



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 běhátku a bicyklovém ergometru u tenistů

Vypracoval: Daniel Paťa

Vedoucí práce: PhDr. Petr Bahenský PhD.

České Budějovice, 2023



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 spiroergometry results on treadmill and bicycle ergometer for tennis players

Author: Daniel Pařha

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský PhD.

České Budějovice, 2023

Bibliografická identifikace

Název bakalářské práce: Porovnání výsledků testu spiroergometrie na běhátku a bicyklovém ergometru u tenistů

Jméno a příjmení autora: Daniel Pařha

Studijní obor: Zs-TVs-SZs

Pracoviště: Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

Vedoucí bakalářské práce: PhDr. Petr Bahenský PhD.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2023

Abstrakt:

V této práci porovnááme výsledky laboratorních zátěžových testů na běžeckém a bicyklovém ergometru u výkonnostních tenistů ve věku 16–39 let. Tyto ergometry máme dostupné v laboratoři na KTVS PF JCU. Tenisti, kteří se do výzkumu zapojili, absolvovali oba testy v rozmezí maximálně jednoho týdne. Před oběma testy měli stejný režim a stejnou fyzickou kondici, aby byly výsledky testů ovlivněny pouze jejich výkonem. Měřili jsme hodnoty $VO_2\max$, dechové frekvence, tepové frekvence, minutové ventilace, dechového objemu, respiračního kvocientu, ventilačního ekvivalentu kyslíku a oxidu uhličitého a tepový kyslík. Hodnota, na kterou jsme se zaměřili nejvíce bylo $VO_2\max$. Z našich výsledků je patrné, že průměrná naměřená hodnota $VO_2\max$ na běžeckém ergometru byla $49,8 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $45,3 \pm 6,4 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ na bicyklovém ergometru. Tenisté tudíž dosahovali lepších výsledků na běžeckém ergometru a dokázali jsme, že v porovnání s bicyklovým ergometrem je pro ně běžecký ergometr vhodným přístrojem pro zátěžové vyšetření.

Klíčová slova: tenisté, $VO_2\max$, běhátko, bicykl, spiroergometrie

Bibliographical identification

Title of the bachelor thesis: Comparison of spiroergometry results on treadmill and bicycle ergometer for tennis players.

Author's first name and surname: Daniel Pařha

Field of study: Zs-TVs-SZs

Department: Department of Sports studies

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, PhD.

The year of presentation: 2023

Abstract:

In this study, we compare the results of laboratory stress tests on a treadmill and a stationary bike in performance tennis players aged between 16—39 years. We had both ergometers available in the laboratory at the KTVS PF JCU. The tennis players who participated in the research underwent both tests within a maximum of one week. Before both tests, they had the same regimen and physical condition to ensure that the results of the tests were influenced only by their performance. We measured values such as $VO_2\text{max}$, respiratory rate, heart rate, minute ventilation, tidal volume, respiratory quotient, oxygen and carbon dioxide ventilation equivalents and heart oxygen uptake. The value we focused on the most was $VO_2\text{max}$. From our results, it is evident that the average measured $VO_2\text{max}$ value on the treadmill was $49,8 \pm 4,5$ $\text{ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$, and $45,3 \pm 6,4$ $\text{ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ on the stationary bike. Therefore tennis achieved better results on the treadmill, and we demonstrated that, compared to the stationary bike, the treadmill is a suitable device for stress testing.

Keywords: Tennis players, $VO_2\text{max}$, Treadmill, bicycle, spiroergomtery

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této bakalářské práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

17.4.2022

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji vedoucímu mojí bakalářské práce panu PhDr. Petru Bahenskému, PhD. za zapůjčení materiálů, literatury (poskytnutí informací, dat...), dále probandům, kteří se dobrovolně zúčastnili tohoto výzkumu. Děkuji katedře tělesné výchovy a sportu za možnost konání testů v zátěžové laboratoři.

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Teoretická východiska zaměřená na sportovní výkon a laboratorní zátěžovou diagnostiku.....	11
2.1 Sportovní výkon.....	11
2.2 Struktura sportovního výkonu.....	12
2.3 Sportovní výkon v tenise	19
2.4 Fyziologické procesy v tenise	21
2.5 Rozdíly výkonu na různém povrchu	23
2.6 Laboratorní zátěžová diagnostika — historie a obecné poznamenání.....	25
2.6.1 Význam zátěžové funkční diagnostiky	26
2.6.2 VO ₂ max — aerobní výkon.....	27
2.6.3 Provedení testu VO ₂ max.....	29
2.7 Subjektivní vnímání zátěže	31
2.8 Spirometrické a spiroergometrické ukazatele	32
3. Metodologie.....	37
3.1 Cíl práce	37
3.2 Úkoly práce	37
3.3 Hypotézy.....	37
3.4 Výzkumné otázky.....	37
4. Metodika.....	39
4.1 Charakteristika testovaného souboru	39
4.2 Použité testovací přístroje.....	40
4.3 Design výzkumu.....	47
4.4 Použité metody.....	49
4.5 Pohybová aktivita mezi prvním a druhým testováním.....	50
5. Výsledky	53
6. Diskuze	68
7. Závěr.....	73
Referenční seznam literatury	75
Poznámkový aparát	77
Seznam příloh	78

1. Úvod

Při výběru tématu své bakalářské práce jsem se chtěl hlavně zaměřit na téma, ke kterému mám blízko a rád se o něm dozvím něco více a prohloubím tak svoje znalosti v oboru. V druhém ročníku studia jsme měli předmět fyziologie s panem doktorem Bahenským, který nám ukazoval všechny různé testy ať už laboratorní, nebo terénní, co měří a zobrazují, jaké mají využití pro sportovce a běžnou populaci. Informace mě zaujaly a při výběru tématu bakalářské práce jsem neváhal zvolit porovnání výsledků testů spiroergometrie na běžeckém a bicyklovém ergometru u různých sportovců. Po konzultaci s doktorem Bahenským jsme se domluvili, že naši testovaní sportovci budou tenisté, což jsem chtěl, protože tenis je sport pro mě hodně blízký a chci se v něm dále rozvíjet.

Tento výzkum je zaměřen na laboratorní testování sportovců, konkrétně tenistů. Moderní testování atletů v laboratořích se vyvinulo před 100 lety, kdy se začínala stanovovat maximální spotřeba kyslíku ($VO_2\max$) jako měřítko aerobní kapacity. A.V. Hill představil koncept tohoto testu již ve dvacátých letech, byl to Henry Taylor, Per-Olof Astrand a Bengt Saltin, kteří provedli odborné metodologické studie. Tyto studie upevnily patřičné protokoly a fyziologické indikátory měření maximální spotřeby kyslíku (Seiler, 2011).

V naší práci se budeme zabývat laboratorním testováním fyzické zdatnosti tenisových hráčů, porovnání výsledkových protokolů ze spiroergometrických přístrojů. Určení, který z těchto přístrojů je pro tenisty ideálnější variantou pro měření fyzické zdatnosti, a který mohou využít při porovnání svých pokroků v kondici. Ideálně dokáží trenéři zjistit, na jakou míru zdatnosti se hráč musí dostat, aby dosahoval lepších výsledků v dlouhých zápasech a vícedenních turnajích.

Laboratorní testy jsou v posledních trendech stále více odsouvány do pozadí, protože neukazují přímý vztah s úrovní hry daného hráče. Je to ale stále relevantní prvek k měření obecné fyzické zdatnosti, ze které lze předpokládat, jak bude hráčovo tělo reagovat na dlouhé a náročné zápasy a jestli je jeho fyzická kondice adekvátní ke zvládnutí těchto zápasů.

2. Teoretická východiska zaměřená na sportovní výkon a laboratorní zátěžovou diagnostiku

2.1 Sportovní výkon

Jednou z důležitých kategorií sportu a jeho tréninku je sportovní výkon (Dovalil et al., 2002). Ke sportovnímu výkonu je soustředěna pozornost nejen sportovců, ale i trenérů a dalších odborníků zabývajících se sportovním tréninkem a výkonem sportovce (Dovalil et al., 2002).

Klíčové pro sportovní výkon je vyhledávat a shromažďovat dílčí informace o něm a o okolních informacích a převést je do didaktické roviny. To znamená zkoumat sportovní výkon jedince, analyzovat, co je jeho podstatou a proč se mění a tomu uzpůsobit obsah tréninku, a jak postupovat pro zlepšení výkonu. Toto má pro tréninkovou praxi zcela zásadní význam (Dovalil et al., 2002).

Sportovní výkon patří ke klíčovým kategoriím sportu i tréninku a snaha dosahovat maximálních výkonů je cílem každého sportovce. Rozlišujeme výkony relativně maximální a absolutně maximální. Relativně maximální výkony jsou takové výkony, které dokáže jedinec podávat v rámci svých maximálních schopností a možností. Naopak absolutně maximální výkony jsou takové, které jsou měřitelné v rámci oddílů a soutěží (okres, kraj, republika, svět, olympijské hry). Oba tyto typy mají odlišnou společenskou hodnotu (Dovalil et al., 2008).

Podle Dovalila et al. (2008) je nutné sportovní činnosti rozlišit na dvě, individuální a týmové (kolektivní). Týmový výkon je založen taky na výkonu jednotlivců, ale hraje v něm stěžejní roli kvalita vztahů (spolupráce-konkurence) uvnitř skupiny a koordinace činností, včetně toho, jak jednotlivci dokážou podřídit svůj výkon výkonu celku. V případě tenisu se jedná o individuální sport, i když ve vyšších soutěžích má hráč realizační tým, který mu pomáhá vylepšit jeho výkony.

Podle Dovalila et al. (2008) se ve sportovním výkonu odrážejí:

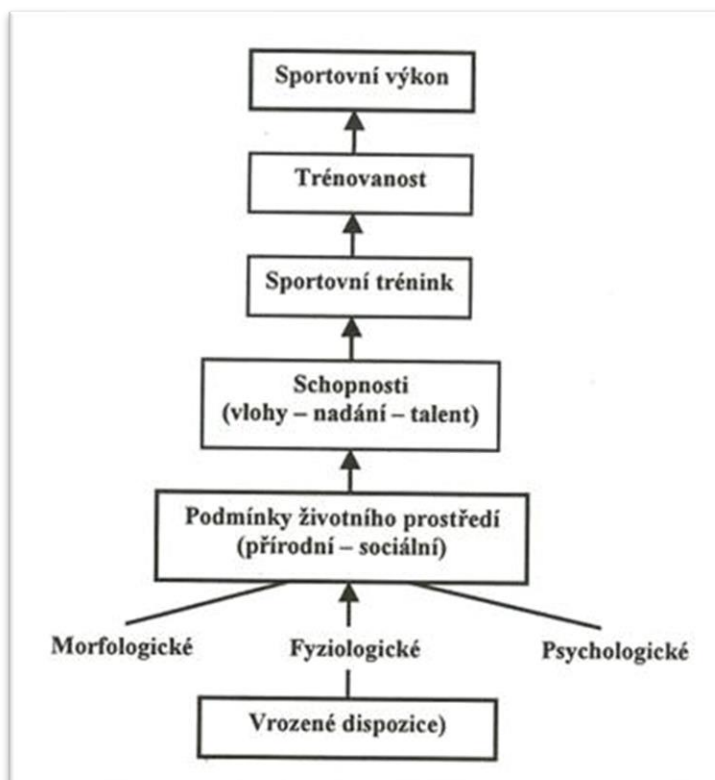
- Vrozené dispozice, které mají povahu talentu, ale jsou skryté. Projeví se aktivní činnostmi jedince v daném oboru;
- Vliv prostředí, kde člověk žije. Rozvinutí dispozic je dáno okolním prostředím člověka, ve kterém se vyvíjí;

- Vliv tréninkového procesu, kterým jedinec prošel. Jedná se o dlouhodobé, cílevědomé působení podnětů rozčleněných do jednotlivých etap, na něž se tělo a mysl jedince adaptuje.

Tyto vlivy se navzájem ovlivňují a prolínají, takže nemůžeme vždy určit přesně stanovitelný podíl na sportovním výkonu.

Obrázek 1

Dlouhodobé formování sportovní výkonnosti (Dovalil, 2002, s. 15).

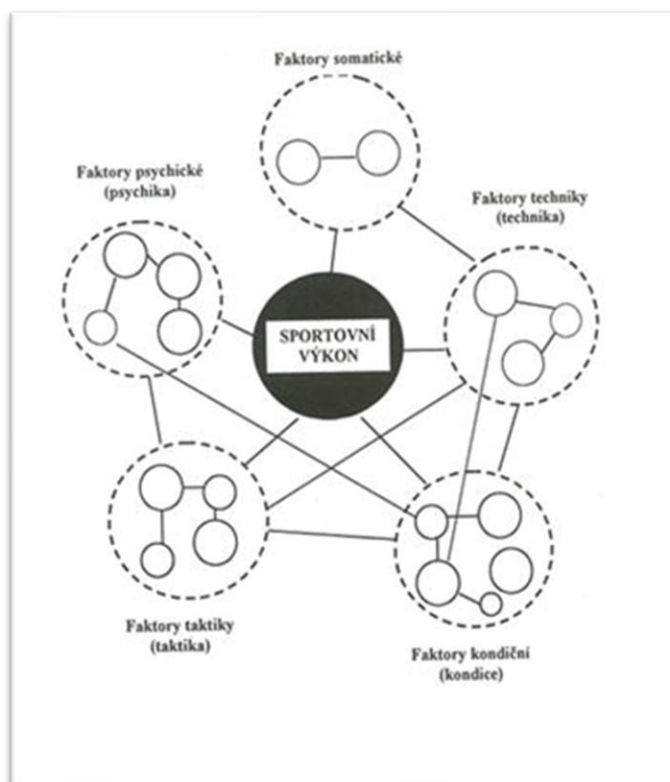


2.2 Struktura sportovního výkonu

Dovalil et al. (2002) ve své práci uvádí, že sportovní výkon se skládá z vymezených systémů prvků, které mají zákonité uspořádání a jsou propojené sítí vzájemných vztahů. Prvky mohou být rázu somatického, fyziologického, motorického, psychického či jiných dalších faktorů. Tyto faktory jsou podmínkou pro sportovní výkon a mají pro jeho průběh podstatný význam. V kontextu struktury výkonu chápeme tyto faktory jako relativně samostatné součásti sportovních výkonů, které vycházejí ze somatických, kondičních, technických, taktických a psychických základů výkonu. Všechny tyto faktory mají společnou jednu vlastnost, jsou trénovatelné. Společně tvoří klíč k ideálnímu sportovnímu výkonu.

Obrázek 2

Struktura sportovního výkonu (Dovalil, 2002, s. 16).



Somatické faktory

Tyto faktory jsou podmíněny genetickými předpoklady, také hrají velkou roli ve sportech jako je basketbal nebo volejbal. Jejich součástí je stavba podpůrného systému (šlach, kloubů, svalstva kostí) a také udávají biomechanické podmínky konkrétních činností (Dovalil et al., 2002).

Mezi somatické faktory zařazujeme: výšku a hmotnost těla, délkové rozměry, složení těla a tělesný typ (Dovalil et al., 2002).

Co se tělesné výšky a tělesné hmotnosti těla jedince týče, Dovalil et al. (2002) pojednává, že obě slouží jako orientační ukazatele pro posouzení vývoje mladých sportovců. Porovnáním charakteristik rodičů a charakteristik sportovce lze zjišťovat genetické předpoklady při predikaci talentu a fyzického vývoje sportovce. Podle toho můžeme určit, v jaké specializaci by mohla být tělesná výška a hmotnost limitující faktor (Dovalil et al., 2002).

Mezi další somatické faktory sportovního výkonu patří složení těla. Ve složení těla lze rozlišit aktivní tělesnou hmotu (svalstvo) a tuk. Kromě podílu aktivní tělesné hmoty je důležité složení svalu z hlediska zastoupení svalových vláken. Tyto typy vláken jsou dány geneticky a ovlivňují funkci svalu (Dovalil et al., 2002).

Prvním typem svalových vláken jsou pomalá červená vlákna. Tyto vlákna jsou bohatě kapilarizována a dobře vybavena pro pomalé kontrakce, takže jsou hodně ekonomická a zvládají dlouhotrvající zátěž stejné intenzity. Obsahují velké množství mitochondrií, což přispívá k dobré aerobní kapacitě a jsou vhodná pro vytrvalostní činnosti (Bahenský, et al., 2021).

Druhým typem svalových vláken jsou tzv. rychlá červená svalová vlákna. Mají na rozdíl od pomalých červených více ATPázy, ale méně mitochondrií a kapilár. Z tohoto důvodu jsou o něco méně ekonomická, ale jsou vhodná převážně k rychlým a silově prováděným kontrakcím (Bahenský et al., 2021).

Předposledním typem, o kterém Bahenský et al. (2021) pojednává jsou rychlá bílá vlákna. Jsou svým průřezem velmi silná, ale málo kapilarizována. Obsahují také méně hemoglobinu, proto mají světlejší barvu než předešlá vlákna. Tyto vlákna dokážou provést velmi rychlé stahy, provedené maximální silou, ale jsou lehce unavitelná, takže jsou vhodná pro krátkodobé činnosti. Posledním typem vláken je přechodný typ, který se řadí mezi vývojově nediferenciovanou populaci vláken (Bahenský et al., 2021).

Těla tenistů se podle Novaka (2013) podobají nejvíce tělům vytrvalostních běžců (šlachovití s nízkým procentem tělesného tuku), ale jejich $VO_2\text{max}$ hodnoty se shodují více s atlety, kteří běhají sprinty nebo sprintery na 400 metrů. Jediný rozdíl mezi sprinterem a tenistou je ten, že atlet vykoná zátěž a po ní už nastává odpočinek, ale tenista odehraje výměnu, která trvá 10–15 sekund a připravuje se na další. Anaerobický metabolismus je podobný, ale aerobická kapacita je větší u tenistů kvůli aktivně regeneračním pauzám mezi výměnami.

Kondiční faktory

Podle Dovalila et al. (2002) se za kondiční faktory sportovního výkonu považují pohybové schopnosti jedince. Mezi základní pohybové schopnosti jedince zařazujeme projevy síly, vytrvalosti, koordinace, pohyblivosti a rychlosti. Poznatky těchto schopností se zakládají na vědách jako je anatomie, fyziologie, biochemie a biomechanika. Jebavý

et al. (2019) považuje za klíčové schopnosti pro rozvoj pohybu silové a koordinační schopnosti společně s pohyblivostí.

Svalová síla je podle Jebavého et al. (2019) schopnost, bez které nelze realizovat jakýkoliv pohyb. V silových schopnostech jedince jde hlavně o schopnost udržet, překonat nebo ubrzdit určitý odpor. Z fyziologického hlediska jsou důležité vlastnosti svalových vláken, konkrétně dráždivost a stažlivost. Ve sportu je kromě představ o síle jako mohutnosti svalového stahu nutné brát v potaz i rychlost svalového stahu, trvání pohybu či počet opakování v čase. Podle toho rozdělujeme několik silových schopností (Dovalil et al., 2002). Jebavý et al. (2019) rozděluje sílu na statickou a dynamickou. Kdy statická je ještě rozdělena na jednorázovou a dlouhodobou, kterou můžeme také označit jako vytrvalostní a definuje jí jako schopnost udržet břemeno (tělo) v určité stabilní poloze po určitou dobu.

Dynamická síla je podle Jebavého et al. (2019) realizována svalovou kontrakcí koncentrickou, kdy se vlákna smršťují nebo se prodlužují, což označujeme jako excentrickou kontrakci. Rozdělení dynamické síly podle Jebavého et al. (2019) je na maximální, rychlou a vytrvalostní. Síla absolutní je definována jako schopnost spojená s překonáním co možná nevyššího odporu, která může být realizována při svalové činnosti dynamické, nebo statické (Dovalil et al., 2002).

Dovalil et al. (2002) ještě definoval další dva druhy dynamických silových schopností. Jedním z nich je síla rychlá. Definujeme ji jako schopnost překonávat nemaximální odpor vysokou až maximální rychlostí. A síla vytrvalostní, což je schopnost překonávat nemaximální odpor opakováním pohybu v daných podmínkách, nebo odpor dlouhodobě udržovat. Bylo potvrzeno, že míra vysoké absolutní síly a vysoká rychlost pohybu s nemaximálním odporem, nebo výdrž s malým odporem spolu ne vždycky souvisí (Dovalil et al., 2002).

Další schopnosti, které spadají pod kondiční faktory jsou rychlostní schopnosti. Tato schopnost je metabolicky hrazena hlavně ATP-CP (Adenosintrifosfát, kreatin fosfát) systémem, tudíž tato aktivita nemůže trvat dlouho bez přerušení (Dovalil et al., 2002).

Vyšší podíl rychlých svalových vláken, koncentrace a motivace k pohybu zapříčiňuje vyšší pohybovou rychlost (Dovalil et al., 2002). Zároveň je stejně důležitá i intenzita svalového stahu, respektive silová schopnost pro realizaci rychlostních pohybů (Bahenský et al., 2021).

Bahenský et al. (2021) rozděluje podle těchto kritérií:

Podle nástupu a charakteru kontrakce na:

- Reakční rychlostní schopnost, definovanou jako schopnost odpovědět v co nejkratším časovém horizontu na daný podnět;
- Realizační rychlostní schopnost, která označuje dobu od zahájení pohybu do ukončení pohybu.

Podle délky trvání na:

- Rychlostní schopnost;
- rychlostně vytrvalostní schopnost.

A podle rytmicity pohybu na:

- Acyklická rychlostní schopnost;
- cyklická rychlostní schopnost.

Dalším kondičním faktorem jsou vytrvalostní schopnosti, které Dovalil et al. (2002) definoval jako komplex předpokladů provádět činnost požadovanou intenzitou co nejdéle, nebo co nejvyšší intenzitou ve stanoveném čase. Podle času rozdělujeme vytrvalostní schopnost na krátkodobou, střednědobou a dlouhodobou. V těchto schopnostech má rozhodující význam energetické zabezpečení odpovídající pohybové činnosti (Dovalil et al., 2002).

Krátkodobá vytrvalost je schopnost vykonávat činnost co možná nevyšší intenzitou v časovém rámci 2–3 minuty. V této vytrvalostní schopnosti je klíčová anaerobní glykolýza (La systém). Tento proces se aktivuje, když je pohyb prováděn ve vysoké intenzitě a organismus nestíhá dodat svaly potřebné množství kyslíku. Požadavky těla na tvorbu energie jsou kompenzovány z anaerobní glykolýzy, tedy štěpní ATP bez přísunu kyslíku a tvorba laktátu (Dovalil et al., 2002).

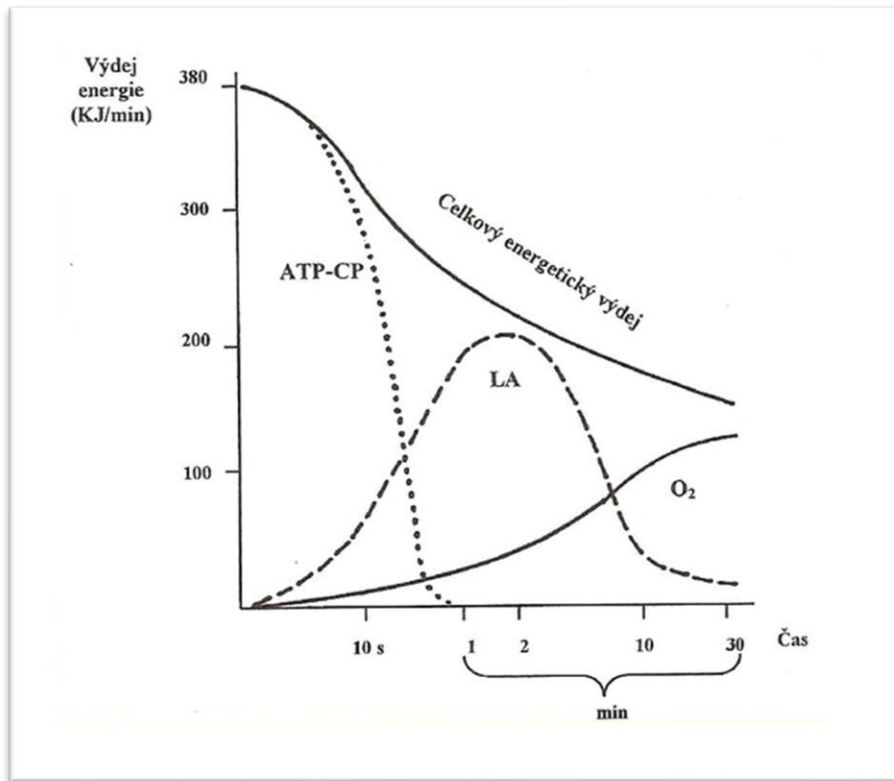
Střednědobá vytrvalost je schopnost vykonávat činnost v maximální intenzitě po dobu 8–10 minut. Limitující faktor v této schopnosti jsou aerobní možnosti jedince, který je zjišťován hodnotou laktátu v krvi, který se hromadí v krvi během této činnosti. Energetickým zdrojem je glykogen. Při jeho vyčerpání dochází k únavě (Dovalil et al., 2002).

