

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

ZÁTĚŽOVÉ TESTOVÁNÍ U VÝKONNOSTNÍCH A HOBBY CYKLISTŮ  
Bakalářská práce

Autor: Jan Zonyga  
Ochrana obyvatelstva  
Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
Olomouc 2021

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Zonyga Jan

**Název bakalářské práce:** Zátěžové testování u výkonnostních a hobby cyklistů

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2021

**Abstrakt:** Bakalářská práce se zaměřuje na testování výkonnosti různorodé skupiny cyklistů. Cílem práce bylo za pomoci spiroergometrického testu porovnat hodnoty  $VO_2\max$  a dalších fyziologických parametrů u skupiny cyklistů. Skupina obsahovala 18 probandů různé výkonnosti. Testování probíhalo v laboratoři za specifických podmínek a výkon se měřil pomocí zařízení Cyclus2, spiroergometrické hodnoty za pomoci analyzátoru Ganshorn PowerCube Ergo a laktát byl vyhodnocen přístrojem Biosen C-line Clinic. Výsledky byly zpracovány v programu Statistica 13.4 (Tibco Software). Ve výzkumném souboru 18 výkonnostních a hobby cyklistů byla pomocí maximálního zátěžového testu na bicyklovém ergometru zjištěna průměrná hodnota maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2\max$ ) cca 50 ml/kg/min a maximální výkon ( $P_{\max}$ ) v průměru 4,26 W/kg.

**Klíčová slova:** cyklistika, spiroergometrie, zátěžové testy, laktát, výkon

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographic Identification**

**Author's name and surname:** Jan Zonyga

**Name of the thesis:** Excercise Testing in Performance and Hobby Cyclists

**Workplace:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology

**Thesis supervisor:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

**Year of oral defence:** 2021

**Abstract:** This bachelor's thesis is focused on performance testing of a diverse group of cyclists. The thesis has aimed to compare the  $VO_2\text{max}$  values and other physiological parameters in a group of cyclists using a spiroergometric evaluation. The group has included 18 probands of various performances. The testing was performed in a laboratory with specific conditions. The performance was measured using the Cyclus2 device, the analyser Ganshorn PowerCube Ergo measured spiroergometric values, and Biosen C-line Clinic device evaluated lactic acid. The results were processed in Statistica 13.4 (Tibco Software) program. Using maximal stress testing on a cycle ergometer, the average value of maximal oxygen consumption ( $VO_2\text{max}$ ) was discovered to be approximately 50 ml/kg/min, and the maximal performance ( $P_{\text{max}}$ ) was discovered to be of the average 4,26 W/kg in the research group of 18 performance and hobby cyclists.

**Keywords:** cycling, spiroergometry, lactat, exercise testing, performance

I agree with lending the thesis within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedl všechny použité literární, odborné a jiné informační zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 12. 07. 2021

.....

Rád bych poděkoval Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc a průběžnou kontrolu při psaní mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Jakubu Hrabalovi a celému pracovišti tělovýchovného lékařství v Kroměříži za poskytnutí nezbytných materiálů pro zpracování mé diplomové práce.

## OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	PŘEHLED POZNATKŮ .....	9
2.1	Cyklistika.....	9
2.1.1	Silniční cyklistika .....	9
2.1.2	Mountain bike (MTB).....	9
2.1.3	Somatotyp cyklisty .....	10
2.1.4	Fyziologické aspekty cyklistiky .....	10
2.2	Fyziologie sportovního výkonu .....	11
2.2.1	Metabolismus.....	11
2.2.2	Energetický metabolismus svalů .....	11
2.2.3	Aerobní procesy .....	11
2.2.4	Anaerobní procesy .....	12
2.2.5	ATP–CP systém.....	12
2.2.6	Oxidativní systém .....	12
2.2.7	LA systém .....	12
2.2.8	Typy svalových vláken .....	13
2.3	Zátěžová diagnostika ve sportu.....	14
2.3.1	Začátky testování .....	15
2.3.2	Význam zátěžové a funkční diagnostiky ve sportu .....	15
2.3.3	Vlastnosti zátěžových testů.....	16
2.3.4	Obecné zásady pro zátěžovou funkční diagnostiku ve sportu .....	17
2.3.5	Podmínky provádění zátěžových testů .....	19
	Personál .....	20
2.3.6	Dělení diagnostických testů .....	21
2.3.7	Testy používané v cyklistice.....	22
2.3.8	Hlavní sledované parametry .....	25
3	CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	33
3.1	Hlavní cíl .....	33
3.2	Dílčí cíle.....	33

3.3	Výzkumné otázky .....	33
4	METODIKA .....	34
4.1	Účastníci .....	34
4.2	Testová procedura.....	34
4.2.1	Průběh měření.....	35
4.2.2	Metodika vyhodnocení individuálních prahů .....	36
4.3	Použité nástroje při testování.....	36
4.3.1	Biosen C-line Clinic .....	36
4.4	Statistická analýza.....	37
5	VÝSLEDKY .....	38
5.1	Souhrnné výsledky.....	38
5.2	Komparace podskupin rozdělených dle věku .....	39
5.3	Komparace podskupin rozdělených dle výkonnosti .....	40
6	DISKUSE .....	42
7	ZÁVĚRY .....	45
8	SOUHRN .....	46
9	SUMMARY .....	48
10	REFERENČNÍ SEZNAM .....	50
11	PŘÍLOHY .....	53

# 1 ÚVOD

Cyklistika má dlouholetou historii a jako každý sport si procházela vývojem. Tento vývoj byl podněcován novým technologickým pokrokem, novými tréninkovými metodami, vývojem testování výkonosti atd. Heller (2018) uvádí, že s testováním výkonosti se můžeme setkat již ve starověku ovšem velký progres v této oblasti přišel až koncem 19. století a postupně se formoval až do dnešní podoby, kdy jsme schopni s velkou přesností vyhodnotit jednotlivé fyziologické procesy, které se v těle odehrávají, přičemž tyto informace můžeme efektivně využít jako zdravotní ukazatele nebo v tréninkovém procesu.

Tato práce se zabývá právě testováním výkonosti u cyklistů, jakožto nástrojem pro sledování aktuální kondice a dále také jako prostředkem pro nastavení dalšího tréninkového plánu. Podnětem pro psaní bakalářské práce bylo objasnit problematiku týkající se právě zátěžového testování v cyklistice, dále provést výzkum, který by poukázal na výkonost skupiny cyklistů a tyto výsledky porovnat s výsledky profesionálních cyklistů.

Cíl práce jsem zvolil tak, aby bylo patrné, jakými výkonnostními parametry disponují průměrní výkonnostní nebo amatérští cyklisté.

V teoretické části bakalářské práce se zabírám představením cyklistiky, procesem zátěžového testování a v neposlední řadě fyziologickými aspekty, které se v těle odehrávají při zátěži. V praktické části práce byl proveden spiroergometrický test do maxima (maximální zátěžový test) na bicyklovém ergometru u skupiny cyklistů. V této části se zabírám vyhodnocením výsledků s následným porovnáním těchto výsledků podle výkonnostního a věkového faktoru. V diskusi jsem se pokusil výsledky těchto cyklistů porovnat s jinými studiemi, které se zabíraly testováním profesionálních silničních cyklistů.



## **2 PŘEHLED POZNATKŮ**

### **2.1 Cyklistika**

Všechny cyklistické disciplíny mají jedno společné, a sice použití jízdního kola. Dalším charakteristickým rysem je cyklický pohyb – šlapání. Všechny disciplíny mají společné rysy, ať už se jedná o cyklistiku dráhovou, silniční nebo v terénu, smyslem těchto disciplín je v co nejkratším čase umístit se mezi ostatními závodníky co nejlépe. Pod cyklistiku spadají jak rychlostní disciplíny (silniční a dráhová cyklistika), tak i terénní disciplíny (MTB, cyklokros, downhill, biketrial, BMX, enduro). Pro všechny tyto disciplíny je typický kontinuální typ zátěže (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010).

#### **2.1.1 Silniční cyklistika**

Silniční cyklistika se řadí k individuálním sportům, nicméně závodníci jezdí v týmech a plní v nich své role. Cílem je vždy zvládnout danou trať v co nejkratším čase. V cyklistice se setkáváme s různými typy závodů. Jedná se buď o jednodenní závody (např. Paris – Roubaix), ale i etapové závody, které se dělí na týdenní a třítýdenní (např. Tour de Alps nebo Tour de France). V silničních závodech dominuje především vytrvalostní výkon, popřípadě silově-vytrvalostní (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010).

Etapy se dále dělí na závody s hromadným startem (všichni závodníci startují zároveň), časovky jednotlivců (závodníci startují samostatně) nebo týmové časovky (celý tým jede pohromadě). Zajímavostí je, že profesionální cyklisté dosahují průměrné rychlosti v etapách i 40 km/h (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010).

Silniční cyklistika je komplexní sport a obsahuje mnoho nekontrolovatelných proměnných faktorů, které mohou ovlivnit výkon jezdce, jako jsou například povětrnostní podmínky, nadmořská výška, směr větru, týmová taktika atd. (Lucía, Hoyos, & Chicharro, 2001).

#### **2.1.2 Mountain bike (MTB)**

Horská kola jsou poměrně mladý druh cyklistiky a jsou řazena do sportů individuálních (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010). Horská kola jsou

momentálně velmi populárním sportem a mají své zastoupení také na olympijských hrách (Impellizzeri & Marcora, 2007).

Závody na horských kolech se jezdí převážně v terénu. Dále můžeme závody rozdělit na jednodenní nebo seriálové. Horská kola mají také svoje disciplíny, mezi které patří cross – country (XCO olympijská disciplína), maratony (XCM), půlmaratony nebo také downhill, four-cross. Cílem je projet trať v co nejlepším čase. Výkon zde ovlivňují koordinační a vytrvalostní schopnosti (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010).

Při závodech se jezdci pohybují ve vysoké intenzitě, až 90 % maxima srdeční frekvence, což odpovídá až 84 %  $VO_2max$ . V závodech se jezdci pohybují až 80 % času nad anaerobním prahem. Z důvodu vysokého výkonu (až 500 W při prudkých stoupáních) je zde důležitý také anaerobní metabolismus (Impellizzeri & Marcora, 2007).

### **2.1.3 Somatotyp cyklisty**

Cyklistika patří ke sportům, kde se mohou zúžitkovat všechny druhy postav. Pokud se jedná o vysoké jedince s vysokým zastoupením svalové hmoty (190-205 cm – 80-90 kg), tak i zcela malí jedinci s výškou kolem 160 cm a hmotností i 50 kg. Cyklisté se somatotypem řadí většinou do kategorie ektomorfních mezomorfů s poměrně nízkým zastoupením tělesného tuku. Vitální kapacita plic se u těchto jedinců pohybuje většinou v průměru o 15–20 % nad průměrem běžné populace. Hodnoty se zde pohybují mezi 4–5 litry ve výkonnostní třídě a na vrcholové úrovni hodnoty dosahují až 6–7 litrů. Úrovně maximální minutové ventilace dosahují hodnot 135–176 litrů. Ve svalech jsou zastoupena především červená pomalá oxidativní vlákna, která se vyznačují vysokým objemem mitochondrií v procentech a také vysoce aktivními oxidativními enzymy. Metabolická práce se pohybuje v oblasti aerobní, s častými výskyty anaerobní úhrady v určitých částech závodu (Winter, Jones, Davidson, Bromley, & Mercer, 2007).

### **2.1.4 Fyziologické aspekty cyklistiky**

Z pohledu fyziologie lze většinu cyklistických disciplín označit jako práci nízké a střední intenzity s přechody do submaximální intenzity a následně dalšími přechody do nízké až střední intenzity. Cyklistika jako taková nepatří mezi nejintenzivnější sporty, ale je potřeba si uvědomit, že vzhledem k velkému objemu kilometrů klade velké nároky na nervosvalový systém, kardiorepirační systém, pasivní pohybový aparát, ale především je zde důležitý energetický metabolismus. Záleží na více aspektech, jako je pohlaví, věk

a hmotnost, nicméně v závodní cyklistice se energetický výdej pohybuje mezi 3000–7000 kJ/h. Je potřeba brát v potaz to, že na výkon a energetický výdej má vliv také technika šlapání, posed jezdce a frekvence šlapání (Gregor & Conconi, 2000).

Nejvýznamnější prvky z hlediska fyziologie určuje úroveň  $VO_2\text{max}$ , ekonomika pohybu (spotřebovaný kyslík při určité rychlosti pohybu a ovlivňuje ji technika šlapání), úroveň anaerobního prahu a histochemické určení kosterního svalstva (Winter, Jones, Davidson, Bromley, & Mercer, 2007).

## **2.2 Fyziologie sportovního výkonu**

### **2.2.1 Metabolismus**

Pod pojmem metabolismus se skrývají děje, které v organismu slouží pro tvorbu látek a energie potřebné pro jeho funkčnost. Dalo by se říci, že metabolismus můžeme popsat jako chemickou přeměnu látek v organismu (Botek, Neuls, Klimešová, & Vyhnánek, 2017). V organismu probíhají dva pochody – anabolické a katabolické (Bernaciková, 2017).

### **2.2.2 Energetický metabolismus svalů**

Svaly potřebují energii, aby se mohly kontrahovat při zátěži. Svaly berou energii z adenosintrifosfátu (ATP), který se v nich nachází, ale ne ve velkém množství. Pokud dojde k jeho vyčerpání, dochází k resyntéze z ostatních zdrojů. Mezi ostatní zdroje ve svalu patří kreatinfosfát (CP) a také svalový glykogen. Další uložště glykogenu se nachází v játrech, ale sval dokáže taktéž resyntetizovat ATP za pomoci energie z tuků. Podle typu zatížení využívá organismus různé cesty energetického krytí (Bernaciková, 2017).

### **2.2.3 Aerobní procesy**

Aerobní spalování je reakce metabolismu, při které dochází k uvolnění energie za pomoci kyslíku (v jeho přítomnosti). Tyto procesy jsou podloženy kapacitou organismu přijímat kyslík ze vzduchu (difúzní kapacitou plic) a přepravit jej do funkčních svalů, kde se uskutečňuje tzv. aerobní štěpení a resyntéza ATP. Je dáno, že čím vyšší intenzita zatížení, tím svaly potřebují více kyslíku. Na základě toho dochází následně k nárůstu srdeční a dechové frekvence, podle dané intenzity, až do samotného limitu (Dovalil, 2009).

#### **2.2.4 Anaerobní procesy**

Pokud je intenzita pohybu taková, že organismus nedokáže dodávat svalům potřebný objem kyslíku, začínají v resyntéze ATP dominovat anaerobní procesy. energii poté zajišťují procesy ATP–CP a anaerobní glykolýza. Uvolnění energie se uskutečňuje třemi provázanými a na sobě závislými systémy. Ve sportovním tréninku se tyto systémy označují: ATP–CP systém, LA systém a O<sub>2</sub> systém (Dovalil, 2009).

#### **2.2.5 ATP–CP systém**

U ATP–CP systému dochází anaerobní cestou (bez kyslíku) k zisku energie (Bernaciková, 2017). Když dochází ke štěpení ATP, v ten stejný moment se aktivuje reakce pro resyntézu ATP v rezervách svalových vláken kreatinfosfátu (CP). Zdroj může vystačit na 10–15 sekund práce v maximální intenzitě. Potencionál tohoto systému je podmíněn vrozenými předpoklady (rychlá svalová vlákna) a taktéž trénovaností (Dovalil, 2009). Botek et al. (2017) však uvádí, že tento systém převažuje pouze v cca prvních 2 sekundách intenzivní svalové práce a poté jeho podíl výrazně klesá.

#### **2.2.6 Oxidativní systém**

Je to řetězec biochemických reakcí, při němž dochází k resyntéze ATP aerobní cestou (za přítomnosti kyslíku). Glykogen (glukóza) i volné mastné kyseliny jsou zde zdrojem energie.

