

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017

PETRA VAŠKOVÁ



**Zjišťování maximální tepové frekvence u vybrané
populační skupiny zátěžovým testem**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Veronika Rozíková, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Petra Vašková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci *Zjišťování maximální tepové frekvence u vybrané populační skupiny zátěžovým testem* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

podpis

ZADÁNÍ

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své diplomové práce Ing. Veronice Rozíkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při vypracovávání této práce. Také bych ráda poděkovala Prof. MVDr. Ing. Tomáši Komprdovi, CSc za užitečné rady při statistickém zpracování výsledků.

Děkuji mým rodičům za finanční a morální podporu během studia a dobrovolníkům, kteří mi pomohli realizovat diplomovou práci.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo změřit pomocí sporttesterů maximální tepovou frekvenci (HR_{max}) u vybrané skupiny dobrovolníků. Výzkumnou skupinu tvořilo 20 dospělých osob (10 žen a 10 mužů), jejichž průměrný věk byl $25,4 \pm 2,44$ let, průměrná výška $171,75 \pm 7,99$ cm, průměrná hmotnost $69,2 \pm 11,08$ kg a průměrný BMI $23,33 \pm 2,59$ (kg/m^2).

Všechny testované osoby byly na běžeckém páse značky inSPORTline Gallop (ČR) podrobeny zátěžovým testům, které vyšetřovaly HR_{max} (zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 4° , zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6° , zátěžový test o trase délky 1,5 km a stupňovaný zátěžový test). V průběhu zátěžového vyšetřování byla testované osobě snímána tepová frekvence pomocí elastického hrudního pásu a sporttestru značky SIGMA SPORT RC 14.11. Probandi běželi do „vita maxima“ – stavu subjektivního vyčerpání.

Bylo zjištěno, že na hodnoty HR_{max} neměl statisticky významný vliv výběr zátěžového protokolu. Při zjišťování vzájemného vztahu 10 vybraných predikčních rovnic pro výpočet HR_{max} bylo zjištěno, že jsou 100% nahraditelné. Bylo zjištěno, že hodnoty HR_{max} získané provedením zátěžových testů na běžeckých trenažérech a hodnoty HR_{max} vypočítané z predikčních rovnic pro výpočet HR_{max} se statisticky významně liší. Práce potvrdila vliv věku, jako faktoru nejvíce ovlivňujícího HR_{max} . Vliv indexu zdatnosti a pohlaví na hodnoty HR_{max} se v naší práci nepotvrdil.

Klíčová slova: srdeční frekvence, tepová frekvence, maximální tepová frekvence, běh, běžecký trenažér, zátěžové vyšetření, sporttester

ABSTRACT

The aim of this thesis was to measure maximum heart rate (HR_{max}) of selected group of volunteers using sport testers. The group consisted of 20 adults (10 women and 10 men) in average age 25.4 ± 2.44 years, average height 171.75 ± 7.99 cm, average weight 69.2 ± 11.08 kg and average BMI 23.33 ± 2.59 (kg/m^2).

All tested persons were subjected to stress tests on treadmill inSPORTline Gallop (Czech Republic), which tested HR_{max} (1 km long stress test with 4° belt inclination, 1 km long stress test with 6° belt inclination, the stress test presented by 1 km run and the graded exercise test). During testing, the heart rate of the runners was measured by the elastic chest band and it was displayed on the SIGMA SPORT RC 14.11 device. Proband's ran into "Vita Maxima" – a state of subjective exhaustion.

It was found that for a sample of 20 patients, the selection of the stress protocol did not have statistically significant effect on the values of HR_{max} . During investigation of the relationship between 10 selected prediction equations for calculating the HR_{max} , they were found out to be 100% interchangeable. It was found out that the HR_{max} values obtained by performing stress tests on treadmill and HR_{max} values calculated using predictive equations for calculating the HR_{max} differ significantly in terms of statistics. The study confirmed the influence of age to be the factor that affects HR_{max} the most significantly. The influence of the fitness index and sex on HR_{max} values was not confirmed in this study.

Keywords: Heart Rate, Maximum Heart Rate, Running, Treadmill, Stress Test, Sporttester

OBSAH

1	Úvod	10
2	Literární část.....	11
2.1	Svalová soustava	11
2.2	Metabolismus, energetické zajištění sportovního výkonu.....	15
2.3	Základní funkční ukazatele v zátěžové diagnostice	20
2.3.1	Laktát.....	20
2.3.2	Maximální spotřeba kyslíku	21
2.3.3	Poměr respirační výměny	21
2.3.4	Srdeční (tepová) frekvence	22
2.3.4.1	Faktory ovlivňující srdeční frekvenci	24
2.4	Faktory ovlivňující vytrvalostní výkonnost.....	27
2.5	Metody měření tepové frekvence	29
2.6	Zjišťování maximální tepové frekvence.....	30
2.6.1	Predikční rovnice	30
2.6.2	Zátěžové vyšetření	32
2.7	Význam tepové frekvence	35
2.7.1	Vymezení optimální pohybové aktivity	35
2.7.2	Určení intenzity zátěže podle HR_{max}	35
2.7.3	Monitorování tepové frekvence k tvorbě tréninkových plánů.....	37
3	Cíle diplomové práce	39
4	Materiál a metodika	39
4.1	Materiál.....	39
4.2	Metodika	41
4.2.1	Testy vytrvalostních schopností.....	42
4.2.2	Zátěžové testy do „vita maxima“	44
4.2.3	Statistické vyhodnocení.....	45
5	Výsledky a diskuze	45
5.1	Vyhodnocení dotazníků	45
5.2	Vyhodnocení testů vytrvalostních schopností	49
5.3	Vyhodnocení zátěžových testů do „vita maxima“	50

5.4	Vyhodnocení predikčních rovnic	51
6	Závěr	55
7	Použitá literatura.....	56
8	Seznam použitých obrázků a tabulek	64
8.1	Seznam obrázků	64
8.2	Seznam tabulek	66
9	Seznam zkratk.....	67
10	Seznam příloh.....	68
10.1	Příloha 1: Dotazník k diplomové práci	68
10.2	Příloha 2: Výsledky Cooperova testu	72
10.3	Příloha 3: Výsledky chodeckého testu.....	73
10.4	Příloha 4: Výsledky zátěžových testů.....	75

1 ÚVOD

Pohyb je faktorem významně se podílejícím na kvalitě života člověka. Fyzická aktivita slouží k zajištění sportovní výkonnosti a dobrého zdravotního stavu. Nedostatek pohybu může být příčinou zdravotních komplikací, zejména obezity, úzce spojené s chronickými degenerativními onemocněními (Jandačka, 2011; Grasgruber, 2013). „V ČR je obezitou postiženo asi 25 % žen, 22 % mužů a nadváha obecně představuje potíže pro více než 50 % populace středního věku. Vzestup výskytu obezity byl zejména v poslední dekádě minulého století velmi výrazný, je prokázán ve většině ekonomicky vyspělých zemí.“, uvádí SZU. Pokud chce jedinec efektivně sportovat, popřípadě hubnout, měl by se vyvarovat častých chyb, které mohou jeho snahu znehodnotit.

Vhodným přístupem k efektivní pohybové aktivitě je monitorování tepové frekvence (HR), která reaguje nejcitlivěji na zvýšení zatížení organismu během sportovních aktivit. Konkrétně je vhodné znát maximální tepovou frekvenci (HR_{max}), jelikož se z této hodnoty odvozují pásma intenzity zatížení, ve kterých by se měla osoba pohybovat dle individuálně stanoveného cíle. Hodnoty HR_{max} je možné vypočítat z predikčních rovnic, nicméně v průběhu několika desítek let bylo publikováno spousta rovnic, které nemusí odpovídat skutečné HR_{max} daného jedince, protože berou v úvahu (většinou) pouze faktor věku a individuální zvláštnosti jedince nejsou zohledňovány. Pokud bude daný jedinec cvičit dle podhodnocené vypočítané HR_{max} (stále při nižších intenzitách zatížení), nevyužívá potenciál svého těla a nespaluje tolik kalorií, aby mohl zhubnout tukovou hmotu, natož aby si vybudoval sílu nebo vytrvalost. Naopak, bude-li jedinec cvičit při nadhodnocené HR_{max} , tělo bude přetěžováno a tlačeno za limity vlastního těla, což může vést např. k dehydrataci, která může vyústit v závratě a případné mdloby. Je-li osoba soustavně nadměrně fyzicky přetěžována, může trpět i chronickými bolestmi. Jedna z možností, jak předejít těmto komplikacím, je průběžně sledovat HR v průběhu celého tréninku. V diplomové práci byly tyto hodnoty zjišťovány pomocí zátěžového vyšetření.

2 LITERÁRNÍ ČÁST

2.1 Svalová soustava

Kosterní sval (musculus) je vzrušivá a stažlivá tkáň, která reaguje kontrakcí na elektrickou stimulaci přicházející ke svalu odstředivou částí somatického nervového systému. Je tvořen příčně pruhovanou svalovinou, která na obou koncích přechází ve vazivové šlachy. Sval má bohaté cévní a nervové zásobení a je pokrytý pevnou vazivovou blánou, tzv. povázkou (fascií). Kosterní svalovina je složena z velkého množství svalových buněk vláknitého tvaru – svalových vláken, která jsou vzájemně spojena řídkou vazivovou tkání ve svazky – snopečky. Snopečky přechází ve snopce a více snopců tvoří břicho svalu. Uspořádání snopeček (popř. snopců) určuje tvar svalu a má vliv na svalovou sílu a rozsah pohybu (Merkunová, Orel, 2008).