Dlouhodobá vytrvalost je činnost jedince, která trvá déle než 10 minut. Energie je získávána především aerobně (O₂ systém), to znamená, že energie se uvolňuje za přítomnosti kyslíku. Tělo je schopné využít vdechnutý kyslík a dopravit jej do činných

svalů. Později se do metabolického procesu přidává i tuk. Hlavní příčinou únavy je vyčerpání energetických zdrojů (Dovalil et al., 2002).

Obrázek 3

Průběh energetického výdeje a podíl jednotlivých systémů energetické úhrady ve svalu v závislosti na době trvání zatížení (Dovalil et al., 2002, s. 57).



Koordinální pohybové schopnosti jsou další kondiční schopnosti, které ovlivňují jedincův výkon. Tyto schopnosti se podílejí na řízení a regulaci pohybu. Ve všech sportech se objevují různé požadavky na sladění pohybů, rytmus, rovnováhu, odhad vzdálenosti, četnost provedení a jiné. V těchto případech je klíčová práce centrální nervové soustavy a dalších řídicích center (Dovalil et al., 2002).

Dovalil et al. (2002) rozděluje koordinální pohybové schopnosti na:

- Diferenciační schopnost;
- orientační schopnost;
- schopnost rovnováhy;
- schopnost reakce (rychlost, ale i vhodnost a správnost);
- schopnost rytmu;
- schopnost spojovací (spojování pohybů a jejich částí);
- schopnost přizpůsobování.

Další schopnost zařazována pod kondiční faktory je pohyblivost. Je to schopnost člověka vykonávat pohyby v kloubech ve velkém rozsahu a má ve sportu velký význam. Uplatňuje se v požadavcích jednotlivých odvětví, kde v řadě z nich patří k limitujícím faktorům. Je to třeba gymnastika nebo skoky do vody. Ve vztahu k dovednostem se projevuje v ekonomii pohybu (Dovalil et al., 2002). Snížená pohyblivost kloubu je příčinou zkrácení svalů v důsledku jednostranného cvičení a nezapojování kompenzačních cvičení, které potom mohou mít velký vliv, nejen na výkon sportovce, ale i na celkovou životní pohodu.

Faktory techniky

Technikou rozumíme podle Dovalila et al. (2002) účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možností jedince a s biomechanickými zákonitostmi pohybu a uskutečňuje se na základě neurofyziologických mechanismů řízení pohybu.

Jedinec učením techniky získá pohotovost nebo předpoklad pro správné, úsporné a efektivní řešení dané činnosti a označujeme ji jako dovednost (Dovalil, 2002). Sportovní dovednosti jsou tedy předem připraveným základem pro specifické jednání v soutěžích. Technika, způsob provedení, zásoba, stabilita a proměnlivost pohybových vzorců jsou stěžejním faktorem pro sportovní výkon. Dovednost má speciální povahu, může být sice osvojena, ale nemusí být prakticky použita (Dovalil et al., 2002).

Faktory taktiky

Taktikou se podle Dovalila et al. (2002) chápe způsob řešení širších a dílčích úkolů, realizovaný v souladu s pravidly daného sportu a spočívá ve výběru optimálních strategických a taktických řešení. Faktor taktiky bezprostředně souvisí s technickými aspekty, takže realizace taktiky je založena především na technické znalosti úkolů v daném sportu (Dovalil et al., 2002).

Proces myšlení tvoří základ taktiky a taktických dovedností. Předpokladem pro zvládnutí těchto dovedností na vysoké úrovni má sportovec k zapsané v paměti, ale vyžadují i intelektové schopnosti obecné a specifické (Dovalil et al., 2002).

Faktory psychiky

Podle Dovalila et al. (2002) se výkon považuje za závislý na schopnostech společně s motivací. Význam schopností je ve sportu obecně uznáván, motivace ale bývá

zvláště u schopného člověka považována za takřka automatickou, což nemusí odpovídat skutečnosti.

Schopnosti rozdělujeme na sensorické, intelektuální a pohybové, o kterých jsme mluvili výše. Schopnosti sensorické jsou založené na smyslech člověka a jak vnímá danou situaci. Zařazujeme sem analýzu, porozumění, pozornost, pochopení a tyto vlastnosti jsou předpoklady dobrého výkonu a musejí být i předmětem tréninku (Dovalil et al., 2002).

Intelektuální schopnosti ve sportu nejčastěji spojujeme s pohybovou inteligencí nebo hráčskou inteligencí. Je to „umění vidět pole“. V tomto umění se snoubí celá řada schopností, např. předvídání, rychlost myšlení i sociální a emoční inteligence, což znamená cit pro ostatní a schopnost je ovlivnit (Dovalil et al., 2002). U reprezentativních vzorků vrcholových sportovců byla prokázána nadprůměrná inteligence, z čehož vyplývá, že pro úspěšnou kariéru je vysoká inteligence nezbytná (Dovalil et al., 2002).

Motivaci Dovalil et al. (2002) vysvětluje jako podněcující příčinu chování, která rozhoduje o vzniku, směru a intenzitě jednání člověka. Má význam energetizující, který rozhoduje o dynamice člověka. Motivace zůstává obtížně analyzovatelným komplexem, jehož prostřednictvím vstupují do výkonu další složité proměnné psychického stavu (potřeby a emoce, vůle) (Dovalil et al., 2002).

Pro optimální úroveň výkonu je potřebná optimální aktivace neboli bdělosti organismu k prováděné činnosti. Nedostatečná úroveň nabuzenosti, neboli aspirační úrovně může mít fatální dopad na výkon sportovce (Bahenský & Bunc, 2018).

2.3 Sportovní výkon v tenise

Tenis zařazuje Dovalil et al. (2002) do takzvaných heuristických sportů. Jsou to sporty, kde jde hlavně o rychlé a efektivní řešení aktuální problémové situace, vyžadující hlavně předvídavost a tvořivost.

Schönborn (2008) ve své práci sděluje rozdělení faktorů tenisového výkonu na faktory limitující výkon a faktory ovlivňující výkon. Nejdříve se zaměříme na faktory limitující výkon. Tyto faktory jsou málo kompenzovatelné a stěžejní pro tenisový výkon. Je-li jejich úroveň nízká, pro tenistu je to velká bariéra pro dosažení lepšího výkonu. Mezi tyto faktory patří schopnost rytmická, orientační a reakční. Dále úderová technika, práce nohou, silové schopnosti akční, výbušná a rychlostní. Potom psychické faktory jako jsou

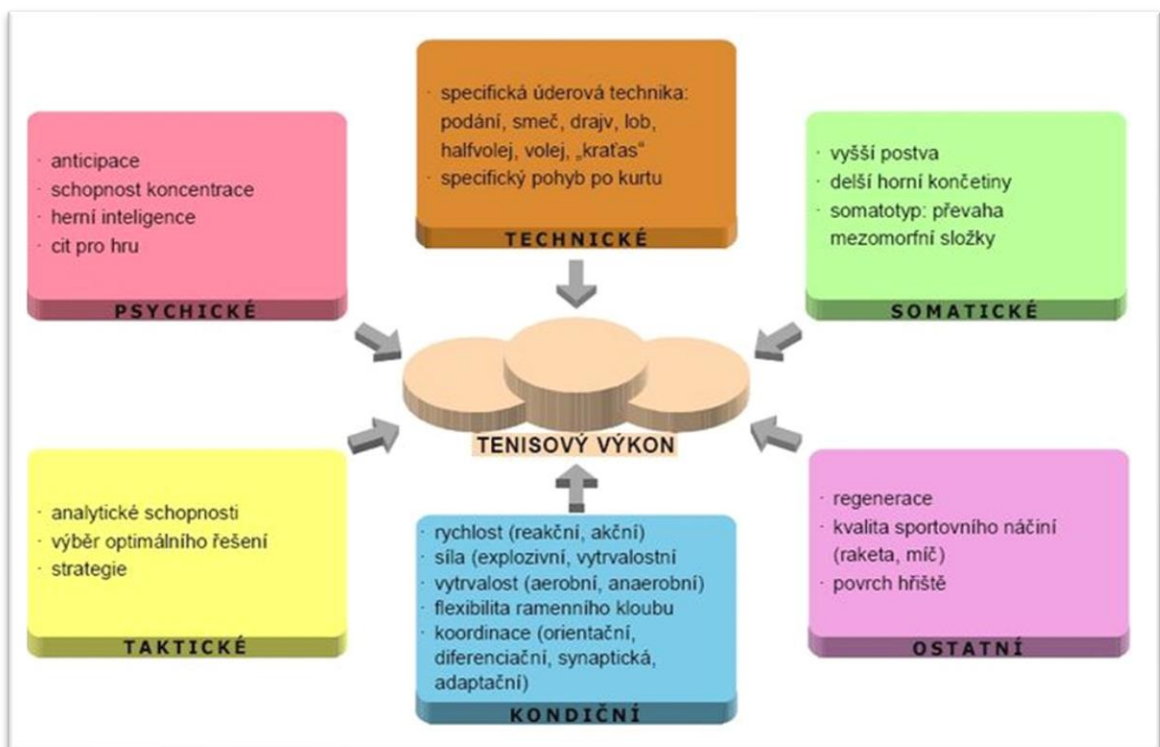
motivace, sebevědomí, koncentrace, sebekontrola a herní inteligence. Převážně se tedy jedná o kondiční faktory s doplněním o psychické faktory, které hrají v tenise nezastupitelnou roli.

Faktory ovlivňující výkon jsou také důležité, ale lépe kompenzovatelné. Jsou to například tělesná výška a váha z faktorů somatických, nebo vytrvalost a maximální síla z faktorů kondičních Schönborn (2008).

Velký důraz vkládáme do mentální složky hráčů. Mentální odolnost, ambice, touha po vítězství nebo inteligence, která souvisí se čtením hry. Nepředvídatelnost hráče, jehož zásoba taktik a strategií z něj dělají připraveného hráče pro každou situaci. Také je klíčové pro hráče zvládnutí agrese a herní anticipace, rychlost a přesné rozhodování, které souvisí s odhadováním prostoru a vzdálenosti (Pecha et al., 2016).

Obrázek 3

Faktory sportovního výkonu — tenis (Bernaciková, et al., 2011).



Na obrázku od Bernacikové, et al (2011) je ukázáno, které vlastnosti z jednotlivých faktorů sportovního výkonu je potřeba ovládat, nebo trénovat, abychom dosáhli ideálního tenisového výkonu. Faktory jsou podobné jako u tvrzení od Schönborna (2008) s doplněním o konkrétní údery nebo ostatní faktory. Můžeme si

všimnout i ostatních faktorů jako je kvalita sportovního náčiní. Každý hráč potřebuje kvalitní náčiní pro jeho hru, aby se cítil komfortně. Zároveň je podstatná kvalita kurtu.

2.4 Fyziologické procesy v tenise

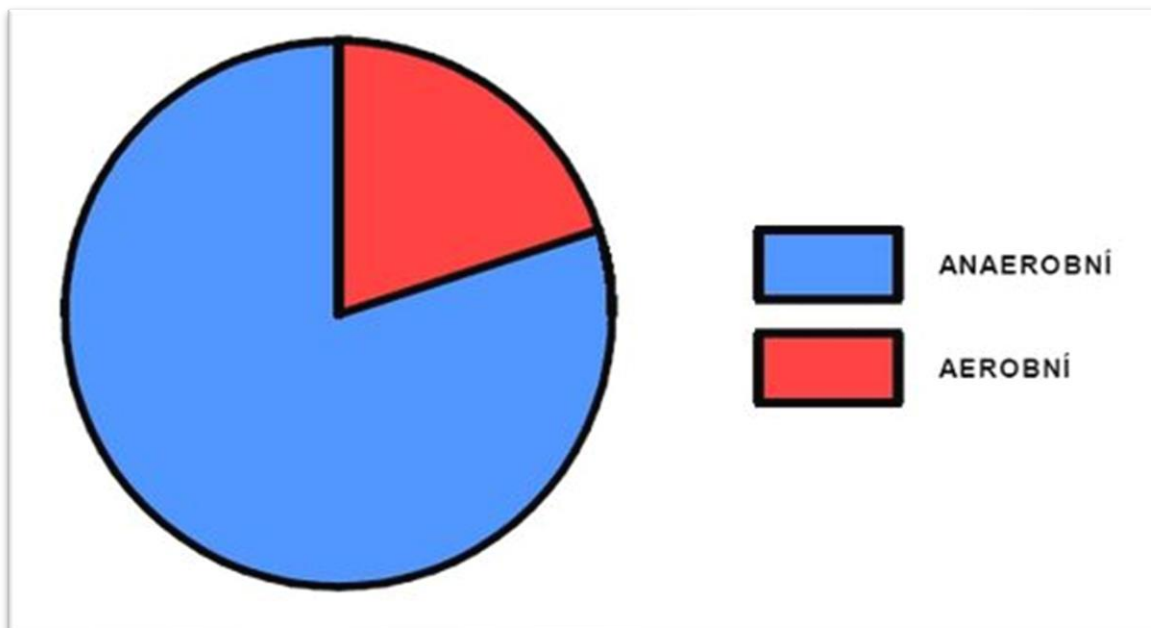
V současném tenise dominuje hlavně anaerobní aktivita, ale aerobní zdatnost nesmí být ignorována v tréninkovém procesu, protože je účinná pro regeneraci energetických zásob aerobních pochodů. Zároveň napomáhá lepší regeneraci po utkáních a napomáhá odbourávat únavu, což vede k lepší úspěšnosti v tenise (Heller, 2018). Schönborn (2008) uvedl několik základních důvodů pro důležitost vytrvalosti v tenise.

- Aerobní vytrvalost je předpokladem k úspěšně zvládnutému dlouhému tréninku bez velkého úbytku výkonnosti,
- aerobní vytrvalost je předpokladem k úspěšnému zvládnutí dlouhého tří až pětisetového zápasu s plným nasazením bez velkého úbytku výkonnosti,
- vytrvalost je nutná k rychlé regeneraci po tréninku nebo zápasu,
- anaerobní vytrvalost je důležitá z hlediska výkonnosti během delších velmi rychlých výměn jdoucích za sebou.

Jako jeden z nejdůležitějších faktorů tenisového zápasu a tréninku je čas míče ve hře, podle kterého se určuje způsob energetického krytí. Fyziologické nároky se stále zvyšují se zrychlující se hrou a výměny se zkrátily asi o 40 % v posledních dvaceti letech. Celkově tvoří čistý čas hry zhruba 22 %, ale záleží na povrchu, na kterém hrajeme, podrobněji to probereme níže (Heller, 2018). Heller (2018) udává procentuální poměr 70 % anaerobnímu alaktátovému krytí, 20 % anaerobnímu laktátovému krytí a 10 % aerobnímu krytí. Tyto procentuální vyjádření jsou ale hodnoty, které jsou dosahovány v herním čase, tedy když je míček ve hře. Ve zbylém čase pracuje hlavně aerobní metabolismus na obnově anaerobních energetických zásob. Podle Bernacikové je zase poměr anaerobního a aerobního krytí 80:20 (Bernaciková, et al., 2011).

Obrázek 4

Podíl mezi aerobním a anaerobním krytím během výkonu (míč ve hře) (Bernaciková, et al., 2011).



Z výše uvedených poznatků můžeme usoudit, že tenis je především aerobní (vytrvalostní) činnost, tedy schopnost opakovat výkon po delší dobu v dané intenzitě bez snížení výkonnosti. Z fyziologického hlediska ale nemůžeme vyloučit ani anaerobní aktivitu (laktátová úhrada a anaerobní glykolýza), která představuje velký podíl při dlouhých a intenzivních výměnách na kurtě. V tu chvíli se aerobní kapacita uplatňuje spíše při regeneračním oknu mezi výměnami (Heller, 2018). Z toho vyplývá, že po dobu, kdy je míček ve hře, mluvíme spíše o anaerobním krytí.

Hlavním energetickým zdrojem při tenisové výměně je ATP a CP systém, společně s glykogenem. Pro představu, tenisová výměna trvá průměrně 10–15 sekund. Po výměně má hráč maximálně 25 sekund na to, aby míč uvedl do hry podáním. Pauza mezi jednotlivými gemy je maximálně 90 s. Na dodržování tohoto intervalu se klade stále větší důraz (Linhartová, 2009). Intenzita zatížení při tenisové výměně je na úrovni střední až submaximální. V tomto ohledu je to intervalový vytrvalostní sport (Bernaciková, et al., 2011).

Důležitým faktorem obecné výkonnosti tenistů je podle Smekala (2001) styl jejich hry. Pokud je tenista více defenzivním typem hráče, tak hraje více u základní čáry a čeká na možnost ideální příležitosti pro útok, nebo až soupeř udělá chybu, jeho výměny trvají déle, tím pádem spotřebuje více energie a potřebuje jí rychleji nahradit. Zatímco hráči,

kteří preferují útočný styl hry, často přecházejí na síť a snaží se výměnu zakončit vítězným balónem co nejdříve, z čehož vyplývá úspornější práce s energetickými hodnotami a menší obecná výkonnost.

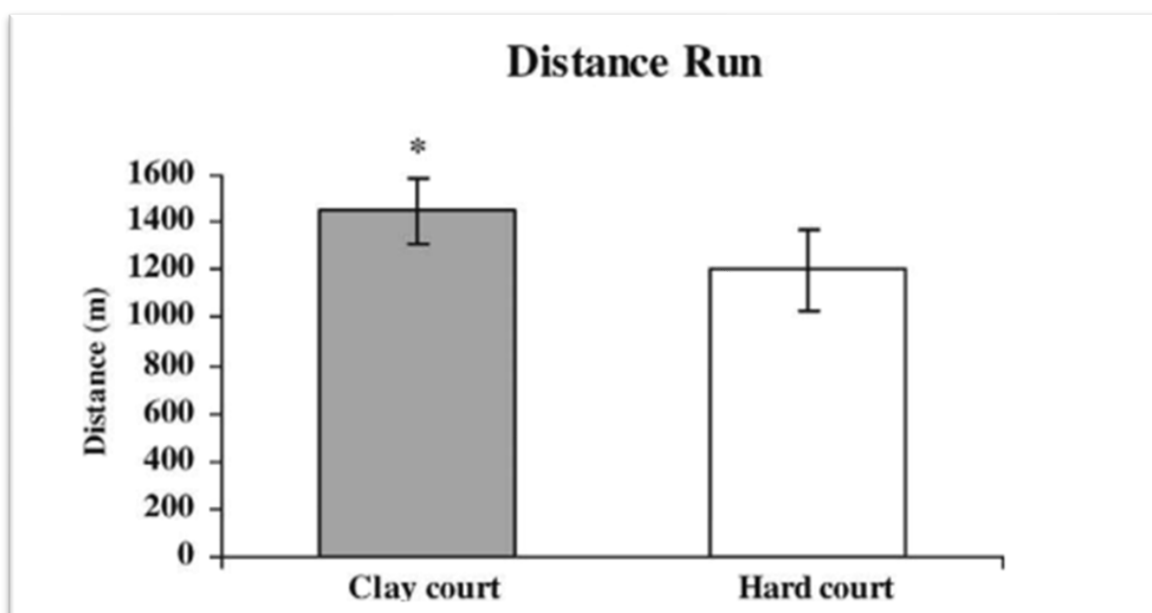
2.5 Rozdíly výkonu na různém povrchu

Nároky na hráče a jeho výkonnost je odlišná podle povrchu, na kterém se tenis hraje. V tenise se můžeme setkat se čtyřmi povrchy. Antuka, tráva, tvrdý povrch a umělá tráva. Obecně platí, že na rychlejším povrchu míčky odskakují rychleji a níže, na rozdíl od pomalých povrchů. Tudíž výměna na rychlých površích trvá kratší dobu a nároky na výkonnostní připravenost hráče nejsou takové jako u pomalých povrchů. Antuka je nejpomalejší povrch ze čtyř výše uvedených a tráva je naopak nejrychlejší povrchem. V rámci České republiky se hraje převážně na antukových kurtech v letní sezóně. V průběhu halové sezóny se spíše setkáme s umělou trávou a tvrdými povrchy, ale v některých případech můžeme na některých turnajích narazit i na antuku.

Čas hry je podle Muriase et al. (2007) delší na antukových kurtech než na kurtu s tvrdým povrchem. Hráči na antuce naběhají více než na tvrdém povrchu. Konkrétně $11,6 \pm 1,5$ m na antuce a $9,3 \pm 1,8$ m na tvrdém povrchu.

Obrázek 5

Rozdíl uběhnuté vzdálenosti na antukovém kurtu a kurtu s tvrdým povrchem (Murias, et al., 2007).

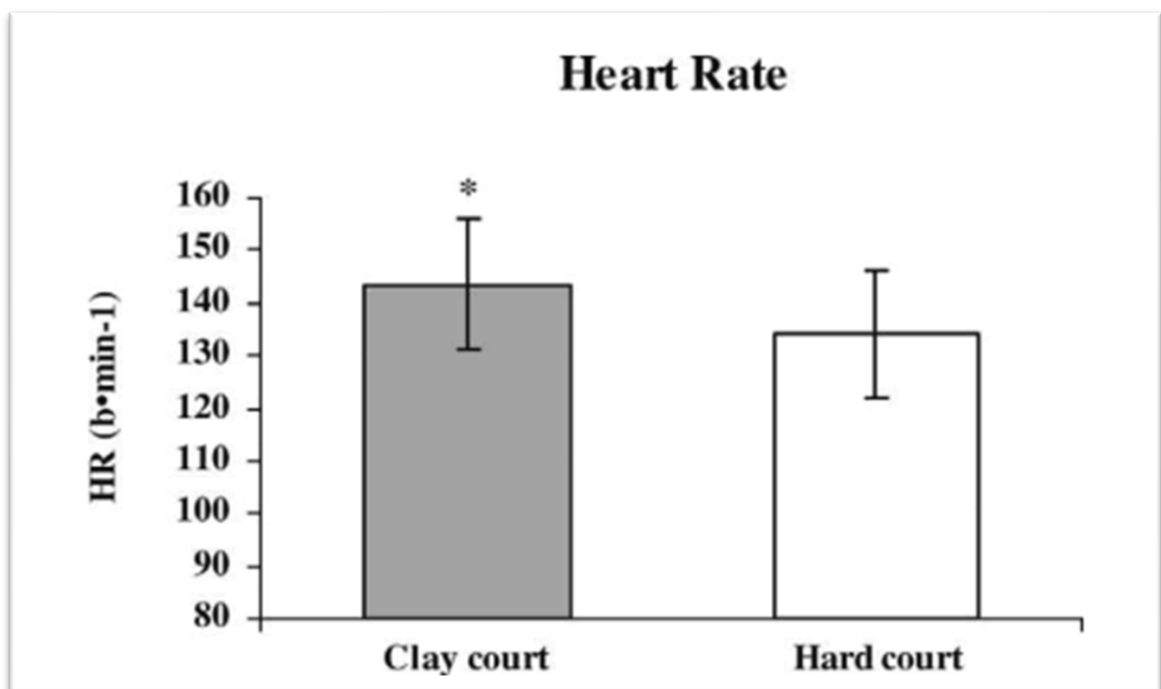


Z toho můžeme odvodit i celkovou vzdálenost, kterou tenisti za zápas naběhají. Na antuce naběhají 1447 ± 143 m a na tvrdém povrchu 1199 ± 168 m. Délka výměny

a počet naběhaných metrů také rozhodují o fyzické náročnosti. Na antuce, kde je délka výměny a počet naběhaných metrů větší roste úměrně k tomu i srdeční frekvence a hladina laktátu, který se tvoří jako odpadní látka během výměny. Hodnota poměru zatížení a odpočinku byla menší na antukových kurtech. Z toho vyplývá, že větší intenzitu a větší nároky na hráče jsou na pomalých površích (antuka, umělá tráva). Hodnota VO_2max nebyla příliš odlišná na obou površích, ale na antukovém kurtu byla stabilnější než na tvrdém povrchu, což značí stálejší reakci organismu na zátěž (Murias, et al., 2007).