Při fyzické aktivitě, která trvá déle než 1 minuty, se O<sub>2</sub> systém stává dominujícím dodavatelem energie. Je nutno říci, že systém funguje velmi ekonomicky a z celkového hlediska může dodávat velké množství energie za jednotku času, nicméně o něco méně než předchozí dva systémy. Intenzita fyzické činnosti zde bývá nižší, ale přetrvává po delší dobu v rámci desítek minut až hodin (Dovalil, 2009).

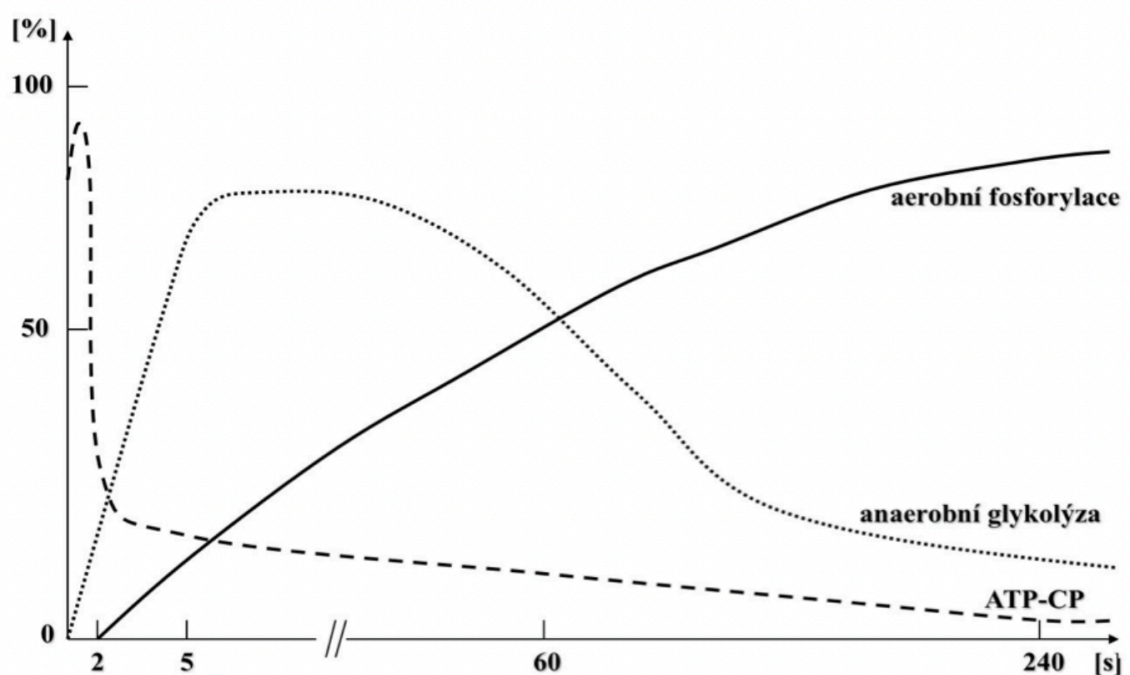
#### **2.2.7 LA systém**

Jedná se zde také o chemickou reakci, kde se ATP obnovuje z glykogenu (glukózy) anaerobní cestou (bez přísunu kyslíku). Při tomto procesu ve svalech vzniká laktát čili sůl kyseliny mléčné (Bernaciková, 2017).

Tento systém má úlohu hlavního energetického krytí při fyzických aktivitách, které dosahují téměř maximální (submaximální) intenzity po delší časový úsek, než umožňuje pokrývat ATP-CP systém (Dovalil, 2009).

Botek et al. (2017) uvádí, že tento systém při porovnání s aerobní tvorbou ATP jedná se o rychlou, ale neefektivní cestu uvolnění energie pro resyntézu ATP. Tato metabolická dráha dosahuje již svého maxima po 5 sekundách a v několika dalších sekundách je udržována vysoká úroveň. Po 30-40 sekundách se, ale tato účinnost ztrácí a při maximální intenzitě je udržitelná do 60 sekundách.

Placheta (1999) upozorňuje na fakt, že jednotlivé systémy od sebe nemůžeme izolovat, protože tyto systémy tvoří jeden metabolický systém, který působí od samého začátku fyzické aktivity. Přičemž zastoupení jednotlivých zdrojů energie závisí především na délce trvání a intenzitě zatížení, jak je vidět z obrázku 1.



Obrázek 1 Zapojení energetických systémů a jejich přibližný podíl na produkci energie při jednorázové vysoce intenzivní práci (Lehnert et al., 2014).

### 2.2.8 Typy svalových vláken

V lidském těle se nachází různé typy svalových vláken, které se rozlišují specifickými vlastnostmi. Svalových vláken již známe přes 30 typů, ale v praxi užíváme pouze tři typy – pomalé červené svalové vlákno, rychlé červené vlákno a rychlé bílé vlákno (Placheta, 1999).

#### Pomalé červené svalové vlákno

Pomalé červené vlákno je typické tím, že má dobrou odolnost vůči únavě a také vysokou aerobní kapacitu. Anaerobní kapacita u červeného svalového vlákna je díky

těmto vlastnostem nízká a nemá předpoklady k tomu produkovat velkou svalovou sílu (Bernaciková, 2017). Tudíž je ideální k vykonávání dlouhodobé aktivity s nižší intenzitou, jako je například vytrvalostní běh či cyklistika (Placheta, 1999).

### **Rychlé červené vlákno**

Rychlé červené vlákno oplývá podobnými schopnosti jako vlákno pomalé. Má střední odolnost vůči únavě a aerobní kapacitu. Oproti tomu je anaerobní kapacita vysoká a je mu umožněno vykonávat velkou svalovou sílu (Silbernagl, 2004). Z toho vyplývá, že ji uplatňujeme především pro vyšší rychlost a větší sílu svalových kontrakcí při zatížení, až při submaximální intenzitě, která je provázena anaerobním a aerobním způsobem doplnění energie (Placheta, 1999).

### **Rychlé bílé vlákno**

Rychlé bílé vlákno se od předešlých dvou liší zejména rychlou unavitelností a nízkou aerobní kapacitou. Jeho velký klad se nachází v tom, že má nejvyšší anaerobní kapacitu a je mu umožněno vykonávat velkou svalovou sílu (Silbernagl, 2004). Tento druh vlákna je tím pádem určen k silovým a rychlostním výkonům s maximální intenzitou, jako je například sprint nebo skoky do dálky (Placheta, 1999).

Který z typů svalových vláken převažuje, je především dáno geneticky a jejich podíl je individuální. Svalová vlákna se aktivují podle zatížení svalů. Čím větší velikost intenzity, tím více se aktivují rychlá vlákna (Bernaciková, 2017).

## **2.3 Zátěžová diagnostika ve sportu**

Smyslem zátěžové diagnostiky je vyšetření fyziologických a patologických reakcí organismu a jeho adaptace na různé druhy zatížení, ať už jako celku nebo jednotlivých orgánových systémů (Placheta, 1999).

Podle Hellera (2018) má funkční diagnostika díky svým principům, standardizovaným metodám, způsobům vyhodnocení a následnou interpretací výsledků základní místo v kvalifikované diagnostice. Podstata zátěžových testů může spočívat také v tom, že zjistíme odezvu (reakci) organismu na fyzickou zátěž a na základě toho je následně zjišťována adaptace organismu na danou fyzickou zátěž pro naplnění stanovených cílů sportovce (Novotný, 2017).

### **2.3.1 Začátky testování**

Když se podíváme zpátky do historie, můžeme si všimnout, že již ve starověku docházelo k hodnocení výsledků tréninků chlapců v antické Spartě v 8. století př. n. l. Následně se setkáváme s odhady výkonnosti a zdatnosti i v následujících staletích, především pro hodnocení fyzické zdatnosti například v armádě nebo jiných fyzicky náročných profesích (Heller, 2018).

Teprve na konci devatenáctého století začaly vznikat první motorické a výkonové testy v USA a počátky funkční diagnostiky zátěže jakožto laboratorního vyšetřování výkonnosti a zdatnosti se datují taktéž ke konci devatenáctého století. Například v roce 1897 se podařilo ve Francii zkonstruovat první bicyklový ergometr, který byl brzděný mechanicky a následně se postupem času vyvíjel až do dnešní podoby, kdy je brzděn elektromagneticky (Heller, 2018).

Co se týče anaerobní zátěžové diagnostiky, má také již dlouhou tradici. V roce 1913 zavedli do praxe Benedict a Cathcarty krátkodobé testy maximálního výkonu na bicyklovém ergometru. Koncem dvacátých let dvacátého století se díky Francisi Gano Benedictovi a Hansu Murschhauserovi podařilo prosadit názor, že kyslíkový dluh a maximální spotřeba kyslíku jsou hlavní dva faktory, které limitují výkon člověka, tudíž je můžeme označit za průkopníky v oblasti měření výdeje oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku při zátěži (Heller, 2018).

### **2.3.2 Význam zátěžové a funkční diagnostiky ve sportu**

Hovoříme-li o úloze zátěžové funkční diagnostiky ve sportu, je třeba zdůraznit, že podle Evropské charty sportu, přijaté v roce 1992, se sportem rozumí všechny formy tělesné činnosti, které, ať již prostřednictvím organizované účasti či nikoli, si kladou za cíl projevení či zdokonalení tělesné a psychické kondice, rozvoj společenských vztahů nebo dosažení výsledků na všech úrovních. Z globálního pohledu na sport se zátěžová diagnostika upřednostňuje především pro vyšetřování výkonnosti a zdatnosti jedince (Heller, 2018).

Podstata zátěžových testů může spočívat také v tom, že zjistíme odezvu (reakci) organismu na fyzickou zátěž a na základě toho je následně zjišťována adaptace organismu na danou fyzickou zátěž pro naplnění stanovených cílů sportovce (Novotný, 2017).

V praxi se využívá zátěžových testů pro diagnostiku pohybových schopností a taktéž pro hodnocení stavu trénovanosti. Tyto testy se většinou uskutečňují ve

specializované zátěžové laboratoři anebo v terénu, kde je měření prováděno ve specifických podmínkách daného sportu (Bernaciková, 2017).

Taktéž podle Hellera (2018) má funkční diagnostika díky svým principům, standardizovaným metodám, způsobům vyhodnocení a následné interpretaci výsledků základní místo v kvalifikované diagnostice.

### **2.3.3 Vlastnosti zátěžových testů**

#### **Bezpečnost, komplikace**

Test nikdy nesmí ohrozit pacienta. Při zátěžových testech se mortalita pohybuje kolem 0,005 %, morbidita mezi 0,02–0,04 %, nicméně kvůli skladbě vyšetřovaných osob (zdraví, pacienti) se údaje rozcházejí. Mezi hlavní komplikace, které mohou nastat, patří arytmie, svalové trauma, šok, srdeční selhání, hypertenzní reakce, neurologické problémy, náhlá smrt (Pastucha et al., 2014).

Mezi základní vlastnosti zátěžových testů patří.

#### **1. Jednoduchost, objektivnost**

- Zátěžové testy by měly být především jednoduché.
- Objektivita výsledků spočívá ve vyloučení vlivů, které by mohly narušit dané výsledky.

#### **2. Reprodukovatelnost**

- Variabilita naměřených hodnot se odráží v přesnosti metody (u variačního koeficientu 8–10 % je variabilita dostatečná).

#### **3. Validita testu (správnost)**

- Vlastnost daného testu pro udávání správných výsledků.

#### **4. Spolehlivost (reliabilita)**

- Tato vlastnost spočívá v možnosti opakovatelnosti testu při velmi podobných výsledcích.

#### **5. Senzitivita testu**

- Senzitivita testu spočívá v identifikaci přítomné choroby, tzn. počet vyšetřených s pozitivním výsledkem a onemocněním (ergometrie 56–81 %).

#### **6. Specificita testu**

- Specifikum testu je vyloučit přítomné choroby, tzn. počet vyšetřených bez onemocnění s negativním výsledkem.



## 7. Predikční hodnota

- Tato hodnota určuje správnost testu a je determinována specificitou, senzitivitou a převahou choroby ve společnosti (Pastucha, 2014).

### 2.3.4 Obecné zásady pro zátěžovou funkční diagnostiku ve sportu

#### Indikace zátěžové funkční diagnostiky

Podle Hellera (2018) se indikační oblastí v zátěžové diagnostice rozumí především sportovní oblast objektivizace výkonnosti a zdatnosti jedince. Definování cílů přitom bývá hlavním kritériem – jaký typ zátěžové diagnostiky zvolíme, proč volíme takovou metodu zátěžové diagnostiky, v jakém rozsahu, ve kterých fázích přípravy, co od daných výsledků očekáváme a jakým způsobem chceme zjištěné hodnoty využívat.

Zátěžovou funkční diagnostiku využíváme u sportujících především kvůli těmto faktorům:

1. Diagnóza slabých a silných stránek jedince s přihlédnutím na sport či aktivity, které daný jedinec provozuje, dále brát v potaz cíle jedince, kterých by chtěl dosáhnout, přičemž závěry vyplývající z funkční diagnostiky se implementují do speciálního programu sportovce a slouží také k prognóze další výkonnosti vyšetřovaného sportovce.
2. Na základě výsledků vyhodnotíme působivost tréninkového plánu, abychom mohli zjistit, zda tento tréninkový či rehabilitační nebo rekondiční plán plní naše cíle, zda se daří navodit žádoucí adaptaci a lepší se dané ukazatele podle účelu plánu.
3. Pomáhá při rozpoznávání talentů nebo hodnocení kondice pro sportovní soutěž, tj. podílí se svými metodami a hledisky na selekci pro hlavní sportovní soutěže.
4. Navazuje na lékařské tělovýchovné prohlídky při hodnocení zdravotního a funkčního stavu jedince, taktéž by se dalo říci, že v rámci tělovýchovného lékařství řeší jistým způsobem klinické problémy pacientů.
5. Detekovat zdatnost a výkonnost jakožto deficitní složky a zabezpečit východiska exogenní podpory pro dosažení krátkodobých cílů, které směřují ke zvýšení určitých složek výkonnosti a zdatnosti. Výsledky mohou být taktéž jistým ukazatelem pro připravenost po zranění nebo nemoci či jiném déle trvajícím výpadku z tréninkového procesu.

6. V rámci zátěžové funkční diagnostiky lze prohlubovat porozumění a znalosti týkající se adaptace a reakcí organismu na trénink, pohybovou aktivitu nebo sportovní činnost. Je důležité, aby trenéři používali výsledky diagnostiky správně a byly zohledněny v přípravě sportovců. Nález některé změny, tj. nárůst nebo pokles vybraných ukazatelů či kapacit, by měly být monitorovány, hodnoceny a využity jak trenéry, tak sportovci. V návaznosti na zjištěné výsledky z diagnostiky by měli tyto výsledky brát v potaz a přijímat je pozitivně, přičemž je důležité na tyto výsledky reagovat s odhodláním pracovat na slabých stránkách sportovce, které může zátěžová funkční diagnostika odhalit. Zátěžové testování může ovlivnit klima u kolektivních sportů a to především v pozitivním slova smyslu (Heller, 2018).

### **Kontraindikace zátěžových testů**

Z pohledu lékařského se kontraindikace zátěžových testů dělí na absolutní a relativní, přičemž k absolutním kontraindikacím se primárně řadí:

- akutní onemocnění,
- závažné poruchy srdečního rytmu,
- srdeční selhání,
- nestabilní angina pectoris,
- hypertrofické kardiomyopatie,
- maligní hypertenze,
- těžká plicní hypertenze,
- těžké neurologické defekty,
- plicní embolie.