Svalové vlákno je pokryté sarkolemou (plazmatickou membránou), uvnitř je sarkoplazma se zásobou glykogenu. Sarkolema se zanořuje do nitra svalového vlákna v podobě příčných T-tubulů, přiléhajících k sarkoplazmatickému retikulu. Svaly obsahují vlastní svalové barvivo – myoglobin, který na sebe váže kyslík a na začátku svalové aktivity jej uvolňuje. Uvolňování energie z živin oxidací zajišťují četné mitochondrie. V sarkoplazmě se nachází kromě desítek jader a dalších buněčných organel podélně uspořádaná vlákénka (myofibrily). Základní stavební jednotkou myofibril jsou sarkomery. Hustá síť sarkoplazmatického retikula obklopujícího jednotlivé myofibrily slouží jako nitrobuňčná zásobárna Ca^{2+} iontů, nezbytných pro uskutečnění svalového stahu. Myofibrily obsahují tři typy bílkovin, které jsou uspořádané do sarkomer (Dylevský, 2009; Merkunová, Orel, 2008).

Myofibrilární bílkoviny se dělí na:

- **kontraktilní** (aktin a myozin), které dávají schopnost svalovým buňkám kontrahovat se a vytvářet mechanické napětí,
- **regulační** (troponin a tropomyozin), které jsou součástí aktinového vlákénka,
- **strukturální**, kde má nejvýznamnější úlohu titin, který udržuje potřebné uspořádání sarkomer a polohu myofibril (Bernaciková et al., 2014).

Podstata příčného pruhování svalu je dána rozdílnou lomivostí světla v různých částech svalového vlákna. Úseky příčného pruhování jsou pojmenovány písmeny. Tmavá linie Z rozděluje světlý proužek I a tmavý proužek A je uprostřed rozdělen světlejším proužkem H. Uprostřed proužku H se nachází viditelná příčná linie M. Tato linie a úzké světlé oblasti po jejích stranách se někdy označují jako pseudo-H-zóna. Sarkomera je úsekem mezi dvěma sousedními liniemi Z. Tlustá vlákna mají asi 2x větší průměr než tenká a jsou tvořena myozinem. Tenká vlákna vytvářejí bílkoviny aktin, tropomyozin a troponin. Tlustá myozinová vlákna jsou seřazena tak, že tvoří proužek A, zatímco uspořádání tenkých vláken tvoří méně silný proužek I. Světlejší proužek H

uprostřed proužku A vyznačuje oblast, kde při svalové relaxaci nepřekrývají tenká vlákna silná. Linie Z vede napříč vlákny a je napojena na tenká vlákna (Ganong, 2005).

V rámci **cévního zásobení** vedou do svalu obvykle jedna tepna a dvě žíly společně s nervem. Tepny se větví v tepénky a ty v kapiláry, které obklopují svalová vlákna přivádějící živiny včetně O_2 a spojují se v žilky a žíly odvádějící zplodiny metabolismu a teplo uvolňované při vykonávání svalové práce. V klidu je prokrvení svalu omezené, značně stoupá při činnosti.

Nervové zásobení svalu (inervace) zahrnuje vlákna trojího typu: motorická, senzitivní a vegetativní vlákna. Motorická vlákna jsou axony hybných neuronů (motoneuronů) ležících v jádrech motorických hlavových nervů a výběžky α -motoneuronů předních rohů míšních. Vlákna jsou vedena cestou hlavových a míšních nervů, na zakončení se rozvětvují a přikládají ke svalovým vláknům v místě zvaném nervosvalová (motorická) ploténka (Merkunová, Orel, 2008). Každý neuron inervuje skupinu svalových, která se nazývá (spolu s inervujícím motoneuronem) motorická jednotka. Čím jemnější pohyby sval vykonává, tím méně svalových vláken jeho motorické jednotky obsahují (např. svaly ruky nebo mimické svaly; Langmeier, 2009). Senzitivní vlákna jsou dendrity pseudounipolárních nervových buněk míšních uzlin, které přivádí vzruchy ze svalových, šlachových a kožních receptorů do páteřní míchy. Vegetativní vlákna jsou odstředivá vlákna, která se podílí na inervaci hladké svaloviny stěny svalových cév. V naprosté většině jsou to nervy sympatické.

Svalová činnost se projevuje svalovým stahem (**kontrakcí**) a následným ochabnutím (**relaxací**). Aby došlo ke svalovému stahu, musí dojít k excitaci, tj. příchodu vzruchu na sarkolemu, který spustí uvolňování nitrobuněčných zásob Ca^{2+} iontů. Signálem pro stah kosterní svaloviny je nervový vzruch, který je přiváděn motorickými vlákny na nervosvalovou ploténku svalu. Přenos vzruchu z nervu na sval uskutečňuje na ploténce neuro-mediátor acetylcholin (Merkunová, Orel, 2008).

Motorická ploténka funguje podobně jako každá jiná chemická synapse. Z presynaptické části synapse je uvolněn acetylcholin poté, co na ní dorazí akční potenciál a otevírá napětově řízené Ca^{2+} - kanály. Vstup Ca^{2+} iontů následně spustí vyplavení acetylcholinu do synaptické štěrbině. Acetylcholin zprostředkuje převod vzruchu na sarkolemu svalového vlákna. Akční potenciál ihned aktivuje další úseky svalového vlákna včetně T-tubulů a jejich prostřednictvím přilehlé sarkoplazmatické retikulum tak, že začne do sarkoplazmy uvolňovat Ca^{2+} ionty. Uvolněné Ca^{2+} ionty se vážou na troponin, přičemž vyvolávají změny v prostorovém uspořádání jeho molekuly, a následně vazbu na bílkovinu tropomyozin. Při vzniku komplexu troponin-tropomyozin dojde na aktinu k obnažení vazebných míst pro hlavičky myozinu, které se bezprostředně navážou a vytvoří příčné můstky mezi aktinem a myozinem. Tento děj vyžaduje energii z adenosintrifosfátu (ATP) a přítomnost Mg^{2+} iontů. Následný ohyb krčků směrem k centru sarkomery o 45° posouvá aktinová vlákna hlouběji mezi vlákna

myozinová; důsledkem je zkrácení sarkomer, které se projeví zkrácením celého svalu. Poté, co hlavičky myozinu navážou celou molekulu ATP, spojení s aktinem se uvolní a hlavičky se skloní do původní polohy (90°), Ca²⁺ ionty se začnou vracet zpět do sarkoplazmatického retikula, obnovuje se klidová délka svalových vláken, dochází tedy k relaxaci, a celý cyklus se může opakovat (Langmeier, 2009; Merkunová, Orel, 2008).

Podle toho, který typ kontrakce při konkrétním stahu převažuje, se rozlišují **dva základní typy svalového stahu**. **Izometrický stah** (izometrická kontrakce) předchází izotonickému stahu, napětí svalu stoupá, sval se nezkracuje (není při něm vykonáván pohyb, vzdálenost začátků od úponů svalu zůstává stejná. Např. u antigraitačních svalů udržujících polohu a postoj. Při **izotonické stahu** (izotonické kontrakci) se napětí svalu nemění, ale zkracuje se jeho délka (Langmeier, 2009). Svalové trhnutí je krátkou odpovědí svalu na jediný vzruch. Jako reakce svalu na sérii vzruchů se označuje tetanický stah, který je typický pro přirozenou svalovou aktivitu (Merkunová, Orel, 2008). I v klidu se sval nachází ve stavu určitého **svalového napětí** (tonus). Jedná se o slabou izometrickou kontrakci, která má reflexní charakter. Klidové napětí se podílí na udržování polohy a postoje těla (Bernaciková, 2014).

Kosterní sval je značně heterogenní tkáň složená z vláken, která se liší ATPázovou aktivitou myozinu, rychlostí stahu a dalšími vlastnostmi. Podle Ganong (2005) se svalová vlákna dělí zhruba na dva typy – typ I a typ II, přičemž každý z těchto typů zahrnuje celé spektrum vláken. Svaly obsahující mnoho vláken typu I se říká červené svaly, protože jsou tmavší než ostatní svaly. Bílé svaly obsahují zejména vlákna typu II. Vzájemný poměr svalových vláken je dán především geneticky (Ganong, 2005). Dovalil (2002) uvádí, že kromě genetiky mají vliv i adaptivní změny způsobené tréninkem. Nevhodným tréninkem se vlákna zpomalují a proces stárnutí přispívá k převaze pomalých vláken.

Dle mikroskopických, histochemických a fyziologických vlastností můžeme podle Dylevský (2009) rozlišit **čtyři typy svalových vláken** (Tab. 1):

- **pomalá červená vlákna** (typ I., SO, slow oxidative);
- **rychlá bílá vlákna** (typ II. A, FOG, fast oxidative and glycolytic);
- **rychlá červená vlákna** (typ II. B, FG, fast glycolytic), a
- **přechodná vlákna** (typ III., intermediární, nediferencovaná vlákna).