Obrázek 6

Rozdíl tepové frekvence hry na antukovém kurtě a kurtě s tvrdým povrchem (Murias, et al., 2007).



Bylo zjištěno, že neutralizace a spalování laktátu při podobných procentuálních hodnotách VO_2max je v tenise lepší než například u běhu. Důvodem toho bude zapojení více svalových skupin při tenise. Jak již bylo zmíněno hlavním energetickým zdrojem pro tělo je ATP a CP. Tyto zdroje se resyntezují po jedné až pěti minutách za pomoci aerobního metabolického krytí. Proto mají vrcholový tenisté poměrně velké VO_2max , i když při hře hodnoty VO_2max nepřesáhnou 70% maximální hodnoty (Murias, et al., 2007).

2.6 Laboratorní zátěžová diagnostika — historie a obecné poznamenání

K hodnocení zdatnosti a výkonnosti se využívá celá řada metod, se kterými pracovali už ve starověku, konkrétně v antické Spartě při hodnocení výsledků tvrdého výcviku mladých chlapců. Později se můžeme setkat s výkonnostními testy třeba před vykonáváním náročných profesí nebo pro službu v armádě. V průběhu 17. století se měřili hlavně silové schopnosti člověka pomocí cvičení s břemenem, později byl na tyto silové schopnosti vytvořen dynamometr (Heller, 2018). V průběhu 19. století se na vyhodnocení zdatnosti používal německý turnerský koncept, který se zaměřoval na hodnocení tělesných výkonů různé obtížnosti (Heller, 2018).

Počátky laboratorního vyšetřování zdatnosti datujeme ke konci 19. století. V tomto období Němec C. Speck využil klikovou ergometrii pro hodnocení pracovního výkonu horních končetin. Nedlouho poté byl ve Francii vytvořen první mechanicky brzděný bicyklový ergometr pro měření výdeje energie. Od roku 1913 byl elektromagneticky brzděný bicyklový ergometr využíván pro fyziologické testování. Běžecký ergometr měl podobný vývoj, vznikl na konci 19. století a využití jeho zdokonalené verze k fyziologickému zkoumání lokomoce člověka se dočkal v roce 1915 v Německu (Heller, 2018).

Gano Benedict a Hans Murschhauser koncem 20. let 20. století považovali maximální spotřebu kyslíku a kyslíkový dluh za hlavní faktory limitující výkonnost člověka (Heller, 2018). Rozvojem ergometrických vyšetření se zabývali představitelé skandinávské školy a druhé významné centrum fyziologie tělesné zátěže se nacházelo v Americe se jménem „Harvard fatigue laboratory“. Tato laboratoř se věnovala problematice pracovní kapacity, tělesné zdatnosti, odezvy organismu na zátěž nebo zotavení. Ve válečném období byla hojně využívána pro pokusy americké armády, ale po skončení války byla její činnost zastavena (Heller, 2018).

Moderní testování atletů v laboratořích se vyvinulo před 100 lety, kdy se začínala stanovovat maximální spotřeba kyslíku ($VO_2\max$) jako měřítko aerobní kapacity. A.V. Hil představil koncept tohoto testu již ve 20. letech, byl to Henry Taylor, Per-Olof Astrand a Bengt Saltin, kteří provedli odborné metodologické studie. Tyto studie upevnily patřičné protokoly a fyziologické indikátory měření maximální spotřeby kyslíku (Seiler, 2011).

Na území České republiky lze zaznamenat rozvoj zátěžové funkční diagnostiky až po druhé světové válce. V rámci projektu mezinárodního biologického programu (IBP) došlo v 70. letech 20. století k unikátnímu metodickému sjednocení. Tento projekt měl dokumentovat zdravotní, funkční, výživový i antropologický stav populace. Celý projekt přitom koordinoval profesor Václav Seliger, tehdejší vedoucí katedry fyziologie FTVS UK. Zátěžový protokol, který se využíval v rámci Mezinárodního biologického programu, kombinoval metodiku testu W_{170} a maximálního aerobního testu. Zahrnoval tedy tři submaximální zátěže, které trvaly tři minuty a na ně navazoval stupňovaný test do vyčerpání. Velikost intenzity zatížení prvních tří testů byla odvozena od tělesné hmotnosti testovaného a to $1,0-1,5-2,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, v určitých zdůvodněných případech u sportujících $1,5-2,0-2,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ či u fyzicky velmi nezdatných jedinců $0,5-1,0-1,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$. Hodnota fyzického zatížení byla kontrolována s ohledem na srdeční frekvenci testovaného, v prvním stupni $100-120 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$, ve druhém stupni $120-140 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$ a ve třetím stupni $140-160 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$. Poté započal maximální stupňovaný test, který měl začátek na úrovni poslední zátěže navýšené o $1,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, tedy zpravidla od úrovně $3,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, přičemž se poté stupňovalo zatížení o 30 W každou půlminutu (Novák, et al., 2019). Tyto výsledky dodnes představují naše národní populační normy funkční kapacity (Heller, 2018).

2.6.1 Význam zátěžové funkční diagnostiky

Zátěžová funkční diagnostika se zabývá v prvé řadě vyšetřováním zdatnosti a výkonnosti jedince. Zdatnost je soubor předpokladů optimálně reagovat na podněty různého druhu. Zdatnost definuje Heller (2018) jako způsobilost organismu konat práci, vyrovnat se s vnějšími nároky nebo odolávat aktuálním vlivům okolí. Fyzická zdatnost představuje schopnost řešit úkoly spojené s pohybovým výkonem a odolávání vnějšímu stresu a je součástí obecné zdatnosti. V užším slova smyslu definujeme fyzickou zdatnost jako míru adaptace na pohybovou zátěž (Heller, 2018).

Výkonnost je schopnost podávat objektivně měřitelný výkon v určité oblasti, nebo sportovním odvětví. Sportovní výkonnost podle Bartůňkové et al. (2013) znamená podávat určitý výkon opakovaně na stabilní úrovni. V těchto výkonech se odrážejí vrozené dispozice, vlohy a nadání, které se díky dlouhodobému, cílenému a uspořádanému tréninkovému procesu projeví a odhalí se jejich míra adaptability jedince (Bartůňková et al., 2013).

K hodnocení těchto dvou schopností se využívá celá řada metod. Pro posuzování míry zdatnosti se využívaly zejména laboratorní testy maximální spotřeby kyslíku (VO_2max) na běžeckém nebo bicyklovém ergometru. Dále můžeme testovat jedince ještě pomocí terénních testů (Cooperův běžecký test) nebo nepřímým stanovením (step-test, W_{170}). Výběr vhodného testu je dán cílem testování. U sportujících jedinců se vždy zohledňuje potřeba přesnosti a spolehlivosti výsledků, podle kterých se dále rozvíjí jejich tréninkový plán (Heller, 2018). Standardním testem pro posouzení zdatnosti člověka je maximální aerobní test (Heller, 2018).

Při laboratorní zátěžové diagnostice testování výkonnosti u sportovců je důležitá pravidelnost a opakování stejného testu v přesně určených fázích tréninkového programu. Na základě toho potom vyhodnocovat výsledky tréninkových a anamnestických údajů, zejména zdravotních a sportovní anamnézy. Při interpretaci výsledků je potom nutné brát v potaz komplexní podmíněnost sportovního výkonu a racionálně zvažovat význam daného parametru pro sportovní výkon (Heller, 2018).

2.6.2 VO_2max — aerobní výkon

Maximální aerobní kapacita představuje celkové množství mobilizované energie, kterou lze získat aerobní resyntézou ATP. Toto množství ale nelze přímo stanovit. V praxi se využívá několik nepřímých ukazatelů, které mají těsný vztah k aerobní zdatnosti. Zpravidla se udávají čtyři základní ukazatele (maximální aerobní výkon neboli maximální spotřeba kyslíku VO_2max , pracovní účinnost, časová konstanta kinetiky VO_2 a anaerobní práh (Heller & Vodička, 2018).

Maximální aerobní výkon neboli maximální spotřeba kyslíku udává schopnost, jak dobře tělo dokáže zužítkovat kyslík a jeho zvýšením zajistit vysoký stupeň aerobních pochodů v těle (Bartůňková et al., 2013). Pro měření této výkonnosti budeme tedy hlavně pracovat s parametrem VO_2max neboli maximální spotřebou kyslíku. Tento parametr odpovídá maximálnímu množství kyslíku, které je tělo schopné při zátěži extrahovat z ventilovaného vzduchu, následně transportovat a využít ve tkáních (Heller, 2018). Maximální spotřeba kyslíku je základní parametr zdatnosti a výkonnosti člověka, protože vyjadřuje horní limit aerobní zátěžové tolerance. Znázorňuje se jako absolutní objem kyslíku za minutu ve vztahu k tělesné hmotnosti ($ml \cdot min \cdot kg^{-1}$) a stanovuje se při práci velkých svalových skupin v progresivně stupňovaných zátěžových testech do „vita

maxima“ s využitím ergometrů jako jsou běžecký koberec, nebo bicyklový ergometr (Heller & Vodička, 2018).

Mimo stanovení hodnot maximální spotřeby kyslíku můžeme stupňované zátěžové testy do maxima využít k řízení a kontrole tréninkového procesu. Vycházíme z hodnot srdeční frekvence (SF), kdy dosažení maximální srdeční frekvence (SFmax) můžeme hodnotit jako dosažení individuálního maxima. Kontrola tréninkového procesu se určuje podle relativního vyjádření SFmax, např. pásmo intenzit 50—65 % SFmax je ideální pro regeneraci a zdravotní efekty nebo pásmo 65—85 % SFmax je přínosné pro rozvoj kardiorespiračního systému a fyzické kondice (Heller & Vodička, 2018).

K tomu, abychom se dostali k zjištění maximální spotřeby kyslíku ($VO_2\text{max}$), budeme potřebovat spiroergometrické přístroje, konkrétně běžecký a bicyklový ergometr. Naměřená hodnota $VO_2\text{max}$ je závislá na použitém ergometru. Na běžeckém ergometru sportovci dosahují vyšších hodnot než na bicyklovém ergometru. Bartůňková (2013) ve své práci uvádí, že výsledky na běžeckém ergometru jsou o 5—10 % vyšší než na bicyklovém ergometru. Rozdíl mezi hodnotami na obou ergometrech je zhruba 5—12 % ve prospěch běžeckého ergometru (Bahenský et al., 2021). Dalším rozdílem mezi ergometry je jejich stereotyp pohybu, který může taky výrazně odlišit výsledky. Pro náš výzkum však budou použity oba ergometry na katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a potom budeme jednotlivé výsledky porovnávat a s přesností určovat, jak se jednotlivé hodnoty odlišují.

Mezi hlavní faktory ovlivňující $VO_2\text{max}$ jsou režim cvičení, úroveň tréninkového zatížení, dědičnost, pohlaví, složení a věk těla. Hodnota $VO_2\text{max}$ je ovlivněna více faktory (Bahenský et al., 2021).

Podle Suchomela (2010), který testoval tenisty různé výkonnostní skupiny tenistů se jednotlivé hodnoty aerobické kapacity výrazně lišily mezi elitními hráči a rekreačními hráči. Rozmezí $VO_2\text{max}$ se pohybuje od 41,6 až do 59,1 $\text{ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Takzvaní regionální hráči dosahovali průměrných hodnot $53,5 \pm 5,5 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tito regionální hráči trénovali dvakrát až třikrát týdně a mají zkušenosti více než pět let se závodní hrou. Toto odpovídá popisu hráčů, kteří se zúčastnili našeho výzkumu. Proto můžeme předpokládat podobné výsledky jako u Suchomela. Kovacs (2007) uvádí, že ideální hodnota $VO_2\text{max}$ u tenistů by měla být 55 $\text{ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro zvládnutí dlouhých zápasů a tréninku. Vyšší hodnoty podle něj ubírají anaerobické výkonnosti, takže by hráči neobstávali ve

výměnách a menší hodnoty způsobují malou výdrž a nezvládnutí tenisových zápasů, které mohou trvat dvě až tři hodiny. U žen je ideální norma více než $42 \text{ ml} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$.

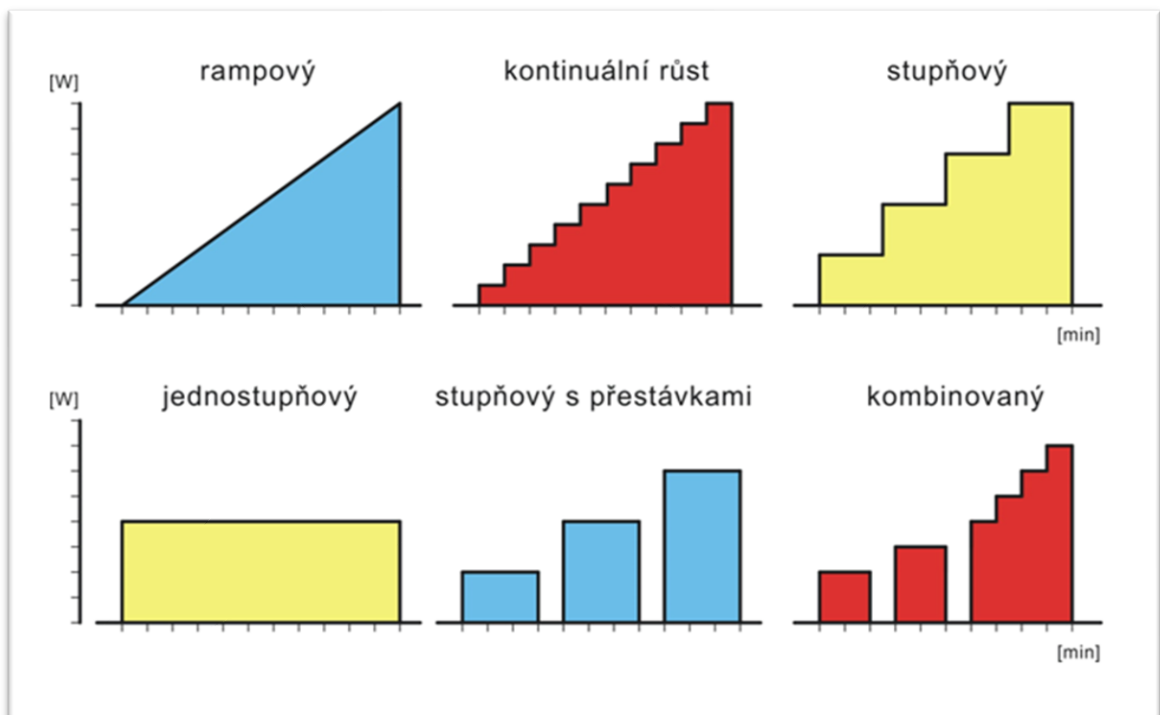
2.6.3 Provedení testu VO_2max

Účastník testu VO_2max na bicyklovém ergometru nebo na běhátku bude před výkonem zvážen, kvůli přesnosti dat na kilogramy. Poté mu bude na hrudník připevněn opasek se senzorem, který zaznamenává srdeční frekvenci a na ústa mu bude umístěna maska, která zaznamenává respirační hodnoty při testu.

Ideální protokol zátěže by měl trvat přibližně 8–12 minut s individuálním zvyšováním zátěže v intervalu 10–60 sekund. Tímto dobře reflektujeme závislost mezi spotřebou kyslíku a překonávanou zátěží (Zuzaňáková, 2021). Z této informace a z obrázku uvedeného níže můžeme říct, že ideální protokol nebo postup pro získání VO_2max by měl být kontinuální růst zátěže po intervalech mezi deseti sekundami a jednou minutou.

Obrázek 7

Průběhy protokolů zátěžových testů (Várnay, et al., s. 29)

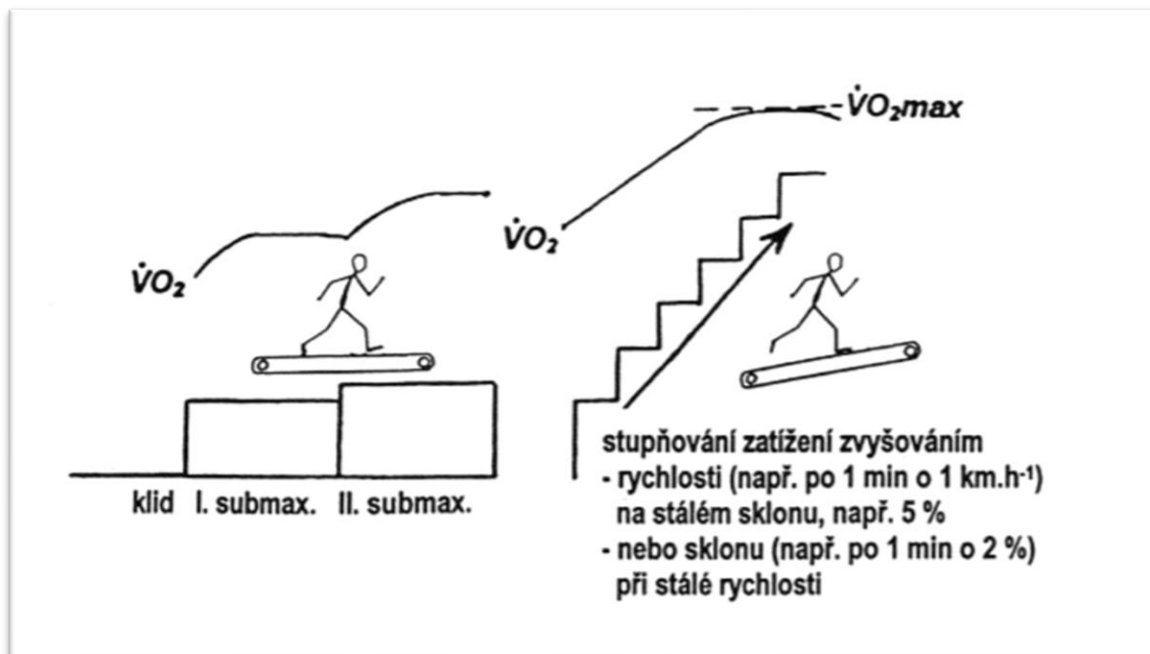


U vyšetřované osoby zaznamenáme hodnoty kardiorespiračních ukazatelů (VO_2 , SF, tepový kyslík, minutovou ventilaci $V'E$, dechovou frekvenci DF, dechový objem VT, ventilační ekvivalent pro kyslík $V'E \cdot \text{VO}_2^{-1}$ a oxid uhličitý $V'E \cdot \text{VCO}_2^{-1}$ a poměr respirační výměny RER) v klidu, následně zvolíme dvě čtyřminutová submaximální rozcvičovací

zatížení (např. 1 a 2 W·kg⁻¹ na bicyklovém ergometru nebo 10 a 12 km·h⁻¹ na 0 % sklonu na běhacím koberci) (Heller & Vodička, 2018).

Obrázek 8

Zátěžový protokol VO₂max na běhacím koberci (Heller & Vodička, 2018, s. 32).



Dosažené maximální hodnoty kardiorespiračních ukazatelů (VO₂, SF, tepový kyslík, minutová plicní ventilace V'E, dechová frekvence DF, dechový objem VT, ventilační ekvivalent pro kyslík V'E·VO₂⁻¹ a oxid uhličitý V'E·VCO₂⁻¹ a poměr respirační výměny RER) porovnáme s populačními normami dle věku a pohlaví, event. výsledky porovnáme s údaji u osob provádějících systematický trénink. Vyhodnotíme splnění či nesplnění kritérií pro dosažení maxima (VO₂max či VO₂peak). Maximální spotřeba kyslíku (VO₂max) je definován částí v testu, kdy nejvyšší hodnoty spotřeby kyslíku stagnovaly, i když se intenzita testu stále stupňovala. Hodnoty překonaly tedy takzvané plató. Naopak VO₂peak je pojem, který využíváme u těchto testů, když subjekt nepřekonal plató spotřeby kyslíku a nesplnil další kritéria jako například nedosažení teoretické maximální srdeční frekvence nebo nepřekročení RER nad hodnotu 1,00. Označujeme ji tedy jako vrcholovou, nikoliv maximální spotřebu kyslíku (Heller, 2018). Graficky stanovíme ventilační anaerobní práh (s využitím dvousložkového lineárního modelu vzestupu minutové ventilace na spotřebě kyslíku). Spotřebu kyslíku, výkon a srdeční frekvence na úrovni anaerobního prahu vyjádříme i relativně v % maxima VO₂,

SF a výkonu a úroveň ekonomiky aerobní práce vyhodnotíme s využitím orientační normy (Heller & Vodička, 2018).

2.7 Subjektivní vnímání zátěže

Pojem vnímání úsilí je spojen psychofyzikou, která se tímto tématem zabývá, konkrétně se zabývá vztahem mezi fyzikálními podněty a percepčními odpověďmi (Daďová, 2015). Fyzické podněty v tomto případě vyjadřují těžkou svalovou prací, která vyžaduje velké úsilí z oblasti muskuloskeletálního, kardiorepiračního a respiračního systému. Fyzické úsilí a jeho vnímání ovlivňuje přítomnost motivačních, emočních, patologických a jiných podmínek a tvoří tak celkový širší koncept (Daďová, 2015).

V rámci sledování byl navržen rozsahový model vnímání úsilí, který je založen na dvou předpokladech. V prvním předpokladu je takový, že pro každý rozsah intenzity mezi klidem a maximem existuje odpovídající rozsah vnímaného úsilí a druhým předpokladem je, že rozsahy hodnocení vnímaného úsilí jsou rovné mezi jedinci bez ohledu na jejich zdatnost (Daďová, 2015).

Faktory ovlivňující subjektivní vnímání zátěže jsou fyziologické, psychologické a kognitivní. Fyziologické faktory se projevují hlavně v kardiorepiračních ukazatelích jako jsou srdeční a dechová frekvence, ventilace, spotřeba kyslíku a výdej oxidu uhličitého. Nejvíce z těchto ukazatelů byla zkoumána srdeční frekvence. Mezi srdeční frekvencí a vnímáním tělesné zátěže byla nalezena velká korelace, pokud do hry nevstupují ještě jiné okolní vlivy jako teplota vzduchu nebo vlhkost (Daďová, 2015).

Mezi periferní fyziologické faktory můžeme zařadit procesy vyskytující se v pracujících svalech. Jedná se o metabolickou acidózu (pH a laktát), typ svalových vláken, regionální prokrvení a dostupnost energetických substrátů. Bod zlomu hladiny laktátu je metabolickým znakem pro intenzitu zátěže, nad kterou metabolická acidóza začíná ovlivňovat intenzitu zátěžových percepcí v kosterním svalstvu (Daďová, 2015). V rámci fyziologických faktorů můžeme ještě hovořit o nesespecifických faktorech, které nejsou spojeny ani s jedním z předchozích faktorů. Jedná se o hormonální sekreci, regulaci teploty a cvičením vzniklou bolest (Daďová, 2015).

Vnímání zátěže taky hodně ovlivňují psychologické faktory. Předpokládá se, že psychologické faktory mají větší vliv na lehké a střední intenzity zátěže spíše než na vysoké, kde jsou silnějším signálem fyziologické vjemy. Z oblastí emocí a nálady nejvíce

ovlivňuje vnímání a podání výkonu úzkost, deprese, extroverze a neuroticismus. Toto se týká hlavně lidí s kardiovaskulárními chorobami, kteří se bojí, že se přetíží. Extrovertní lidé hodnotí vnímanou zátěž jako menší stres ve srovnání s introvertními osobami (Daďova, 2015).

Další skupina faktorů jsou kognitivní funkce. Má se za to, že v sociálních situacích se lidé typicky snaží být atraktivní, schopní a čestní, takže často v některých situacích podhodnocují vnímané úsilí (Daďová, 2015).