Relativní kontraindikací se především rozumí obdobné oblasti postižení, poškození oběhového a dýchacího systému nebo metabolických poruch, ale s tím rozdílem, že jejich rizika a závažnost je na posouzení odborného lékaře. Ten musí určit míru závažnosti a případný přínos zátěžového vyšetření pro daného jedince (Heller, 2018). Podle Novotného (2017) „jsou to poruchy zdraví – nemoci, které by mohly být v důsledku zátěžového testu zhoršeny, nebo by mohly v kombinaci se zátěží přinést další zdravotní komplikace.“

### 2.3.5 Podmínky provádění zátěžových testů

#### Faktory ovlivňující výsledky

Mezi hlavní faktory, které mohou ovlivňovat výsledky a tím i validitu testu, patří pohlaví, věk, hmotnost, výška, zdravotní stav, psychické faktory, zotavení, dieta, anamnéza, obuv a oděv atd. Od vyšetřujícího lékaře se očekává určitá znalost hlavních i vedlejších účinků léků, které by svým obsahem mohly narušit výsledky i průběh testu. Někteří nemocní lidé užívají různá farmaka, která mohou ovlivnit vyšetření, z nichž některá vyšetření neovlivní vůbec, ale některá působí na reakce kardiovaskulárních hodnot např. SF (Srdeční frekvence), TK (Krevní tlak), EKG (Elektrokardiografie) aj. a tato farmaka mohou vyvolat jisté změny metabolismu i vnitřního prostředí. To znamená, že je potřeba přihlídnout k diagnóze i k cílům a na základě toho je nutností zodpovědně rozhodnout buď o vysazení některých léčiv, anebo zachovat stálou medikaci. Např. pokud má vyšetření přispět k prokázání koronárního onemocnění, je nezbytné vysadit všechna farmaka, která by mohla vést k ne zcela objektivnímu výsledku. Pokud budeme hodnotit tělesnou zdatnost, pracovní schopnost nebo výkonnost, můžeme je posuzovat jen tehdy, pokud bude nezměněná medikace, která je přirozená pro denní režim pacienta (Placheta, 1999).

Dále je potřeba mít na paměti, že k falešně pozitivním výsledkům mohou také přispět nejenom léky aplikované proti kardiovaskulárním onemocněním, ale také jiné léky (antidepresiva, neurotika). K velmi často podávaným lékům se řadí takzvané  $\beta$ -blokátory, jejichž působení může snížit TK a SF, především u fyzické zátěže. Zjištěné skutečnosti je třeba brát v potaz při provádění zátěžového testu, také při interpretaci výsledků a rovněž u porovnávání s referenčními hodnotami (Placheta, 1999).

#### Prostředí

Mezi hlavní ukazatele prostředí patří relativní vlhkost, teplota, tlak a také denní doba a proudění vzduchu (Placheta, 1999).

#### Metodické podmínky

K těmto podmínkám řadíme druh zatížení, protokol, funkční a technickou úroveň přístrojového vybavení, polohu těla, zkušenost personálu, variabilitu měřených parametrů atd. (Placheta, 1999).

## **Laboratoř**

Prostředí by mělo být klidné (pokud možno co nejméně lidí), optimistické, zajištěna možnost cirkulace vzduchu (klimatizací), teplota 18-22 °C (minimálně však 16 °C a maximálně 24 °C), relativní vlhkost 60 %. Technické vybavení, pokud možno, co nejvíce moderní, bezpečné, zcela funkční, pravidelně kontrolované a kalibrované. Mezi bezpečnostní opatření se řadí signalizační zařízení, okamžité spojení s ARO (Anestnebo koronární jednotkou, defibrilátor, lehátko s pevnou podložkou, kyslíková tlaková láhev s maskou, vozík nebo nosítka, plus základní léky pro první pomoc s popisem a uložením, jako například adrenalin, atropin, nitráty a jiné (Placheta, 1999).

## **Personál**

Lékař musí být vždy přítomen u každého vyšetření pacienta a udržovat s ním stálý kontakt. Kdyby došlo k náhlé příhodě, zůstává s pacientem a řídí resuscitaci. Je důležité, aby pacient byl odpočatý před testem (den předem bez žádné větší fyzické námahy), pacient by měl být seznámen s významem a průběhem vyšetření. Minimálně dvě hodiny před testem by neměl pít kávu ani jíst a dvanáct hodin před zátěžovým testem by neměl pít ani kouřit. Léky smí užívat pouze po konzultaci s doktorem, dále by měl mít vhodnou obuv a oděv pro daný test (Placheta, 1999).

## **Postup před vyšetřením**

Provedeme prohlídku prostředí a přístrojů z důvodu jejich funkčnosti a také proto, aby pacient mohl podat co nejlepší výkon. Lékař, který zodpovídá za průběh testu, odebere anamnézu, přečte si pacientovu dokumentaci, uskuteční fyzikální vyšetření, vyhodnotí klidové EKG a následně také základní životní funkce (srdeční frekvenci a TK). Pacient je poučen znovu od sestry, která nachystá kůži pro připevnění elektrod, připevní EKG elektrody, připne manžetu pro měření krevního tlaku, nastaví pacientovi bicyklový ergometr, popřípadě seznámí pacienta s používáním běhacího pásu. Pokud je součástí testu spiroergometrie, nasadí se pacientovi maska nebo vyzkouší dýchání s náustkem (Pastucha, 2014).

## **Sledování během zátěže**

Během zátěže lékař provádí klinické sledování (bledost, opocení, poruchy vědomí...), sleduje a hodnotí subjektivní vnímání zátěže (Borgova škála), sleduje TK a SF sleduje křivku EKG, hodnotí dechovou frekvenci, dále dle druhu testu sleduje respirační parametry nebo provádí měření laktátu v krvi (Pastucha, 2014).

## **Ukončení zátěže**

Jde o zásadní moment většiny vyšetření, protože podléhá bezpečnosti pacienta na jedné straně, ale také naplnění cíle testu na straně druhé. Pokud je test ukončen příliš brzo, může se tak narušit validita testu a z toho vyplývající kvalita vyšetření, protože zcela nebylo dosaženo požadované intenzity zátěže a nebylo dosaženo příslušných reakcí, které jsou podmínkou pro splnění cíle testu (Placheta, 1999).

## **Postup po ukončení zátěže**

Vyšetření pokračuje dále i po ukončení zátěže (především fyzické). Pokračujeme v monitorování EKG a měření TK alespoň 9–10 minut při vyšlapání, popřípadě chůzi. Následně umožníme pacientovi zotavení buď nulovou zátěží, kterou absolvoval (chůze, šlapání), nebo v absolutním klidu. Dále zhodnotíme výsledky a interpretujeme je pacientovi i s komentářem daných výsledků (Placheta, 1999).

### **2.3.6 Dělení diagnostických testů**

#### **Dělení podle místa konání**

Terénní testy jsou především praktické, jednoduché, časově nenáročné, můžeme testovat více lidí najednou (soubor pacientů, třída), pohyb, který hodnotíme, bývá velmi často jednoduchý a přirozený, pokud možno stejný jako v tréninku (identický pohybový stereotyp). Mezi nevýhody terénních testů může patřit nepřesné měření, neumožňují nám měřit některé parametry, a nestálé okolní podmínky. Příkladem může být Cooperův test. Laboratorní testy zahrnují větší škálu různých měření a jsou složitější na provedení. Nevýhodou laboratorních testů může být jiná pohybová zátěž, než je přirozená pro daného sportovce, proto je důležitý přenos výsledků do konkrétních podmínek dané disciplíny. Zjištěná výkonnost je v některých případech horší než skutečná (pacient má strach z neznámých podmínek). Nejčastějším příkladem testu je spiroergometrie (Pastucha, 2014).

#### **Dělení podle velikosti zátěže**

**Maximální zátěžové testy** provádíme tak dlouho, dokud pacient nedosáhne svého maxima, tzn. maximální tepové frekvence nebo plató ve spotřebě kyslíku. Pakliže pacient ukončí test dříve, naměřené hodnoty nebudou odpovídat jeho maximu. Tento druh testu je především ukazatelem pro aerobní kapacitu vyšetřovaného. Pokud je dosaženo plató ve spotřebě kyslíku a respirační výměnný koeficient je  $(RQ) > 1,15$ , volíme protokol tak,

aby test nepřesahoval časovou délku 12 minut (následně nastává svalová únava) (Pastucha, 2014).

**Submaximální testy** využíváme především pro situace, kdy riziko spojené s maximálním testem by bylo pro testovaného příliš vysoké nebo pokud se jedná o sériové testování. Hlavní kritérium pro určení submaximálního testu je dosažení 70 % SF nebo 85 % SF vypočítané ze SFmax pro daný věk. U každého jedince dochází k velké odlišnosti ( $\pm 10\text{--}12$  tepů), což může být zapříčiněno chybným určením SFmax, a tím vede k nepřesnému výsledku celého testu (Pastucha, 2014).

**Supramaximální testy** používáme především pro testování anaerobní výkonnosti. Typickým příkladem je zde Wingate test (Pastucha, 2014).

### **Dělení podle metabolických pochodů**

**Anaerobní testy**, které poukazují na schopnosti využití neoxidativních (glykolytických) pochodů. Smyslem testu je za krátkou dobu dosáhnout maximální intenzity (Pastucha, 2014).

**Aerobní testy** používáme pro hodnocení schopnosti organismu využívat především oxidativních energetických metabolických pochodů (spiroergometrie) (Pastucha, 2014).

Podle Hellera (2018) se nejčastěji v praxi využívá sledování adaptací a reakce organismu na dynamické zatížení, tzn. sledování kardiovaskulárních změn, oblast ventilací a respiračních, biomechanické a metabolické změny. Dále také uvádí, že můžeme sledovat odezvu organismu na statické zatížení (například handgrip – test), psychofyzické (kombinace fyzické a psychické zátěže u pracovníků náročných profesí), chladové zatížení (baroreflexní aktivita u plavců), popřípadě hypoxické zatížení (používané u horolezců).

#### **2.3.7 Testy používané v cyklistice**

V cyklistice se větší část výkonu odehrává v aerobní zóně, proto se klade důraz především na testy aerobní, zejména tedy maximální aerobní testy a testy anaerobního prahu. V cyklistice se tolik nepřisuzuje hodnota  $VO_2\text{max}$  jako rozhodující parametr, na rozdíl od jiných vytrvalostních sportů, i když je tato hodnota taktéž důležitá. Ovšem zcela zásadní je hodnota maximálního (wattového) výkonu, kterého cyklista dosáhne v závěru aerobního testu. V cyklistice se používá standardizovaný ramp test na bicyklovém ergometru zvyšovaný do maxima (Heller, 2018).

## **Anaerobní testy**

Anaerobní předpoklady (rychlostně-silové schopnosti) posuzujeme na základě anaerobních testů. Často využívané anaerobní testy jsou například: Wingate test, dynamometrie, výskoková ergometrie (Boscův test) (Bernaciková, 2017).

### **Wingate test**

Test provozujeme zásadně na izokinetickém bicyklovém ergometru. Jedinec šlape na bicyklovém ergometru maximálním úsilím a doba testu je 30 sekund. U tohoto testu se hodnotí především maximální dosažený výkon, index únavy a celková práce. Test je určený pro vyhodnocení ATP–CP systému a LA systému – rychlosti (Bernaciková, 2017).

## **Aerobní testy**

Vytrvalostní schopnosti jedince hodnotíme pomocí aerobních testů. Hlavní fyziologické faktory, které limitují výkon vytrvalostního charakteru, jsou maximální příjem kyslíku ( $VO_2\max$ ), ekonomika pohybu (šlapání na kole), úroveň anaerobního prahu (ANP). Často používané jsou aerobní testy: maximální příjem kyslíku, hodnocení ANP, test W170 (Bernaciková, 2017).

### **Test W170**

Tímto testem hodnotíme celkovou výkonnost jedince na bicyklovém ergometru. Principem a zároveň cílem testu je zjistit, kolik wattů (W/kg) dokáže testovaný jedinec udržet při hodnotě SF 170 tepů/min. Průměrné výkony se zde pohybují u mužů okolo 2,6 W/kg a u žen je to 1,8 W/kg. Vrcholoví cyklisté dosahují hodnot i 4 W/kg, v ženském sportu byly zaznamenány hodnoty okolo 3,2 W/kg (Bernaciková, 2017).

### **Laktátový test**

Laktátový test se používá k testování vytrvalostních sportovců. Především se používá u cyklistů a běžců. Provádí se buď do maxima nebo pouze do submaximální zátěže. Standardně se postupně navyšuje zátěž, každý další stupeň zátěže s konstantním odporem se poté udržuje minimálně 3 a více minut. Následně nastane ustálení ventilační a metabolické odezvy na zátěž. Hodnota laktátu se odebírá na konci každého stupně buď z bříška prstu, nebo ušních lalůček. Zde se laktát objevuje v kapilární krvi. Pro přesné stanovení laktátu využíváme metody suché chemie (POCT) pomocí „proužku“ nebo následným stanovením v laboratoři (Hrabal, 2019).

V tréninkové praxi je důležitým ukazatelem výkonnosti kromě  $VO_2\text{max}$  a maximální srdeční frekvence také množství laktátu v těle během zátěže (Płoszczyca et al., 2020). Maximální laktátový setrvalý stav je definován jako nejvyšší intenzita cvičení, kterou lze udržet při zachování konstantní koncentrace laktátu. U laktátového testu v cyklistice se intenzita zátěže po dobu testu mění. Ovšem cílem testovaného je udržet konstantní kadenci šlapání. Nejprve je intenzita nižší a postupně se navyšuje (MacIntosh, Esau, & Svedahl, 2002).

Zvýšená hladina laktátu během testu zapříčiňuje problémy s dýchací soustavou. Prokázala to studie (Spengler, Knöpfli-Lenzin, Birchler, Trapletti, & Boutellier, 2000), která vyvrátila fakt, že problémy s dýchací soustavou jsou zapříčiněné samotnými dýchacími svaly. Schopnost udržovat nejvyšší možný výkon bez výrazného zvýšení laktátu má silný prediktivní význam pro vytrvalostní výkon. Srdeční frekvence na úrovni laktátového prahu je často používána trenéry a sportovci k definování tréninkových zón a úsilí během závodění (Dumke, Brock, Helms, & Haff, 2006). Carmichael (2021), zakladatel a hlavní trenér CTS (Carmichael Training System), si je vědom chyb, které cyklisti, kteří se chtějí zlepšovat, dělají. Fyziologie člověka je nedílnou součástí tréninku a je hlavním ukazatelem zdatnosti našeho těla. Proto si zakládá na tom, aby se nahrávala veškerá data z tréninků a na jejich základě docházelo k úpravám tréninků.

Tvorba laktátu je závislá na druhu pohybu. Existují však dva sporty, které jsou od pohledu velice odlišné, ale ve výsledku jsou si blíž než jiné. Cyklistika a běh mají velice blízké nároky na laktát a je to kvůli podobné srdeční frekvenci, spotřebě kyslíku a plicní ventilaci během zátěže (Fontana, Boutellier, & Knöpfli-Lenzin, 2009). Ovšem u všech sportů platí stejné pravidlo a tím je, že trénovaní vytrvalostní sportovci mají nižší konečný obsah laktátu v krvi než netrénovaní (Popov et al., 2010).

Laktátový test se v posledních letech stal také nedílnou součástí pro zkoumání aerobní zdatnosti u triatlonistů. Doposud se měřila aerobní zdatnost především maximální spotřebou kyslíku ( $VO_2\text{max}$ ), ovšem v posledních letech bylo zjištěno, že  $VO_2$  není ideální volbou hodnocení aerobní zdatnosti u kombinovaného sportu, jako je triatlon (Scott, M., Scott, T, & Kelly, V. 2016).

### **Spiroergometrie**

Spiroergometrie je jeden z nejvyužívanějších zátěžových testů, spolu s testem pro zjištění laktátové křivky. Spiroergomický test má za úkol zjistit úroveň kardiovaskulárního systému a oxidativní kapacitu kosterního svalstva. Spotřeba kyslíku zaujímá důležité postavení při výkonnostní diagnóze. Dalšími významnými veličinami,



kteře se často diagnostikují, je laktát a srdeční frekvence. Možnost organismu přijímat kyslík určuje maximální spotřeba kyslíku, následně organismus předá kyslík do pracujících svalů. Maximální spotřeba kyslíku poukazuje také na možnost využití kyslíku ve svalech (Sekera & Vojtěchovský, 2008).