Tab. 1 Anatomická a funkční charakteristika svalových vláken

TYP VLÁKNA	ANATOMICKÁ CHARAKTERISTIKA	FUNKČNÍ CHARAKTERISTIKA
typ I., SO	velmi tenká a bohatě kapilarizovaná	statické, pomalé pohyby; polohové funkce
typ II. A, FOG	středně silná a kapilarizovaná	rychlý a silový pohyb
typ II. B, FG	velmi silná a málo kapilarizovaná	maximální silový pohyb
typ III.	nediferencovaná vlákna	<i>není známa</i>

(Zdroj: <http://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-1512.html>)

Pomalá červená vlákna (SO), „tonická vlákna“, jsou poměrně tenká vlákna (cca 50 μm), s menším počtem myofibril a větším počtem mitochondrií. Jejich červená barva je dána přítomností většího množství myoglobinu a velkým množstvím krevních kapilár. Provádí pohyby o nízké intenzitě v podmínkách aerobních procesů (vytrvalostní činnost), po relativně dlouhou dobu. Z hlediska funkce zajišťují spíše statické, polohové funkce a pomalý pohyb. Příkladem jsou svaly zádové.

Rychlá bílá vlákna (FOG), „fázická vlákna“, jsou silnější (cca 80–100 μm), s větším počtem myofibril a menším počtem mitochondrií. Enzymaticky jsou tato vlákna uzpůsobena k rychlým kontrakcím, prováděným velkou silou, ale po krátkou dobu. Jsou méně ekonomická a neobsahují tolik kapilár. Jsou součástí svalů, zajišťujících rychlý pohyb prováděný velkou silou a jsou specializovány na jemné a přesné pohyby. Vyznačují se nízkou odolností proti únavě, s převažujícím anaerobním typem látkové výměny. Příkladem jsou svaly okohybné nebo svaly ruky.

Rychlá červená vlákna (FG) mají nízkou oxidační kapacitu. V důsledku silně vyvinutého sarkoplazmatického retikula a vysoké aktivity Ca a Mg iontů se vlákna rychle kontrahují, zároveň jsou ale velmi rychle unavitelná. Zapojují se při silových a rychlostních výkonech maximální intenzity, kdy převažuje anaerobní typ látkové přeměny.

Přechodná vlákna jsou přechodnou formou mezi předešlými typy vláken. Příkladem je šikmý sval lýtkový (Dylevský, 2009; Hájek, 2012; Kott, 2013).

Vlastní pohyb je komplexem velmi složité součinnosti svalů, které působí různými vektorovými směry. Složením těchto vektorů dochází k samotnému pohybu, který má svůj směr, přesnost umístění v prostoru, sílu a výsledný cíl pohybu (Hanzlová, 2012). Svaly lze dělit dle různých hledisek. Ve vztahu k určitému pohybu se dělí svaly na ty, které vykonávají pohyb v určitém směru (hlavní vykonavatel pohybu) – **agonisté**; svaly vykonávající opačný pohyb se nazývají **antagonisté**. Svaly, které se zúčastňují stejného pohybu, jako agonisté, se nazývají **synergisté** (Hanzlová, Hemza, 2012).

V rámci funkce agonistů a antagonistů se svaly dělí na:

- **hlavní svaly** – kdy hlavním svalem je jeden ze skupiny synergistů, který se významně podílí na pohybu,
- **pomocné svaly** – podílí se s hlavním svalem na určitém pohybu,
- **neutralizační svaly** – svojí kontrakcí ruší nežádoucí směry pohybu, které jsou vykonávané hlavními a pomocnými svaly,
- **fixační svaly (stabilizační svaly)** – zajišťují zpevnění dané části těla, ze které vychází pohyb (Hanzlová, 2012; Bernaciková et al., 2010).

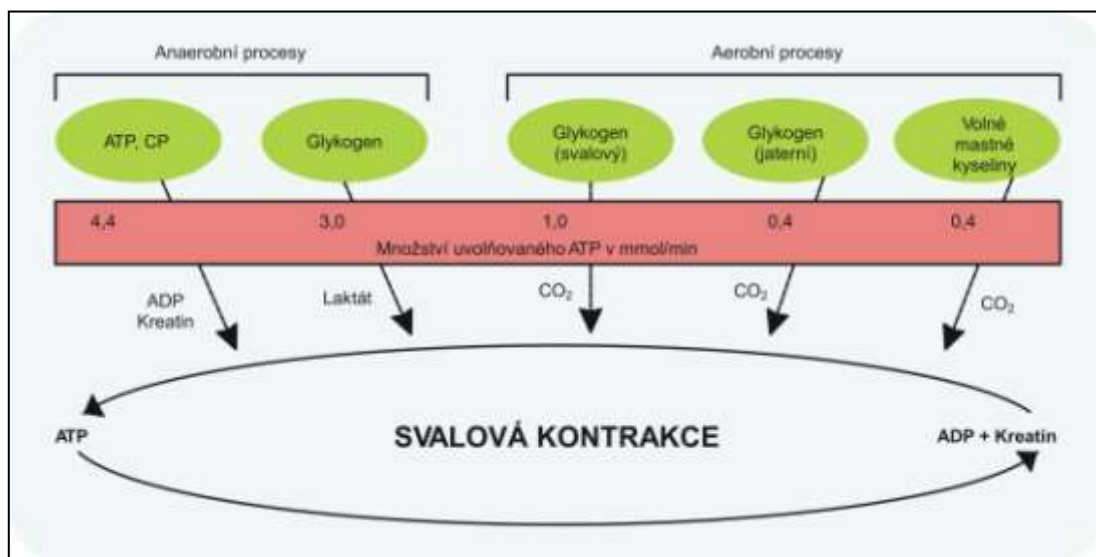
Podíváme-li se na **kosterní svalovinu v průběhu ontogenetického vývoje**, zjistíme, že novorozencům ještě přibývají svalová vlákna, v pozdějších fázích vývoje se pouze zvětšují (hypertrofují). Svalová tkáň dětí obsahuje více než 80 % vody, obsah bílkovin je nízký, proto jsou svaly dětí v předškolním věku a v mladším školním věku snadno unavitelné a schopné pouze krátkodobých výkonů. Postupně dochází k nárůstu bílkovin a snížení obsahu vody, stoupá svalová síla, obratnost a rychlost, svaly jsou schopné vytrvalostní zátěže. Svalstvo nejvíce nabírá na objemu (především u chlapců) v období sexuálního zrání. S přibývajícím věkem svalová hmota ubývá (atrofuje) a je nahrazována vazivem a tkání tukovou (svůj podíl sehrává i postupné omezování pohybové aktivity). Postupně dochází ke zpomalování svalových reflexů a klesání svalové síly. Aerobní svalová aktivita a věku přiměřené posilování podpoří zpomalení procesu stařecké (senilní) atrofie.

2.2 Metabolismus, energetické zajištění sportovního výkonu

Metabolismus (látková přeměna) je souhrn veškerých dějů, probíhajících uvnitř organismu, sloužících k tvorbě využitelné energie a látek potřebných pro činnost organismu. V různé intenzitě dochází ke střídání katabolických a anabolických pochodů. Při **katabolismu** dochází k rozkladu látek za současného uvolnění energie, při **anabolických dějích** dochází ke spotřebování energie, k obnově a novotvorbě tkání. Anabolické reakce převažují v situacích, kdy je tělesná aktivita omezena (Jančík et al., 2006).

Intenzita metabolických dějů v organismu, neboli část chemické energie uvolněné z živin, které potřebuje organismus v klidu na udržení životních pochodů, je označována jako bazální metabolismus. Tento klidový metabolismus vyjadřuje energetický výdej osoby vleže a v klidu za definovaných podmínek (fyzický a psychický klid, okolní teplota 21 °C, 12hodinové lačnění, 2 dny bez bílkovinné diety). U žen se bazální metabolismus pohybuje okolo hodnot 5000 kJ. 24 h⁻¹, u mužů 6000 kJ. 24 h⁻¹ (Malý et al., 2010; Pastucha, 2014).

Svalový stah vyžaduje energii a jako přímý zdroj této energie slouží energeticky bohaté organické sloučeniny fosforu (P) obsažené ve svalu, což jsou konečné produkty metabolismu sacharidů a tuků (Ganong, 2005). energii pro pohybovou zátěž zajišťují bezprostřední zdroje, tzv. **makroergní fosfáty** (ATP, ADP, CP) a náhradní zdroje, tzv. **makroergní substráty** (sacharidy, lipidy, bílkoviny). Makroergní fosfáty najdeme v každé buňce a jejich zásoby jsou značně omezené, proto dochází ve svalových buňkách k jejich resyntéze z jiných zdrojů (Obr. 1). Zásoby ATP v organismu jsou v řádech gramů až desítek gramů, což poskytuje energii odpovídající přibližně 21–33 kJ, na dobu pouze 1–3 s. Nejvyšší rychlost obratu ATP, vyjádřená v mol.min⁻¹, je při maximální intenzitě zatížení (např. sprint). Pokud zátěž trvá dlouhou dobu, obrat je sice menší, ale celkový objem obrovský. Bylo spočítáno, že maratonec si může v průběhu 2,5hodinového závodu vyrobit až 80 kg ATP. Zásoby CP jsou asi 4–6 krát větší oproti zásobám ATP, je možné je využívat po dobu asi 10–15 s (Pastucha, 2014).



Obr. 1 Jednotlivé energetické systémy svalové kontrakce.

(Zdroj: <https://publi.cz/books/151/05.html>)

Živiny obsažené v potravě jsou enzymaticky rozkládány a vstřebávány v trávicí soustavě. Sacharidy se štěpí na jednoduché cukry, přičemž nejvýznamnější je glukóza (GLU). Lipidy jsou rozloženy na mastné kyseliny a glycerol, proteiny na aminokyseliny. Také bílkoviny mohou být ve výjimečných případech, po předchozí

glukoneogenezi, využity jako zdroj energie. Tyto jednodušší látky dále vstupují do složitých transformačních procesů intermediárního metabolismu. Energie vázaná v potravě je přeměněna v jeden společný využitelný zdroj – ATP a základním procesem, vedoucím k jeho produkci, je postupné štěpení molekul GLU – glykolýza (Jančík et al., 2006).