Další oblastí, která má vliv na subjektivní vnímání zátěže je trénovanost. Vytrvalostní trénink mění velikost vnímané zátěže na dané absolutní úrovni spotřeby kyslíku. Jedinci, kteří podstoupili vytrvalostní trénink označují zátěž nižším hodnocením než osoby bez vytrvalostního tréninku. Významný rozdíl mezi muži a ženami není potvrzen a v podstatě uvádějí stejné subjektivní hodnoty při stejném zatížení (Daďová, 2015).

2.8 Spirometrické a spiroergometrické ukazatele

V rámci naší práce budeme pracovat se širokou škálou ventilačních, spirometrických a spiroergometrických ukazatelů. V následující části stručně popíšu jejich definici, jak se mění při zatížení, jakých hodnot dosahují v klidové fázi a při zatížení a závěrem, jakých hodnot dosahují trénovaní jedinci a tenisté.

Dospělý člověk v klidu spotřebuje zhruba čtvrt litru kyslíku a naopak vytvoří asi pětinu litru oxidu uhličitého během jedné minuty. Když se ale člověk dostane do zátěže, mohou se tyto objemy mnohonásobně zvýšit. To samé platí o přečerpávání krve srdcem. V klidu je to 5 litrů za minutu při zátěži se objem zvýší až osmkrát (Bahenský, et al., 2021).

Transport O_2 k cílovým tkáním zajišťuje krev. Kyslík je buď rozpuštěn v plazmě, nebo je vázán na hemoglobin (Hb). Koncentrace hemoglobinu v krvi muže je 150 g Hb na litr krve a u žen je to 130 g Hb na litr krve a jedna molekula hemoglobinu dokáže vázat až čtyři molekuly O_2 . Jeden gram hemoglobinu je tedy schopen přenášet 1,38 ml O_2 . Při maximální saturaci krve kyslíkem může litr krve v sobě přenášet až 200 ml kyslíku (Bahenský et al., 2021).

Ventilační ukazatele jsou měřeny pomocí spirometrie nebo spirografie a dělíme je na statické a dynamické. Mezi dynamické ventilační ukazatele řadíme takové, které mají určitou časovou dimenzi. Patří k nim minutová ventilace, dechová frekvence,

dechová rezerva a rozepsaný usilovný výdech vitální kapacity. Zatímco mezi statické lze počítat dechový objem, inspirační a expirační rezervní objemy a vitální kapacitu (Bartůňková et.al, 2013).

Tepový kyslík ($VO_2 \cdot HR^{-1}$)

Jedním z důležitých ukazatelů funkce oběhového a dýchacího systému je tepový kyslík. Vyjadřuje množství kyslíku, které se dostane ke tkáním při jedné systole. Vypočítáme ho podílem mezi spotřebou kyslíku a srdeční frekvencí. U trénovaných jedinců se při zatížení můžeme dostat až na hodnotu 30 ml, u netrénovaného je to dvakrát méně, tedy 15 ml. Klidová hodnota pro běžnou populaci je 5 ml (Bartůňková et al., 2013).

Srdeční frekvence (SF)

Srdeční frekvence je základním kardiovaskulárním ukazatelem, která je vyjádřena jednotkami $\text{tep} \cdot \text{min}^{-1}$, nebo min^{-1} . Srdeční frekvence postupně vzrůstá společně s fyzickým zatížením až ke svojí maximální hodnotě (SFmax). Tepová frekvence závisí na věku, trénovanosti a pohlaví testované osoby. S věkem maximální hodnota srdeční frekvence klesá o $0,7 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1}$ za rok. Trénované osoby dosahují nižších hodnot maximální srdeční frekvence a ženy naopak dosahují vyšších hodnot než muži (Várnay, et al., 2020).

Průměrná maximální srdeční frekvence (SFmax) dosažená při testu $VO_2\text{max}$ u výkonnostních tenistů podle Hellera (2018) je $190 \pm 8 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1}$ a $191 \pm 8 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1}$ u tenistek. Podle Smekala (2000) je průměrná SFmax u výkonnostních tenisových hráčů $193 \pm 10 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1}$.

Srdeční frekvence dosahuje vyšších hodnot podle Marka (2019) na běžeckém ergometru z důvodu zapojení vyššího počtu svalových skupin do pohybu u sportovců s pohybovým stereotypem bližším k běžeckému ergometru.

Minutová Ventilace ($V'E$)

Minutová ventilace je dána množstvím vzduchu, který je vydechnut z plic za jednu minutu (Bahenský et al., 2021). Od začátku pohybu potřebují svaly zvýšený přísun kyslíku, kvůli jejich zvýšené zátěži, a proto se minutová ventilace zvyšuje s přibývajícím zátěží. Vzestup $V'E$ je podmíněn zvyšováním dechové frekvence (BF) a dechového objemu (VT). Klidová minutová ventilace činí $7\text{--}10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ale při zátěži může vystoupat až na $80\text{--}90 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ u žen a $100\text{--}130 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ u mužů. U trénovaných jedinců však

můžeme naměřit hodnoty až 150–200 l·min⁻¹ (Bartůňková et.al, 2013). Smekal (2000) uvádí ve své práci, ve které porovnával laboratorní zátěžové testy a herní specifické testy u výkonnostních tenistů, hodnotu 157,2 ± 19,6 l·min⁻¹. Naopak Heller (2018) uvádí hodnotu 120 ± 11,4 l·min⁻¹ u výkonnostních tenistů a 103,2 ± 15,5 l·min⁻¹ u tenistek.

U minutové ventilace podle Tannera et al. (2014) nedochází k velkým rozdílům mezi ergometry. Co je ale podstatné je to, že při maximálním zatížení jsou rozdílné dechové vzory, které závisí na poloze a držení těla při běhu a při jízdě na kole. Specifická poloha těla při jízdě na bicyklu umožňuje lepší využití plicní kapacity, což se následně promítne do dechového objemu a zvýší jeho hodnoty.

Vitální kapacita plic (VC)

VC je maximální množství vydechnutého vzduchu po předchozím maximálním nádechu. Kapacita u netrénovaných mužů činí 4,5–5 l, u netrénovaných žen 3,5–4 l. Nejlepším vyjádřením hodnoty je hodnota relativní, která je vztažena k pohlaví, věku, výšce a hmotnosti každého jedince. Podle těchto hodnot, příslušných koeficientů a vzorců můžeme vypočítat náležitou hodnotu, tedy hodnotu, kterou by jedinec měl mít (Bartůňková et al., 2013).

Ve sportovní praxi více využíváme Usilovný výdech vitální kapacity (FVC), který má větší výpovědní hodnotu než VC. Používají se nejčastěji hodnoty usilovného výdechu v 1. a 3. sekundě (Bahenský et al., 2021, Bartůňková, 2006).

Jednosekundová vitální kapacita (FEV₁) je maximální množství vzduchu vydechnutého během jedné sekundy. Po maximálním nádechu je měřena první sekunda usilovného výdechu (Bahenský et al., 2021).

Dechový objem (VT)

Dechový objem je množství vzduchu, které se vymění v plicích jedním dechem. V klidu je hodnota dechového objemu 500 ml. Při zátěži se zvyšuje dechový objem na hodnoty 2,5–3,0 l, tedy 50 % VC. Při sečtení hodnot dechového objemu (VT) a dechové frekvence (DF) získáme minutovou ventilaci plic (V'E) (Bahenský et al., 2021). Podle Hellera (2018) je dechový objem výkonnostních tenistů mužů při zátěži 2,33 ± 0,40 l a 1,79 ± 0,41 l u žen. Smekal (2000) naměřil hodnotu 2,95 ± 0,35 l na běžeckém ergometru.

Tanner et al. (2014) se domnívá, že poloha těla ovlivňuje hodnotu dechového objemu. Při porovnání testů spiroergometrie na běžeckém koberci a bicyklovém

ergometru zjistil vyšší hodnoty dechového objemu jsou na bicyklovém ergometru, ale s nižšími hodnotami v dechové frekvenci. Při poloze těla na bicyklu v sedě dokáže tělo lépe využít svoji kapacitu plic, a proto jsou nádechy hlubší.

Dechová frekvence (BF)

Rytmus dýchání v časové jednotce udává dechovou frekvenci. BF je lehce ovlivnitelná vůlí, ale je také závislá na charakteru zátěže a rytmizaci pohybu. Vynucený rytmus můžeme pozorovat u cyklických pohybů jako je běh nebo plavání, ale řada výkonů je prováděna v bezdeší (Bartůňková et al. 2013). K těmto výkonům patří i tenis, kdy v momentu úderu zastavíme dech, ale po odehrání míčku vydechujeme a v občasných případech je velmi nápomocný i vzdech po úderu. Při lehké práci se BF zvýší z klidových $14\text{--}16\text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$ na $20\text{--}30\text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$, ale u velmi těžké práce se zvýší až na $40\text{--}60\text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$ nebo i více. U mužů bývá BF nižší, než u žen (Bartůňková et al. 2013). V práci od Smekala (2000) je zmíněno, že maximální průměrná hodnota dechové frekvence dosažená na běžeckém ergometru u výkonnostních tenistů je $54 \pm 7,8\text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. Heller (2018) uvádí dechovou frekvenci u výkonnostních hráčů $53 \pm 7,8\text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$.

Podle Marka (2019) dechová frekvence záleží na frekvenci pohybu horní a dolní části těla, kdy se při vysoké frekvenci běhu naruší stereotyp dýchání a běžec dýchá s vyšší frekvencí, ale s nižším dechovým objemem. Toto se projevuje u sportů s pohybovým stereotypem bližším k běhu. U cyklistů je dechový objem vyšší na bicyklovém ergometru.

Respirační kvocient (RER)

Jedná se o poměr mezi vydaným oxidem uhličitým a přijatým kyslíkem ($R = \text{VCO}_2 \cdot \text{VO}_2^{-1}$). RER specifikuje, který energetický zdroj tělo právě metabolizuje. Při krátkodobé zátěži jsou to především cukry, při dlouhodobé zase tuky. Je známo, že RER pro cukry je rovno 0,85, pro tuky 0,7 a pro bílkoviny 0,8. Při spiroergometrických vyšetřeních je tato hodnota jedním z kritérií dosaženého maximálního výkonu. Maximální výkon vyžaduje dosažení hodnoty minimálně 1,1 RER. Je to paradoxní požadavek při zohlednění toho, že maximální RER mají cukry (1,0) (Bartůňková, et al., 2013).

Ventilační ekvivalent kyslíku ($V'E \cdot V'O_2^{-1}$)

Ventilační ekvivalent kyslíku je ukazatel, kterým se vyjadřuje skutečné využití kyslíku. Vypočítá se podílem minutové ventilace a minutové spotřeby kyslíku a vyjadřuje

množství vzduchu potřebného pro spotřebu 1 l kyslíku. Při maximálním zatížení hodnoty dosahují 28 l u mužů a 33 l u žen. Čím je ventilační ekvivalent nižší, tím je využití kyslíku větší (Bahenský et al., 2021). Smekal (2000) ve své práci říká, že průměrná maximální naměřená hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku byla u výkonnostních tenistů $34,4 \pm 3,4$ l.

Ventilační ekvivalent oxidu uhličitého ($V'E \cdot V'CO_2^{-1}$)

Podle Cinglové (2002) je ventilační ekvivalent oxidu uhličitého definován jako množství vzduchu, které sportovec proventiluje svými plícemi, aby se tělo zbavilo 1 l oxidu uhličitého. Je to poměr minutové ventilace k výdeji oxidu uhličitého (Heller, 2018). Vyjádříme ho podobně jako ventilační ekvivalent kyslíku. K nárůstu této hodnoty dochází při překročení ventilačního aerobního prahu v začátku respirační kompenzace.

Aerobní práh a anaerobní práh

Aerobní práh je smyšlená metabolická hranice, kdy tělo přechází z aerobního metabolismu na smíšený aerobně-anaerobní metabolismus. V tomto momentu dochází k prvnímu vzestupu laktátu (LA) a to na standardní hodnotu aerobního prahu $2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Pokud se hladina laktátu přehoupne přes tuto hodnotu, hovoříme již o aerobním pásmu. Toto pásmo slouží ke zlepšení dlouhodobé vytrvalosti. Intenzita aerobního pásma se rovná 40 % $VO_2\text{max}$ u netrénovaných a až 70 % $VO_2\text{max}$ u trénovaných jedinců (Bahenský et al., 2021, Bartůňková et al., 2013).

Anaerobní práh prezentuje takovou intenzitu zatížení, kdy poměr tvořeného a využitého laktátu je v rovnováze, takže se netvoří přebytek laktátu ve svalech. Koncentrace laktátu se při anaerobním prahu pohybuje okolo $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ a je pomyslným přechodem mezi aerobním metabolismem a převážně anaerobním metabolismem. Tato hodnota je označována také jako větší akumulace laktátu, nebo anglickou zkratkou OBLA (Onset Blood Lactate Accumulation). U zdravé netrénované populace se pohybuje mezi 55–65 % $VO_2\text{max}$. U vytrvalostně trénovaných atletů (maratonců) se anaerobní práh pohybuje okolo $2,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, ale u rychlostně a silově trénujících sportovců se metabolické krytí přehupuje až při 5–6 $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Při tomto přechodu metabolických procesů dochází taktéž k hyperventilaci, což je zvýšené dýchání, které převyšuje potřeby laktátové přeměny (Bahenský et al., 2021, Bartůňková et al., 2013).

3. Metodologie

3.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je srovnání naměřených výsledků vybraného souboru výkonnostních tenistů z Jihočeského kraje a kraje Vysočina na bicyklovém a běžeckém ergometru a určení, který z dvou spiroergometrických přístrojů je ideální pro laboratorní zátěžové testování tenistů.

3.2 Úkoly práce

- Vytvoření teoretických východisek na základě odborné literatury;
- výběr a oslovení probandů pro výzkum;
- provedení testování $VO_2\text{max}$ v zátěžové laboratoři;
- srovnání výsledků;
- vytvoření diskuze;
- vytvoření závěrů.

3.3 Hypotézy

H1) Předpokládáme, že výkonnostní tenisté dosáhnou vyšší hodnoty $VO_2\text{max}$ na běžeckém ergometru, z důvodu specifčnosti pohybu.

3.4 Výzkumné otázky

VO1) Budou muži tenisté dosahovat hodnoty $VO_2\text{max}$ uvedenou pro regionální hráče?

VO2) Bude průměrná maximální hodnota srdeční frekvence vyšší na běžeckém ergometru?

VO3) Bude průměrná maximální hodnota dechového objemu vyšší na bicyklovém ergometru?

VO4) Bude průměrná maximální hodnota minutové ventilace vyšší na bicyklovém ergometru?

VO5) Bude průměrná maximální hodnota respiračního kvocientu vyšší na bicyklovém ergometru?

VO6) Bude průměrná maximální hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku a oxidu uhličitého vyšší na bicyklovém ergometru?

VO7) Bude průměrná maximální hodnota dechová frekvence vyšší na běžeckém ergometru?

VO8) Budou probandi dosahovat průměrných maximálních hodnot spiroergometrických ukazatelů pro výkonnostní hráče, publikovaných ve výše uvedené literatuře?

4. Metodika

4.1 Charakteristika testovaného souboru

Pro náš výzkum bylo klíčové oslovit dostatek tenisových hráčů a jejich ochota podstoupit oba zátěžové testy v daném časovém rozmezí. Testování se účastní tenisový hráči výkonnostní regionální úrovně. Všichni hráči jsou v žebříčku českého tenisového svazu a bodově ohodnocení v kategoriích dospělí a dorost. 10 subjektů (8 mužů a 2 ženy) se celkově zúčastnilo tohoto výzkumu. Většina oslovených regionálních tenisových hráčů byla z klubu TK Pelhřimov. Tento klub jsem zvolil, protože za něj momentálně hraji a klub reprezentuji již od svých žákovských let a mám zde dlouholeté kontakty. U těchto sportovců bylo nutno vzít v potaz jejich dostupnost do Českých Budějovic. Jelikož doba cesty může trvat až 90 minut a jejich tréninkový a zápasový plán musel být kvůli tomu specificky uzpůsoben. Další tenisté byli z klubů LTC Viton České Budějovice, Tenis klub Jindřichův Hradec a LTC Tábor 1903. Věk probandů se pohyboval od 16ti do 39ti let. V našem výzkumu figurovalo 8 mužů a 2 ženy. Všichni hráči prošli akademií ve svých klubech od raného věku. Všichni prošli žákovské a dorostenecké kategorie, takže jejich tenisová úroveň je na kompetitivní úrovni v regionálním měřítku. Dnes hrají všichni v seniorských nebo dorosteneckých kategoriích, kde se účastní jak individuálních, tak týmových turnajů.

Tabulka 1

Charakteristika testovaného souboru

	věk	hmotnost (kg)	výška (cm)	běh (km·rok ⁻¹)	kolo (km·rok ⁻¹)
Proband 1	21	77	173	70	180
Proband 2	39	69	181	600	250
Proband 3	21	84,9	190	137	100
Proband 4	17	70,2	176	32	150
Proband 5	21	75,6	182	80	200
Proband 6	27	72,2	188	880	350
Proband 7	16	63	181	70	100
Proband 8	33	75,1	175	100	850
Proband 9	21	96	175	10	40
Proband 10	21	86,2	176,4	100	150

V tabulce č. 1 můžeme vidět charakteristiku testovaného souboru. Je zde nutné připomenout, že pracujeme s tenisty a jejich hlavní tréninkovou náplní jsou tenisové tréninky, které jsou pro ně klíčové v dosahování pozitivních výsledků při zápasech a na turnajích. V rámci těchto tréninků dělají i kondičně specifické drily na rozvoj vytrvalosti, výbušnosti a rychlosti. Hlavně ale rozvíjí taktické a herní situace, nácvik úderů a zápasové situace se sparing partnerem.

Naši probandi měli průměrný věk $23,7 \pm 6,87$ let s průměrnou výškou $179,74 \pm 5,45$ cm a průměrnou hmotností $76,92 \pm 6,87$ kg. Jejich průměrná roční dotace naběhaných km mimo kurt tvořila $207,9 \pm 275,36$ km·rok⁻¹ a jejich průměrná roční dotace najetých km na kole byla $237 \pm 220,18$ km·rok⁻¹. Jejich hlavní tréninkovou náplní jsou tenisové tréninky, takže běh nebo jízda na kole je využíván jako regenerační prostředek pro aktivní odpočinek.

4.2 Použité testovací přístroje

- Tanita BC 418 MA

Tento přístroj od firmy TANITA sídlící v Nizozemí slouží pro měření tělesného složení za pomoci přímé segmentové monofrekvenční impedance (50 kHz). Přístroj pomocí vlastní digitální váhy a osmi polárních elektrod dokáže změřit složení těla díky napětí. Přístroj dokáže změřit složení těla zvlášť na každé končetině a trupu. V protokolu, který získáme použitím tohoto přístroje získáme celkovou hmotnost, procentuální zastoupení a hmotnost tělesného tuku, predikovanou hodnotu svalové hmoty na končetinách a trupu, hodnotu bazálního metabolismu, množství tělesné vody a hmotnostně-výškový index body mass index (BMI) (Jareš, 2011).

Obrázek 10

Tanita BC418 MA (zdroj vlastní. 2023).

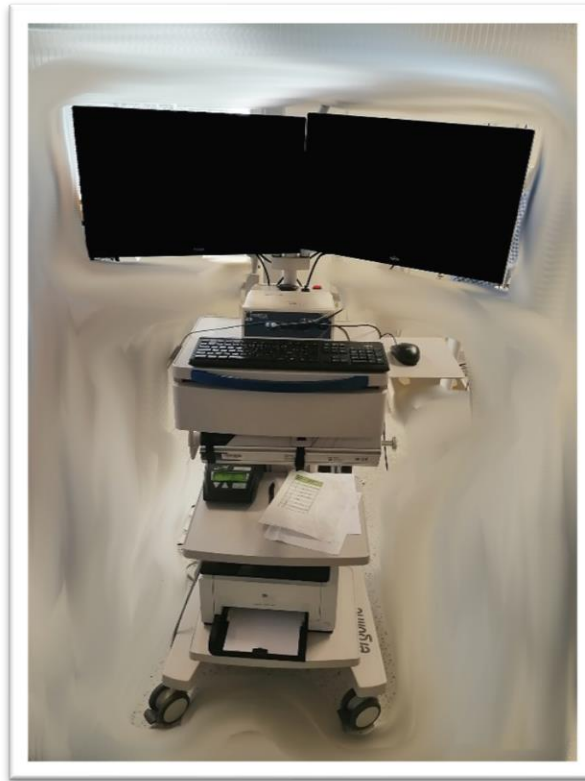


- **Cortex MetaControl 3000**

Cortex MetaControl 3000 je spiroergometrický systém, který svým optimálním sestavením umožňuje ideální kompatibilitu a spolehlivost při provádění kardiopulmonálních testů v zátěžové laboratoři. Do jeho sestavy patří i Cortex MetaLyzer 3B s dalšími přístroji a doplňky, které tvoří komplexní systém připojený k výkonnému počítači a jsou integrovány do praktického přístrojového vozíku s dvěma monitory pro zobrazení spiroergometrických a ergometrických parametrů společně s křivkou EKG (SUMMUS Vita, n.d.).

Obrázek 11

Cortex MetaControl 3000 (zdroj vlastní. 2023).



- Cortex Metalyzer 3B

Cortex Metalyzer 3B je snadno přenosný systém pro spiroergometrické zátěžové testy vhodný pro sportovní ordinace, tréninková centra nebo nemocnice od firmy CORTEX medical sídlící v německém Lipsku. Umožňuje kompletní vyšetření plicní ventilace, oběhového systému a metabolismu v klidu i při zátěži. Díky propojení s aplikací MetaSoft Studio dokáže Cortex Metalyzer 3B změřit až 100 kardiopulmonálních parametrů, což z něj dělá výborný prostředek pro měření výkonnosti nejen sportovců, ale i pro lékařské diagnostické vyšetření běžné populace (Compek Medical Services, n.d.).

Obrázek 12

Cortex MetaLyzer 3B (zdroj vlastní. 2023).



- Ergometr LODE Excalibur Sport

Bicyklový ergometr LODE Excalibur sport je považován za zlatý standard v ergometrii od firmy LODE sídlící v Nizozemsku. Tento přístroj splňuje nejnovější požadavky zátěžových testů a vědeckých prací. Excalibur Sport také splňuje požadavky nejen pro běžnou populaci, ale i pro výkonnostní atlety, kteří testují své schopnosti na tomto stroji, protože tento přístroj byl vyvinut na zvládnání extrémní pracovní kapacity (LODE, n.d.).

Obrázek 13

Ergometr LODE Excalibur Sport (zdroj vlastní. 2023).



- Ergometr LODE Valiant Plus

LODE Valiant Plus je speciálně navržený běžecký ergometr od nizozemské firmy LODE pro sportovní medicínu. Tento přístroj nabízí plynulé akcelerování rychlosti až do 25 kilometrů za hodinu a je u něj i nastavitelná elevace až do 25 %. Tento přístroj může být připojen k externím zařízením typu Cortex MetaLyzer 3B, nebo softwarům od LODE, čímž je vhodný pro zátěžové testování sportovců ve sportovních laboratořích (LODE, n.d.). Tento přístroj je ideálně vhodný pro náš výzkum, kde používáme progresivní zvyšování rychlosti běhu probanda do maximálního vyčerpání.

Obrázek 14

Ergometr LODE Valiant Plus (zdroj vlastní. 2023).



- **Použité programy**

MetaSoft Studio je použitý program, který nám umožnil snímání a zobrazení jednotlivých spiroergometrických hodnot dosažených při testování. Výsledné hodnoty, které byly zobrazeny v protokolech jsme poté převedly do grafické podoby sloupcových a krabicových grafů v programu Microsoft Excel. Textová část byla vytvořena v programu Microsoft Office Word. K prokázání statistické významnosti jsme použili soubor Statistica 12.

