (2000). Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česka kinantropologie*, 4(2), 53–72.
- Bompa, T. O. (2000). *Total Training for Young Champions. Proven conditioning programs for athletes ages 6 to 18*. Champaign: Human Kinetics.
- Bunc, V. (2009). Diagnostics of sport performance predisposition. *Sci.Rev.Phys. Culture*. 12(1), 5–14.
- Bunc, V. (2012). Kvantitativní a kvalitativní diagnostika ve hrách. In V. Vojtík & L. Charvát (Eds.), *Hry 2012*, 7–13. Plzeň: ZU.
- Bunc, V. (2013). Functional profile of young trained athletes. *Czech kinanthropology*, 17(4).
- Buzek, M. (2007). *Trenér fotbalu „A“ UEFA licence*. Praha: Olympia.
- Cattell, R. (1970). *The scientific analysis of personality*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Cihlář, J., Hamouz, M., Malíř, J. (1991). *Cyklistika pro každého*. Praha: Olympia.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic Press.
- Daniels, J. (2013). *Daniels' running formula*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dylevský, I. (2013). *Základy funkční anatomie člověka*. Praha: ČVÚT.
- Jiráček, Z. (2007). *Fyziologie pro bakalářské studium na ZSF OU*. Ostrava: OU.
- Hanon, C., & Thomas, C. (2011). Effects of optimal pacing strategies for 400-, 800-, and 1500-m races on the [Vdot] O₂ response. *Journal of sports sciences*, 29(9), 905–912.
- Havlíčková, L. (1993). *Fyziologie tělesné zátěže II: Speciální část – 1. díl*. Praha: UK.
- Heller, J., & Vodička, P. (2011). *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Karolinum.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hnízdil, J., Kirchner, J., & Novotná, D. (2005). *Spinning: technika jízdy, trénink, výběr hudby*. Praha: Grada.
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kolesár, J., & Mikeš, Z. (1981). *Ergometria v klinickej praxi*. Martin: Osveta.
- Kučera, V., & Truksa, Z. (2000). *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha: Olympia.

- Kuhn, K., Nüsser, S., Platen, P., & Vafa, R. (2005). *Vytrvalostní trénink*. České Budějovice: Kopp.
- Londeree, B. R. (1986). The use of laboratory test results with long distance runners. *Sports Medicine*, 3, 201—213.
- Mareš, J., Bernášková, K., Matějovská, I., & Pometlová, M. (2013). *Úvod do preklinické medicíny*. Praha: UK 3. LF.
- Martens, R. (1996). *Successful coaching*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Matolín, S. (1993). Atletika. In Havlíčková et al., *Fyziologie tělesné zátěže II, Speciální část – 1. Díl*, 3—42. Praha: Karolinum.
- Máček, M. & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Mourek, J. (2012). *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbalk, A. (2000). *Successful endurance training*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Noakes, T. (2002). *Lore of running*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Norton, K., Norton, L. & Sadgrove, D. (2010) Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 469—502.
- Pearn, J. (1978). Two early dynamometers. A historical account of the earliest measurements to study human muscular strength. *Journal of Neurological Science*, 37(1—2), 127—134.
- Perič, T. (2004). *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada.
- Peronnet, F., Thibault, G., & Cousineau, D. (1991). A theoretical analysis of the effect of altitude on running performance. *J Appl Physiol*. 70, 399—404.
- Puleo, J., & Milroy, P. (2014). *Běhání - anatomie*. Brno: CPress.
- Římák, P., Fiala, J., Kunzová, S. & Kaňovský, P. (2012). Comparison of physical fitness examinations measured on bicycle ergometer and treadmill for the purpose of primary preventive examination. *Hygiena*, 57(4), 135—143.
- Schmidt, P. (1991). Taktika běžce na středních a dlouhých tratích. In P. Moravec, et al., *Sborník prací k problematice středních tratí*. Praha: Olympia.
- Štumbauer, J. (1990). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích.
- Tipton, C. M. (1998). Contemporary exercise physiology: fifty years after the closure of Harvard Fatigue Laboratory. *Exercise and Sport Science Review*, 26, 315—339.
- Ulbrichová, M. (1980). Somatická charakteristika sportovců jako podklad pro výběr sportovně talentované mládeže. *Teor. Praxe těl. Vých.*, 3, 151—155.
- Van Praagh, E. & Franca, N. M. (1998). Measuring maximal short-term power output during growth. In E. Van Praagh (Ed.), *Pediatric anaerobic performance*, 155—189, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilmore, J., & Costill, D. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Internetové zdroje