Při samotném spiroergometrickém testu je využíván buď běhací pás, nebo bicyklový ergometr. Před testem je zapotřebí vyšetřit probandův, zhodnotit indikaci a následně vybrat protokol, který by měl být adekvátní a správný. V průběhu testování je sledována tepová frekvence, probandův stav, EKG, krevní tlak a již zmíněné respirační a ventilační parametry, které se hodnotí pomocí rychloanalyzátorů. Analyzátořy se užívají pro komparaci složení atmosférického vzduchu a vydechovaného vzduchu. Digitálně se pak vyhodnocují změny plynů. Celý proces a jeho parametry může proband sledovat v průběhu vyšetření na digitální obrazovce. Po ukončení testu, jehož konec rozhodne lékař, přichází na řadu jeho vyhodnocení. Mimo vyhodnocení je také srovnávání hodnot, které se získaly testem, s referenčními hodnotami, stanovení požadovaných parametrů výkonnosti a je určován anaerobní práh probanda (Pastucha, 2014).

Tento test je vhodný opakovat několikrát ročně, aby se mohlo sledovat, jak se adaptuje probandův organismus na tréninkové zatížení v různých fázích roku (Sekera & Vojtěchovský, 2008).

### **Bicyklový ergometr**

Podle velikosti odporu je zjištěn výkon probanda. Odpor je dán brzděním (mechanickým, elektromagnetickým) šlapadel a frekvencí otáček. Bicyklový ergometr je jeden z nejvíce užívaných ergometrů, které se využívají v zátěžové diagnostice. Výhody bicyklového ergometru jsou dostupnost, stabilní pozice pro připevnění elektrod pro EKG, není zde důležitá hmotnost probanda (vhodné i pro obézní probandy), můžeme využít i variantu v leže, vhodné pro probandy s ortopedickou poruchou, velkou obezitou nebo nestabilitou. Nevýhoda testu může spočívat ve vysoké únavě a zakyselení svalů dolních končetin, což může znemožnit dosažení maxima. Oproti běhacímu pásu bývá dosažené  $VO_2max$  na bicyklovém ergometru o 10–20 % nižší (Pastucha, 2014).

### **2.3.8 Hlavní sledované parametry**

Výkon můžeme hodnotit buď na běžeckém pásu (V-velocity; [km./h]) a sklon pásu (%), nebo na bicyklovém ergometru (P – Power [W]) a maximální výkon (Pmax; [W]).

Pro nás jsou důležité především parametry, které ukazují na zatížení respirační a krevního oběhu – srdce.

## **Respirační parametry**

### Minutová ventilace

Minutová ventilace ( $V$ ,  $VE$  [l/min]) je určena součinem dechového objemu a dechové frekvence (minutová ventilace = dechový objem x dechová frekvence) (Kittnar, 2020). Patří mezi důležité spiroergometrické ukazatele. Jednoduše by se dalo říct, že je to objem vzduchu, který jsme schopni prodýchat za jednu minutu. Hodnoty v klidu se pohybují u dospělých osob kolem 5–6 l/min. Při maximálním zatížení jsou hodnoty vyšší (200 l/min) u vytrvalostních sportovců (větší síla a lepší užití dýchacích svalů, větší respirační objem plic) (Novotný, 2017).

### Ventilační práh

První a druhý ventilační práh ( $VT1$  a  $VT2$ ).  $VT1$  se stanoví v okamžiku, kdy dochází ke strmému nárůstu ventilačního ekvivalentu pro kyslík ( $VE/O_2$ ).  $VT2$  se stanovuje při druhém nárůstu ventilačního ekvivalentu pro oxid uhličitý ( $VE/CO_2$ ). Druhý práh označujeme jako bod respirační kompenzace. Prahy je možné vyjádřit odpovídajícím výkonem, popřípadě rychlostí běhu nebo srdeční frekvencí (Struhár et al., 2019).

### Ventilační ekvivalent pro kyslík ( $VE/VO_2$ )

Tento parametr poukazuje na obsah vzduchu, který musíme prodýchat, abychom spotřebovali 1 l  $O_2$ . Ventilační ekvivalent pro kyslík je také ukazatelem efektivity dýchání. Při maximálním výkonu se hodnota pohybuje kolem 30–35 l (Botek et al., 2017).

### Minutová spotřeba kyslíku a minutový výdej oxidu uhličitého

Tyto parametry jsou konečným výsledkem stanovení a analýzy celkového množství těchto dvou plynů ve vydechaném vzduchu a následným výpočtem jejich vzájemného rozdílu od celkového množství plynů ve vzduchu, který přijímáme. Je důležité stanovit průměr v časovém intervalu (např. 10, popřípadě 30 sekund) pro tyto hodnoty, protože dech po dechu začínají oscilovat.

Mezi hlavní indikátory aerobní kapacity se řadí absolutní hodnota maximální spotřeby kyslíku ([l/min, ml/min]) a identický ukazatel po přepočítání na jeden kilogram hmotnosti ( $VO_{2max}/kgO_2$  [ml/min/kg]). Jedná se tedy o úplný ukazatel funkce celého

transportního systému pro kyslík. Dosažení průměru alespoň 1,1 RQ je skutečným kritériem pro maximální spotřebu kyslíku. Pokud tomu tak není a není dosaženo 1,1 RQ, měl by být tento údaj hodnocen jako vrcholná minutová spotřeba kyslíku ( $VO_{2peak}$ ) (Struhár et al., 2019).

$VO_2$  je příjem či spotřeba kyslíku nebo také můžeme říct celkové množství spotřebovaného kyslíku za minutu, užívají se relativní hodnoty, které se vztahují na jeden kilogram tělesné hmotnosti [ml/kg/min] nebo taktéž na jeden kilogram hmoty tukuprosté, ale můžeme se setkat také s absolutními hodnotami [l/min] (Heller, 2018).

Heller (2018) také uvádí, že moderní terminologie vyhraduje pojem příjem kyslíku výměně dýchacích plynů organismu a prostředí, zatímco spotřebou kyslíku se míní spotřeba kyslíku v buňce periferních tkání, někdy označována jako  $QO_2$ .

### Maximální spotřeba kyslíku

Při výkonnostním testování se maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max}$ ) bere jako nejdůležitější parametr. Jedná se o komplexní ukazatel schopností organismu, jako jsou oxidativně metabolické, maximální a transportní schopnosti. Můžeme ji uvést v litrech za minutu neboli jako absolutní hodnotu. Tuto hodnotu je však lepší přepočítat na tělesnou hmotnost sportovce, následně je pak možné mezi sebou srovnávat sportovce různého zaměření, a zvláště srovnat výsledné hodnoty  $VO_{2max}$  u daného sportovce v libovolnou dobu během tréninkového cyklu.  $VO_{2max}$  je především ovlivněno geneticky, avšak je možné tuto hodnotu trénovaností posunout až o 20–25 % (Dovalil, 2009).

Maximální příjem kyslíku ( $VO_{2max}$ ) představuje maximální použitý kyslík a je omezen dodávkou kyslíku a podléhá omezením centrální a periferní kardiovaskulární kapacity a spotřebě kyslíku ve tkáních (Faria, Parker, & Faria, 2005).

Také může být ovlivněno různými fyziologickými faktory, jako je například obsah hemoglobinu v krvi, velikost srdce, koncentrace aerobních enzymů, typ svalových vláken, ale také se dá značně ovlivnit tréninkem (Friel, 2009).

U vrcholových sportovců se individuální hraniční úroveň prakticky nemění. Čím déle se udrží nejvyšší dosažená procentuální hodnota  $VO_{2max}$ , tím je jedinec trénovanější a tím jsou lepší jeho vytrvalostní schopnosti. Jak ukazuje tabulka 1, hodnoty u vrcholových sportovců běžně dosahují rozmezí mezi 70 a 80 ml/kg/min a ženy mají v průměru o 10 % méně než muži (Sekera & Vojtěchovský, 2008).

Tabulka 1. Hodnoty  $VO_2\text{max}$  [kg/ml/min] u sportovců různých odvětví (Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004)

Sport	Muži	Ženy
Běh – lyže	83	64
Běh – vytrvalostní	80	61
Cyklistika	74	59
Chůze závodní	71	57
Běh – sprint	68	51
Plavání	67	55
Veslování	62	50
Gymnastika	60	52
Vzpírání	56	–
Nesportovci	44	39

### Laktát

Laktát jako takový je tvořen sodnou či draselnou solí kyseliny mléčné a zároveň se odštěpuje  $H^+$ . Laktátdehydrogenáza (LDH) je enzym, který je zodpovědný za tuto reakci (Botek et al., 2017). Laktát se v těle nachází stále, protože tělo neustále pracuje a využívá jak sacharidy, tak i tuky. Během zvýšené fyzické aktivity se zvýší využití glykogenu, přičemž dochází k nárůstu laktátu v krvi. Pokud se jedná o fyzickou aktivitu s nízkou intenzitou, tělo nemá problém přirozeně laktát odbourávat, ale pokud se intenzita zátěže zvýší na anaerobní úroveň, dochází k hromadění laktátu v krvi a tělo již není schopné tak rychle laktát zpracovávat, přičemž dochází k únavě jedince (Friel, 2009).

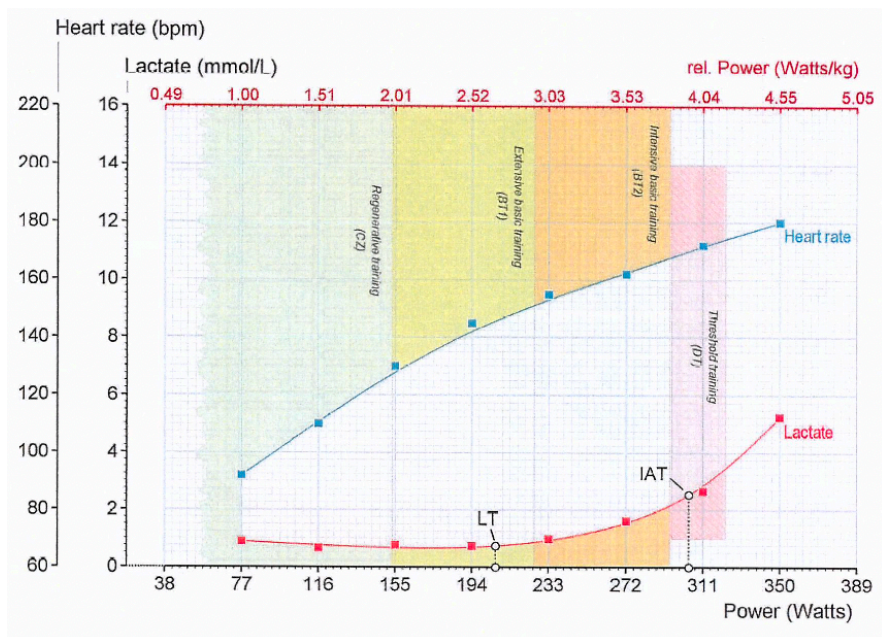
### Laktátová křivka

Laboratorní vyšetření laktátové křivky dnes považujeme za nejpresnější možnost pro určení aerobního a anaerobního prahu (Sekera & Vojtěchovský, 2008). Laktátová křivka je grafické znázornění odrazu intenzity zatížení na produkci hladiny laktátu. Vodorovná osa představuje velikost zátěže v rychlosti běhu m/s nebo zátěže ve wattech, zatímco svislá osa představuje hladinu laktátu v mmol/l. Pokud tedy spojíme body představující velikost obsahu laktátu, dostaneme exponenciální křivku, která není lineární. Tato křivka představuje závislost hladiny laktátu na zátěži (Hrabal, 2019).

Na této křivce jsou zaznačeny 2 body, které představují aerobní a anaerobní práh. Pro přesné určení těchto bodů se používají různé modely, jako je například D – max model nebo Dickhuthuv model, které více rozeberu v praktické části bakalářské práce. Existuje také Maderův model, kdy aerobní práh se na úrovni hladiny laktátu odečte při

hodnotě 2,0 mmol/l a následně anaerobní práh se taktéž odečte na hodnotě 4,0 mmol/l. V důsledku toho je křivka rozdělaná na 3 části, tzn. část aerobní – smíšená – anaerobní (Hrabal, 2019).

Dále můžeme na křivce, která je zobrazena na obrázku 2, posuzovat její kvalitu, čímž se rozumí posun křivky doprava nebo doleva, úhel oploštění, sklon křivky. Na základě těchto kvalitativních parametrů můžeme pozorovat aktuální schopnost fungování v aerobní a anaerobní oblasti. Na těchto zjištěních můžeme nastavit trénink tak, aby došlo ke zvýšení výkonnosti v jednotlivých zónách (Hrabal, 2019).



Obrázek 2 Laktátová křivka, na které osa x představuje výkon [W] a osa y představuje srdeční frekvenci [tep/min] plus také množství laktátu [mmol/l].

### Kyslíkový dluh

Jedná se o splácení kyslíkového dluhu, který nastává při anaerobním zajišťování energie pro fungující svaly. Po odečtení klidového  $O_2$  bezprostředně po zátěži od přijatého objemu kyslíku se rovná čistý kyslíkový dluh (Novotný, 2017).

Kyslík je během zátěže a po zátěži zvýšen kvůli oxidativně (aerobně) fungující obnově energetického metabolismu, hlavně dočerpáním vyčerpaných zásobníků glykogenu a glukózy. Od předcházející zátěže a její intenzity se odvíjí délka doby, po kterou se splácí kyslíkový dluh. Například po maximálním zatížení to bývá přibližně i 25–30 minut. Doba maximálního kyslíkového dluhu závisí na velikosti anaerobně – metabolické kapacity, ve které je odražena (Novotný, 2017).

## Respirační kvocient [RQ]

Je to poměr mezi výdejem oxidu uhličitého a spotřebou kyslíku ( $RQ = CO_2 / O_2$ ) v buňkách periferních tkání (bílkoviny = 0,8; sacharidy = 1,0; tuky = 0,7). Při smíšeném metabolismu je klidová hodnota  $RQ = 0,85$  (Pastucha, 2014).

Pokud dochází k fyzické aktivitě, hodnotu RQ neovlivňuje složení stravy, nýbrž představuje míru intenzity fyzické aktivity (obsah laktátu v krvi). Výsledky spiroergometrie považujeme za validní, pokud hodnota RQ dosáhne hodnoty v rozsahu 1,1 – 1,2 bez ohledu na trénovanost, pohlaví a věk (Botek et al., 2017).

## Kardiovaskulární parametry

### Tepový kyslík

Tepový kyslík je parametr, který zkoumá přibližné množství kyslíku, které je srdcem vypuzeno jednou systolou do oběhu. Tento parametr je významným ukazatelem fyzické zdatnosti jedince, jelikož ukazuje jak kvalitu oběhových, tak respiračních funkcí (Heller, 2018). Hovoříme-li o maximálním tepovém kyslíku, jeden tep srdce rovná se maximální objem přijatého kyslíku (Struhár et al., 2019). Tepový kyslík značíme jak v hodnotě absolutní, tak také v hodnotě relativní, kdy je vztažena na jeden kilogram tělesné hmotnosti (Heller, 2018).

### Srdeční frekvence

U provádění sportovních aktivit dochází v ukazatelích krevního oběhu k výrazným změnám. Jedním z důležitých ukazatelů je srdeční frekvence (SF). Srdeční frekvence reaguje na mnoho podnětů a je lehce ovlivnitelná, jako například při stresové situaci. Tělo reaguje na rozrušení a srdeční frekvence se zvyšuje. Toto je časté u předstartovních stavů. Při uklidnění se frekvence dostane zpět do počátečních hodnot a čím rychlejší je návrat k počátečním hodnotám, tím se ukazuje lepší zdatnost jedince (Dovalil, 2009).

Intenzita zatížení energetického organismu v míře ventilačního nebo laktátového prahu může být vyjádřena pomocí SF. Tepovou frekvenci lze měřit pomocí snímačů, které zaznamenávají elektrické impulzy srdce. Můžou jimi být sporttestery nebo elektrokardiografy. Avšak měření srdeční frekvence přes zápěstí se nepovažuje za spolehlivé, jelikož se nemusí přesunout do krevního oběhu každý tep srdce a často neodhalí nepravidelnosti. Pro používání při sportu je však dostačující (Novotný, 2017).

## Maximální srdeční frekvence

Maximální srdeční frekvenci naměříme v intervalu po 20–30 sekundách při největší dosažené zátěži. Může být také ideální pro stanovení tréninkové srdeční frekvence (Struhár et al., 2019).