- **Hrudní pás Polar H7 a spiroergometrická maska**

Hrudní pás nám umožnil získávat informace o tepové frekvenci probanda při zátěžovém testu. Hrudní pás byl umístěn na mečovitém výběžku hrudní kosti. Z dat, které nám hrudní pás poskytl jsme určovali výsledky tepové frekvence. Spiroergometrická maska je základní vybavení nutné pro zátěžové testování spiroergometrie v zátěžových laboratořích. Poskytuje izolaci dýchacího ústrojí a připojením vhodného zařízení pomáhá k efektivnímu zobrazování jednotlivých ventilačních hodnot.

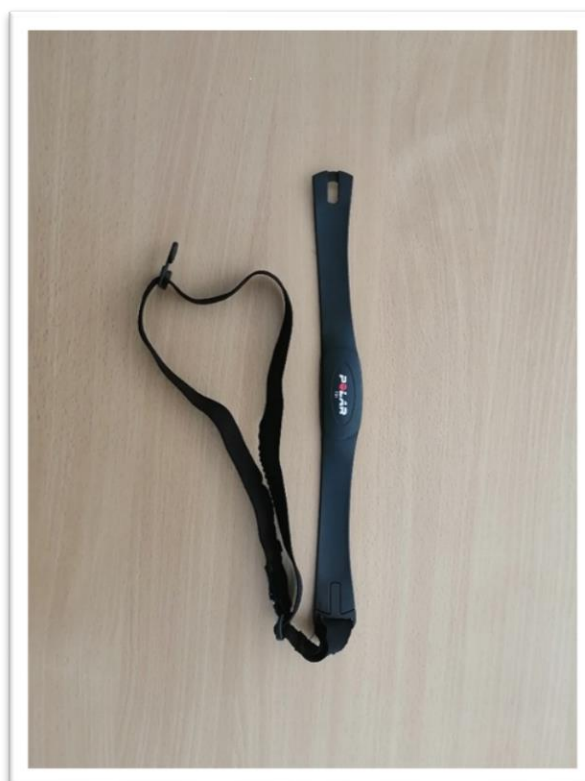
Obrázek 15

Spiroergometrická maska (zdroj vlastní. 2023).



Obrázek 16

Hrudní pás POLAR H7 (zdroj vlastní. 2023).



4.3 Design výzkumu

Na začátek práce je potřeba oslovit výkonnostní (závodní) tenisty, kteří jsou zaregistrovaní v Českém tenisovém svazu jako závodní hráči a kteří by byli ochotni se podrobit výzkumu. Seznámit je s designem výzkumu a přizpůsobit jejich tréninkový plán testování.

Před zahájením testování je důležité náhodně vybrat, kteří tenisti budou začínat první test na běžeckém ergometru, a kteří budou začínat svůj první test na bicyklovém ergometru. Tenisté, kteří budou začínat na běžeckém ergometru budou absolvovat svůj druhý test na bicyklovém ergometru. Tenisté, kteří budou začínat svůj první test na bicyklovém ergometru budou absolvovat svůj druhý test po určené pauze na běžeckém ergometru. K náhodnému výběru prvního testovacího přístroje u všech probandů jsme použili internetovou stránku randomizer.org.

Dále přivedeme jednotlivé tenisty do laboratoře na Katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kde někteří začnou svoje testování na běžeckém ergometru a někteří na bicyklovém ergometru. Po jejich prvním testu budou mít sportovci tři dny až týden na zotavení. Co je podstatné v téhle zotavovací fázi je to, aby každý z nich neměnil návyky, které měl před prvním testem, aby byl na ten druhý ve víceméně stejném rozpoložení. To znamená, že musí mít stejný tréninkový plán, stejné stravovací návyky a pitný režim. Též by se měli vyvarovat nadbytečnému příjmu alkoholu a kofeinu. Testy musí být konány ve stejnou hodinu, to znamená, že když první test proběhne v deset hodin ráno, tak druhý test musí proběhnout za tři dny také v deset hodin ráno. U testů bude přítomna testovaná osoba a odborný pracovník katedry a po provedení obou testů už pomoc subjektů nebude potřeba a následuje srovnávání výsledků, vyhodnocování hypotéz a závěrů. Většina testovaných subjektů neměla stejný odstup mezi testy jako jiní, kvůli problémům s dojezdem do Českých Budějovic, nicméně byli seznámeni s povahou výzkumu a jejich příprava tomu byla přizpůsobena.

Důležitý aspekt u tohoto výzkumu je ten, že probandi musí být nejlépe ve stejném tělesném rozpoložení u obou testů. K dosažení této podmínky je potřeba sledovat aktivity u sportovců nejméně tři dny před prvním testem. Sledovat jejich tréninkový program a jeho intenzitu, stravovací návyky a míru stresu vynaložené na tělo. Pro výzkum je podstatné, aby všechny tyto návyky byli shodné před oběma testy. Tímto

předejdeme odchylkám ve výsledcích testů, které jsou ovlivněny návyky v oblasti denního režimu. Naším úkolem v průběhu testování jednotlivých subjektů tyto faktory sledovat. Kvůli tomuto musely být upraveny tréninkové programy hráčů, aby vyhovovali programu testování a podmínkám, které jsme jim vymezili. Vzhledem k tomu, že hráči pochází z odlišných tenisových klubů a mají odlišné trenéry nebo trenéry nemají, tak musela konzultace s hráči proběhnout osobně. Cílem konzultací bylo stanovení optimálního režimu s ohledem na jejich subjektivní tréninkový program a plán turnajů.

Testování probíhalo na Katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Pro test na běhátku jsme použili přístroj Lode Valiant Plus a pro test na kole jsme použili přístroj Lode Excalibur Sport. Subjekty jsme před každým testováním zvažili, abychom měli přesné údaje o jejich váze kvůli hodnotě $VO_2\max$, poté jsme jim změřili usilovnou vitální kapacitu plic pomocí Cortex Metalyzer 3B. Po této úvodní fázi se subjekty přesunuly na test. Testovaným jsme umístili na hrudník tepový pás. Na běhátku měli 4 minuty rozběhání při rychlosti $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Po rozběhání byla dvě minuty pauza, poté začal test. Rychlost pásu začínala na $9 \text{ km}\cdot\text{hod}^{-1}$ a každou minutu se zvyšovala rychlost o $1 \text{ km}\cdot\text{hod}^{-1}$. Po celou dobu testu byl náklon běhátka 5 %. Test skončil při dosažení $vita\ maxima$ probanda, který ohlásil, že už dál nemůže pokračovat. Po této části testu následovalo 2minutové zotavení. Při testování na kole byl na začátku stejný postup jako před testem na běžeckém ergometru. Probandi prošli analýzou tělesného složení a testem usilovné vitální kapacity. Následovalo lehké rozjetí už na bicyklovém ergometru při rychlosti $60 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ po dobu 2 minut. Následovala pauza 2 minuty, po které přišel ostrý test. Subjekty měli udržet rychlost mezi $95\text{—}100 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. Test začínal na wattovém výkonu podle váhy probanda a každou minutu se zátěž zvyšovala. Každý proband tedy začínal na jiném wattovém výkonu. Test skončil individuálním vyčerpáním subjektu. Po vyčerpání následovalo ještě zotavní při rychlosti $60 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. Kritéria pro splnění hodnoty $VO_2\max$ jsou dosažení RER většího než 1,00 a dosažení tzv. plató ve spotřebě kyslíku. Výrazem plató rozumíme část v testu, kdy nejvyšší hodnoty spotřeby kyslíku stagnovaly, i když se intenzita testu stále stupňovala.

V mém výzkumu je rozhodující a cílové, jaký test je pro tenisty jako atlety nejužitečnější pro určení ideální výkonnosti na tenisovém kurtě. Proto se musím zaměřit na fázi před prvním testováním a druhým testováním. Jde o to, abychom eliminovali nežádoucí faktory, které mohou mít negativní vliv na výsledky testů. Tím, že testování

budou mít stejné podmínky před oběma testy dané jejich návyky, můžeme těmto nežádoucí faktorům předejít a tím zaručit co nejpřesnější výsledky testování.

Po zakončení plánovaného testování probandů je nutné naměřené výsledky analyzovat, porovnat a vyhodnotit. Analyzovat budeme hodnoty $VO_2\text{max}$, tepový kyslík ($VO_2 \cdot HR^{-1}$), srdeční frekvenci (SF), minutovou ventilaci ($V'E$), dechový objem (VT), dechovou frekvenci (DF), ventilační ekvivalent kyslíku ($V'E \cdot V'CO_2^{-1}$), ventilační ekvivalent oxidu uhličitého ($V'E \cdot V'CO_2^{-1}$), respirační kvocient (RER). V rámci testování jsme provedli i test usilovné vitální kapacity, která je potřebná pro provedení testu $VO_2\text{max}$, ale nezahrnuli jsme ji do výzkumu, protože pro něj není stěžejní. Po srovnání výsledků vytvoříme diskuzi, odpovíme na námi zadané hypotézy a výzkumné otázky a vytvoříme závěr naší práce.

4.4 Použité metody

Obsahová analýza

Obsahová analýza byla využita při zpracování veškeré literatury použité k tvorbě této práce. Veškeré vědecké publikace jsou uvedeny v referenčním seznamu literatury a posloužily nám hlavně k tvorbě teoretických východisek bakalářské práce. Veškerá literatura slouží k získání všestranných informací o problému, dále nás poučí o tom, co již bylo v této problematice vyřešeno (Štumbauer, 1989).

Metoda měření

Měření bylo prováděno v laboratoři na Katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity. K měření jsme použili běžecký ergometr LODE Valiant Plus, bicyklový ergometr LODE Excalibur Sport, Tanitu BC 418 MA, Cortex MetaControl 3000, Cortex Metalyzer 3B, hrudní pás Polar H7 a spiroergometrickou masku. Testování mělo dvě fáze. První fáze byla na běžeckém ergometru nebo na bicyklovém ergometru a druhá fáze byla navazující, při které probandi udělali druhý test $VO_2\text{max}$ na odlišném stroji, než dělali první test. Z tohoto dvofázového testování vzešly standardizované protokoly ke každému testu $VO_2\text{max}$, které jsme poté porovnali komparativní metodou.

Komparativní metoda

Komparativní metoda nám umožňuje srovnávat výsledky několika pozorování a následně z nich vyvozovat závěry. Je to výklad shod, podobností a odlišností mezi

několika jevy a jejich hodnocení (Štumbauer, 1989). Komparativní metodu jsme využili k srovnání výsledků dosažených při spiroergometrickém testování a vyvození závěrů.

Statistická a věcná významnost

Pro statistickou významnost jsme v našem výzkumu použili Wilcoxonův párový test pro jeden výběr s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Tento test je neparametrickou náhradou t-testu, protože zde máme k dispozici malý výběr (Hendl, 2004). Díky malému výběru by byl t-test příliš přísný na naše výsledky. Věcnou významnost jsme zjišťovali pomocí Cohenova d , které je založeno na rozdílu průměrů ve dvou skupinách. Také dělí směrodatnou odchylku a tím nám poskytuje bezrozměrnou veličinu, která není závislá na původních jednotkách měření (Soukup, 2017).

Hodnocení věcné významnosti jsme posuzovali podle následující škály Cohenova d :

- $d \geq 0,8$ — velký efekt,
- $d = 0,5$ až $0,8$ — střední efekt,
- $d = 0,2$ až $0,5$ — malý efekt.

Věcnou i statistickou významnost jsme využili při srovnávání jednotlivých spiroergometrických hodnot dosažených probandy při zátěžovém testování. Mezi tyto hodnoty patřily $VO_2\max$, SF, VT, $V'E$, BF, RER, $V'E \cdot VO_2^{-1}$, $V'E \cdot VCO_2^{-1}$.

4.5 Pohybová aktivita mezi prvním a druhým testováním

V následující části práce budeme analyzovat objem a intenzitu pohybové aktivity tenistů před jejich prvním a druhým testem. Zdůrazňuji, že tento faktor je klíčový pro ovlivnění podaného výkonu v laboratoři, proto by měli být pohybové režimy, jejich objem a intenzita stejné. Většina probandů nemá trenéra a trénují se sami. U těchto tenistů bylo jednodušší se s nimi domluvit a ovlivnit jejich tréninkový program. Někteří sportovci museli přizpůsobit svůj tréninkový režim, který měli nastavený od trenérů. Jejich pohybové aktivity byly tenisové tréninky, tenisové zápasy, lehký aerobní trénink plavání nebo běh a intenzivní kondiční tréninky malého objemu.

Tabulka 2

Minutová dotace pohybové aktivity před prvním testováním.

proband	2. den před testem		1. den před testem	
	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita
proband 1	120	střední	60	střední
proband 2	120	těžká	0	-
proband 3	90	střední	60	lehká
proband 4	0	-	90	střední
proband 5	120	těžká	0	-
proband 6	60	střední	0	-
proband 7	120	střední	30	lehká
proband 8	0	-	120	střední
proband 9	0	-	60	střední
proband 10	90	těžká	30	lehká

V tabulce č. 2 můžeme vidět, jakou pohybovou aktivitu měli sportovci dva dny a jeden den před prvním testováním. Každý sportovec to má jinak a je to přizpůsobené jejich tréninkovému programu. U probanda číslo 2, 5 a 10 byli zaznamenány poměrně dlouhé objemné a intenzivní pohybové jednotky. Toto jsou tenisové zápasy, které hráči měli v rámci turnaje nebo tréninkového sparingu. Tyto tréninky mohli mít vliv na podání výkonu u testování, ale vzhledem k tomu, že jeden den před testem neměli žádnou tréninkovou jednotku nebo lehkou, tak zvládli podat na testu požadovaný výkon. Tréninky střední intenzity a poměrně vysokého objemu jsou tenisové tréninky. Můžeme je najít u probandů č. 1, 3, nebo 7. Jsou to tréninky, kde hráči rozebírají techniku a zkouší taktické herní systémy a připravují se na nadcházející zápas, nebo turnaj. Tyto jednotky nemají tak vysoké nároky na fyzickou připravenost sportovce, ale snaží se o zapojení aktivní pozornosti, taktického myšlení a mentální připravenost. Trvá poměrně dlouho, protože je hra často přerušovaná pro vysvětlování herních situací a technik. Probandi č. 2, 5 a 6 se rozhodli mít jeden den před testováním den volna. Tréninkové jednotky lehké intenzity jsou aerobní činnosti určené pro rychlejší zotavení a aktivní regeneraci sportovce.

V tabulce č. 3 můžeme vidět pohybovou aktivitu dva dny a jeden den před druhým zátěžovým testem.

Tabulka 3

Minutová dotace pohybové aktivity před druhým testováním.

proband	2. den před testem		1 den před testem	
	objem [min]	intenzita	objem [min]	intenzita
proband 1	120	střední	30	těžká
proband 2	120	těžká	0	-

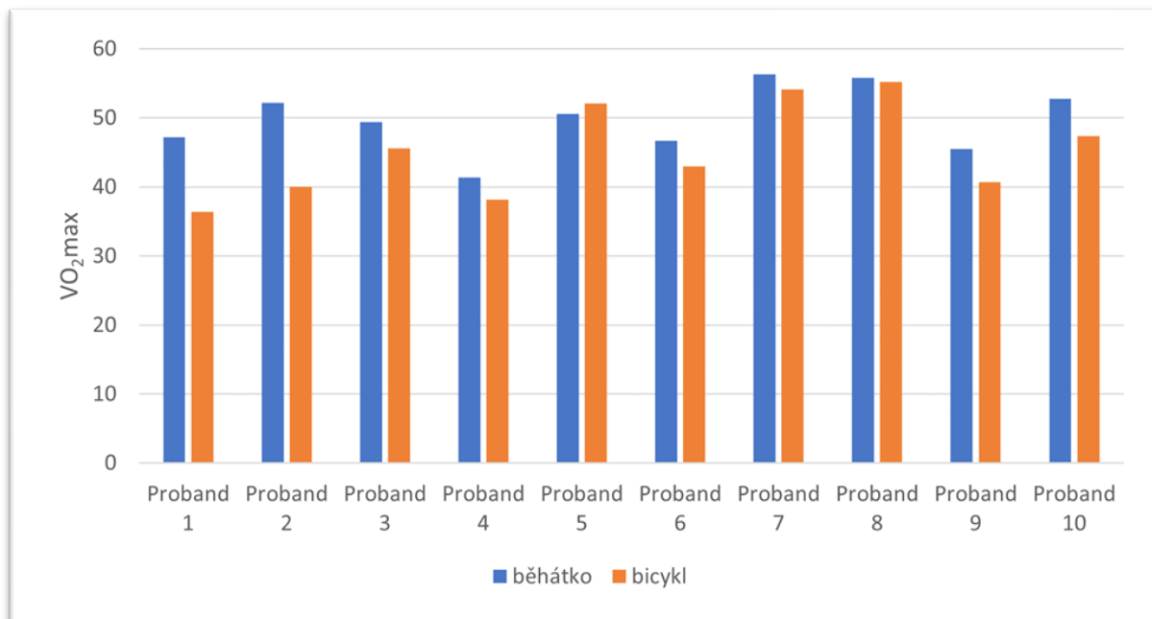
proband 3	90	střední	60	lehká
proband 4	0	-	90	střední
proband 5	120	střední	30	lehká
proband 6	60	střední	0	-
proband 7	120	těžká	0	-
proband 8	0	-	120	střední
proband 9	0	-	60	střední
proband 10	90	těžká	30	lehká

Při porovnání tabulky minutové dotace si můžeme všimnout, že minutová dotace je u většiny probandů stejná. Ale například u probanda č. 7 můžeme vidět 2 dny před testem dvou hodinový sparingový zápas těžké intenzity. Jeden den před testem měl ale volno, takže měl čas na regeneraci. To samé můžeme pozorovat u probanda č. 2. Všechny lehké intenzity tréninků jsou převážně aktivní regenerace v podobě cyklistiky, plavání nebo běhu. Byli vloženy do tréninkového programu pro to, aby vyrovnali intenzitu tréninku před prvním testem, aby tréninkové zatížení bylo stejné před oba testy.

5. Výsledky

VO₂max

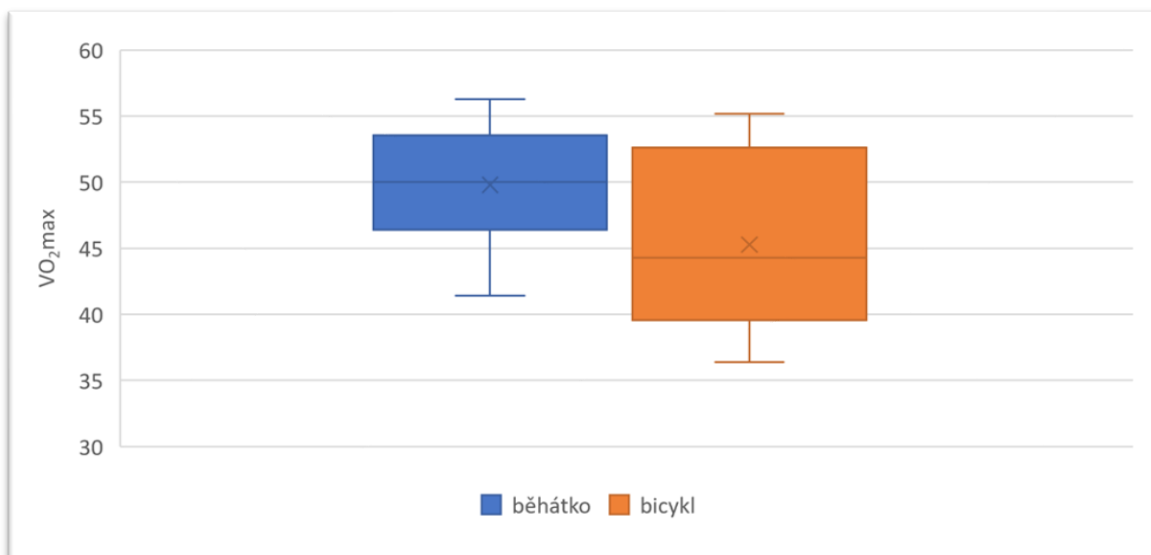
Na grafu č. 1 jsou zobrazeny naměřené hodnoty VO₂max. Modré sloupce označují hodnoty dosažené na běžeckém ergometru a oranžové hodnoty odpovídají hodnotám dosažených na bicyklovém ergometru. Z grafu můžeme vysledovat, že hodnota VO₂max je u většiny probandů vyšší na běhátku než na bicyklu. Až na probanda č. 5, který zaznamenal hodnotu 52,1 ml·min·kg⁻¹ na bicyklu a 50,6 ml·min·kg⁻¹ na běžeckém ergometru. Tento proband zaznamenal nejvyšší naměřenou hodnotu RER na bicyklovém ergometru, což znamená, že buď je test na tomto ergometru pro něj výrazně náročnější než na běžeckém ergometru, nebo je pro něj pohyb přirozenější a tělo při něm mohlo fungovat i při vyšší intenzitě. Zároveň měl proband více kilometrů najetých na kole, než které naběhal, což také mohlo ovlivnit jeho výkon. Nejvyšších hodnot dosáhl proband č. 7 a to 56,3 ml·min·kg⁻¹. Nejvyšší rozdíl mezi běžeckým a bicyklovým ergometrem byl u probanda č. 2, konkrétně 12,2 ml·min·kg⁻¹. Naopak nejnižšího rozdílu si můžeme všimnout u probanda č. 8, u kterého je rozdíl na obou ergometrech pouhých 0,6 ml·min·kg⁻¹. Důvodem tohoto může být vyšší objem vytrvalostního tréninku, při kterém proband používá kolo než u ostatních probandů. U probanda č. 1 můžeme vidět nejmenší naměřenou hodnotu VO₂max (36,4 ml·min·kg⁻¹). Tato hodnota byla naměřena na bicyklovém ergometru, kdy proband nedokončil test v maximálním rozsahu ze subjektivních důvodů svalové slabosti. Proband splnil parametry VO₂max testu a tento výsledek může být zařazen do studie. U mužů probandů byla naměřena průměrná maximální hodnota na běžeckém ergometru 51,2 ± 3,58 ml·min·kg⁻¹ a u žen 44,1 ± 2,65 ml·min·kg⁻¹. Hodnoty VO₂max jsou vyšší na běžeckém ergometru a jsou věcně významné ($d=0,818$) i statisticky významné ($p<0,05$).



Graf 1

Porovnání naměřených výsledků hodnot VO_2max na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Na grafu č. 2 můžeme potvrdit, že tenisté dosahují lepších výsledků na běhátku než na bicyklu. Můžeme zde pozorovat průměrné naměřené hodnoty, některé případné odchylky. Průměrná hodnota VO_2max je $49,8 \pm 4,5 \text{ ml} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$ na běžeckém ergometru a $45,3 \pm 6,4 \text{ ml} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$ na bicyklovém ergometru. Vyšší směrodatná odchylka naznačuje širší škálu dosažené hodnoty. Nejmenší hodnota VO_2max na bicyklovém ergometru byla $36,4 \text{ ml} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$ a největší $55,2 \text{ ml} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak hodnoty na běžeckém ergometru ukazují poměrně stabilní výsledky se směrodatnou odchylkou $4,5 \text{ ml} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$. Výsledky na běžeckém ergometru jsou o 9 % vyšší než na bicyklovém ergometru.

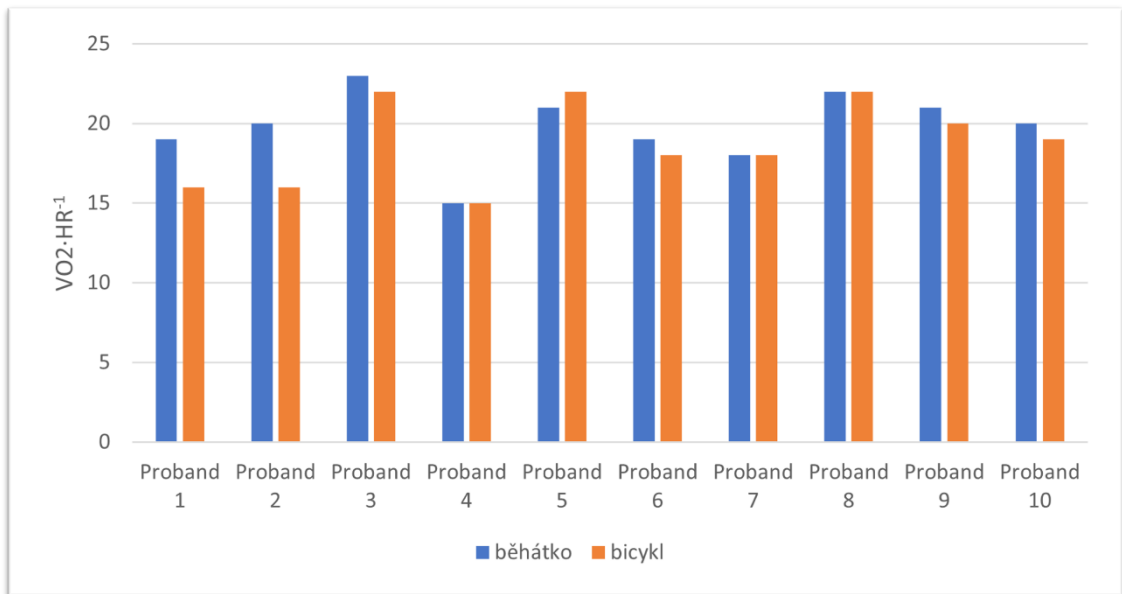


Graf 2

Naměřené hodnoty VO_2max na běžeckém a bicyklovém ergometru.