V klidu a při lehké zátěži jsou využívány lipidy ve formě volných mastných kyselin. S rostoucí intenzitou zátěže již samotné lipidy nestačí dodávat dostatek energie a hlavním zdrojem energie se stávají sacharidy. V průběhu zátěže poskytuje převážnou energii pro resyntézu CP a ATP štěpení GLU na CO_2 a H_2O . GLU z krve vstupuje do buněk, kde je metabolizována sérií chemických reakcí na pyruvát. Dalším zdrojem nitrobuňčné GLU a následně pyruvátu je polymer glykogen, který se nachází zejména v játrech a ve svalech (Ganong, 2005). Za přítomnosti O_2 se pyruvát mění na acetylkoenzym A, který vstupuje do Krebsova (citrátového) cyklu. Krebsův cyklus zahrnuje sérii chemických reakcí, při kterých dojde ke kompletní oxidaci molekuly acetylkoenzym A. Výsledkem využití jedné molekuly GLU je energie uložená do 36 molekul ATP, vedlejšími produkty jsou CO_2 a H_2O (Jančík et al., 2006). Tento proces se označuje jako aerobní glykolýza. Proces přeměny GLU nebo glykogenu na CO_2 a H_2O je tedy provázen uvolněním dostatek energie k tvorbě velkého množství ATP z ADP. Při nedostatečné dodávce O_2 pyruvát nevstupuje do citrátového cyklu, ale dochází k jeho redukci na laktát (LA). Tento proces se označuje anaerobní glykolýza, přičemž se tvoří podstatně méně makroergních vazeb. Reakce, podílející se na dodávce energie kosterním svalům, jsou shrnuty níže (Ganong, 2005).

1. Anaerobní cesta tvorby ATP

(třemi chemickými pochody):

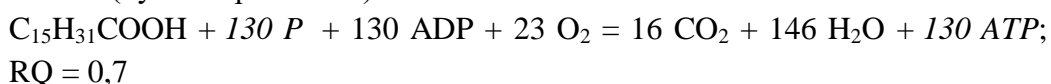
- **Myokinázovou reakcí**, kdy ze 2 molekul ADP vzniká 1 molekula ATP
 $2 \text{ ADP} \rightarrow \text{ATP} + \text{AMP}$
- **Lohmannovou reakcí**, během které vzniká molekula ATP a defosforylovaného kreatinu (spojením molekuly CP a molekuly ADP)
 $\text{ADP} + \text{CP} \rightarrow \text{ATP} + \text{kreatin}$
- **Anaerobní glykolýzou**
 $\text{GLU (glykogen)} + 2 \text{ P} + 2 \text{ ADP} \rightarrow 2 \text{ mol k. mléčné} + 2 \text{ ATP (3 ATP)}$

2. Aerobní cesta tvorby ATP

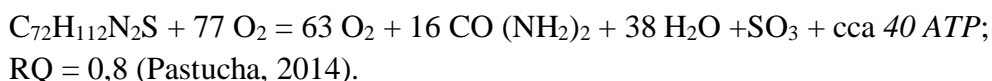
(oxidativními fosforylacemi v Krebsově cyklu a dýchacích řetězcích):

- **Z glukózy**
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 38 \text{ P} + 38 \text{ ADP} + 6 \text{ O}_2 = 6 \text{ CO}_2 + 44 \text{ H}_2\text{O} + 38 \text{ ATP}; \text{RQ} = 1,0$

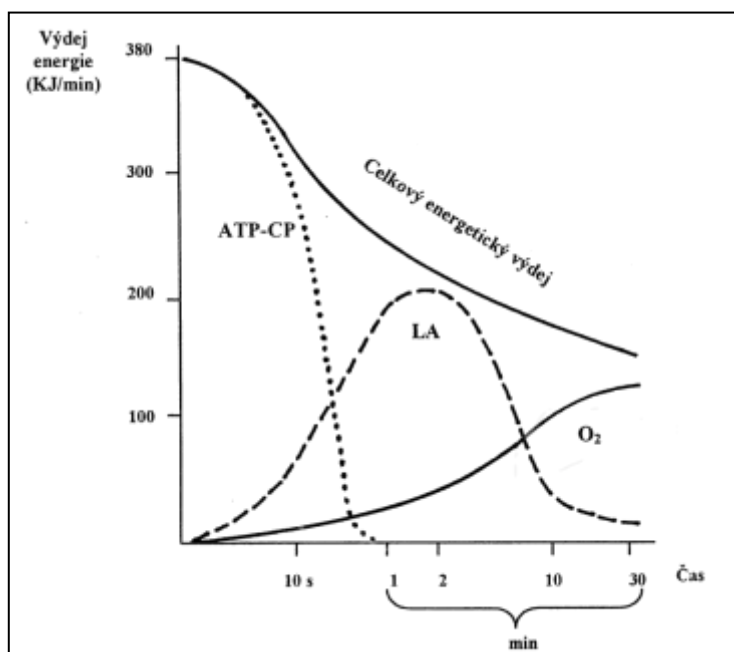
- **Z tuků** (kyselina palmitová)



- **Z bílkovin** (albumin)



Podle intenzity fyzického zatížení lze pohybovou aktivitu (PA) rozdělit do několika skupin, které se liší dobou trvání, využívanými energetickými zdroji, stupněm metabolického zatížení a vztahy mezi aerobním a anaerobním podílem metabolického krytí. Během PA je přísun energie zajišťován různými zdroji. Žádný z níže uvedených systémů nepracuje při pohybové činnosti izolovaně, pouze určitý z nich v konkrétní dobu při konkrétní činnosti převládá. Součinnost těchto systémů je znázorněna obrázkem č. 2. V závislosti na čase a intenzitě činnosti se rozlišují tři základní způsoby získávání energie – anaerobní alaktátový, anaerobní laktátový systém a aerobní systém.



Obr. 2 Průběh energetického výdeje a podíl jednotlivých systémů energetické úhrady ve svaly v závislosti na době trvání zatížení.

ATP-C: anaerobní alaktátový systém, LA: anaerobní laktátový systém, O₂: aerobní systém.

(Zdroj: http://lactate-online.cz/App_text/Unregistered/EnerKryti2.aspx)

Anaerobní alaktátový systém (fosfátový, ATP-CP systém) převládá ve chvíli, kdy organismus není schopen zajistit dostatek energie efektivnějším (aerobním) způsobem. Využívá možnosti svalových buněk vykonávat mechanickou práci z energie uvolněné bez účasti O₂. Tento způsob získávání energie převládá při činnostech maximální intenzity, trvajících maximálně 10–15 s. Energie je uvolňována z pohotovostních zásob makroergních fosfátů (ATP, CP) a vzniká nepatrné množství

LA. Tyto bezprostřední rychlé zdroje se rychle resyntetizují (do 2–3 minut), u trénovaných jedinců ještě rychleji. Obrat ATP je vysoký, pohybuje se mezi 4–4,5 mol.min⁻¹ (Pastucha, 2014; Panuška, 2014).

Anaerobní laktátový systém (LA-systém) se zapojuje při intenzivní pohybové činnosti (rychlostně vytrvalostním zatížení) nad 20 sekund (většinou kolem 45–90 s). Systém ATP-CP se vyčerpává a při anaerobní glykolýze začínají být využívány glycidové zdroje (GLU a glykogen) s tvorbou odpadního produktu – laktátu. Obnova LA-systému je pomalejší než ATP-CP systému, neumožňuje tak vysokou intenzitu (Novohradský, 2008). Obrat ATP je 2,0–2,5 mol.min⁻¹. LA se může resyntetizovat na glykogen a sloužit jako energetický zdroj pro myokard. LA se resyntetizuje oproti fosfátům pomaleji, rychlost zotavení je závislá na stupni aktuální aktivity. Je-li osoba v nečinnosti, trvá resyntéza 1–2 h; při udržení určité aktivity (např. při vyklusání), je doba resyntézy až 2x kratší. Příčinou kratšího průběhu je přetrvávající zrychlený metabolismus a cirkulace, která umožňuje rychlejší vyplavování a utilizaci laktátu (Pastucha, 2014).

Nejvyšší dosažená úroveň rovnovážného stavu, která se nachází na hranici smíšené zóny aerobně-anaerobní je označována jako **anaerobní práh (ANP)**. Je to intenzita zatížení, při které dochází k nastolení dynamické rovnováhy mezi tvorbou a utilizací LA. Jinými slovy je to maximální intenzita zatížení, která je ještě udržitelná bez vzrůstajícího překyselení organismu. Obvykle udávaný aerobní práh je 4 mmol.l⁻¹ (Pastucha, 2014). Hodnota anaerobního prahu může posloužit jako parametr pro určení optimální intenzity tréninkových zatížení i jako diagnostický nástroj výkonnosti. Při intenzitě zatížení nad touto úrovní se zvyšuje podíl anaerobního způsobu získávání energie a do činnosti je zapojeno více anaerobních vláken (Hnízdil, Havel, 2012).