## Výkon [W]

Tímto ukazatelem sledujeme probandovi silově – vytrvalostní schopnosti. Pakliže správně dávkujeme submaximální zátěž, může sportovec v průběhu testu dosáhnout svého maximálního wattového výkonu [ $W_{max}$ ]. Výkon určujeme ve watttech, přičemž u vyhodnocení je třeba brát v potaz pohlaví a věk daného probanda (Botek et al., 2017).

Tento parametr si našel uplatnění hlavně v cyklistice, protože je mnohem přesnějším ukazatelem než srdeční frekvence. V moderní cyklistice prakticky všichni profesionální závodníci už trénují s wattmetrem.

## Aerobní práh [AP]

Představuje tepovou frekvenci, která odpovídá přechodu mezi metabolismem smíšeným a aerobním metabolismem bez  $O_2$  dluhu a bez tvorby LA. Charakteristika smíšeného metabolismu je dána tvorbou laktátu ve fázi, kdy organismus stále zvládá laktát odbourat a udržet tak jeho hladinu ustálenou, tudíž jeho hladina spolu s kyslíkovým dluhem neroste (Sekera & Vojtěchovský, 2008).

V aerobním prahu je sportovec schopen fungovat delší časový úsek při nižší intenzitě než v prahu anaerobním, který je možný udržet kratší dobu, ale jeho intenzita je značně vyšší (Friel, 2009).

## Anaerobní práh [ANP]

Jedná se o moment, při němž značně roste procento krytí energetických potřeb z anaerobních metabolických procesů a dochází tak k dysbalanci mezi odbouráváním laktátu a jeho produkcí. Pro tělo je velmi obtížné se vypořádat s tímto metabolickým jevem a dochází následně k únavě a zakyselení organismu. U anaerobního prahu se tudíž jedná o nejvyšší dosaženou intenzitu dynamické zátěže, kdy se v periferním oběhu nehromadí laktát a organismus zvládá tento stav dlouhodobě (Botek et al., 2017).

Na úrovni ANP se většinou pohybuje intenzita v závislosti na trénovanosti jedince. U amatérských sportovců či lidí, co sportují nepravidelně, se anaerobní práh vyskytuje v rozmezí 60–70 %  $VO_{2max}$ . U profesionálních a trénovaných sportovců se práh objevuje při 80–90 %  $VO_{2max}$  (Friel, 2009).

V následující části bakalářské práce budu rozebírat zátěžové testy skupiny cyklistů, jejich vyhodnocení a porovnání. Z důvodu lepšího porozumění praktické části jsem se v první části práce snažil popsat všechny důležité informace, které jsou spjaté s praktickou částí tak, aby bylo možné lépe porozumět dané problematice.



## **3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

### **3.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vyhodnotit výsledky maximálního zátěžového testu u skupiny cyklistů a porovnat tyto výsledky z hlediska věku a výkonnosti.

### **3.2 Dílčí cíle**

Zjistit, zda a jakým způsobem se liší vybrané fyziologické parametry (SFmax, VO<sub>2</sub>max, Pmax a další) u podskupin daného souboru cyklistů z hlediska věkových kategorií.

Zjistit, zda a jakým způsobem se liší vybrané fyziologické parametry (SFmax, VO<sub>2</sub>max, Pmax a další) u podskupin daného souboru cyklistů z hlediska výkonnostních kategorií.

### **3.3 Výzkumné otázky**

Jakým způsobem se budou lišit vybrané fyziologické parametry u skupin mladších a starších cyklistů?

Jakým způsobem se budou lišit vybrané fyziologické parametry u skupin cyklistů výkonnostní a hobby úrovně?

## 4 METODIKA

### 4.1 Účastníci

Výzkumný soubor, jehož popis zobrazuje tabulka 2, tvořilo původně 20 cyklistů různé výkonnostní úrovně ve věku 16-52 let. Počet tréninkových jednotek byl 3-7 týdně. Cyklisté byli testováni v rámci svých pravidelných zdravotních prohlídek. Dvě osoby byly z analýz vyřazeny z důvodu nedosažení maximálních hodnot během zvoleného zátěžového testu (kontrolováno dle RQ, který by měl být vyšší než 1,1, a plató ve spotřebě kyslíku).

Tabulka 2. Charakteristika výzkumného souboru (n = 18)

proměnná	M	SD
Věk (roky)	34,00	10,53
Výška (cm)	180,61	6,82
Hmotnost (kg)	79,67	10,81
BMI	24,37	2,43

*Vysvětlivky:* M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka

Data pro výzkum byla měřena na pracovišti tělesného lékařství v Kroměříži a měření bylo provedeno za specifických podmínek dané laboratoře.

### 4.2 Testová procedura

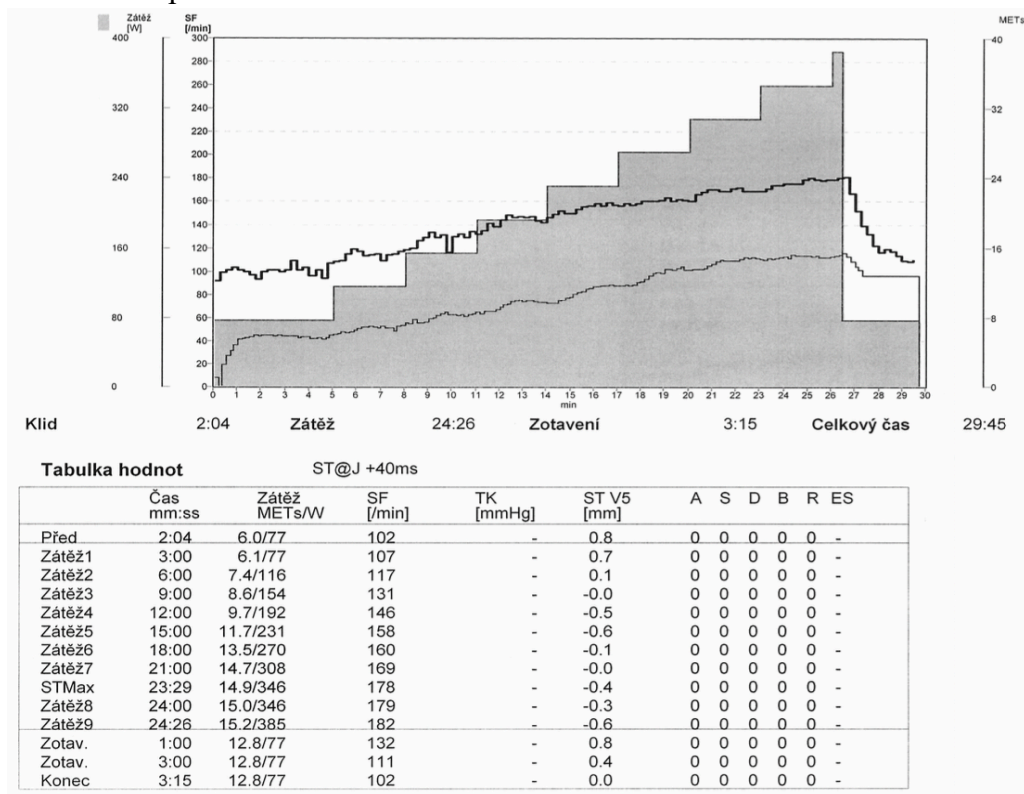
Podklad pro tuto práci tvoří laboratorní výzkum, při kterém se v rámci zdravotní prohlídky měřila výkonost jednotlivých sportovců.

Každý z účastníků vykonal maximální stupňovaný zátěžový test (spiroergometrie do vita maxima). Celkové měření jednotlivých osob zabralo 2 hodiny v jednom dni. V laboratoři byly podmínky pro všechny osoby stejné (vlhkost, teplota). Testování bylo provedeno dle možností ve stejnou denní dobu pokaždé, tzn. od 14:00 do 16:00. Dále byli měření probandi dopředu upozorněni, aby dva dny před měřením omezili maximální fyzickou aktivitu na minimum a nijak neupravovali své zažité stravovací návyky.

## 4.2.1 Průběh měření

Před samotným začátkem testu provedl lékař klinické vyšetření a následně byl proband umístěn na své kolo, které bylo upevněno v přesně kalibrovaném zařízení Cyclus2 (RBM, Inc., Leipzig, Germany) a byl připevněn tlakoměr plus také 12svodové EKG. Použitím vlastního kola se snažíme přiblížit co nejvíce tomu, aby sportovec mohl použít materiál, na který je zvyklý a dosáhl tak svého maxima.

Před zahájením ostrého testu proband absolvoval pětiminutový warm-up (rozjetí) s odporem 1 W/kg a kadencí v rozsahu cca 80-100 ot/min, zde se jedná hodně o individuální přístup. Následně byla nasazena dýchací maska, která byla připojena k analyzátoru Ganshorn PowerCube Ergo pro měření spirometrických hodnot. Po dokončení pětiminutové rozehřívací fáze byl zahájen stupňovaný zátěžový protokol, který se skládal ze tříminutových stupňů a inkrementem 0,5 W/kg. Inkrement byl připočítáván k prvotnímu odporu 1 W/kg, kadenci zde musí testovaná osoba udržovat minimálně 80 ot/min a více. Na konci každého stupně zátěže byly zaznamenány aktuální měřené hodnoty. Konec testu určil lékař nebo proband na základě prudkého poklesu kadence s neschopností navýšení, popřípadě udržení, tzn. méně než 80 ot/min. Na obrázku 3 vidíme průběh zátěžového testu.



Obrázek 3 Průběh zátěžového testu, kde jsou zaznačeny jednotlivé stupně zátěže, ke kterým jsou přiřazené jednotlivé parametry výkonu

#### **4.2.2 Metodika vyhodnocení individuálních prahů**

Aerobní práh byl vyhodnocen na základě Dickhutova modelu, přičemž se k bazálnímu laktátu, který představuje nejnižší zjištěná hodnota, byla připsána hodnota 0,5 mmol.

Anaerobní práh byl vyhodnocen na základě modifikovaného D-max modelu, přičemž na laktátové křivce se anaerobní práh odečte v místě maximálně vzdáleného od spojnice, která představuje spojení prahu na aerobní úrovni s maximální zaznamenanou hodnotou laktátu.

#### **4.3 Použité nástroje při testování**

Pro výzkum byly použity profesionální kalibrované nástroje tak, aby výsledky byly co nejpřesnější. Koncentrace laktátu byla měřena z kapilární krve, která byla odebrána z ušního lalůčku.

V první řadě se vydesinfikoval ušní lalůček prostředkem Spiritus 96 % (Galvex, spol. s.r.o., Banská Bystrica, Slovenská republika). V druhé fázi se uskutečnil vpich do ušního lalůčku za pomoci lancety Merifeld (Paul Marienfeld GmbH & Co. KG, Lauda-Königshofen, Germany) a v poslední fázi byl odebrán vzorek zařízením Biosen C-line Clinic (EKF-diagnostic GmbH, Barleben, Germany).

##### **4.3.1 Biosen C-line Clinic**

Tento přístroj je laboratorní analyzátor a funguje na amperometrickém principu s kombinací senzoru, který obsahuje enzym laktát dehydrogenázu. Princip je takový, že vzorek kapilární krve se dopraví k senzoru přístroje, kde následně dojde enzymově k přeměně na kyselinu glukonovou a pyruvát, kdy současně vzniká peroxid vodíku. Tento vzorek je následně detekován na elektrodě zařízení. Na elektrodě dochází k průchodu proudu vlivem elektrochemického děje a tento proud je zcela přiměřený hustotě laktátu ve vzorku. Aby bylo možné vyhodnotit laktát v kapilární krvi, je zapotřebí 20 µl vzorku, který se odebírá z ušního lalůčku či konečku prstu. Tento vzorek krve se nasaje do speciálně upravených kapilár a ve zkumavce s roztokem je stabilizován. V následujících 30 sekundách by se měla objevit hodnota laktátu v rozsahu měření 0,5–40 mmol/l. Vzorek byl následně řádně označen a uchován ve zvláštním boxu o teplotě 1 °C. Na konci testu byly vzorky z boxu vyjmuty a přesunuty do přístroje Biosen C-line Clinic pro vyhodnocení. Konečný výsledek koncentrace laktátu byl zapsán do záznamového listu.

#### 4.4 Statistická analýza

Pro výpočet a statistickou charakteristiku zjištěných hodnot byl zvolen program Statistica 13.4 (Tibco Software). Průměrem (M) a směrodatnou odchylkou (SD) byla vyjádřena centrální tendence a variabilita jednotlivých hodnot. Pomocí t-testu pro nezávislé soubory byla vyjádřena rozdílnost hodnot při porovnání zvolených podskupin a statistická signifikace byla stanovena  $p < 0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Souhrnné výsledky

V tabulce 3 jsou uvedené hodnoty, které byly naměřeny a pomocí statistických výpočtu charakterizují celou skupinu probandů. Vyhodnoceny byli parametry, které významně ovlivňují výkon cyklisty. Výzkum byl zaměřen především na kardiovaskulární, spirometrické a výkonové ukazatele, které jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 3. Souhrnné výsledky skupiny testovaných cyklistů (n = 18)

Proměnná	M	SD
SFmax (tep/min)	178,00	10,56
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	50,21	7,05
VO <sub>2</sub> max (l/min)	3,87	0,66
VEpeak (l/min)	150,98	17,40
RQ	1,21	0,08
VE/ VO <sub>2</sub> (l/min)	39,79	6,05
Pmax (W/kg)	4,26	0,54
P-AP (W/kg)	2,64	0,43
P-ANP (W/kg)	3,49	0,55

*Vysvětlivky:* M – průměr, SD – směrodatná odchylka, SFmax – maximální tepová frekvence, VO<sub>2</sub>max – maximální spotřeba kyslíku v relativní hodnotě a absolutní hodnotě, VEpeak – nejvyšší hodnota minutové ventilace v průběhu testu, RQ – respirační kvocient, VE/VO<sub>2</sub>– ventilační ekvivalent pro kyslík, Pmax – maximální dosažený výkon, P-AP – výkon na úrovni aerobního prahu, P-ANP – výkon na úrovni anaerobního prahu

## 5.2 Komparace podskupin rozdělených dle věku

Pro porovnání byli probandi rozděleni do dvou skupin podle věku. První věková skupina byla do 35 let, kde byl počet probandů  $n = 8$ , a druhá věková skupina byla nad 35 let (kategorie masters), kde byl počet probandů  $n = 10$ . Tímto rozdělením jsme chtěli zjistit, zda mezi mladšími a staršími cyklisty budou ve zvolených výkonnostních (fyziologických) parametrech rozdíly. Z tabulky 4 je patrné, že podsoubor starších cyklistů je o cca 10 kg těžší, což je zcela zásadní pro výkon v cyklistice a s tím také souvisí hodnota BMI.

Tabulka 4. Komparace vybraných výkonnostních parametrů u skupin cyklistů rozdělených dle věku

Proměnná	do 35 let (n = 8)		nad 35 let (n = 10)		t	p
	M	SD	M	SD		
Výška (cm)	179,38	5,26	181,60	7,99	0,68	0,508
Hmotnost (kg)	74,13	5,41	84,1	12,20	2,14	0,048*
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,10	2,37	25,38	2,05	2,19	0,044*
SFmax (tep/min)	185,12	8,66	174,00	9,55	2,56	0,021*
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	54,36	7,74	46,89	4,44	2,58	0,020*
VO <sub>2</sub> max (l/min)	4,00	0,59	3,76	0,71	0,79	0,443
Pmax (W/kg)	4,68	0,50	3,93	0,28	4,01	0,001*
P-AP (W/kg)	2,88	0,52	2,44	0,22	2,42	0,028*
P-ANP (W/kg)	3,83	0,62	3,21	0,29	2,81	0,012*
VEpeak (l/min)	149,79	14,76	151,94	20,00	0,25	0,803
RQ	1,22	0,11	1,21	0,07	0,17	0,867
VE/VO <sub>2</sub> (l/min)	37,82	4,54	41,37	6,84	1,26	0,227

*Vysvětlivky:* M – průměr, SD – směrodatná odchylka, t – hodnota t-testu, p – hodnota p, BMI – body mass index, SFmax – maximální srdeční frekvence, VO<sub>2</sub>max – maximální spotřeba kyslíku v relativní hodnotě a absolutní hodnotě, Pmax – maximální dosažený výkon, P-AP – výkon na úrovni aerobního prahu, P-ANP – výkon na úrovni anaerobního prahu, VE – minutová ventilace, RQ – respirační kvocient, VE/VO<sub>2</sub> – ventilační ekvivalent pro kyslík. Statisticky signifikantní rozdíly na hladině  $p < 0,05$  označeny \*.