$VO_2 \cdot HR^{-1}$

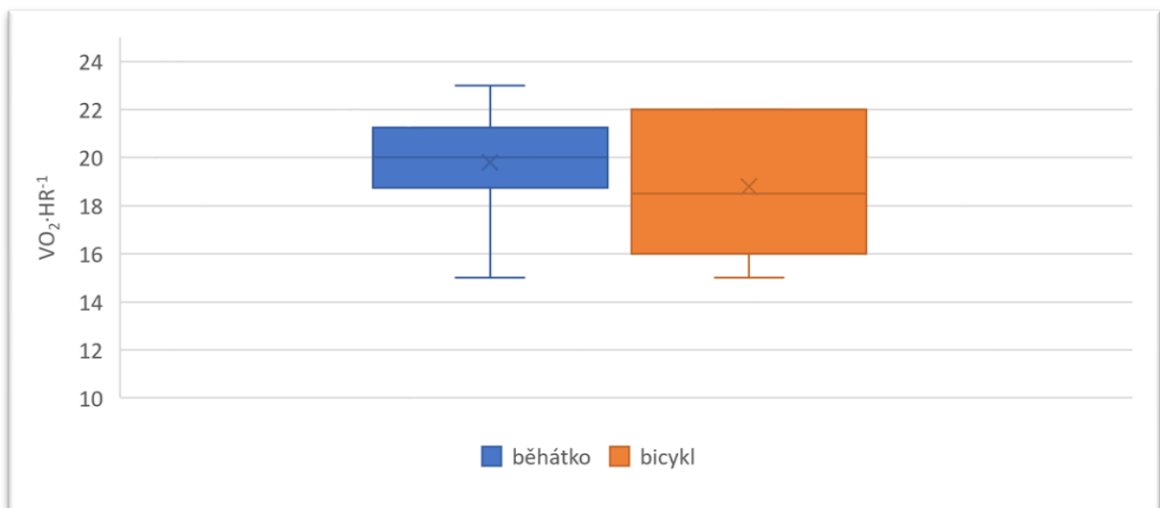
Na grafu č. 3 se zaměříme na hodnotu $VO_2 \cdot HR^{-1}$, neboli tepový kyslík. V grafu můžeme vidět, že rozdíly v hodnotách nejsou velké. U třech případů máme dokonce stejné hodnoty jak na běžeckém ergometru, tak na bicyklovém ergometru. Největší hodnoty dosáhl proband č. 3, který zaznamenal 23 ml. Nejmenší naměřená hodnota byla zaznamenána u probanda č. 4, tedy 15 ml. Tuto hodnotu proband zaznamenal na běžeckém i bicyklovém ergometru. Největší rozdíl $VO_2 \cdot HR^{-1}$ byl zaznamenán u probanda č. 2 a to 4 ml. U probandů, kteří měli podobné výsledky VO_2max mají podobné výsledky i u $VO_2 \cdot HR^{-1}$. Konkrétně mluvíme o probandech č. 7 a 8. Věcná významnost byla prokázána s malým efektem ($d=0,427$). Hodnota je vyšší na běžeckém ergometru a není statisticky významná.



Graf 3

Porovnání naměřených výsledků hodnot $VO_2 \cdot HR^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Průměrné hodnoty $VO_2 \cdot HR^{-1}$ jsou zobrazeny na grafu č. 4. Na běžeckém ergometru dosáhli probandi vyšších průměrných hodnot než na bicyklovém ergometru. Přesné hodnoty jsou $19,8 \pm 2,14$ ml na běžeckém ergometru a $18,8 \pm 2,52$ ml na bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota $VO_2 \cdot HR^{-1}$ byla vyšší o 5 % na běžeckém ergometru než na bicyklovém ergometru.



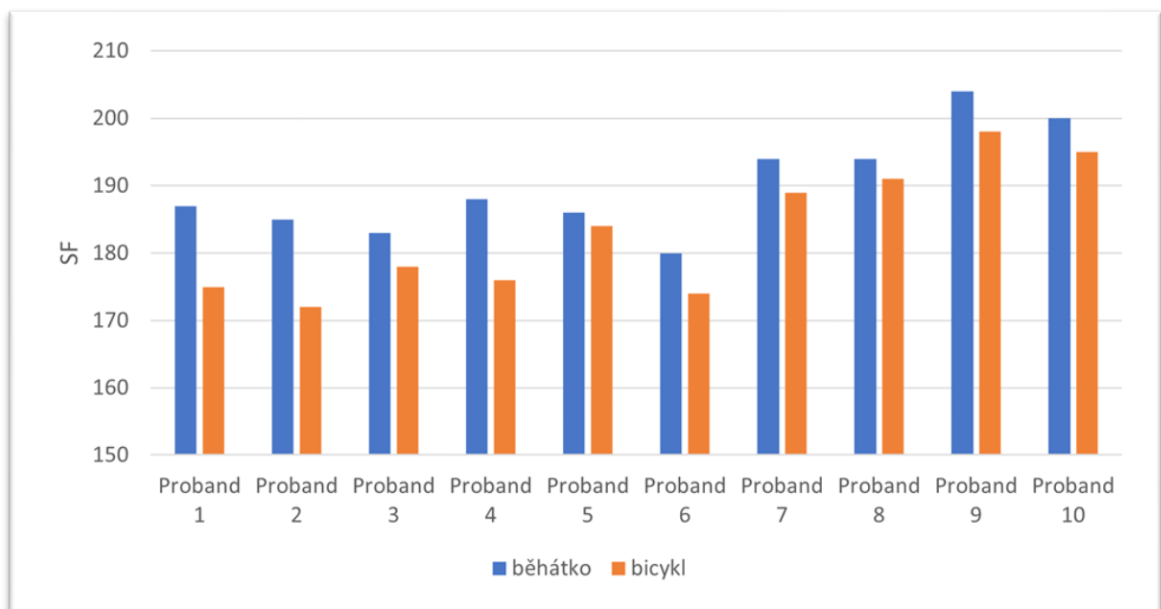
Graf 4

Naměřené hodnoty $VO_2 \cdot HR^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Srdeční frekvence

V tomto odstavci se koukneme na hodnoty tepové frekvence dosažené při maximální hodnotě $VO_2 \max$. Na grafu č. 5 můžeme přímo porovnat všechny hodnoty

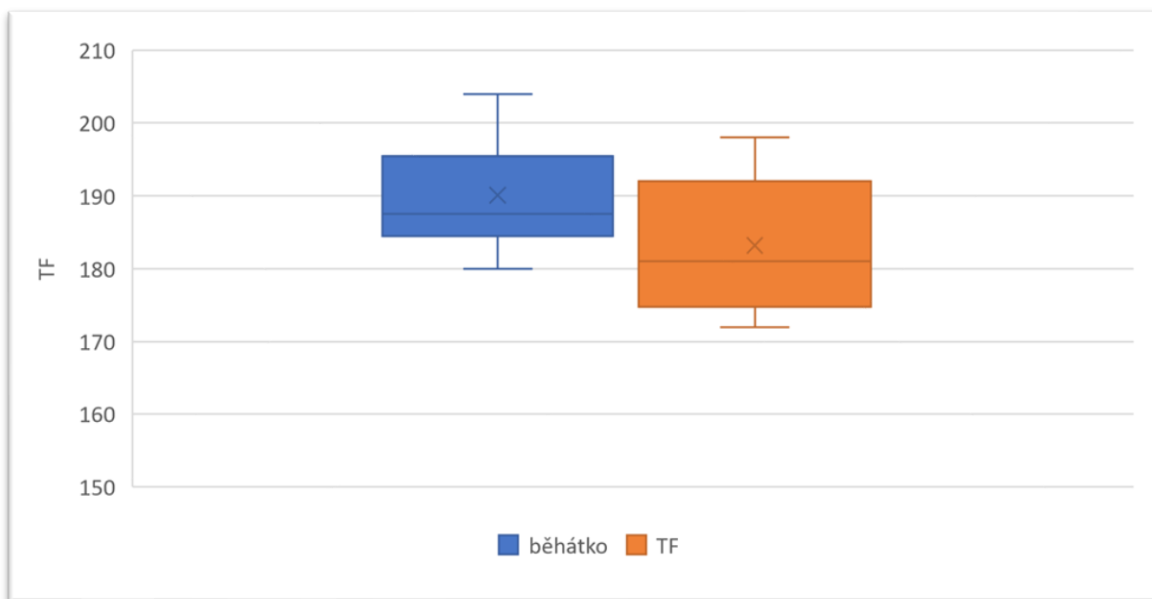
tepových frekvencí. Z grafu je zřejmé, že u 60 % probandů maximální srdeční frekvence nepřesahovala 190 tep·min⁻¹ na běžecím ergometru. Nejvyšší hodnoty jsme naměřili u probanda č. 9, který zaznamenal hodnotu 204 tep·min⁻¹ na běžecím a 198 tep·min⁻¹ na bicyklovém ergometru. Největší rozdíl v tepové frekvenci zaznamenali proband č. 1 a 4. Rozdíl byl celých 12 tep·min⁻¹ ve prospěch běžecího ergometru. Proband 9 dosáhl nejvyšší tepové frekvence, ale jeho maximální spotřeba kyslíku byla menší než u ostatních probandů. Nejmenší tepovou frekvenci při submaximálním zatížení jsme naměřili u probanda č. 2. Všechny tyto hodnoty souvisí s věkem a genetickými předpoklady subjektů. U rozdílu tepové frekvence jsme zaznamenali velký efekt věcné významnosti ($d=0,842$). Hodnota je vyšší na běžecím ergometru a podle statistické významnosti je významná ($p<0,05$).



Graf 5

Porovnání naměřených výsledků hodnot S na běžecím a bicyklovém ergometru.

Graf č. 6 nám ukazuje průměrné hodnoty tepové frekvence pomocí krabicových grafů na běžecím a bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota dosažená na běžecím ergometru byla $190,1 \pm 7,3$ tep·min⁻¹ a $183,2 \pm 9,0$ tep·min⁻¹ na bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota maximální tepové frekvence dosažená na běžecím ergometru byla o 3,7 % vyšší než na bicyklovém ergometru.

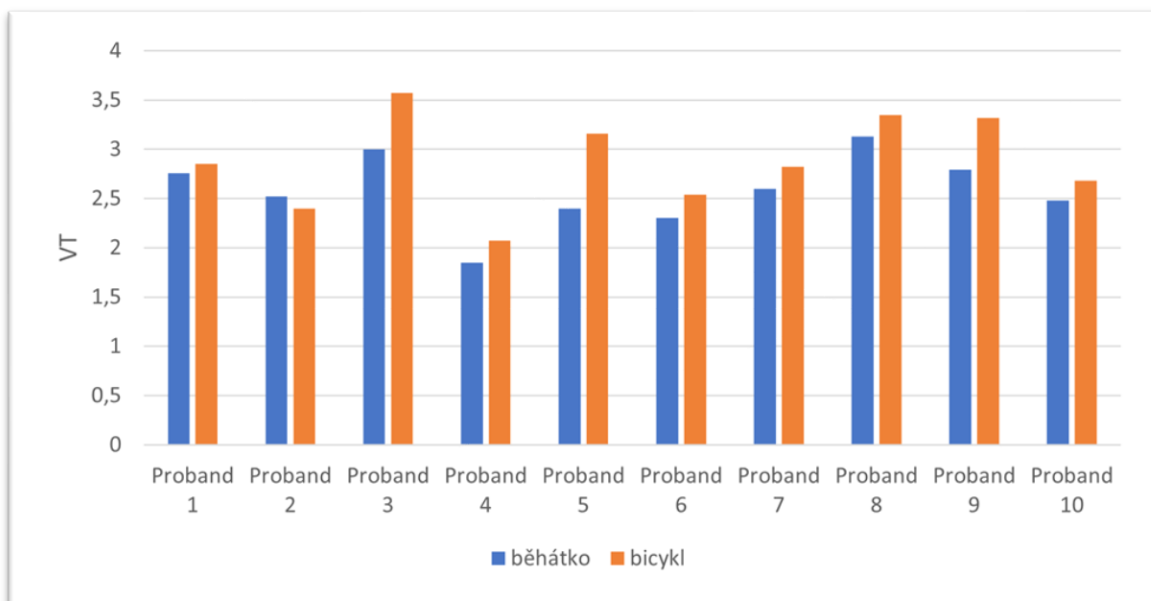


Graf 6

Naměřené hodnoty SF na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Dechový objem

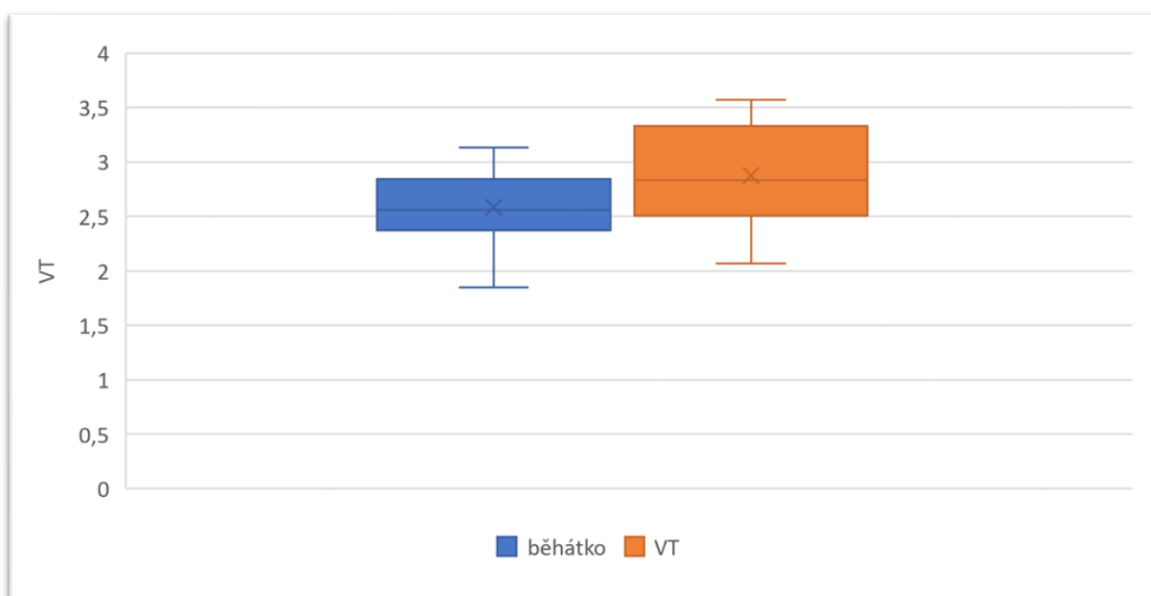
Graf číslo 7 nám ukazuje hodnoty dechového objemu dosaženého při zatížení na hodnotě VO_2max . Podle grafu je zřejmé, že dechový objem byl celkově vyšší na bicyklovém ergometru než na běžeckém ergometru. Největší hodnoty jsme naměřili u probanda č. 3, který zaznamenal 3,57 l. Nejnižší naopak u probanda č. 4, který dosáhl pouhých 1,85 l. Největší rozdíl u této hodnoty je možné pozorovat u probanda č. 5, u kterého je rozdíl hodnot 0,76 l. Věcná významnost má střední efekt podle Cohena d ($d=0,729$). Podle statistické významnosti je hodnota dechového objemu významná a je vyšší na bicyklovém ergometru ($p<0,05$).



Graf 7

Porovnání naměřených výsledků hodnot VT na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Na grafu č. 8 můžeme vidět průměrnou dosaženou hodnotu zobrazenou pomocí tabulkového grafu. Průměrná hodnota dosažená probandy na běžeckém ergometru byla $2,58 \pm 0,34$ l a $2,88 \pm 0,45$ l na bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota dechového objemu dosažená na běžeckém ergometru byla o 10,2 % nižší než průměrná hodnota dosažená na bicyklovém ergometru.

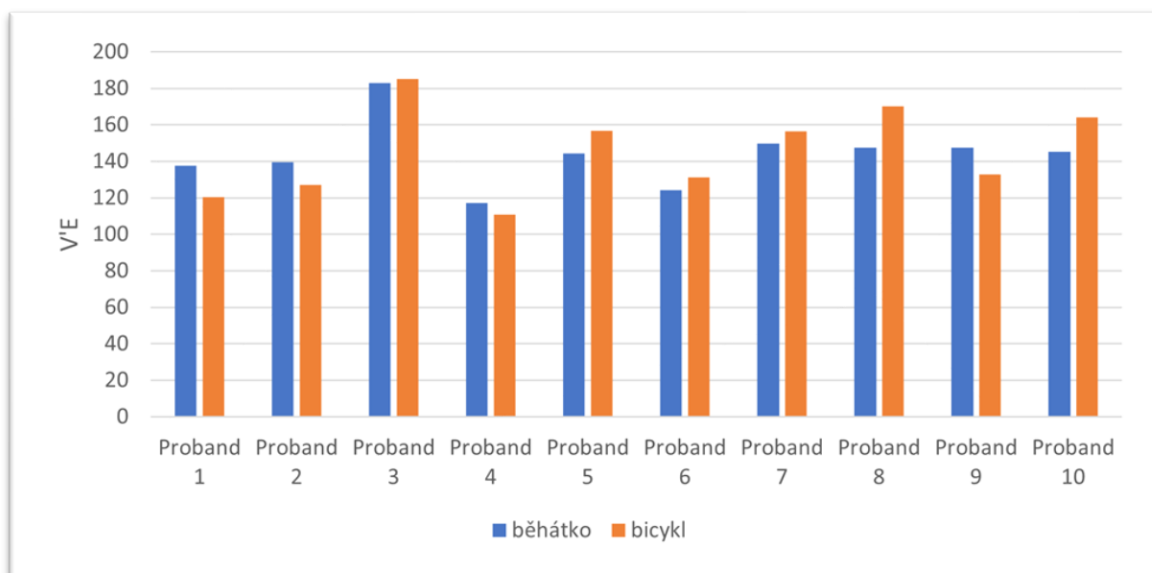


Graf 8

Naměřené hodnoty VT na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Minutová ventilace

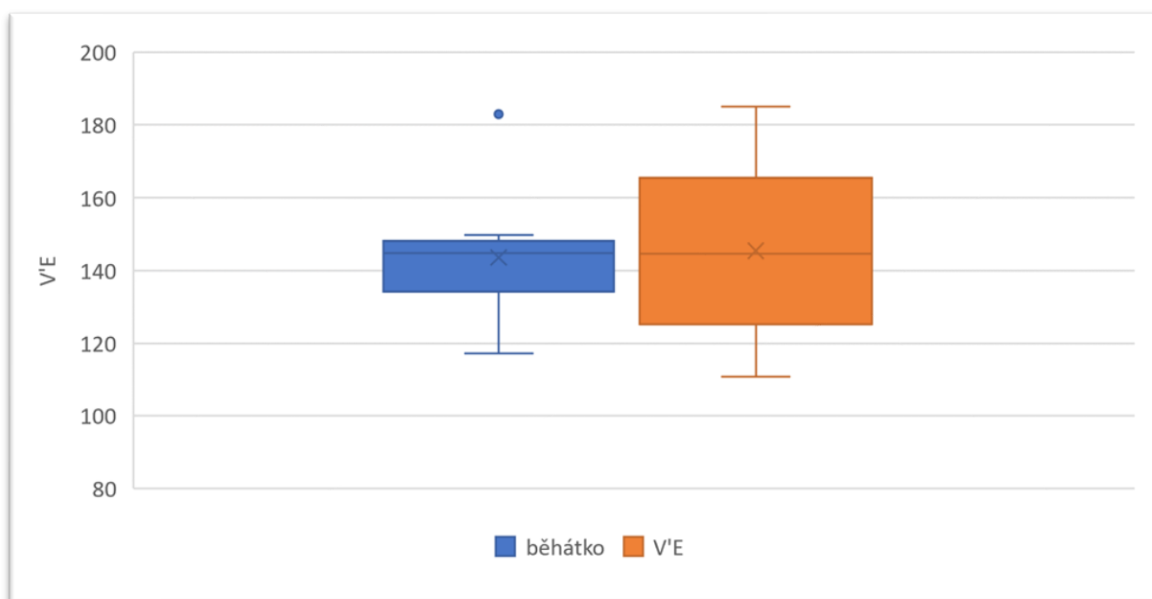
Na grafu č. 9 se podíváme blíže na hodnoty minutové ventilace u probandů. Průměrná hodnota minutové ventilace je u mužů $100\text{--}130\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a $80\text{--}90\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ u žen. Ale u trénovaných jedinců mohou hodnoty dosahovat až $150\text{--}200\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty dosáhl proband č. 3, minutová ventilace při zátěžovém testu dosahovala až $185,1\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Nejnižší hodnoty jsme naměřili u probanda č. 4, konkrétně $117,2\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a $110,8\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. U nadpoloviční většiny testovaných můžeme pozorovat, že minutová ventilace byla vyšší na bicyklovém ergometru, i když jejich hodnoty maximální spotřeby kyslíku byly vyšší na běžeckém ergometru. Věcná významnost u rozdílů minutové ventilace nebyla prokázána. Změna není statisticky významná.



Graf 9

Porovnání naměřených výsledků hodnot $V'E$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Graf č. 10 prezentuje průměrné hodnoty minutové ventilace u sportovců. Na první pohled si můžeme všimnout odchylky u běžeckého ergometru. Tyto hodnoty jsme naměřili u probanda č. 3. Průměrná hodnota minutové ventilace u běžeckého ergometru je $143,6 \pm 16,6\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a $145,4 \pm 23,0\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ na bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota minutové ventilace dosažená na běžeckém ergometru byla o 1,3 % nižší než na bicyklovém ergometru.