Aerobní systém je využíván především při fyzických aktivitách vytrvalostního charakteru, které trvají déle než 2–3 minuty, tedy při středních a mírných intenzitách fyzického zatížení. Pro vytrvalostní sporty je nezbytným předpokladem úhrada energie aerobním způsobem (Jančík et al., 2006). Jako zdroj energie jsou využívány svalový glykogen a triacylglyceroly, i krví dopravená GLU a mastné kyseliny. Aerobní systém je až 19x účinnější než systém anaerobní, nevýhodou je nejpomalejší uvolňování energie. Rychlost výměny ATP je 1–1,5 mol.min⁻¹. Při úplném vyčerpání glykogenu v pomalých svalových vláknech trvá jeho resyntéza až 48 h (Pastucha, 2014). Tento systém je velmi ekonomický, intenzita pohybové činnosti je v tomto případě nižší, ale může trvat velmi dlouhou dobu – řádově až několik hodin (Novohradský, 2008).

Okamžik intenzity zatížení, kdy většina svalových vláken získává energii aerobním způsobem a koncentrace LA v krvi přesahuje klidové hodnoty, se nazývá **aerobní práh (AP)**. Koncentrace LA odpovídá hodnotě okolo 2 mmol/l (Panuška, 2014). Podle Novotný, Novotná (2008) vyjadřuje AP intenzitu zátěže, při níž se začíná rozvíjet aerobní získávání energie při stupňované zátěži, což se však jeví

z pohledu fyziologie zátěžových testů jako nedetekovatelná hranice, protože přechod od klidového do zátěžového aerobního získávání energie probíhá velmi pozvolna.

Celkový objem energie uvolnitelný aerobním způsobem se nazývá **aerobní kapacita**. Maximální aerobní kapacita je dána celkovým množstvím mobilizované energie, kterou je možné získat aerobní resyntézou ATP. V praxi ale nelze přímo stanovit množství této energie, používá se proto několik nepřímých ukazatelů, které mají těsnou vazbu k aerobní zdatnosti, nejčastěji je to maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max} ; Heller, Vodička, 2011). Funkčně to znamená vykonávat fyzickou aktivitu v setrvalém stavu po dlouhou dobu v převažujícím aerobním režimu bez podstatné kumulace LA ve svalech (Zahradník, Korvas, 2012). Aerobní kapacita také souvisí se schopností využívat jako zdroj energie lipidy (Tvrzník, Soumar, 2012).

Počáteční fáze pohybového zatížení jsou spojeny s nepoměrem mezi kyslíkovými požadavky (potřebou) aktivních svalů a možností nabídky (aktuální potřebou). V prvních několika sekundách se využívá makroergních fosfátů, po jejich vyčerpání musí být zapojena anaerobní glykolýza. V případě nedostatku dochází i na kyslíkové rezervy, jimiž jsou O_2 vázaný na hemoglobin, myoglobin rozpuštěný v plazmě nebo obsažený v plicích (Pastucha, 2014). Během štěpení CP a anaerobní glykolýzy je tak možné po dobu asi 40 s podat 3násobný výkon oproti aerobní regeneraci ATP. Dochází při tom však k deficitu O_2 , který bude po ukončení zátěže uhrazen jako **kyslíkový dluh**. Podle Berdanier (2002) se po cvičení spotřeba O_2 rapidně snižuje, ale může zůstat nad klidovými hodnotami po několik hodin nebo dokonce i dní po náročném vytrvalostním tréninku. Po velmi náročné fyzické práci může být kyslíkový dluh až o 20 l větší než deficit O_2 (Silbernagl, Despopoulos, 2004). Kyslíkový dluh je považován za kvantitativní měřítko anaerobního metabolismu. První složka kyslíkového dluhu – rychlá alaktátová – slouží k resyntéze ATP-CP systému v prvních 3–5 minutách po skončení zátěže. Druhá – pomalá laktátová složka – je potřebná k resyntéze LA na glykogen. V poslední složce – pomalé laktátové – dochází k úplnému návratu s dosažením klidových hodnot spotřeby O_2 (Pastucha, 2014).

2.3 Základní funkční ukazatele v zátěžové diagnostice

Ukazatelé zatížení poskytují informace o stavu organismu v průběhu fyzické aktivity a jsou senzitivní na změny velikosti zatížení. Řadí se mezi ně **laktát, spotřeba kyslíku, poměr respirační výměny a srdeční frekvence**.

2.3.1 Laktát

Laktát (LA), jako sůl kyseliny mléčné nelze na rozdíl od HR měřit tak jednoduše v průběhu PA. LA je v organismu přítomen neustále v koncentraci 0,5–2,2 mmol/l. Zvýšená tvorba LA je vždy známkou přetížení aerobního získávání energie a přechodu k anaerobnímu metabolismu. Nadbytek vzniká při pohybové činnosti maximální nebo

submaximální intenzity. Zvýšené hladiny LA se začínají projevovat na úrovni 50–60 % VO_{2max} u netrénovaných jedinců a na úrovni 70–80 % u trénovaných sportovců.

Podle množství LA v krvi v závislosti na intenzitě fyzické aktivity lze orientačně určit převládající systém úhrady energie. Je-li hladina LA < 2 mmol/l, převládá systém aerobní; je-li mezi 3–7 mmol/l, převládá aerobně-anaerobní systém a hodnoty vyšší než 7 mmol/l jsou typické pro anaerobní systém. Koncentrace LA v krvi nabývá maximálních hodnot zpravidla mezi 3–10 minutou odpočinku.

2.3.2 Maximální spotřeba kyslíku

Schopnost organismu využít co největší množství O_2 při fyzické aktivitě se označuje jako **maximální spotřeba kyslíku**. VO_{2max} udává, kolik kyslíku je jedinec schopen přijmout během maximálního zatížení. Vyjadřuje se v absolutních číslech (ml O_2 /min) nebo v přepočtu na kg tělesné hmotnosti za minutu (ml/kg.min; Tvrzník, Gerych, 2014).

Ve vztahu k trénovanosti jedince je možná doba fyzické aktivity na úrovni VO_{2max} asi 2–5 minut. Obecně řečeno, čím zdatnější jedinec, tím vyšší je hodnota jeho VO_{2max} (Panuška, 2014). Nejlepší vrcholoví sportovci jsou schopni v závodě pracovat 10–15 min na úrovni 95–98 % VO_{2max} , při delších závodech 20–40 min na úrovni 90–95 % VO_{2max} a při závodě delším než jedna hodina obvykle pod 90 % VO_{2max} . Průměrné hodnoty VO_{2max} se u běžné populace pohybují u mužů kolem 45 ml/kg/min, u žen 35 ml/kg/min. Špičkoví vrcholoví sportovci se dostávají až za hodnoty 78 ml/kg/min (u mužů) a 68 ml/kg/min (u žen; Zahradník, Korvas, 2012)

2.3.3 Poměr respirační výměny

S rostoucí intenzitou zatížení vzrůstá spotřeba energie a tím i spotřeba O_2 . Informaci o aktuálně metabolizovaných substrátech podává **respirační kvocient (RQ)**. RQ je poměr vyloučeného CO_2 ke spotřebovanému O_2 v buňce periferních tkání (Neumann et al., 2005). Poměr mezi výdejem CO_2 a příjmem O_2 v daném časovém úseku bez dosažení rovnovážného stavu udává **poměr respirační výměny (RER)**. Používá se k nepřímému stanovení aktuálně využívaného energetického substrátu jako zdroje energie (Tab. 2). Tento poměr je stejný jako RQ pouze v rovnovážném stavu (Štejfa, 2007; Ramos-Jiménez et al., 2008).

Tab. 2 Poměr respirační výměny při různém typu metabolismu

RER [l CO_2 /l O_2]	Metabolismus
1,0	sacharidy
0,9	sacharidy–lipidy
0,8	lipidy–sacharidy
0,7	lipidy

(Zdroj: <https://publi.cz/books/51/06.html>)

Se zvyšující se intenzitou tréninku se zvyšuje energetický výdej, přičemž VO_2 odráží energetický výdej lépe než HR. V laboratorních podmínkách se určuje energetický výdej na základě spotřeby O_2 . Platí vztah $1 \text{ l } O_2 = 5 \text{ cal}$. Kupříkladu běžec, který spotřebovává $4,0 \text{ l/min}$ (nebo 66 ml/kg/min), spaluje přibližně 20 cal/min (Benson, Connolly, 2012).

Jelikož je měření VO_{2max} obtížně dostupné, je k monitorování tréninku příhodnější vycházet ze **vztahu mezi HR a VO_2** . Odezva HR vyjadřuje, s jakou námahou srdečně-cévní systém pracuje na distribuci kyslíku. Vzestup HR je zhruba úměrný vzestupu VO_2 , průběh změn ale není lineární. U méně náročných cvičení se obě proměnné zvyšují podobným způsobem, u cvičení s vysokou intenzitou se HR ustálí, VO_2 se ale dále zvyšuje. Významně se také liší způsob odezvy na zátěž na začátku cvičení, kdy se HR dramaticky a rychle zvýší, bez ohledu na intenzitu cvičení, naproti tomu VO_2 se mění jen velmi málo a pomalu. Praktické využití má zejména vztah mezi HR a intenzitou. Po určité době tréninku by měl sportovec vykazovat nižší hodnoty HR při stejném zatížení a stejné VO_2 při stejném zatížení (přičemž VO_2 vyjádřeno procenty z VO_{2max} je nižší, protože došlo ke zvýšení maximální kapacity). VO_{2max} se zvyšuje v důsledku zhuštěné kardiovaskulární sítě v srdci, plicích a kosterním svalstvu, zlepšenému využívání kyslíku a metabolismu tuků. HR se snižuje, protože srdce na jeden tep dokáže přepravit více krve (Benson, Connolly, 2012).