- Compek (2010). *Cortex Metacontrol 3000*. Přístup dne 20.12.2018, z <http://www.compek.cz/cortex-metacontrol-3000.htm>
- Cortex (2018). *Metalyzer 3B*. Přístup dne 01.08.2018, z <http://cortex-medical.de/EN/METALYZER-3B-en.htm>
- Compek (2018). *Speciální ergometr LODE Excalibur Sport*. Přístup dne 07.08.2018, z <http://www.compek.cz/ergometr-excalibur-sport.htm>
- Compek medical services (2014). *Vybavení funkčních laboratoří*. Přístup dne 14.08.2018, z http://www.compek.cz/pool/vzor/upload/pdf/Katalog_Vybaveni_funkcnich_laboratori_2014_web.pdf
- Fitham (2018). *Tanita BC-418 MA*. Přístup dne 21.12.2018, z <https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>
- Kyslíkový dluh a kyslíkový deficit (2006). *Fyziologie tělesné zátěže – vybrané kapitoly*. Přístup dne 20.8.2018 z <https://is.muni.cz/elportal/estud/fsps/js07/fyzio/texty/ch02s02.html>
- Lode (2018). *Excalibur sport*. Přístup dne 23.3.2019, z <https://www.lode.nl/en/product/valiant-2-sport/507>
- Polar (2018). *Hrudní pás POLAR H7 Bluetooth černý*. Přístup dne 04.12.2018, z <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-cerny>

Seznam tabulek

Tabulka 1. Morfofunkční ukazatele u silničních a horských (MTB) cyklistů vysoké výkonnosti podle Hellera (2018), s. 123.	15
Tabulka 2. Morfofunkční ukazatele u elitních běžců na střední a dlouhé tratě dle Hellera (2018), s. 92.	17
Tabulka 3. Popis zkoumaných probandů — cyklisté.	31
Tabulka 4. Popis zkoumaných probandů — běžci.	32
Tabulka 5. Kategorizace pohybové aktivity dle intenzity (Norton K., Norton L., & Sadgrove, 2010, s. 470; upraveno).	44
Tabulka 6. Minutová dotace pohybové aktivity cyklistů před prvním testováním.	45
Tabulka 7. Minutová dotace pohybové aktivity cyklistů před druhým testováním.	44
Tabulka 8. Minutová dotace pohybové aktivity běžců před prvním testováním.	46
Tabulka 9. Minutová dotace pohybové aktivity běžců před druhým testováním.	46

Seznam obrázků

Obrázek 1. Závislost $VO_2\text{max}$ na věku u trénovaných a netrénovaných osob obou pohlaví podle Neumanna, Pfütznera, & Berbalkové (2000), s. 26.	13
Obrázek 2. Směr síly při šlapání podle Cihláře, Hamouze, & Malíře (1991), s. 60.	15
Obrázek 3. Tanita BC 418 MA.	34
Obrázek 4. Cortex MetaControl 3000.	35
Obrázek 5. Cortex MetaLyzér 3B.	36
Obrázek 6. Ergometr LODE Excalibur Sport.	37
Obrázek 7. Ergometr LODE Valiant Plus.	38
Obrázek 8. Hrudní pás Polar H7 a spiroergometrická maska.	39
Obrázek 9. Hodnota maximální spotřeby kyslíku u běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	48
Obrázek 10. Hodnota maximální spotřeby kyslíku u cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.	49
Obrázek 11. Naměřené hodnoty $VO_2\text{max}$ u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	50
Obrázek 12. Naměřené hodnoty dechového objemu u běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	51
Obrázek 13. Naměřené hodnoty dechového objemu u cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.	52
Obrázek 14. Naměřené hodnoty dechového objemu u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	53
Obrázek 15. Naměřené hodnoty minutové ventilace běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	54
Obrázek 16. Naměřené hodnoty minutové ventilace cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.	55
Obrázek 17. Naměřené hodnoty minutové ventilace u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	56
Obrázek 18. Naměřené hodnoty dechové frekvence běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	57
Obrázek 19. Naměřené hodnoty dechové frekvence cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.	58
Obrázek 20. Naměřené hodnoty dechové frekvence u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	59
Obrázek 21. Naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	60
Obrázek 22. Naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.	61
Obrázek 23. Naměřené hodnoty maximální srdeční frekvence u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	62
Obrázek 24. Naměřené hodnoty wattového výkonu běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	63
Obrázek 25. Naměřené hodnoty wattového výkonu cyklistů na běhátku a bicyklovém ergometru.	64
Obrázek 26. Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu u cyklistů a běžců na běhátku a bicyklovém ergometru.	65