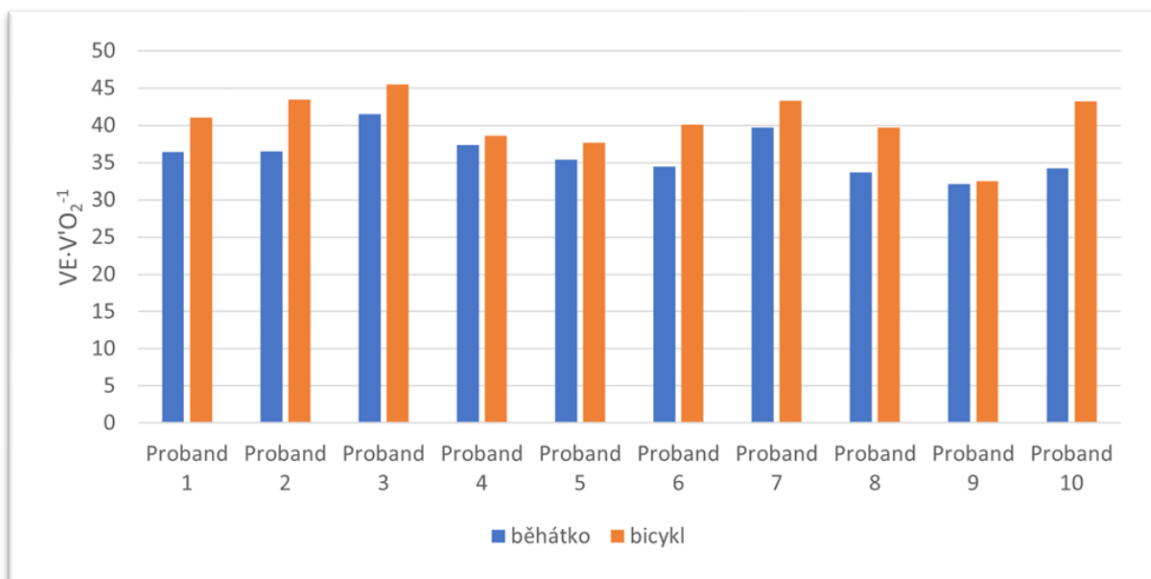


Graf 10

Naměřené hodnoty $V'E$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Ventilační ekvivalent kyslíku

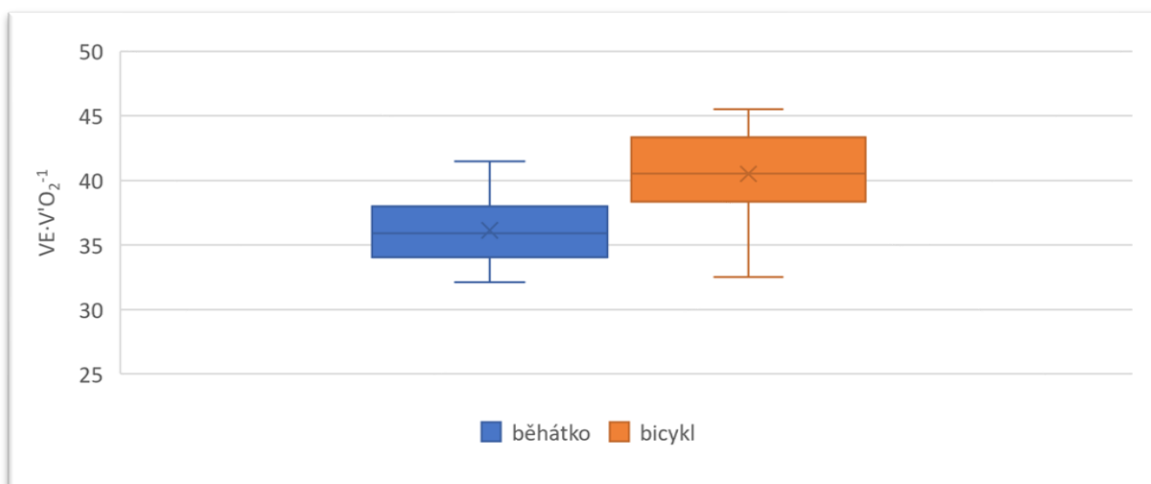
Ventilační ekvivalent kyslíku nám ukazuje, kolik vzduchu je potřeba na spotřebu 1 l kyslíku. Z výše uvedených zdrojů už je nám známo, že čím menší je $V'E \cdot V'O_2^{-1}$, tím je lepší využití kyslíku. V níže uvedeném grafu č. 11 je vidět, že ventilační ekvivalent kyslíku je na běžeckém ergometru nižší než na bicyklovém ergometru u všech probandů. To naznačuje, že sportovci museli přijmout více vzduchu na bicyklovém ergometru, aby spotřebovali 1 l kyslíku. Nejvyšší hodnoty jsme naměřili u probanda č. 3, který na běžeckém ergometru zaznamenal hodnotu 41,5 l a na bicyklovém ergometru hodnotu 45,5 l. Tento proband potřebuje více vzduchu pro spotřebování 1 l kyslíku, což souvisí s jeho minutovou ventilací, dechovým objemem a dechovou frekvencí. Naopak proband, který potřebuje nejméně vzduchu ke spotřebě 1 l kyslíku je proband č. 9, u kterého jsme zaznamenali 32,1 l na běžeckém ergometru a 32,5 l na bicyklovém ergometru. Je to zároveň nejmenší rozdíl mezi probandy. Ventilační ekvivalent kyslíku úzce souvisí s ventilačním ekvivalentem oxidu uhličitého, na který navážeme v další kapitole. Hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku naměřeného na bicyklovém ergometru byla vyšší než na běžeckém ergometru a má podle Cohena d silný efekt na výsledky ($d=1,388$). Hodnota je i statisticky významná ($p<0,05$).



Graf 11

Porovnání naměřených výsledků hodnot $V'E \cdot VO_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Při pohledu na grafu č. 12, kde jsou prezentovány hodnoty ventilačního ekvivalentu kyslíku můžeme pozorovat, že průměrné hodnoty byly vyšší na bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota na běžeckém ergometru byla $36,1 \pm 2,7$ l a $40,5 \pm 3,5$ l na bicyklovém ergometru. Průměrná hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku naměřená na běžeckém ergometru byla o 10,8 % nižší než na bicyklovém ergometru.



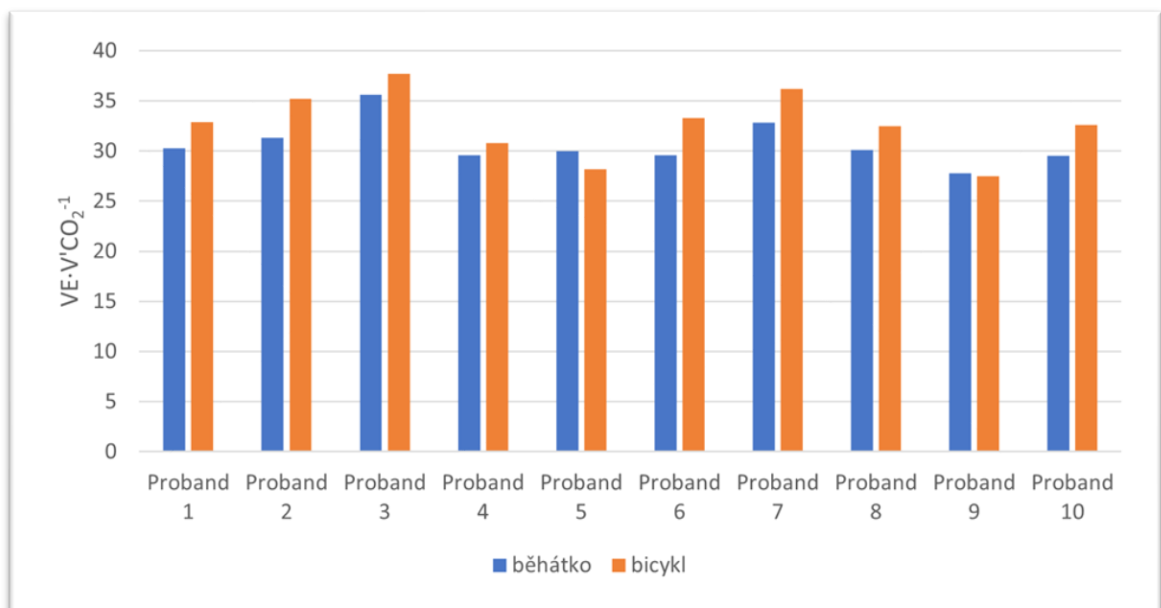
Graf 12

Naměřené hodnoty $V'E \cdot V'O_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Ventilační ekvivalent oxidu uhličitého

Hodnoty ventilačního ekvivalentu oxidu uhličitého na běžeckém a bicyklovém ergometru a jejich porovnání jsou zobrazeny na grafu č. 13. Hodnoty ventilačního

ekvivalentu oxidu uhličitého jsou u většiny probandů vyšší na bicyklovém ergometru než na běžeckém ergometru, až na probandy č. 5 a 9. Nejvyšších hodnot na běžeckém i bicyklovém ergometru dosáhl proband č. 3, který zaznamenal hodnoty 35,6 l na běžeckém ergometru a 37,7 l na bicyklovém ergometru. Tento proband tedy musel proventilovat 35,6 l a 37,7 l vzduchu, aby se zbavil jednoho litru oxidu uhličitého. Nejnižších hodnot dosáhl podobně jako u ventilačního ekvivalentu kyslíku proband č. 9, tedy 27,8 l na běžeckém ergometru a 27,5 l na bicyklovém ergometru. Ventilační ekvivalent oxidu uhličitého přímo souvisí s ventilačním ekvivalentem kyslíku, takže zde vidíme stejné tendence jako u ventilačního ekvivalentu kyslíku. Vyšší hodnoty jsme naměřili podobně jako u ventilačního ekvivalentu kyslíku na bicyklovém ergometru a hodnoty mají podle Cohena d střední efekt ($d=0,775$) věcné významnosti a jsou i statisticky významné ($p<0,05$).

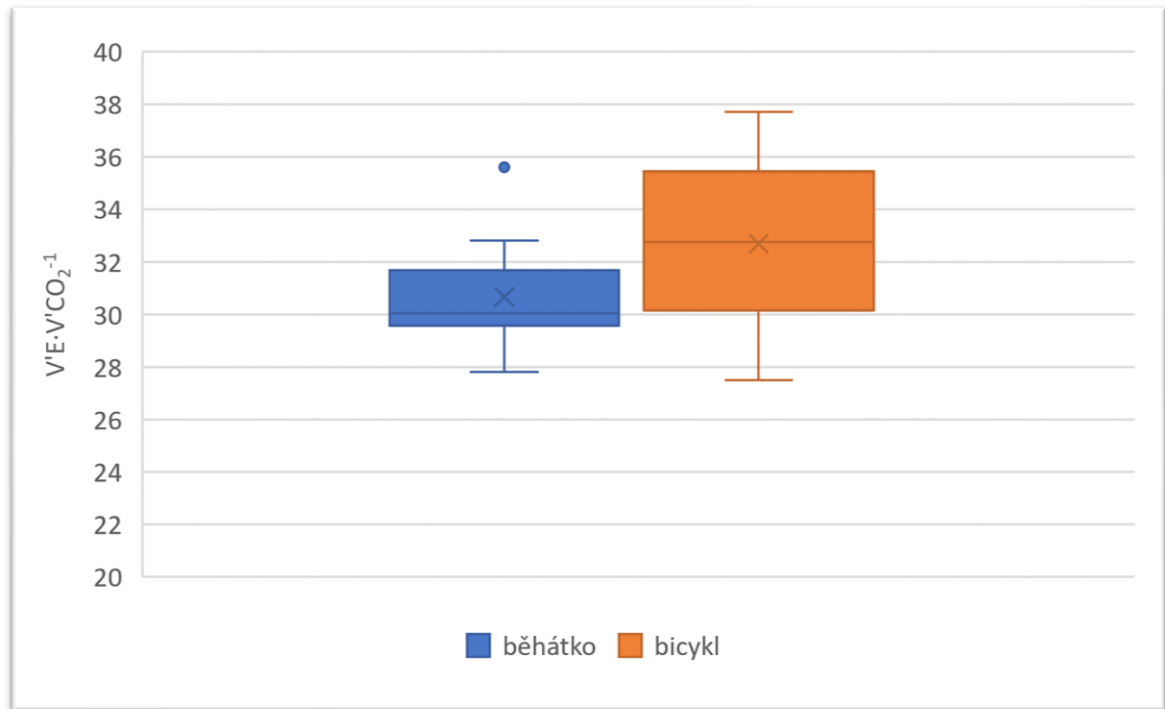


Graf 13

Porovnání naměřených výsledků hodnot $VE \cdot V'CO_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Na grafu č. 14 vidíme průměrné hodnoty ventilačního ekvivalentu oxidu uhličitého. Tyto hodnoty jsou $30,66 \pm 2,05$ l na běžeckém ergometru a $32,69 \pm 3,07$ l na bicyklovém ergometru. Průměrně byl ventilační ekvivalent oxidu uhličitého vyšší na bicyklovém ergometru. Na běžeckém ergometru můžeme vidět jednu odchylku od průměru, což je právě proband č. 3, o kterém jsme se zmiňovali výše. Průměrná hodnota

ventilačního ekvivalentu kyslíku naměřená na běžeckém ergometru je o 6,2 % nižší než na bicyklovém ergometru.

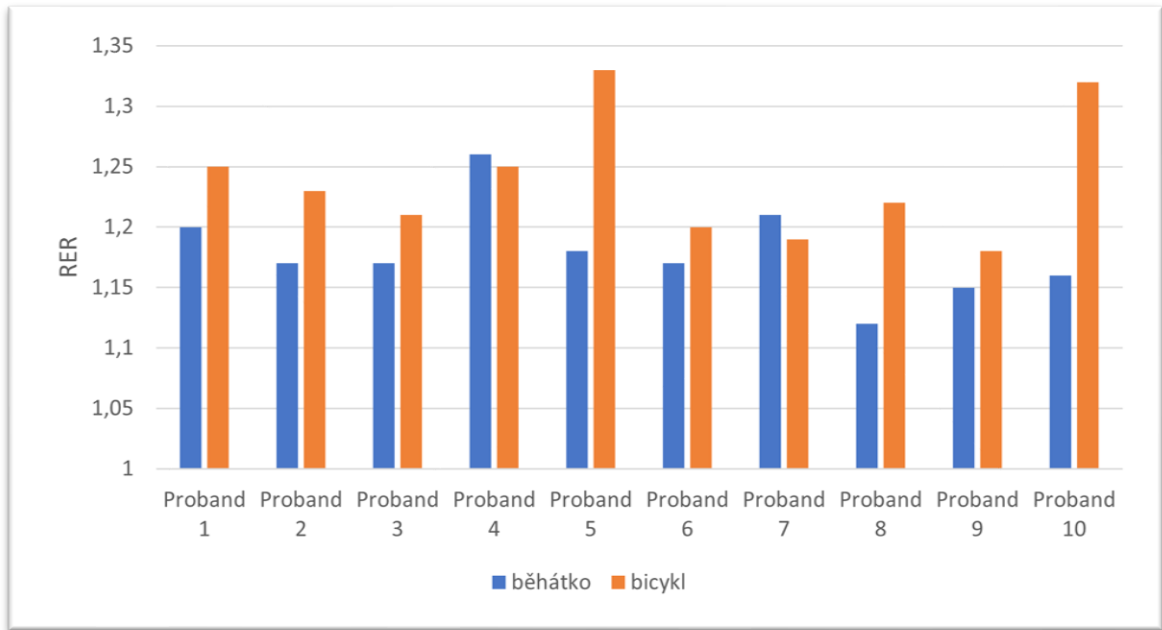


Graf 14

Naměřené hodnoty $V'E \cdot V'CO_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru

Respirační kvocient

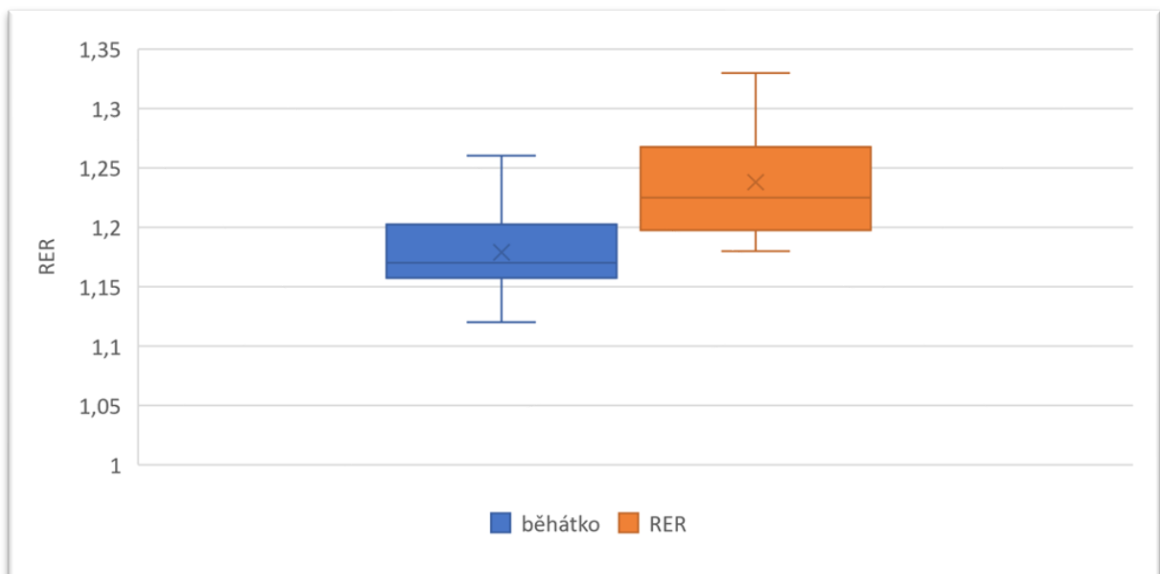
Hodnoty respiračního kvocientu jsou zobrazeny na grafu č. 15. Na první pohled si můžeme hned všimnout dvou hodnot dosažených na bicyklovém ergometru. A to jsou hodnoty 1,33 a 1,32 u probandů č. 5 a č. 10. V dalších případech je jasně vidět, že respirační kvocient je vyšší na bicyklovém ergometru, až na probandy č. 4 a 7, kde je vyšší respirační kvocient naměřen na běžeckém ergometru. Nejnižší hodnota RER byla naměřena u probanda č. 8, konkrétně 1,12 a nejvyšší rozdíly jsou u probanda č. 5 a č. 10. Největší rozpětí mezi hodnotami respiračního kvocientu byly zaznamenány u probanda č. 10, a to 0,16. Respirační kvocient je další hodnota, která má podle věcné významnosti silný efekt na výsledky testování ($d=1,378$). Hodnoty jsou vyšší převážně na bicyklovém ergometru a jsou statisticky významné ($p<0,05$).



Graf 15

Porovnání naměřených výsledků hodnot RER na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Respirační kvocient a jeho průměrné hodnoty na běžeckém a bicyklovém ergometru jsou zobrazeny na grafu č. 16. Na první pohled je vidět, že průměrné hodnoty byli vyšší u bicyklového ergometru. Průměrná hodnota na běžeckém ergometru byla $1,18 \pm 0,04$. Na bicyklovém ergometru jsme naměřili průměrné hodnoty $1,24 \pm 0,05$. Průměrná hodnota respiračního kvocientu byla naměřená na běžeckém ergometru o 4,8 % nižší než na bicyklovém ergometru.

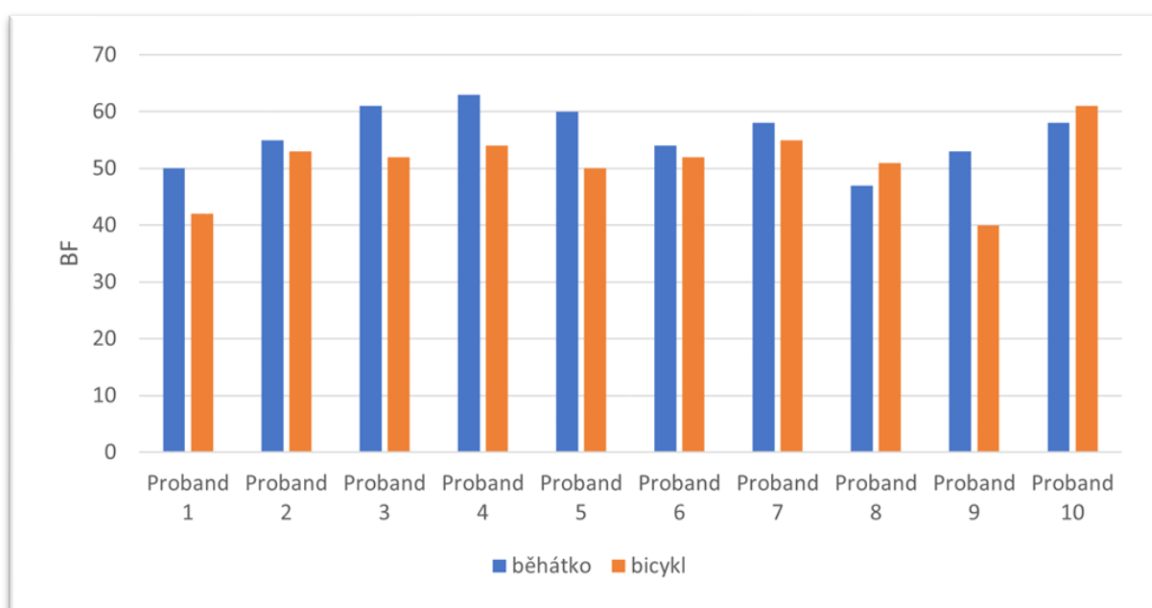


Graf 16

Naměřené hodnoty RER na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Dechová frekvence

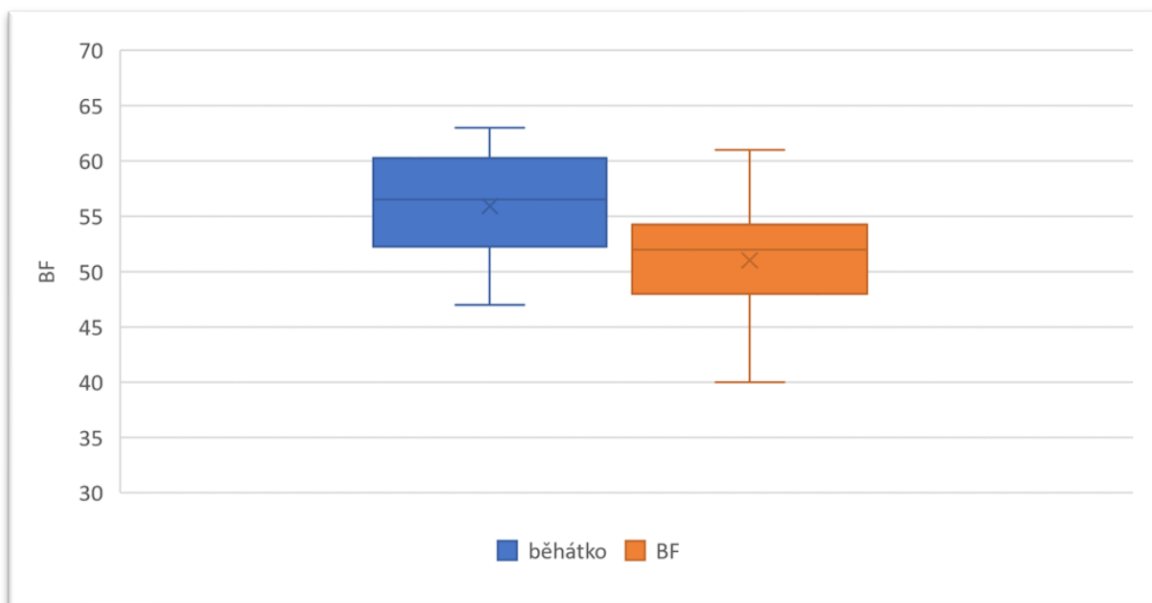
Výsledky hodnot dechové frekvence na obou ergometrech vidíme na grafu č.17. Můžeme si všimnout, že většina probandů dosahovala vyšší dechové frekvence v zátěžovém testu na běžeckém ergometru. Pouze proband č. 8 a 10 dosáhli vyšší dechové frekvence na bicyklovém ergometru. Největší dechové frekvence dosáhl proband č. 4, konkrétně $63 \text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. Ve čtyřech případech se můžeme setkat s dechovou frekvencí vyšší než $60 \text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. Tři z nich jsou na běžeckém ergometru. Nejnižší hodnotu vidíme u probanda č. 9, který naměřil $40 \text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. U tohoto probanda můžeme vidět i největší rozdíl mezi dechovou frekvencí na běžeckém ergometru a dechovou frekvencí na bicyklovém ergometru, konkrétní rozdíl je $13 \text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. Věcná významnost dechové frekvence je silná, kde Cohenovo $d = 0,925$. Statistická významnost naopak nebyla u dechové frekvence prokázána.



Graf 17

Porovnání naměřených výsledků hodnot BF na běžeckém a bicyklovém ergometru.

Na grafu č. 18 můžeme vidět průměrné hodnoty dechové frekvence zobrazené v tabulkovém grafu. Průměrná hodnota dosažená na běžeckém ergometru byla $55,9 \pm 4,78 \text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. Na bicyklovém ergometru dosáhli probandi nižších hodnot. Průměrné hodnoty jsou $51 \pm 5,78 \text{ n}\cdot\text{min}^{-1}$. Průměrné hodnoty dechové frekvence kyslíku naměřené na běžeckém ergometru je o 8,8 % vyšší než na bicyklovém ergometru.