2.3.4 Srdeční (tepová) frekvence

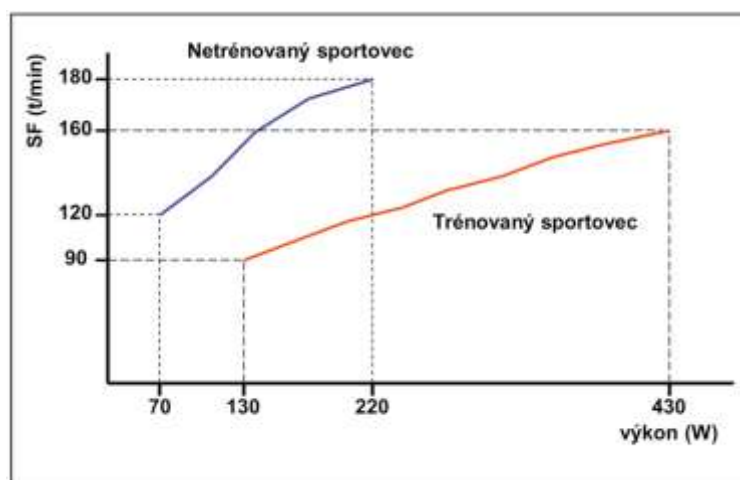
V průběhu fyzické zátěže narůstají metabolické nároky svalové tkáně, dochází ke zvýšení minutového srdečního výdeje a vzrůstu srdeční aktivity. Zvýšení minutového výdeje je dosaženo zvětšením tepového objemu a dále zvýšením HR. Měření tepového objemu je technicky náročné, jako hlavní ukazatel srdeční aktivity se proto používá změna tepové frekvence (Feltl, 2012).

Tepová frekvence se řadí k základním a nejčastěji vyhodnocovaným fyziologickým údajům v různých oborech fyziologie, lékařství, v pracovním nebo sportovním lékařství. HR je reprezentativní veličinou pro posouzení zatížení srdečně-oběhového systému, reaguje velmi rychle na změny při zatížení organismu, zejména svalstva, přičemž nejcitlivěji reaguje na zvýšení intenzity a odporu (Neumann et al., 2005). Srdeční frekvence je měřena na srdci a udává počet stahů srdce za minutu a uvádí se v úderech/min. Tepovou frekvenci můžeme považovat jako synonymum k srdeční frekvenci s tím, že tepová frekvence je měřena na tepně (nejčastěji na vřetenní tepně - *a. radialis*) a uvádí se v tepech/min (Bernaciková, 2012). Pro účely této práce jsou pojmy tepová a srdeční frekvence brány jako ekvivalentní a jsou nahrazeny anglickou variantou – **Heart Rate (HR)**.

Klidová srdeční frekvence (HR_{klid}) velmi citlivě poukazuje na stav vegetativního nervového systému a trénovanost dětí i dospělých. HR_{klid} se obvykle měří ráno po probuzení palpačně po dobu 10 sekund a naměřená hodnota se vynásobí šesti. Pravidelná fyzická aktivita a vytrvalostně zaměřený trénink vede k aktivaci parasympatického nervového systému, což utlumuje srdeční činnost a zároveň vede k poklesu HR_{klid} . Lidé s nižší HR_{klid} se navíc dožívají vyššího věku, než osoby, které mají neustále zvýšené hodnoty (> 75 tepů/min). Hodnoty HR_{klid} u netrévaného jedince se většinou nachází v rozmezí mezi 70–80 tepů/min (u žen v průměru o 6 tepů/min vyšší; Neumann et al., 2005). Pravidelným tréninkem je možné snížit hodnoty HR_{klid} až na 40–50 tepů/min. Špičkoví vytrvalostní běžci mohou mít hodnoty HR_{klid} 30 tepů/min (Tvrzník, Gerych, 2014). Hodnoty HR pod 60 tepů/min se označují pojmem bradykardie, nad 90 tepů/min tachykardie (Novotný, 2014).

Maximální srdeční frekvence (HR_{max}) je dosaženo při maximálním zatížení a udává se jako maximální počet srdečních tepů za minutu. HR_{max} lze podle Tanaka et. al. (2001) měřit v posledních chvílích maximální zátěže, která byla z důvodu vyčerpání ukončena. Ze studií prováděných v posledních 100 letech vyplývá, že HR_{max} je zřejmě podmíněna geneticky a je vázána zejména na pohlaví a na věk; tréninkovou adaptací, ani zvyšující se intenzitou fyzické aktivity nemůže být překročena (Robergs, Landwehr, 2002). Hodnota HR_{max} slouží v praxi zejména pro orientační odvození intenzit zátěžových pásem.

Úroveň výkonnosti jedince lze odhadovat ze strmosti nárůstu HR při stupňovitém zatížení. Plochý nárůst HR poukazuje na silovou vytrvalost dolních končetin a dobrou výkonnost srdečně-oběhového systému (Obr. 3).

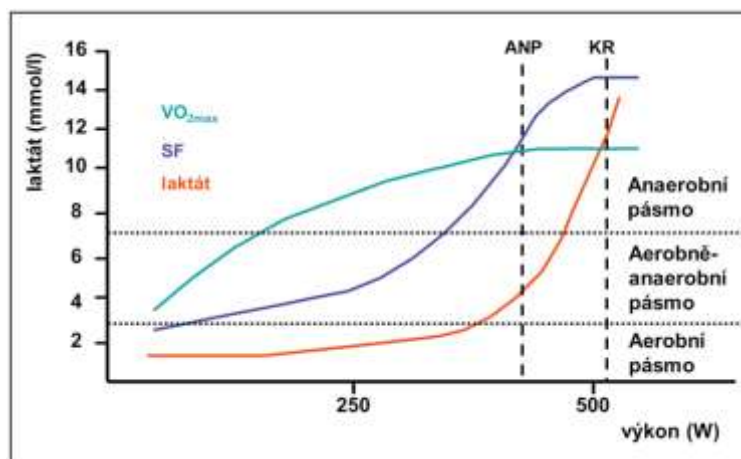


Obr. 3 Příklad nárůstu srdeční frekvence u vrcholových a začínajících sportovců. (Zdroj: <https://publi.cz/books/51/06.html>)

Při stálé rychlosti pohybu dosáhne po určité době HR rovnovážného stavu, přičemž vrcholový sportovec dosáhne ustáleného stavu rychleji, než sportovec s horší

výkonností (Neumann et al., 2005). Při tomto stavu může jedinec vykonávat fyzickou aktivitu teoreticky neomezenou dobu, protože příjem O_2 je pro uhrazení požadavku svalu dostatečný. Při déle trvajícím zatížení a při stejné rychlosti pohybu se i přes relativní stabilizaci bude HR pozvolna zvyšovat, protože dochází ke zvýšení tělesné teploty a únavě (Pastucha, 2014). Tento nárůst činí podle Neumann, Pfützner, Hottenrott (2005) při 60min tréninku asi 10 tepů/min. HR se vrací k počátečním hodnotám až v době uklidnění. Čím strměji se HR vrací na původní hladinu v době zotavení, tím je jedinec zdatnější (Dovalil, 2002).

Dynamiku výše zmíněných ukazatelů zatížení shrnuje Obr. 4. Například běžci, kterému se na běžeckém páse v pravidelných intervalech stupňovitě zvyšuje rychlost běhátka, se bude HR zvyšovat v závislosti na rychlosti běhu až k hodnotě kritické intenzity, a to tím pozvolněji, čím víc je běžec trénovaný. Dále už nedochází k nárůstu HR. Spotřeba O_2 bude také plynule narůstat až do hodnoty kritické intenzity. Křivka laktátu se bude zpočátku držet na stejné hodnotě, což odpovídá čerpání energetických požadavků za přístupu O_2 . Vzroste-li intenzita zátěže natolik, že k úhradě energie již nestačí pouze aerobní procesy, zapojí se anaerobní procesy – křivka laktátu strmě naroste (Zahradník, Korvas, 2012).



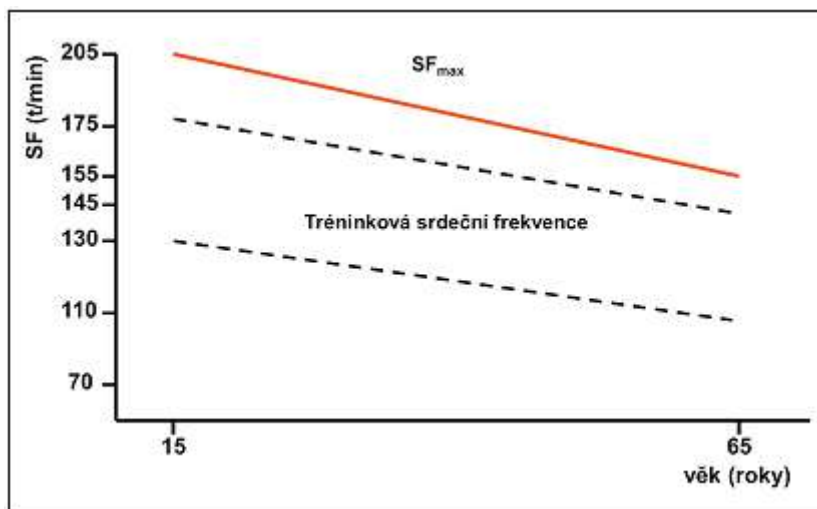
Obr. 4 **Dynamika ukazatelů zatížení v průběhu zatížení.**

VO_{2max} : maximální spotřeba kyslíku, HR: srdeční frekvence, ANP: anaerobní práh, KR: kritická intenzita. (Zdroj: <https://publi.cz/books/51/06.html>)

2.3.4.1 Faktory ovlivňující srdeční frekvenci

HR je ovlivněna celou řadou faktorů. Podle Neumann et al. (2005) patří mezi nejvýznamnější věk, pohlaví, velikost srdce, sportovní výkonnost a zdravotní stav. Hnízdil (2011) řadí navíc vnitřní faktory, jako jsou psychoemoční zatížení, kardiovaskulární drift, hydratace, každodenní variabilita srdeční frekvence, výživa a farmaka a z vnějších faktorů teplotu a vlhkost vzduchu, popřípadě nadmořskou výšku.