Dále si také můžeme všimnout, že maximální SF je o cca 11 tepů/min nižší u skupiny starších cyklistů, což je také jeden z faktorů negativně ovlivňujících výkon u

starších sportovců v porovnání s mladšími. Markantní je rozdíl ve prospěch mladších cyklistů také ve  $VO_2\text{max}$  (cca o 16 %). Pokud se podíváme na ventilační ekvivalent, pak ze statistického hlediska signifikantní rozdíl nebyl nalezen, ale faktický rozdíl v praxi může znamenat, že při dlouhotrvajícím vytrvalostním závodě má mladší jedinec efektivnější dýchání, což může znamenat pozdější nástup únavy dýchacích svalů.

Statisticky významné jsou rozdíly v maximálním výkonu a ve wattáži odpovídající intenzitě zatížení při aerobním a anaerobním prahu, opět ve prospěch mladší skupiny. Jak je uvedeno v teoretické části, právě parametry spojené s maximálním výkonem (W/kg) a s výkonem odpovídajícím anaerobnímu prahu jsou pro cyklistiku klíčové.

### **5.3 Komparace podskupin rozdělených dle výkonnosti**

Pro porovnání na základě faktoru výkonnosti byli probandi rozděleni do dvou stejně velikých skupin na výkonnostní cyklisty ( $n = 9$ ) a hobby (rekreační) cyklisty ( $n = 9$ ). Probandi byli rozděleni na základě jejich účasti v seriálech závodů zaměřených na výkonnostní cyklistiku a hobby závody, popř. podle výsledků dosažených v těchto závodech. V tabulce 5 můžeme vidět, že výkonnostní cyklisté jsou mladší. Rozdíl v tělesné hmotnosti můžeme považovat za věcně významný, neboť 10 kg rozdílu ve prospěch výkonnostních cyklistů hraje v praxi velmi výraznou roli. Pokud se podíváme na hodnotu  $VO_2\text{max}$ , pak v absolutní hodnotě (l/min) rozdíly nejsou významné, ale v relativních hodnotách je rozdíl opět signifikantní, kdy výkonnostní cyklisté dosahují o cca 12 % vyšších hodnot než hobby závodníci. Roli zde patrně hrají faktory věku i hmotnosti. Výkon ve wattech je zcela jednoznačně lepší u výkonnostní skupiny cyklistů, ať už se jedná o  $P_{\text{max}}$  (W/kg) nebo výkon na úrovni obou prahů.

Pro úplnost je třeba doplnit, že výkonnostní a věkové skupiny se do velké míry překrývají (mezi výkonnostní cyklisty se řadí spíše mladší ročníky, zatímco starší cyklisté bývají častěji účastníci hobby závodů), což je jeden z důvodů, že výsledky obou dílčích komparací jsou obdobné.



Tabulka 5. Komparace vybraných výkonnostních parametrů u skupin cyklistů rozdělených dle výkonnostní úrovně

Proměnná	výkonnostní (n = 9)		hobby (n = 9)		t	p
	M	SD	M	SD		
Věk (roky)	28,78	11,78	39,22	5,97	2,37	0,031*
Výška (cm)	180,22	4,97	181,00	8,59	0,23	0,817
Hmotnost (kg)	74,78	5,61	84,56	12,77	2,10	0,052
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,04	2,00	25,69	2,15	2,71	0,016*
SFmax (tep/min)	181,00	11,18	176,00	9,95	0,96	0,352
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	53,54	7,59	46,88	4,80	2,23	0,041*
VO <sub>2</sub> max (l/min)	3,81	0,79	3,92	0,54	0,35	0,728
Pmax (W/kg)	4,60	0,52	3,92	0,30	3,40	0,004*
P-AP (W/kg)	2,91	0,37	2,37	0,31	3,30	0,005*
P-ANP (W/kg)	3,84	0,45	3,14	0,40	3,50	0,003*
VEpeak (l/min)	150,11	18,64	151,85	17,16	0,21	0,840
RQ	1,23	0,10	1,20	0,06	0,86	0,403
VE/VO <sub>2</sub> (l/min)	40,27	5,77	39,30	6,62	0,33	0,744

*Vysvětlivky:* M – průměr, SD – směrodatná odchylka, t – hodnota t-testu, p – hodnota p, BMI – body mass index, SFmax – maximální srdeční frekvence, VO<sub>2</sub>max – maximální spotřeba kyslíku v relativní hodnotě a absolutní hodnotě, Pmax – maximální dosažený výkon, P-AP – výkon na úrovni aerobního prahu, P-ANP – výkon na úrovni anaerobního prahu, VE – minutová ventilace, RQ – respirační kvocient, VE/VO<sub>2</sub> – ventilační ekvivalent pro kyslík. Statisticky signifikantní rozdíly na hladině p < 0,05 označeny \*.

## 6 DISKUSE

Zátěžové testování se dá využít v široké škále sportovních disciplín. Testování umožňuje odhalit některé zdravotní komplikace, ale také zvýšit efektivitu tréninku pro daného jedince při sestavování individuálních tréninkových plánů. Pokrok se zastavit nedá a stejně jako se vyvíjí trénink, vyvíjelo se i zlepšování testovacích procedur. Když bychom se podívali zpátky do minulosti na závodníky typu Edy Merckx, Bernard Hinault nebo Miguel Indurain a vzali v potaz, jaké vědomosti o trénování máme dnes a jaké informace měli oni, může se to zdát, až neprofesionální jejich přístup, ale přesto tito cyklisté dosáhli obdivuhodných výkonů, přičemž posbírali spousty vítězství nehledě na to, že některé jejich rekordy v cyklistice doteď nebyly překonány.

Cílem mé bakalářské práce bylo provést zátěžové testování u skupiny cyklistů a vyhodnotit jejich naměřené hodnoty. Tyto hodnoty bych zde chtěl porovnat s jinými studii, které se zaměřovaly na podobné téma, ale s profesionálními závodníky tak, aby bylo patrné, jakých parametrů dosahují profesionální cyklisté a jakých parametrů dosáhli testovaní probandi kteří jsou spíše výkonnostní nebo rekreační cyklisté.

V první části bych se zaměřil na somatometrii, která hraje důležitou roli v cyklistice. Cyklistika je sport, kde se uplatní jakýkoliv somatotyp, protože máme různé typy závodů. Endomorfní typy se mohou uplatnit jako sprinteři při rovinných etapách. Mezomorfní typy jsou v cyklistice velmi univerzální, protože dokážou rychle přejet kratší kopce a vyhrát spurt z menší skupiny jedinců. Tito cyklisté se často zaměřují často na klasické závody (např. Paříž – Roubaix nebo Milan – San Remo), které jim délkou i profilem velmi sedí. Třetím typem jsou ektomorfové, kteří bývají označováni, jako ryzí vrchaři a zaměřují se většinou na horské etapy, popřípadě na etapové závody, které dokážou často vyhrávat, protože o vítězi se rozhoduje převážně v horských dojezdech nebo časovce jednotlivců. Studie (Mujika & Padilla, 2001) se zaměřila na celkové hodnocení fyziologických a výkonnostních parametrů u profesionálního cyklistického týmu mužů. Studie prokázala, jak už jsem zmiňoval, že cyklisté vykazují vysokou škálu fyzických parametrů. V testovaném týmu ( $n = 24$ ) se průměrný věk pohyboval přibližně okolo 26 let, přičemž minimální hodnota byla 20 let a maximální 33 let. Studie dále uvádí, že antropometrické charakteristiky hrají hlavní roli při výkonu v různých cyklistických podmínkách, proto variabilita hodnot tělesné výšky se zde pohybuje mezi 160 a 190 cm (průměr 180 cm) a tělesná hmotnost se rovná průměru 68,8 kg s minimem 53 kg a maximem 80 kg.

Zatón, Dabrowski a Bugajski (2014) se zabývali porovnáním aerobní kapacity a charakteristikou somatotypu mezi mladými cyklisty MTB a silničními cyklisty. Tato studie poukazuje na fakt, že silniční cyklisté mají více tělesného tuku než jejich MTB vrstevníci.

Je třeba brát v potaz, že srovnání hodnot složení těla nemusí být dostatečně přesné kvůli různým technikám měření a odlišným nástrojům pro měření.

Charakteristikou somatotypu profesionálních cyklistů se zabývala také studie Lucia et al. (2001), kde došli k závěrům, že profesionální cyklisté ve věku 22–26 let mají v průměru  $70,8 \pm 5,2$  kg s výškou těla  $180,2 \pm 2,2$  cm. U námi testované skupiny je průměr 29 let s průměrnou výškou  $180,2 \pm 4,97$  cm a hmotností  $74,78 \pm 5,61$ . Výška je téměř identická, ale hmotnost je o 4 kg větší, což může být způsobeno tím, že v testované skupině jsou, jak silniční závodníci, tak závodníci MTB.

Porovnání tělesných parametrů je z části ovlivněno geneticky, ale v druhé části diskuse bych chtěl porovnat parametry výkonu, tzn. maximální fyziologické vlastnosti profesionálních cyklistů a srovnat tyto hodnoty se skupinou cyklistů, kteří byli testováni v rámci mé práce. Chtěl bych poukázat na fakt, jak velké jsou zde rozdíly mezi profesionálními a výkonnostními cyklisty. Studie Mujika a Padilla (2001) uvádějí, že profesionální silniční cyklisté mají především vysokou aerobní kapacitu ( $P_{max}$  [W],  $VO_{2max}$  [ml/kg/min]). Při testování byli cyklisté v jejich souboru testováni na mechanicky brzděném ergometru při stupňovaném testu, kde se zátěž zvyšovala každé 4 minuty, až do maxima. Při tomto zátěžovém testu se hodnoty  $P_{max}$  (W) pohybovaly mezi 349–525 W (5,7 a 6,8 W/kg), pro porovnání výkonnostní cyklisté testování tímto výzkumem dosahovali hodnoty  $P_{max}$  v průměru  $4,6 \pm 0,5$  W/kg a druhá skupina rekreačních (hobby) cyklistů dosahovala  $P_{max}$  v průměru 3,92 W/kg. Pokud se podíváme na hodnotu  $VO_{2max}$ , tak ta dosahovala u profesionálních cyklistů hodnot 4,4–6,4 l/min v absolutní hodnotě, ale pokud tuto hodnotu převedeme na relativní, dostaneme výsledek 69,7–84,8 ml/kg/min a pro porovnání zde uvedu hodnoty testu výkonnostní skupiny cyklistů, kde byl průměr v absolutní hodnotě  $3,81 \pm 0,79$  l/min respektive  $53,54 \pm 7,59$  ml/kg/min. Zde je rozdíl zcela patrný a je potřeba vzít v potaz také to, že výkon byl podaný na elektromagneticky brzděném ergometru, proto by mělo být přičteno ještě 9 % k výkonu, aby se zohlednilo tření v přenosové soustavě ergometru Monark.

Profesionální silniční cyklisté najedou ročně obvykle 25.000–35.000 km po sečtení tréninkových a závodních kilometrů, ale probandi, které jsme testovali, uvedli, že nejlepší z nich najedou ročně maximálně 15.000 km a v cyklistice platí pravidlo, že pokud si

cyklista neodsedí hodiny v sedle, tak zkrátka nemůže patřit mezi nejlepší. Tímto srovnáním bych chtěl poukázat pouze na rozdíly mezi absolutní světovou špičkou a průměrnými závodníky.

Limity práce mohou spočívat v nízkém počtu testovaných probandů a ze statistického hlediska by bylo pro výzkum lepší, kdyby počet testovaných probandů byl vyšší. Dále by bylo lepší pro výzkum, kdyby se jednalo pouze o silniční cyklisty nebo MTB cyklisty, nicméně vzhledem k podmínkám, které byly vytvořeny pandemií mi bylo umožněno získat data pouze kombinovaná, avšak pro lepší výpovědní hodnotu dat dle původního záměru by bylo vhodnější analyzovat homogennější skupinu.

## 7 ZÁVĚRY

Ve výzkumném souboru 18 výkonnostních a hobby cyklistů byla pomocí maximálního zátěžového testu na bicyklovém ergometru zjištěna průměrná hodnota maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2\max$ ) cca 50 ml/kg/min a maximální výkon ( $P_{\max}$ ) v průměru 4,26 W/kg.

- Hodnoty  $SF_{\max}$ ,  $VO_2\max$ ,  $P_{\max}$  i výkonu (W/kg) na úrovni aerobního a anaerobního prahu jsou signifikantně vyšší u podsouboru mladších cyklistů (do 35 let) v porovnání s cyklisty kategorie masters (nad 35 let).
- U podsouboru výkonnostních cyklistů v porovnání s hobby (rekreačními) cyklisty jsou hodnoty  $SF_{\max}$ ,  $VO_2\max$ ,  $P_{\max}$  i výkonu (W/kg) na úrovni aerobního a anaerobního prahu signifikantně vyšší u skupiny výkonnostních cyklistů.

Uvedená zjištění lze vztahovat pouze k danému výzkumnému souboru, výsledky jsou limitovány nízkým počtem testovaných osob a jejich výkonnostní různorodostí.

## 8 SOUHRN

Práce pojednává o zátěžovém testování za pomoci spiroergometrického testu u skupiny hobby (rekreačních) a výkonnostních cyklistů.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vyhodnotit výsledky maximálního zátěžového testu u skupiny cyklistů a porovnat tyto výsledky z hlediska věku a výkonnosti. Práce se zabývá výzkumnými otázkami – jakým způsobem se budou lišit vybrané fyziologické parametry u skupin mladších a starších cyklistů? A jakým způsobem se budou lišit vybrané fyziologické parametry u skupin cyklistů výkonnostní a hobby úrovně?

Pro výzkum bylo vybráno 20 cyklistů různé výkonnostní úrovně ve věku 16-52 let. Cyklisté uvedli, že počet tréninkových jednotek je 3-7 týdně. Testování bylo uskutečněno v rámci jejich každoročních zdravotních prohlídek. Z výzkumu byly vyřazeny dvě osoby na základě nedosažení jejich maximálních hodnot během zvoleného zátěžového testu (kontrolováno dle RQ, který by měl být vyšší než 1,1, a plató ve spotřebě kyslíku).

Před samotným začátkem testu provedl lékař klinické vyšetření a následně byl proband umístěn na své kolo, které bylo upevněno v přesně kalibrovaném zařízení a na probanda byl připevněn tlakoměr plus také 12svodové EKG.

Před zahájením ostrého testu sportovec absolvoval pětiminutový warm-up (rozjetí) s odporem 1 W/kg a kadencí v rozsahu cca 80-100 ot/min. Následně probandovi byla nasazena dýchací maska, která byla připojena pro měření spirometrických hodnot. Po dokončení pětiminutové rozehřívací fáze byl zahájen stupňovaný zátěžový protokol, který se skládal ze třeminutových stupňů s inkrementem 0,5 W/kg. Inkrement byl připočítáván k prvotnímu odporu 1 W/kg, kadenci zde musí testovaná osoba udržovat minimálně 80 ot/min a více. Na konci každého stupně zátěže byly zaznamenány aktuální měřené hodnoty. Konec testu určil lékař nebo proband na základě prudkého poklesu kadence s neschopností navýšení, popřípadě udržení, tzn. méně než 80 ot/min.