Graf 18

Naměřené hodnoty BF na běžecím a bicyklovém ergometru.

6. Diskuze

Mezi zátěžové testy, které jsou vhodné pro tenisové hráče a hráčky patří test $VO_2\text{max}$ na běžeckém koberci. Dále řada motorických, či výkonnostních testů se vztahem k herním činnostem, rychlosti, reakční rychlosti, agility, vytrvalosti a obratnosti. Z anaerobních testů můžeme vybrat klasický 30sekundový anaerobní wingate test, test maximálního, nebo opakovaného výskoku (Heller, 2018). Tyto anaerobní testy simulují pouze čas výměny a ukazují nám připravenost na tuto herní část, ale v rámci dlouhých zápasů a tréninků je podle Schönborna (2008) důležitá vytrvalostní činnost sportovce, která hodně definuje jeho schopnost vydržet dlouhé zápasy bez velkého úbytku výkonnosti. Zároveň se aerobní krytí uplatňuje mezi výměnami, kdy slouží jako proces regenerace energetických zdrojů pro další aktivitu (Heller, 2018). Takže aerobní výkonnost je klíčová pro tenisty k dosažení dobré výkonnosti.

V našem výzkumu dosáhli tenisté lepších výsledků na běžeckém ergometru, průměrná hodnota naměřená na běžeckém ergometru byla $49,8 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ a na bicyklovém ergometru byla dosažena hodnota $VO_2\text{max}$ $45,3 \pm 6,4 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Většina testovaných probandů, kromě jednoho, dosáhli lepšího výsledku na běžeckém ergometru. U probanda, který měl lepší výsledek na bicyklovém ergometru, dosahovala hodnota RER naměřená na bicyklovém ergometru přes 1,3, což může naznačovat, že test byl pro něj náročnější než na běžeckém ergometru, nebo že je pro něj pohyb přirozenější a zvládá pohyb při vyšší intenzitě. Proband č. 8 naměřil nejmenší rozdíl hodnot $VO_2\text{max}$ na obou ergometrech. Může to být z důvodu jeho roční kilometrové dotace na kole, která převyšovala ostatní probandy svojí hodnotou. Nejvyšší rozdíl mezi ergometry byl u probanda č. 2, který podle jeho pohybové aktivity uvedené v charakteristice testovaného souboru měl mnohem více kilometrů uběhnutých oproti ujetých na kole. To může mít velký vliv na rozdíl testů. Rozdíl hodnot $VO_2\text{max}$ u tenistů na běžeckém a bicyklovém ergometru je věcně i statisticky významný, čímž jsme potvrdili naši první hypotézu o dosažení lepšího výsledku na běžeckém ergometru, kvůli pohybové specifičnosti tenisu, která není tak výrazná, ale má blíže k běžeckému ergometru než k bicyklovému ergometru. Výsledky $VO_2\text{max}$ na běžeckém ergometru byly o 9 % vyšší než na bicyklovém ergometru.

U výkonnostních hráčů tenisu podle Hellera (2018) hodnota $VO_2\text{max}$ naměřená na běžeckém ergometru je v průměru $54,9 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Kovacs (2007) uvádí ideální

hodnotu $55 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Suchomel (2010) ve svém výzkumu změřil průměrnou hodnotu u regionálních hráčů $53,5 \pm 5,5 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. V našem výzkumu můžeme předpokládat podobnou úroveň výkonnosti, kterou uvedl ve své práci Heller, Kovacs a Suchomel ve stejné výkonnostní úrovni. Tedy průměrná hodnota bude u mužů se bude pohybovat okolo těchto hodnot, ale nepřesáhne hodnoty $60 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tato hodnota totiž odpovídá úplně elitním profesionálům, kteří v našem výzkumu nefigurovali. Ale zároveň neklesne pod hodnotu $50 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$, která by odpovídala spíše rekreačním hráčům tenisu.

Ve výsledcích jsme dosáhli průměrného VO_2max u mužů $51,3 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ na běžeckém ergometru. Tato hodnota je nižší, než uvádí výše uvedení autoři u regionálních hráčů, ale nejvíce jsme se přiblížili tvrzení Suchomela a pod průměrnou hodnotu $50 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ jsme se nedostali. Odpověď na naši první výzkumnou otázku je, že muži tenisti budou průměrně dosahovat hodnot uvedených pro regionální hráče. U žen jsme dosáhli průměrného výsledku $44 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$ na běžeckém ergometru. To je zařazuje podle Hellera (2018) mezi hráčky s nižší výkonností. Ale podle Kovacse (2007) je tato hodnota pro regionální hráčky ideální. Tenisová výkonnost ale není pouze dána laboratorním zátěžovým testem VO_2max , ale i výsledky v turnajích, psychickými faktory a faktory techniky, podle kterých mají hráčky lepší výsledky než podle výše uvedeného přiřazení.

Hodnoty srdeční frekvence, kterých se týká naše druhá výzkumná otázka, byly $190 \pm 7,1 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$ na běžeckém ergometru a $183,2 \pm 9 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$ na bicyklovém ergometru. Hodnota naměřená na běžeckém ergometru se nejvíce shoduje s výroky Hellera (2018), který naměřil průměrnou hodnotu srdeční frekvence na běžeckém ergometru $190 \pm 8 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$. Podle Smekala (2000) je průměrná SFmax u výkonnostních tenisových hráčů $193 \pm 10 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$. Zároveň bylo prokázáno, že rozdíl SFmax na obou ergometrech má vysokou věcnou i statistickou významnost. Z výsledků můžeme odpovědět na druhou výzkumnou otázku a to tak, že průměrná maximální srdeční frekvenci je vyšší na běžeckém ergometru.

Rozdíl dechového objemu měl v našem výzkumu věcnou i statistickou významnost. Průměrná hodnota dechového objemu dosažená na běžeckém ergometru byla $2,58 \pm 0,34 \text{ l}$. Tato hodnota je blíže ke tvrzení Hellera (2018), tedy $2,33 \pm 0,40 \text{ l}$, než ke tvrzení Smekala (2000), který naměřil hodnotu $2,95 \pm 0,35 \text{ l}$ u výkonnostních tenistů.

Hodnoty dechového objemu byli vyšší na bicyklovém ergometru o 10,2 %. Tím jsme odpověděli na výzkumnou otázku číslo 3. Vyšší dechový objem naměřený u bicyklového ergometru je zapříčiněn polohou těla na bicyklovém ergometru, která umožňuje využití větší kapacity plic a zároveň při vysoké rychlosti běhu se zvyšuje frekvence pohybů horních a dolních končetin, což způsobuje narušení dechového stereotypu a zvýšení dechové frekvence na úkor dechového objemu u sportů s pohybovým stereotypem podobným běhu (Marko, 2019; Tanner et al., 2014). U našeho výzkumu to vyšlo shodně s výsledky Marka a Tannera.

U minutové ventilace jsme naměřili průměrné maximální hodnoty $143,6 \pm 16,6$ l·min⁻¹ na běžeckém ergometru a $145,4 \pm 23,0$ l·min⁻¹ na bicyklovém ergometru. Tyto hodnoty se jsou nejbližší tvrzení Smekala (2000), který uvádí průměrnou maximální hodnotu $157,2 \pm 19,6$ l·min⁻¹. Jsou zároveň poměrně vzdálené od tvrzení Hellera (2018), který naměřil průměrnou maximální hodnotu u výkonnostních hráčů 120 l·min⁻¹. Naměřené hodnoty na obou ergometrech nejsou od sebe příliš vzdálené, ale odpověď na naši čtvrtou výzkumnou otázku je, že průměrná maximální hodnota minutové ventilace je vyšší na bicyklovém ergometru. Minutovou ventilaci dostaneme součinem dechového objemu a dechové frekvence. Dechový objem byl vyšší na bicyklovém ergometru, jehož hodnoty jsme popsali výše, ale dechová frekvence byla naopak naměřena vyšší na běžeckém ergometru. Znovu se přikláníme k tvrzení od Marka (2019) o závislosti frekvence horních a dolních končetin při běhu. Minutová ventilace není věcně, ani statisticky významná pro náš výzkum.

Hodnota respiračního kvocientu na bicyklovém ergometru byla vyšší u osmi z deseti probandů, kteří se účastnili našeho výzkumu. Průměrná hodnota byla $1,18 \pm 0,04$ na běžeckém ergometru a $1,24 \pm 0,05$ na bicyklovém ergometru. Z těchto hodnot můžeme říct, že u většiny sportovců byl zátěžový test na bicyklovém ergometru náročnější na jejich metabolický systém a museli vyvinout větší úsilí pro zvládnutí. Tímto jsme dokázali, že respirační kvocient je jeden z faktorů, který ovlivňuje rozdíl mezi ergometry. Odpověď na naši výzkumnou otázku číslo 5 je taková, že průměrná maximální hodnota respiračního kvocientu je vyšší na bicyklovém ergometru.

Ve výsledcích ventilačního ekvivalentu kyslíku jsme naměřili průměrné maximální hodnoty $36,1 \pm 2,7$ l na běžeckém ergometru a $40,5 \pm 3,5$ l na bicyklovém ergometru. Na bicyklovém ergometru byly hodnoty vyšší, a tudíž probandi museli mít

vyšší množství vdechnutého vzduchu pro spotřebu 1 l kyslíku. Průměrné maximální hodnoty dosažené na obou ergometrech jsou vyšší, než naměřil Smekal (2000) ve své práci ($34,4 \pm 3,4$ l) a zároveň má rozdíl hodnot pro náš výzkum silnou věcnou, ale také statistickou významnost. Ventilační ekvivalent oxidu uhličitého na tom byl podobně s hodnotami $30,66 \pm 2,05$ l na běžeckém ergometru a $32,69 \pm 3,07$ l na bicyklovém ergometru. Průměrná maximální hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku a oxidu uhličitého byla vyšší na bicyklovém ergometru. Odpověď na výzkumnou otázku číslo 6 je ano, průměrná maximální hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku a oxidu uhličitého byla vyšší na bicyklovém ergometru.

Heller (2018) naměřil průměrnou maximální hodnotu dechové frekvence u výkonnostních tenistů na běžeckém ergometru $53 \pm 7,8$ $n \cdot \text{min}^{-1}$. Smekal (2000) naměřil $54 \pm 7,8$ $n \cdot \text{min}^{-1}$. V naší práci jsme naměřili průměrnou maximální hodnotu dechové frekvence na běžeckém ergometru $55,9 \pm 4,78$ $n \cdot \text{min}^{-1}$, což je bližší tvrzení Smekala (2000) o dechové frekvenci. Na bicyklovém ergometru jsme naměřili průměrnou maximální hodnotu $51 \pm 5,78$ $n \cdot \text{min}^{-1}$, což je o 8,8 % nižší než na běžeckém ergometru. Podle Marka (2019) se při rychlejším běhu zvyšuje i frekvence horních a dolních končetin, takže se zrychluje i frekvence dýchání, proto jsme naměřili na běžeckém ergometru vyšší dechovou frekvenci, ale na úkor dechového objemu. Na sedmou výzkumnou otázku odpovídáme pozitivně, tedy dechová frekvence je vyšší na běžeckém ergometru. Věcná významnost byla potvrzena, ale statistická významnost podle Wilcoxonova testu nikoliv.

V závěrečné výzkumné otázce se zaměříme na všechny průměrné maximální spiroergometrické hodnoty tenistů a zda odpovídají hodnotám pro výkonnostní tenisty uvedené v odborné literatuře. Podle hodnot stanovených Hellerem (2018) probandi dosáhli všech hodnot určené pro výkonnostní hráče, kromě VO_2max a srdeční frekvence, která ale není nutným ukazatelem výkonnosti hráče a je spíše dána geneticky a ostatními faktory. Podle Smekala (2000) jsme nedosáhli jeho naměřených hodnot ve tvíce případech, a to ve VO_2max , srdeční frekvenci, minutové ventilaci a dechovém objemu. Odpověď na tuto otázku je tedy, že probandi nedosáhli všech hodnot uvedených odbornou literaturou jako hodnoty pro výkonnostní hráče, ale přiblížili se k nim, v některých případech je překonaly dokonce i s velkým odstupem.

Limitace naší práce je zahrnutí výsledků všech probandů do závěrečného vyhodnocení, nehledě na pohlaví probanda. Tato skutečnost ovlivní hlavně průměrné hodnoty v rámci mužských probandů. Nicméně výsledky dvou žen, které se výzkumu zúčastnili se tolik neliší od výsledku některých probandů mužského pohlaví. Tudíž vliv na průměrné hodnoty není signifikantní.

Zároveň se nám nepodařilo dodržet u všech probandů stejný odstup mezi testy. Většina probandů není z Českých Budějovic, takže jsme museli hledat vhodné termíny, které by se nekryly s jejich osobním povinnostmi a mohli si udělat čas na dojížděku do místa určení, provedení testu a dojížděku zpět do místa bydlení. Zároveň si uvědomujeme, že výkony mohly být ovlivněny dalšími faktory jako kvalitou spánku, zdravotním a psychickým stavem. V rámci naší práce ale změřit všechny tyto proměnné nebylo možné.

7. Závěr

Cílem naší práce bylo srovnat výsledky naměřené u vybraného souboru výkonnostních tenistů z Jihočeské kraje a kraje Vysočina a určit, který ze dvou námi použitých ergometrů, je pro tenisty ideální v rámci zátěžové funkční diagnostiky. Podle analýzy našich výsledků jsme zjistili, že tenisté dosahují lepších výsledků na běžeckém ergometru díky tenisovému pohybovému stereotypu pohybu, který lépe uplatní na běžeckém ergometru a jsou na něj lépe adaptovaní než na stereotyp bicyklového ergometru. Běžecký ergometr je tedy v porovnání s bicyklovým ergometrem ideálnější pro zátěžovou funkční diagnostiku u tenistů. Cíl práce se nám tedy podařilo splnit.

V H1 jsme předpověděli, že tenisté dosáhnou lepších výsledků $VO_2\max$ na běžeckém ergometru. Z výsledků je patrné, že průměrná maximální hodnota $VO_2\max$ je vyšší na běžeckém ergometru, má věcnou i statistickou významnost a tím jsme potvrdili naši první hypotézu. Průměrná maximální hodnota aerobní kapacity na běžeckém ergometru mužské části probandů podle výsledků přesahovala hodnoty uvedené pro regionální hráče, tedy $50 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$. Výzkumná otázka číslo 1 byla potvrzena. Na výzkumnou otázku číslo dva máme jednoznačnou odpověď podle námi naměřených výsledků. Průměrná maximální srdeční frekvence je vyšší na běžeckém ergometru.

Na třetí výzkumnou otázku taktéž najdeme odpověď ve výsledcích a to takovou, že průměrný maximální dechový objem je vyšší na bicyklovém ergometru. Ve výzkumné otázce číslo čtyři jsme se ptali na to, zda bude průměrná maximální hodnota minutové ventilace vyšší na bicyklovém ergometru. Odpověď je ano, průměrná maximální hodnota minutové ventilace byla vyšší na bicyklovém ergometru. Pátá výzkumná otázka se tázala, zda bude respirační kvocient vyšší na bicyklovém ergometru. Podle našich naměřených výsledků je odpověď na tuto otázku ano, průměrná maximální hodnota respiračního kvocientu je vyšší na bicyklovém ergometru. V naší šesté otázce jsme se ptali, zda průměrná maximální hodnota ventilačního ekvivalentu kyslíku a oxidu uhličitého bude vyšší na bicyklovém ergometru. Podle výsledků jsme zjistili, že odpověď na otázku je ano. V sedmé otázce jsme se ptali, zda průměrná maximální hodnota dechová frekvence bude vyšší na běžeckém ergometru. Podle výsledků odpovídáme pozitivně na tuto otázku. Dechová frekvence je vyšší na běžeckém ergometru. Osmá otázka zněla, zda probandi budou dosahovat hodnot určených podle literatury jako

hodnoty výkonnostních hráčů. Odpověď je ne, hodnoty byly ve většině případech dosaženy, ale ne u každého spiroergometrického ukazatele.

Předpokládáme, že práci lze v budoucnu využít z širšího hlediska a srovnat naměřené výsledky se sportovci jiného zaměření a zkoumat rozdíly. V našem výzkumu jsme dokázali, že výkonnostní tenisté by měli pro své laboratorní vyšetření použít běžecký ergometr.

Předpokládáme, že naše práce bude přínosná pro další možné srovnávání výkonnostních sportovců, nebo jako podklad pro navazující výzkumy. Zároveň předpokládáme, že by naše práce mohla být přínosná pro hráče tenisu, kteří se v rámci svého tréninkového programu nechávají testovat. Určují tak svoji míru výkonnosti v závislosti na herní úrovni, na které se pohybují. Svoji úroveň mohou porovnat poté s našimi výsledky a určit si tak cíle v oblasti fyzické přípravy, kterých by měli dosáhnout pro posunutí na požadovanou úroveň.

Referenční seznam literatury

Periodika

- Kovacs, M. (2007). Tennis physiology. Training the competitive athlete. *Sports med* 2007, 37(3), 189—198. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17326695/>
- Murias, J., Lanatta, D., Arcuri, C., & Laino, F. (2007). Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces. *Journal of strength and conditioning research* 2007, 21(1), 8—13. https://www.researchgate.net/publication/6493072_Metabolic_and_functional_responses_playing_tennis_on_different_surfaces/citations
- Novak, D., Vučetič, V., & Žughaj, S. (2013). Differences in Energy Capacities between Tennis Players and Runners. *Collegium antrpologicum*, 37(2), 107—112. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23914496/>
- Novák, J., Vojtík, J., Štork, M., & Zeman, V. (2019). Srovnání normativů tělesné zdatnosti ČS. populace z r. 1976 se současnou sportující a nespportující populací. *The Scientific Journal for Kinanthropology*, 19(1), 67—76. <https://sk.pf.jcu.cz/pdfs/stk/2019/01/08.pdf>
- Seiler, S. (2011). A Brief History of Endurance Testing in Athletes. *Sportscience*, 15(1), 40—86. <https://www.sportsci.org/2011/ss.pdf>
- Smekal, G., von Duvillard, S., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Tschan, H., & Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6), 999—1005. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11404666/>
- Smekal, G., Pokan, R., von Duvillard, S. P., Baron, R., Tschan, H., & Bachl, N. (2000). Comparison of laboratory and "on-court" endurance testing in tennis. *International journal of sports medicine*, 21(4), 242—249. <https://doi.org/10.1055/s-2000-310>
- Suchomel, A. (2010). Aerobic Capacity and Exercise Intensity on Different Player Levels in Tennis. *Sport Science Review*, 19(2), 21-29. https://www.researchgate.net/publication/270172280_Aerobic_Capacity_and_Exercise_Intensity_on_Different_Player_Levels_in_Tennis
- Tanner, D., Duke, J., & Stager, M. (2014). Ventilatory patterns differ between maximal running and cycling. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 191(2014), 9-16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569904813003480?via%3Dihub>

Neperiodika

- Bahenský, P., & Bunc, V. (2018). *Trénink mládeže v bězích na střední a dlouhé tratě*. Karolinum.
- Bahenský, P. Marko, D. Krajcigr, M. Malátová, R., & Schuster, J. (2021). *Fyziologie tělesných cvičení*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže. Učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Univerzita Karlova v Praze.
- Bartůňková, S. (2006). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Karolinum.
- Cinglová, L. (2002). *Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství*. Karolinum.
- Daňová, K. (2015). *Subjektivní vnímání tělesné zátěže*. Karolinum.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, M., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Olympia.

- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Rychtecký, A., Havlíčková, L., Prič, T., & Suchý, J. (2008). *Lexikon sportovního tréninku*. Karolinum.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu*. Karolinum.
- Heller, J., & Vodička P. (2018). *Praktická cvičení z fyziologie zátěže*. Karolinum.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat*. Portál.
- Jebavý, R., Kovářová, L., & Horčic, J. (2019). *Kondiční příprava*. Mladá fronta.
- Linhartová, D. (2009). *Tenis*. Grada Publishing.
- Pecha, J., Dovalil, J., & Suchý, J. (2016). *Význam soutěžní úspěšnosti ve výkonnostním tenisu*. Karolinum.
- Schönborn, R. (2008). *Optimální tenisový trénink*. Univerzita Palackého.
- Soukup, P. (2017). *P a D (statistická a věcná významnost a jejich praktické užívání v českých sociálních vědách)*. Univerzita Karlova.
- Štumbauer, J. (1989). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích.
- Várnay, F., Homolka, P., Mífková, L., & Dobšák, P. (2020). *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně*. Grada.

Kvalifikační práce

- Jareš, M. (2011). *Vybrané charakteristiky tělesného složení u studentek 1. ročníku FTK UP na základě metody bioelektrické impedance přístrojem INBODY 720 a TANITA BC-418 MA*. [Bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci]. Theses. <https://theses.cz/id/1buimd/>
- Zuzaňáková, I. (2021). *Zjednodušené vyhodnocení maximální spotřeby kyslíku*. [Diplomová práce, České vysoké učení technické]. DSpace CVUT. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/98127>

Příspěvek prezentovaný na konferenci

- Marko, D. (2019, 7. listopad). *COMPARISON OF RESULTS OF SPIROERGOMETRY ON RUNNING AND BICYCLE REGOMETER OF ATHLETES WITH RUNNING AND CYCLING SPECIALIZATION*. 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON KINANTHROPOLOGY „Sport and Quality of Life“ 2019, Masarykova Univerzita, Česká republika.

Webová stránka

- Bernaciková, M., Kapounová, K., & Novotný, J. (2011, 18. ledna). *Fyziologie sportovních disciplín*. Masarykova Univerzita. <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/index.html>
- Compek Medical Services. (n.d.). *Cortex MetaLyzer 3B, komplet*. https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet_823-002.html
- SUMMUS Vita (n.d.). *MetaControl 3000*. <https://www.summusvita.cz/onas/vybaveni/metacontrol-3000/>
- LODE. (n.d.). *Excalibur Sport*. <https://www.lode.nl/en/product/excalibur-sport/3>
- LODE. (n.d.). *Valiant Plus with Control Unit* <https://www.lode.nl/en/product/valiantplus-with-control-unit/192>

Poznámkový aparát

$VO_2 \cdot HR^{-1}$ — tepový kyslík

SF — srdeční frekvence

SFmax — maximální srdeční frekvence

$V'E$ — minutová ventilace

VC — vitální kapacita plic

VT — dechový objem

BF — dechová frekvence

RER — respirační kvocient

$V'E \cdot V'O_2^{-1}$ — ventilační ekvivalent kyslíku

$V'E \cdot V'CO_2^{-1}$ — ventilační ekvivalent oxidu uhličitého

Seznam příloh

Příloha 1. *Charakteristika testovaného souboru*

Příloha 2. *Minutová dotace pohybové aktivity před prvním testováním.*

Příloha 3. *Minutová dotace pohybové aktivity před druhým testováním.*

Příloha 4. *Porovnání naměřených výsledků hodnot VO_2max na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 5. *Naměřené hodnoty VO_2max na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 6. *Porovnání naměřených výsledků hodnot $VO_2m \cdot HR^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 7. *Naměřené hodnoty $VO_2 \cdot HR^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 8. *Porovnání naměřených výsledků hodnot S na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 9. *Naměřené hodnoty SF na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 10. *Porovnání naměřených výsledků hodnot VT na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 11. *Naměřené hodnoty VT na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 12. *Porovnání naměřených výsledků hodnot $V'E$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 13. *Naměřené hodnoty $V'E$ na běžeckém a bicyklovém ergometru*

Příloha 14. *Porovnání naměřených výsledků hodnot $V'E \cdot VO_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 15. *Naměřené hodnoty $V'E \cdot V'O_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 16. *Porovnání naměřených výsledků hodnot $V'E \cdot V'CO_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 17. *Naměřené hodnoty $V'E \cdot V'CO_2^{-1}$ na běžeckém a bicyklovém ergometru*

Příloha 18. *Porovnání naměřených výsledků hodnot RER na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 19. *Naměřené hodnoty RER na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 22. *Porovnání naměřených výsledků hodnot BF na běžeckém a bicyklovém ergometru.*

Příloha 21. *Naměřené hodnoty BF na běžeckém a bicyklovém ergometru.*