Děti mají HR_{klid} přibližně o 10 tepů/min vyšší než dospělí. HR_{max} obecně s přibývajícím věkem klesá (Obr. 5; Neumann et al., 2005). Pokles s věkem je možné sledovat i u hodnot HR_{klid} a hodnot ANP (Hnízdil, 2011).



Obr. 5 Vztah mezi maximální tepovou frekvencí a věkem.

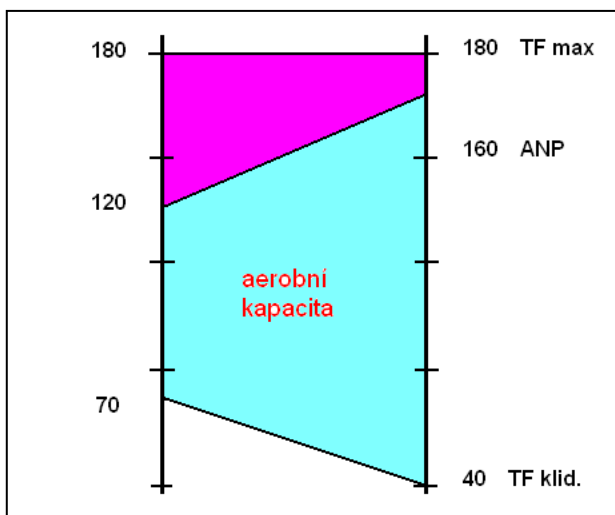
SF_{max} : maximální srdeční frekvence.

(Zdroj: <https://publi.cz/books/51/06.html>)

Ženy (i děti) mají obecně vyšší HR, než muži. Ženy mají konstitučně menší srdce, z toho důvodu musí jejich srdce při PA tepat rychleji (Neumann et al., 2005).

V důsledku přetrénování nebo nemoci se HR_{klid} zvyšuje. HR_{max} je při onemocnění poněkud nižší u velmi dobře trénovaných jedinců. Podobně reaguje HR při nedostatečném zotavení mezi dvěma tréninkovými jednotkami (Hnízdil, 2011; Novotný, 2014).

Jak již bylo zmíněno, pokles HR při srovnatelném tréninkovém zatížení značí zlepšení výkonnosti (Zahradník, Korvas, 2012). Na Obr. 6 můžeme vidět rozdíl v rozpětí HR u začínajícího běžce (levá osa) a u stejného běžce po několika letech tréninku (pravá osa). Rozpětím je dána vzdálenost mezi hodnotami HR_{klid} a ANP. Z obrázku vyplývá, že rozpětí HR u začínajícího běžce je podstatně nižší než u trénovaného. Rozdíl mezi HR_{klid} a ANP je možné popsat jako aerobní kapacitu. ANP (neboli horní hranice aerobní kapacity) je v našem případě 120 tepů/min pro netrénovaného jedince a 170 tepů/min pro trénovaného. V důsledku tréninku se aerobní kapacita jedince značně zvýšila, což mu umožňuje pracovat delší dobu při vyšší intenzitě bez nepříjemné a výkon limitující kumulace LA (Tvrzník, Soumar, 2012; Tvrzník, Gerych, 2014).



Obr. 6 Dlouhodobý vliv tréninku na tepovou frekvenci.

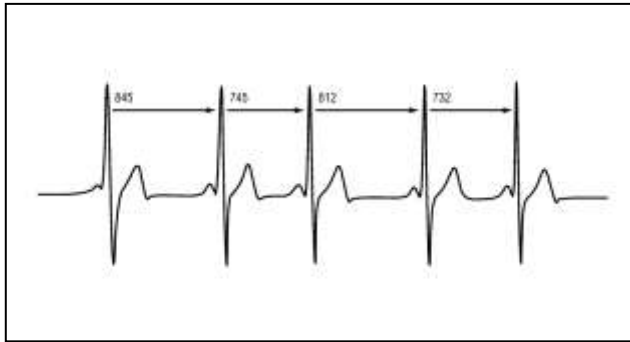
Schéma znázorňuje výrazný rozdíl v aerobní kapacitě u trénovaného sportovce (pravá osa) a netréované osoby (levá osa). ANP: anaerobní práh, TF klid.: klidová tepová frekvence.

(Zdroj: <http://www.svetbehu.cz/uz-beham-ale-chci-lepe/20895-co-nam-rika-tepova-frekvence/>)

Testované osobě (TO) se může zvýšit HR např. vlivem neznámého prostředí laboratoře, personálu, měřicích přístrojů, pohybu na běhátku, obav o výsledek hodnocení apod. Tzv. psychoemoční zatížení může znamenat vzestup HR až o 20 % bez metabolického opodstatnění (Hnízdil, 2011).

Kardiovaskulární drift (falešné zvýšení HR) je dobře známý jev, charakterizovaný nárůstem HR v počátečních fázích cvičení při udržování konstantní rychlosti. Dochází k němu zejména v horku a vlhku během zátěže (Wingo et al., 2012).

HR se liší s každým srdečním úderem. Odchylka intervalů mezi jednotlivými úderů srdce (R-R intervaly) se nazývá variabilita srdeční frekvence (HRV). HRV je kolísání HR kolem její průměrné hodnoty (Obr. 7). HR 60 úderů/min tedy neznamená, že interval mezi jednotlivými úderů srdce je přesně 1,0 s, ale spíše se může lišit v rozmezí od 0,5–2,0 s. Tato fyziologická adaptace HR je jedním z typických znaků autonomních, integrativních funkcí živých organismů. Vysoká HRV je známkou dobré adaptability systému, tedy „zdravých“ regulací srdečních funkcí. V průběhu cvičení se hodnota HRV snižuje s růstem HR a intenzitou cvičení. V průběhu dne HR kolísá v závislosti na aktivitě vegetativního nervového systému. Sympatikus zvyšuje HR a parasympatikus ji snižuje (Pumprla et al., 2014). Umetani et al. (1998) navíc uvádí, že HRV mají ve věkové skupině do 30 let muži výrazně vyšší, než ženy ve stejné věkové kategorii, ve věku nad 50 let se odlišnosti vytrácí.



Obr. 7 **R-R interval.** R-R interval je doba mezi jednotlivými údery srdce, kolísající kolem své průměrné hodnoty.

(Zdroj: http://support.polar.com/e_manuals/RC3_GPS/Polar_RC3_GPS_Altitude_user_manual_Cestina/ch11.html#Heart_rate_variability)

Kvalitní strava při tréninku a dlouhodobém vytrvalostním výkonu může přispět k jeho zlepšení. Zvláště při vytrvalostním výkonu je potřeba udržet rovnováhu mezi potřebným energetickým příjmem a výdejem. Podobně je to s hydratací organismu. Během vytrvalostního výkonu se hodnoty HR pohybují na nižší úrovni a organismu je odolnější vůči zátěži, pokud se pravidelně podávají tekutiny (250 ml každých 15 minut; Dovalil, 2009; Burke, Maughan, 2006).

2.4 Faktory ovlivňující vytrvalostní výkonnost

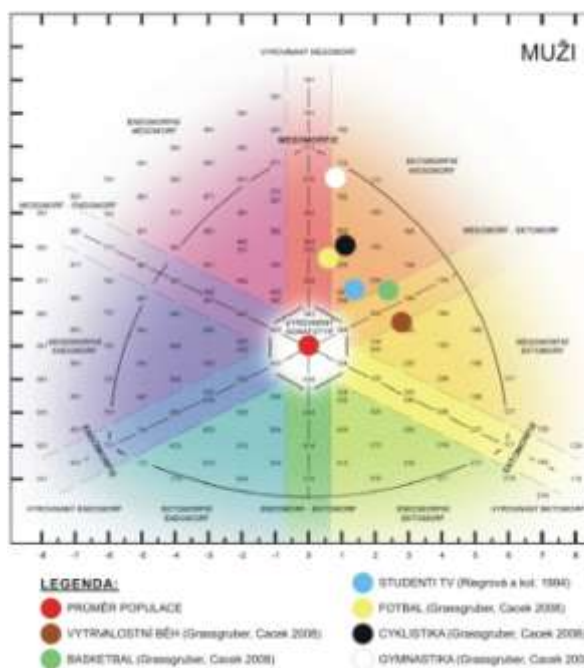
Podle Dovalil (2009) můžeme definovat vytrvalost jako pohybovou schopnost člověka k dlouhotrvající tělesné činnosti. Je to soubor předpokladů člověka provádět fyzickou aktivitu s určitou nižší než maximální intenzitou po co nejdelší dobu, nebo po stanovenou dobu při nejvyšší možné intenzitě. Vytrvalost, jakožto nejvýznamnější kondiční schopnost, je velmi důležitým předpokladem pro běh. Významný vliv na běžeckou výkonnost mají některé geneticky dané biologické a fyziologické předpoklady, jako jsou **typ postavy, svalová struktura a maximální spotřeba kyslíku**. Tyto vrozené faktory je ale možné tréninkem částečně ovlivnit. Rozdílné vytrvalostní předpoklady každého jedince jsou také důvodem, proč je někdo schopný bez systematictější přípravy uběhnout maraton a jiný se na něj musí roky připravovat (Tvrzník, Soumar, 2012).