U výzkumného souboru 18 výkonnostních a hobby cyklistů byla pomocí maximálního zátěžového testu na bicyklovém ergometru zjištěna průměrná hodnota maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2max$ ) cca 50 ml/kg/min a maximální výkon ( $P_{max}$ ) v průměru 4,26 W/kg. Hodnoty  $SF_{max}$ ,  $VO_2max$ ,  $P_{max}$  i výkonu (W/kg) na úrovni aerobního a anaerobního prahu jsou signifikantně vyšší u podsouboru mladších cyklistů (do 35 let) v porovnání s cyklisty kategorie masters (nad 35 let). U podsouboru výkonnostních cyklistů v porovnání s hobby (rekreačními) cyklisty jsou hodnoty  $SF_{max}$ ,

VO<sub>2</sub>max, Pmax i výkonu (W/kg) na úrovni aerobního a anaerobního prahu signifikantně vyšší u skupiny výkonnostních cyklistů.

## 9 SUMMARY

The thesis deals with exercise testing using spiroergometric assessment in a group of hobby (recreational) and performance cyclists.

The main aim of the bachelor's thesis has been to assess the results of exercise testing in a group of cyclists and to compare these results while considering age and performance. The thesis is concerned with these research questions – In what way may differ chosen physiological parameters in groups of younger and older cyclists? In what way may differ chosen physiological parameters in groups of hobby and performance cyclists?

20 cyclists of different levels aged 16-52 were chosen for the research. The cyclists claimed to experience 3-7 training sessions per week. The testing was performed as a part of their annual medical examinations. Two persons were eliminated due to not reaching their maximal values during the chosen exercise testing (controlled according to RQ, which should be higher than 1,1, and oxygen consumption).

A physician had carried out a clinical examination before the testing itself, and a proband was positioned to their bicycle subsequently. This bike was attached to a precisely calibrated device, and a pressure gauge plus a 12-lead EKG was fastened to the proband.

The athlete had undergone a five-minute warm-up with a resistance of 1W/Kg and a cadence of approximately 80-100 rev/min before the testing. Subsequently, the proband wore an oxygen mask connected to measure spirometric values. After the five-minute warm-up, an intensifying stress protocol consisting of three-minute levels with an increment of 0,5 W/Kg began. The increment was added to the initial resistance of 1 W/Kg. The tested person had to keep the cadence of at least 80 rev/min. Present measured values were recorded at the end of each stress level. The end of the testing was determined by a physician or a proband based on an abrupt decrease of cadence without the ability to increase or keep it on at least 80 rev/min.

Using maximal exercise testing on a cycle ergometer, the average value of maximal oxygen consumption ( $VO_2\text{max}$ ) was discovered to be approximately 50 ml/kg/min, and the maximal performance ( $P_{\text{max}}$ ) was discovered to be of the average 4,26 W/kg in the research group of 18 performance and hobby cyclists.  $SF_{\text{max}}$ ,  $VO_2\text{max}$ ,  $P_{\text{max}}$ , and performance values (W/kg) on aerobic and anaerobic levels are significantly higher in younger cyclists (below 35 years of age) than in the cyclists of the master category (above



35 years of age). SFmax, VO<sub>2</sub>max, Pmax, and performance values (W/kg) on aerobic and anaerobic levels are significantly higher in performance cyclists than in hobby (recreational) cyclists.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Scott, M., Scott, T., & Kelly, V. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *Journal of Australian Strength and Conditioning, 30*(5), 1470-1490.
- Bernaciková, M. (2017). *Fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita.
- Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (2010). Fyziologie sportovních disciplín. Brno: „Autor“.
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I.)*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Carmichael, C. (2021). Train right now. *Road Bike Action, 15*(1), 12.
- Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dumke, C. L., Brock, D. W., Helms, B. H., & Haff, G. G. (2006). Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(3), 601–607. <https://doi.org/10.1519/R-17525.1>
- Faria, W., Parker, L., & Faria, E. (2005). The science of cycling physiology and training - part 1. *Sports Medicine 35*, 285-312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- Fontana, P., Boutellier, U., & Knöpfli-Lenzin, C. (2009). Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. *European Journal of Applied Physiology, 107*(2), 187–192. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1111-9>
- Friel, J. (2009). *Tréninková bible pro cyklisty*. Praha: Mladá fronta.
- Gregor, R., & Conconi, F. (2000). *Road Cycling-an IOC Medical Commission Publication*. Oxford: Blackwell Science.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu. Východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Karolinum.
- Hrabal, J. (2019). *Porovnání dvou metod měření koncentrace laktátu při stupňovaném laktátovém zatěžovém testu do maxima na bicyklovém ergometru u juniorských cyklistů*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Impellizzeri, F., & Marcora, S. (2007). The physiology of mountain biking. *Sports Medicine, 59*-71. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00005>

- Kittnar, O. (2020). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Grada.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, T., Háp, P., Bělka, J., & Neuls, F. (2014). *Kondiční trénink*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. (2001). Physiology of professional road cycling. *Sport Medicine*, 325-337. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>
- MacIntosh, B. R., Esau, S., & Svedahl, K. (2002). The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(3), 232–249. <https://doi.org/10.1139/h02-014>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine*, 31(7), 479-487. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131070-00003>
- Novotný, J. (2017). *Zátěžové testy ve sportovní medicíně*. [Učební texty]. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- Pastucha, D. (2014). *Tělovýchovné lékařství (Vybrané kapitoly)*. Praha: Grada.
- Placheta, Z. (1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Praha: Grada.
- Popov, D. V., Missina, S. S., Lemesheva, Y. S., Lyubaeva, E. V., Borovik, A. S., & Vinogradova, O. L. (2010). Final blood lactate concentration after incremental test and aerobic performance. *Human Physiology*, 36(3), 335–341. <https://doi.org/10.1134/S0362119710030138>
- Sekera, J., & Vojtěchovský, O. (2008). *Cyklistika průvodce tréninkem*. Praha: Grada.
- Silbernagl, S. D. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada.
- Spengler, C. M., Knöpfli-Lenzin, C., Birchler, K., Trapletti, A., & Boutellier, U. (2000). Breathing pattern and exercise endurance time after exhausting cycling or breathing. *European Journal of Applied Physiology*, 81(5), 368–374. <https://doi.org/10.1007/s004210050056>
- Struhár, I., Novotný, J., Bernacikova, M., Kapounková, K., Pospíchal, V., & Tomašková, I. (2019). *Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi*. Brno: Masarykova univerzita.
- Vilikus, Z., Brandejský, P., & Novotný, V. (2004). *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Karolinum.
- Winter, E., Jones, A., Davidson, R., Bromley, P., & Mercer, T. (2007). Sport and exercise physiology testing. Volume one: Sport testing. Volume two: Exercise and clinical testing. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(1), 153-153.

Zatón, M. D. (2014). Comparison of aerobic capacity and somatic characteristics between competitive youth mountain bikers and road cyclist. *Medicina Sportiva*, 64-71. <https://doi.org/10.5604/17342260.1110312>

## 11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Celkové shrnutí zátěžového testu

Příloha 2. Průběh laktátové křivky

Příloha 3. Nastavení jednotlivých tréninkových zón podle srdeční frekvence

Příloha 4. Průběh zátěžového testu s vyznačením jednotlivých stupňů zátěže

Příloha 5. Grafické a tabulkové vyhodnocení spiroergometrických hodnot

Příloha 6. Vyhodnocení složení stavby těla

Příloha 7. Záznam EKG křivky



recepce@centrumsrdce.cz  
mobil +420 739 055 143

Sportovní medicína a tělovýchovné lékařství  
Lunacor s.r.o. | Komenského náměstí 372/14, Kroměříž 767 01  
tel. +420 573 332 626

**Sportovní lékařská prohlídka ze dne: 11.02.2021**

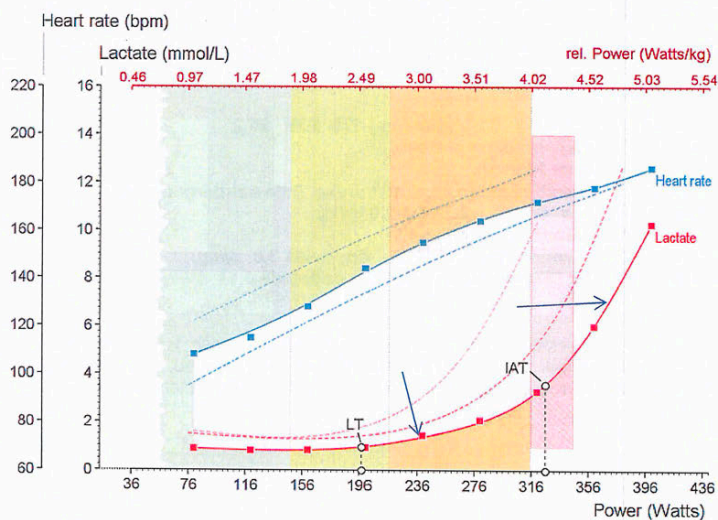
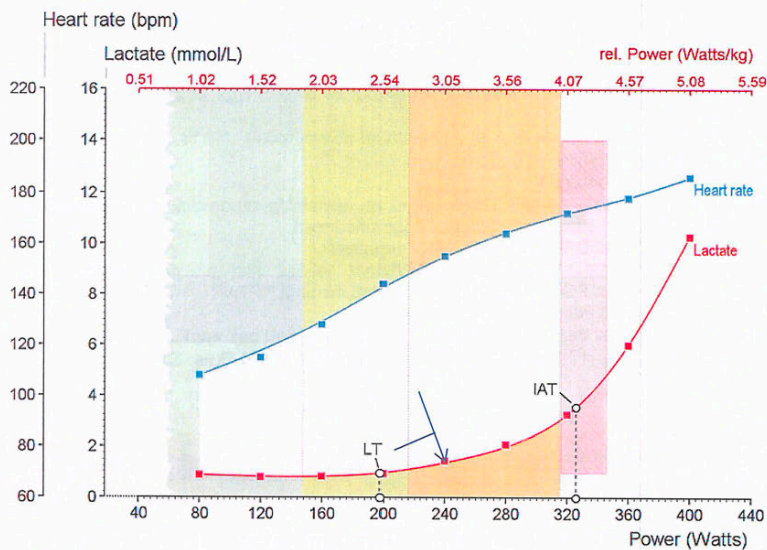
Sportovní anamnesa : cyklistika asi 5 let , Orientační objem ročně : 15 tis km/rok  
Specializace : cross country a MTB maratony  
Trenér / konzultant : [redacted]  
Zdravotní anamnesa : úrazy : kotník , levé koleno vs. nestabilita, chronická atopická dermatitida bez projevů astma bronchiale, dále anamnesa bez pozoruhodností  
Dominance : pravá Oči: OD 5/10 OS 5/5 Moč: negativní  
Ekg klidové : prav.sin.rytmus, frekvence QRS 61/min, el.osa 50st ,převod. intervaly v normě,bez známek hypertrofie komor, PQ 218 QRS 104 QTc 386,inkompl.BPTwR  
Subjektivně : potíže nemá, námahu toleruje dobře  
Objektivně : fyzikální nález bez pozoruhodností , pohybový aparát bez vyzn. patologie.  
Hmotnost: 80.00 Výška: 178 BMI: 25.2 BSA: 1.980 TK: 140/70 Puls: 61

**Závěry:**

Performance (Watts)	rel. Performance (Watts/kg)	Heart rate (bpm)	Lactate (mmol/L)	Energy expenditure (kcal/h)
(Rest)	-	66	-	-
80	1.02	108	0.88	261
120	1.52	115	0.81	391
160	2.03	128	0.84	521
200	2.54	144	0.93	651
240	3.05	155	1.45	782
280	3.56	164	2.08	912
320	4.07	172	3.27	1042
360	4.57	178	6.00	1173
400	5.08	186	10.28	1303

Antropometrie : Hmotnost (kg) : 80 Výška (cm) 178 BMI 25.2  
Tuk bioimendancí 15.0 (%) - přiložen protokol  
Maximální tepová frekvence 185/min.  
Maximální spotřeba kyslíku (V02 max) 66.4 ml/min/kg ( dle spiroergometrie )  
Maximální dosažený výkon 400 W odpovídá 5.0 W/kg  
Prahy stanovené dle laktátové křivky :  
Aerobní práh (LT) : TF 155/min/ Výkon W/242 odpovídá 3,0 W/kg  
Anaerobní práh ( IAT) : TF 173/min/ Výkon W/326 odpovídá 4,14 W/kg

Komentář : Aktuální výkonnostní parametry ( výkon na obou prazích ) jsou na úrovni 4-2019 , rovnoměrné rozložení výkonu. Dobré zapracování aerobní části výkonu, pro který svědčí posun laktátové křivky , viz druhý graf. Ze zdravotního hlediska nenalezeny významné abnormality.





recepcie@centrumsrdce.cz  
mobil +420 739 055 143

Sportovní medicína a tělovýchovné lékařství  
Lunacor s.r.o. | Komenského náměstí 372/14, Kroměříž 767 01  
tel. +420 573 332 626

Tepové zóny pro trénink byly doporučeny na základě výsledků laktátové křivky

Individuální tréninkové zóny	TF (tepy/minutu)	výkon (W)
Kompenzace/ Regenerace	do 126	do 150
Základní dlouhodobá vytrvalost ZDV	127-158	151-248
Intenzivní vytrvalostní trénink/ tempová vytrvalost/tempo	159-170	249-314
Prahový trénink-trénink na anaerobním prahu, ANP zóna	171-176	315-346
Nadprahový - intervalový trénink/ submaximální až max. zóna	nad 177	nad 347

Vysvětlivky ...

Uvedené tepové frekvence jsou nastaveny pro cyklistickou přípravu, při tréninku s výraznějším zapojením horní poloviny těla ( běh, běžky ale i náročnější MTB trénink v terénu ) doporučuji zvýšit tréninkové pásma o 6 -10 tepů . Tepové pásma jsou nastaveny v laboratorních podmínkách pro teploty kolem 20 stupňů . Při teplotách okolo 0 st.C se tepové limity na obou prazích snižují o cca 5-6 tepů. Při teplotě nad 25 st.C se z důvodu termoregulace limity naopak zvyšují.

**Kompenzace** : kompenzace, aktivní regenerace, vyjetí. Úvodní a závěrečné minuty každého tréninku. Kadence příjemná, může být běžná i mírně nižší. Souvislá jízda v rádu desítek minut.

**Dlouhodobá vytrvalost ZDV**: základní tréninkový prvek pro budování a rozvoj dlouhodobé vytrvalosti, významně stimuluje rozvoj metabolismu tuků. Terén rovinatý, po zpracování zvlhňný. Kadence standardní. Souvislá jízda v rádu hodin. **Tempová vytrvalost** : Meziprahová intenzita. Kadence pro tréninkové prvky síla, silová vytrvalost a tempo je oproti jízdě v pásmu ZDV snížena o 20-40 ot/min.

Pro rozvoj rychlosti je kadence vyšší než obvyklá. Intervalový trénink v rádu minut až desítek minut. **ANP zóna** : Prahová intenzita, rozvoj výkonnových parametrů na úrovni ANP. Fyziologická a mentální adaptace na práci ve vyšších hodnotách laktátu. Kadence závodní pro danou intenzitu. Intervalový trénink v rádu minut.

**Submaximální až maximální zóna** : Submaximální až možná maximální intenzita. Rozvoj V02max. Horní hranice zóny není omezena !! Kadence závodní pro danou intenzitu. Intervalový trénink v rádu vteřin až desítek vteřin.

AEP, LT .... Individuální aerobní práh

ANP, IAT .... Individuální anaerobní práh

BMI ... body mass index

dr.Náplava, dr.Vlčková

LUNACOR s.r.o.  
Komenského nám. 372/14  
767 01 Kroměříž  
IČ 27668665, DIČ CZ27668665

www.sportovnisrdce.cz



Lunacor s.r.o. Ergospirometrie

MUDr. Robert Náplava, Ph.D.

Jméno: [REDACTED]

Pacient č.: [REDACTED]

11.02.2021 13:31:18

Narozen: [REDACTED] 02.2002

Věk: 19 let

Pohlaví: Muž

Výška: 178.0 cm

Váha: 80.0 kg

Indikace:

Medikace:

Důvod přerušení:

Pozn.:

Max zátěž 19.0 / 400W (241) METs/W (166) %

Max SF 185 (181) /min (102) %

Max TK -- / -- mmHg

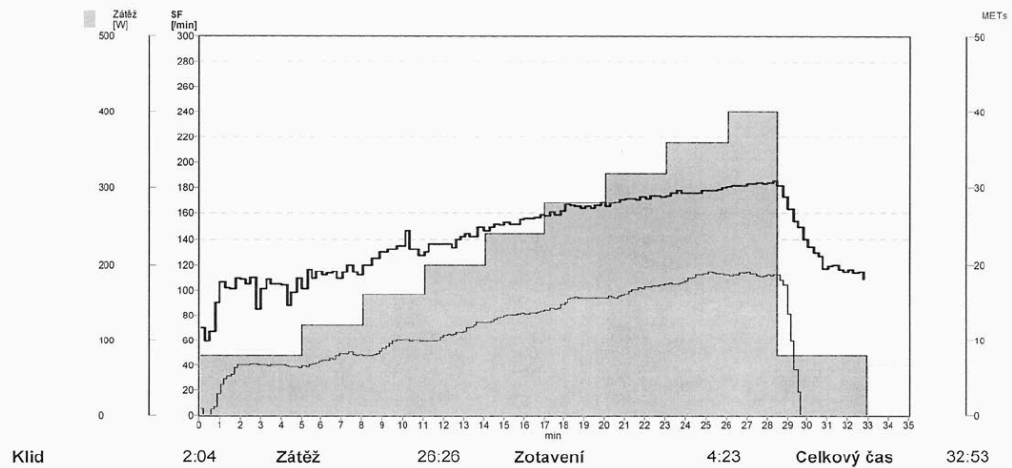
Max TK x SF - mmHg / min

Min. TK x SF 0 mmHg / min

TK: - / - mmHg

PWC 150/170 221 / 323 W

PWC rel. 2.76 / 4.04 W/kg



Tabulka hodnot

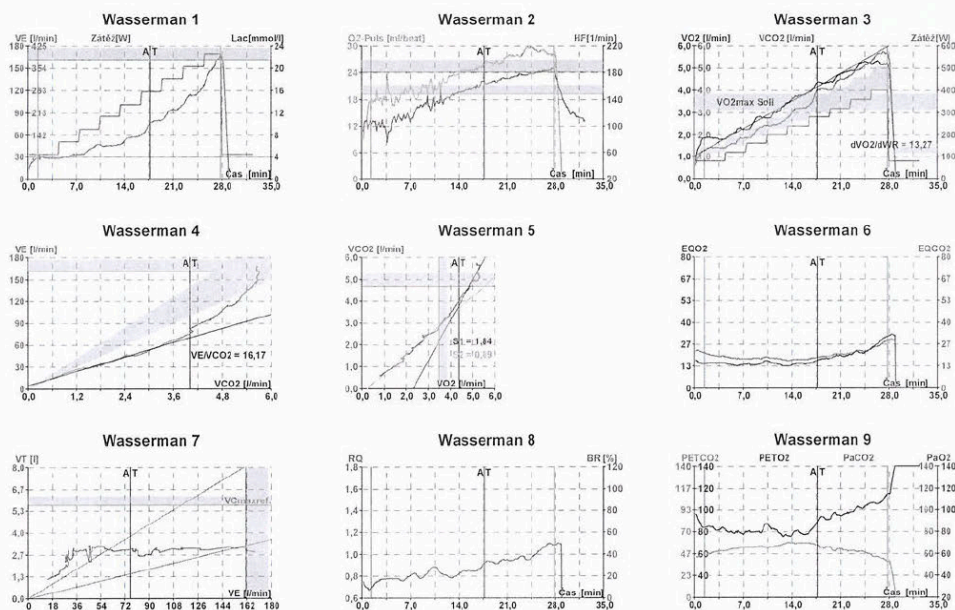
ST@J +40ms

	Čas mm:ss	Zátěž METs/W	SF [min]	TK [mmHg]	ST V5 [mm]	A	S	D	B	R	ES
Před	2:04	6.6/80	109	-	0.3	0	0	0	0	0	-
Zátěž1	3:00	6.5/80	100	-	-0.5	0	0	0	0	0	-
Zátěž2	6:00	8.0/120	115	-	0.3	0	0	0	0	0	-
Zátěž3	9:00	9.8/160	130	-	-0.2	0	0	0	0	0	-
STMax	11:41	12.3/200	149	-	4.9	0	0	0	0	0	-
Zátěž4	12:00	12.4/200	146	-	0.4	0	0	0	0	0	-
Zátěž5	15:00	14.0/240	158	-	0.8	0	0	0	0	0	-
Zátěž6	18:00	15.6/280	165	-	2.0	0	0	0	0	0	-
Zátěž7	21:00	17.4/320	174	-	1.8	0	0	0	0	0	-
Zátěž8	24:00	18.7/360	181	-	2.7	0	0	0	0	0	-
Zátěž9	26:26	18.6/400	185	-	3.4	0	0	0	0	0	-
Zotav.	1:00	6.1/80	150	-	5.9	0	0	0	0	0	-
Zotav.	3:00	0.0/80	118	-	1.0	0	0	0	0	0	-
Konec	4:23	0.0/80	105	-	-0.1	0	0	0	0	0	-

Lunacor s.r.o.  
 MUDr. Robert Náplava, Ph.D.  
 Komenského nám. 372/14  
 767 01 Kroměříž

Jméno: XXXXXXXXXX 19 let BMI: 25,2 kg/m2  
 Křest.jm.: XXXXXXXXXX 178 cm Tuk:  
 Narození: XXXXXXXXXX 80 kg BDT:  
 IDNR: XXXXXXXXXX muž Lékař:

11.02.2021 / 13:31 Teplota : 24,2 °C Tlak vzd. abs./rel.: 1006/1043 hPa Vlhk. vzd.: 30 %rel 11.02.2021 / 14:05  
 Poslední kalibrace: Standardní snímač: 11.02.2021 / 12:44  
 Ref.hodn.: Wasserman, Jones Ganshorn PowerCube LF8.5M SR2



	Ref.	Klid	AT	MaxZátěž	Max/Ref.	AT/Ref	Zotav.
Time .....	-	0:01:10	0:17:40	0:27:50	-	-	0:29:50
Load .....	241	80	280	400	166%	116%	80
VO2 .....	3,49	1,84	4,37	5,21	149%	125%	-
VO2/kg .....	43,6	23,0	54,7	65,2 <i>66,4</i>	149%	125%	-
VCO2 .....	3,84	1,25	4,01	5,66	148%	105%	-
RER .....	-	0,68	0,92	1,09	-	-	-
<b>Cirkulace</b>							
HR .....	181	103	167	185	102%	92%	128
O2 pulse .....	19,3	17,9	26,2	28,2	146%	136%	-
BPsys .....	-	-	-	-	-	-	-
BPdia .....	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ventilace</b>							
VE .....	113,50	27,84	76,02	168,37	148%	67%	0,37
VT .....	3,02	2,04	3,03	2,82	93%	100%	0,09
f-ergo .....	35	14	25	60	173%	73%	4
BR .....	-	-	-	-	-	-	-
VDVT .....	-	0,08	0,08	0,15	-	-	1,00

Jméno [redacted] Výška 178,0cm Datum 2021/02/11  
 Věk 19,0Roky Pohlaví Muž Čas 12:51:48

### Tělesná kompozice

	Pod	Normální	Nad	Jednotka %	Normální rozmezí
Hmotnost	55 70 85 100 115 130 145 160 175				59,2 ~ 80,2
	78,7 kg				
SMM Množství kosterního svalstva	70 80 90 100 110 120 130 140 150				29,9 ~ 36,5
	33,3 kg				
Množství tuku v těle	40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400				8,4 ~ 16,7
	11,8 kg				
Celková voda v těle	48,9 kg		Čistá hmotnost těla		66,9 kg
Celkové množství vody v těle	(39,2 ~ 47,9)		Čistá hmotnost bez tuku		(50,9 ~ 63,4)

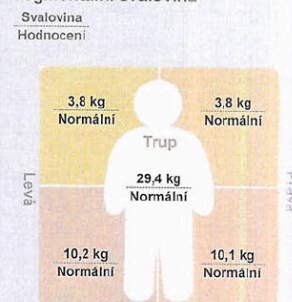
### Diagnóza obezity

	Hodnoty	Normální rozmezí	
BMI Index tělesné hmotnosti (kg/m <sup>2</sup> )	24,8	18,5 ~ 25,0	BMI = $\frac{\text{Hmotnost, kg}}{(\text{Výška, m})^2}$
% tuku v těle Procento tuku v těle (%)	15,0	10,0 ~ 20,0	% tuku v těle = $\frac{\text{Tuk, kg}}{\text{Hmotnost, kg}} \times 100$
Poměr pasu a boků Poměr pasu a boků	0,85	0,80 ~ 0,90	Poměr pasu a boků = $\frac{\text{Obvod pasu, cm}}{\text{Obvod boků, cm}}$
Minimální kalorická potřeba Základní metabolický poměr (kcal)	1815	1670 ~ 1959	

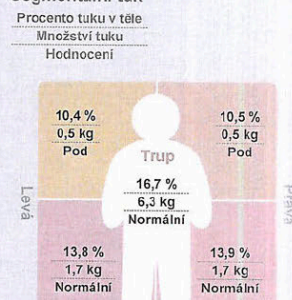
### Kontrola svaloviny-tuku

Kontrola svalstva	0,0 kg	Kontrola tuku	0,0 kg
-------------------	--------	---------------	--------

### Segmentální svalovina



### Segmentální tuk



\* Segmentální tuk je odhadován

### Impedance

z	Pravá ruka	Levá ruka	Trup	Pravá noha	Levá noha
20kHz :	306,8	304,3	21,3	270,8	260,7
100kHz :	266,4	266,5	17,1	234,1	225,4

\* Předložte Vaše výsledky při konzultaci s Vaším poradcem či trenérem.

### Cvičební plán

Naplánujte si svůj týdenní cvičební program z následujících možností a snižte pomocí nich svou váhu.

Výdej energie při každé aktivitě (výchozí hmotnost: 78,7 kg /Délka: 30min./Jednotka: kcal)											
Chůze	Jogging	Cyklistika	Plavání	Honolezectví	Aerobic	Stolní tenis	Tenis	Fotbal	Orientální šerm	Gate ball	Badminton
157	275	236	275	257	275	178	236	275	394	150	178
Racket ball	Tae-kwon-do	Squash	Basketball	Skákání na laně	Golf	Kliky	sedy-lehy	zvedání závaží	posilování s činkami	elastická guma	dřepy
394	394	394	236	275	139	posilování horní části těla	posilování středních svalů	prevence od bolesti zad	cvičení svalů	cvičení svalů	udržování svalů dolní části těla

#### • Jak na to

1. Vyberte si pravidelné a preferované aktivity na levé straně.
2. Uvedená spotřeba energie je počítána po 30 minutách cvičení.
3. Vyplňte níže uvedená místa aktivitami, jež jste zvolili na 7 dní.
4. Spočítejte si celkovou spotřebu energie za týden.
5. Zjistěte předpokládaný úbytek na váze pomocí níže uvedeného vzorce.

Výpočet pro předpokládaný úbytek váhy za měsíc (měsíc = 4 týdny)

**Celkový výdej energie (kcal/týden) × 4 týdny : 7700**

#### • Doporučený denní příjem kalorií

**2400**

kcal

020211/4927

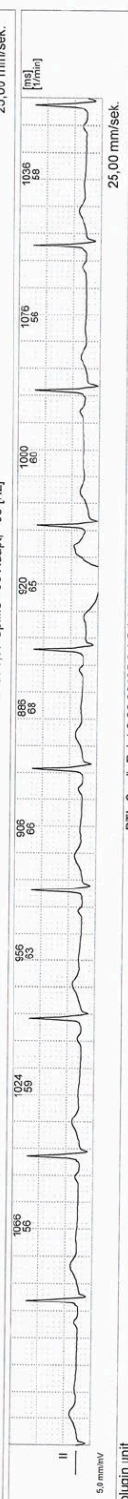
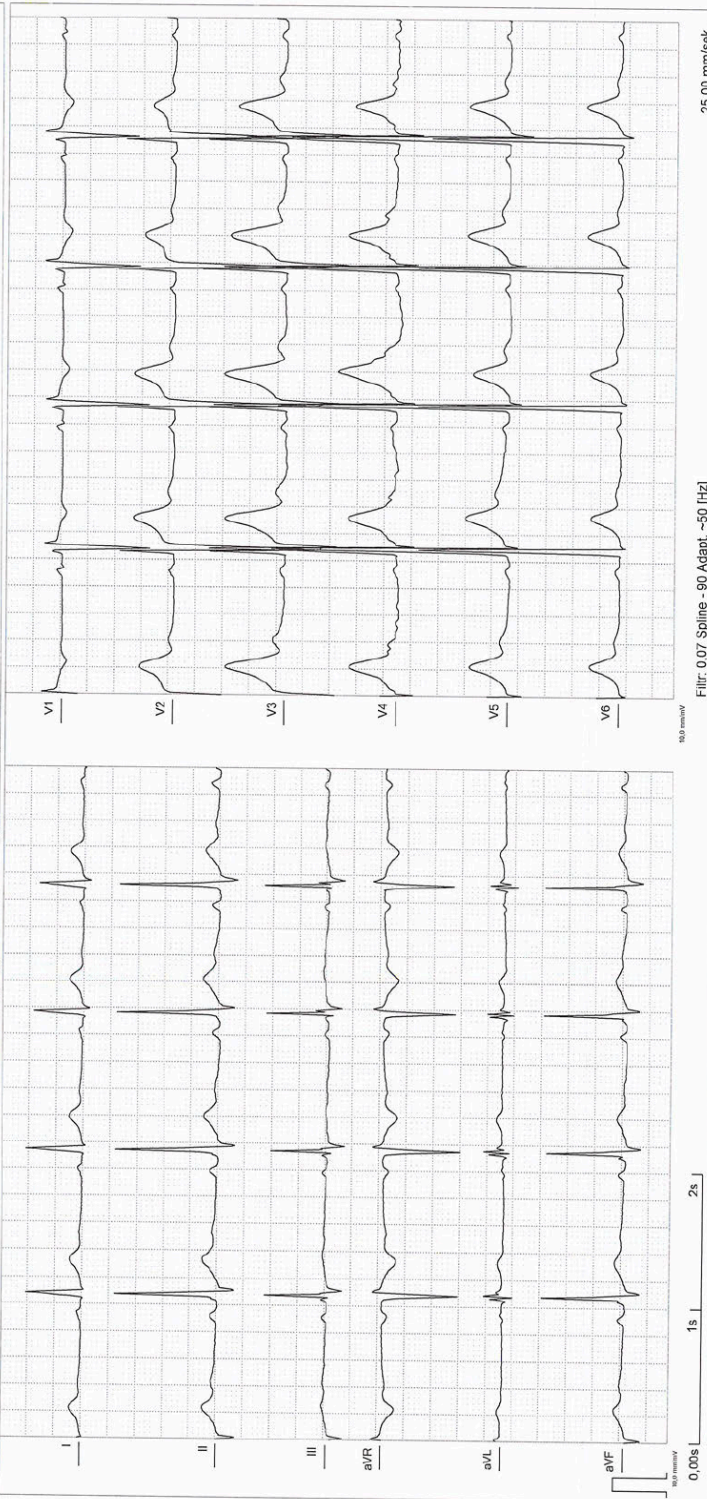


MUDr. naplava

8 178

Muz 19  
Datum testu: 11.02.2021 13:19:39  
Typ testu: Klidové EKG

TF	61/min	P	152ms	P osa	68°	Hraníční normální EKG	
RR	984ms	PQ (PR)	218ms	QRS osa	48°	Lékar: User Plugin	
SpO2		QRS	104ms	T osa	25°	Sinusový rytmus	
TK		QT	383ms	QTc(Baz)	386ms	Rozšířená vlna P	
						*Neuplná blokáda pravého Tavarova raménka	
						*Hypertrofie levé komory - pouze ampplit. kritéria	



BTl CardioPoint 2.32.38495.0 / Gd 2.32.38495.0, DIAG: 3.1.1.0, ECG: BTL-08 MT ECG, SN: 08MT-0734804 EKG 10s Strana: 1/1