Pro mnohé sporty je významným faktorem optimální tělesná stavba, která je charakterizována somatickými rozměry (délka, šířka, obvod, aj.). Na druhou stranu, i sportovní aktivita se může podílet na změně rozměrů těla, především rozvojem svalové hmoty a redukcí tukové tkáně. Stavbu těla můžeme charakterizovat pomocí somatotypů, přičemž nejpoužívanější klasifikace je dle Sheldona. Každý somatotyp je pro konkrétní sport více či méně vhodný (Bernaciková et al., 2014). Dle Sheldona je somatotyp určován vzájemným vztahem tří morfologických komponent, jejichž název je odvozen od zárodečných listů, zakládajících 3 typy tělesných tkání – endoderm, mezoderm a ektoderm. Stupeň rozvoje jednotlivých tkání je dán číselnou hodnotou na stupnici 1–7.

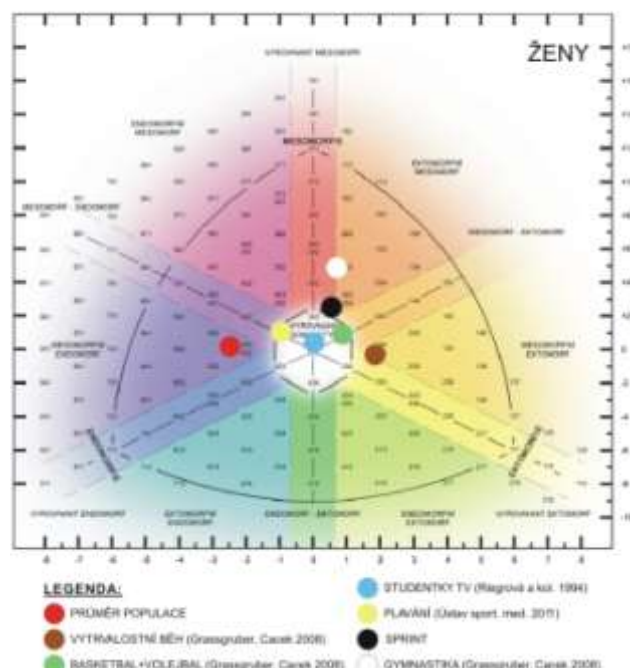
Somatotyp je následně vyjádřen trojicí čísel – první číslo patří endomorfii, druhé mezomorfii a třetí ektomorfii (Straková, 2005). Číslo 1 značí nejslabší a 7 nejsilnější uplatnění daného komponentu (vzácně i více). Průměrná hodnota v populaci je 3,5-3,5-3,5. Extrémní somatotypy najdeme jen zřídka (Novotný, 2013).

Extrémní endomorf je charakterizován kulatou hlavou, velkým tučným břichem, slabými pažemi, nohama s velkým množstvím tuku v proximálních částech, slabými kotníky a zápěstím. Sheldon předpokládal, že lidé se silně uplatněnou endomorfní složkou disponují více tukovými buňkami. **Extrémní mezomorf** je charakterizován čtverhrannou masivní hlavou, širokými rameny a hrudníkem, svalnatými pažemi a jeho nohy mají silné distální segmenty vzhledem k segmentům proximálním. U tohoto typu převažují svaly a kosti, a má minimální množství podkožního tuku. **Extrémní ektomorf** je charakterizován úzkým špičatým obličejem, úzkým hrudníkem a břichem, dlouhými končetinami. Nedisponuje velkou svalovou hmotou ani podkožním tukem, je hubený (Kleinwächterová, Brázdová, 2001).

Vzájemný vztah jednotlivých komponent a výpovědní možnosti se dají představit pomocí zaobleného trojúhelníku. V rozích se nachází extrémní hodnoty jednotlivých komponent. Endomorfii najdeme vlevo dole, mezomorfii v horním rohu a vpravo dole ektomorfii (Obr. 8, 9). Typickými zástupci mezomorfů jsou velmi svalnatí atleti (2-7-1), typickými zástupci ektomorfů jsou štíhlí vytrvalci (1-2-5). Existuje řada přechodných typů, např. štíhlý, ale svalnatý plavec může být ektomorfním mezomorfem (převládá mezomorfie: 2-5-4; Novotný, 2013).



Obr. 8 Somatotyp – muži.
(Zdroj: <https://publi.cz/books/159/01.html>)



Obr. 9 Somatotyp – ženy.

2.5 Metody měření tepové frekvence

Měřením HR získáváme základní informace o činnosti srdce. HR patří k základním ukazatelům při posuzování stavu organismu v klidu, při zátěži nebo náhlých poruchách srdce. Metody, které umožňují snímat HR, jsou typem zpracování podobné; odlišují se ve způsobu využití, dostupnosti a principu snímání. HR lze v podstatě sledovat ze všech veličin, které činnost srdce přímo určují nebo doprovázejí. Mezi tyto biologické veličiny patří elektrický signál, akustický signál, změny tlaku krve v oběhovém systému, změny objemu tkáně jako důsledek změn tlaku v oběhovém systému, změny impedance tkáně související se změnou množství krve v daném úseku tkáně, což je důsledkem změn tlaku krve v oběhovém systému, změny rychlosti proudění krve, jako důsledek změn tlaku krve v oběhovém systému (Penhaker, Augustynek, 2013).

Nejjednodušší a nejdostupnější metody jsou **palpační** nebo **auskultační**, které jsou zároveň nejméně přesné a využívají se spíše při sebekontrolě (vzácně v terénních podmínkách; Placheta et al., 1999). Krev vypuzená během stahu myokardu do aorty vyvolává tlakovou vlnu, která se stěnou cév šíří na periferii. Tlaková vlna rozpíná stěny tepen a toto roztažení je hmatné jako puls neboli tep (Ganong, 2005).

Elektrokardiografie (EKG) je velmi vhodná metoda k měření HR. Uplatňuje se v laboratoři i v terénu. Nové systémy pro monitorování a záznam HR jsou vysoce spolehlivé i při tělesném pohybu. Přístroje mají nejrůznější funkce; moderní jsou odolné vůči vodě, nárazům a prachu, mají vysokou kapacitu paměti a různé možnosti zpracování výsledků počítačem (Placheta et al., 1999). EKG zobrazuje elektrickou aktivitu srdce v průběhu času v podobě elektrokardiogramu (grafického zobrazení jednotlivých křivek EKG). Z času, který uplyne mezi dvěma po sobě následujícími srdečními stahy (R-R interval) je vypočtena minutová srdeční frekvence (Novotný, 2014).

Snímání tepu **optickou cestou** spočívá v pohltivosti světla protékající krve. Prokrvovaná tkáň vykazuje v průběhu času změnu absorpce světla, která je závislá na tepu srdce. Jedná se o malý přístroj, v praxi kombinovaný s oxymetrem, který měří obsah O₂ v krvi. Metoda je velmi náchylná na pohyb pacienta a na otřesy, pro měření HR v průběhu zátěže tedy není vhodná (Šeda, 2010).

Telemetrické měření převádí pomocí telemetrických systémů EKG naměřené hodnoty na dálku. Telemetrické měřiče mají význam zejména při sledování HR v průběhu pohybové aktivity. Jsou dostupné široké veřejnosti, která je využívá nejčastěji k hodnocení intenzity tělesné zátěže. Měřiče jsou vybaveny detektorem R-vlny. Dochází ke snímání jednoho svodu EKG pomocí hrudního pásu s elektrodami, který je umístěn za pomoci elastického popruhu na hrudníku. Detektor R-vln zjišťuje přítomnost QRS komplexu v signálu EKG. QRS představuje stah komorové svaloviny

srdce. Tyto údaje jsou snímány elektronickým zařízením zabudovaným spolu s displejem do hodinkového pouzdra, které již vyhodnotí tento údaj na odpovídající hodnoty HR (Radvanský, Máček, 2011; Sovová, 2006).

Optimální určení režimu práce během cvičební jednotky zajišťují elektronické měřicí přístroje HR – **sporttestery** (pulsmetry). Sporttester měří HR za pomoci hrudního pásu, který má snímač se dvěma elektrodami, při fyzické aktivitě a zobrazuje ji na hodinkách. Slouží jako zpětná vazba, která osobu informuje o intenzitě cvičení a dovoluje ji kontrolovat. Na přístrojích se například může nastavit zvolená intenzita zátěže dle HR_{max} , Jakmile se HR vychýlí ze zvoleného rozpětí, přístroj vyše zvukový signál (Hložková, Mikušová, 2014). Vhodný sporttester s kvalitním softwarem poskytuje informace o správné intenzitě cvičení pro rozvoj aerobního nebo anaerobního systému, o správném množství času stráveného v příslušných tréninkových pásmech, aj. (Benson, Connolly, 2012).

2.6 Zjišťování maximální tepové frekvence

Možnosti měření HR_{max} využívá běžná populace k vymezení režimů intenzity cvičení (určení tréninkových zón), které tvoří součást běžných doporučení pro rozvoj a udržení kardiorespirační zdatnosti. Tato doporučení se udávají z hlediska jejich frekvence, trvání a intenzity. Intenzita cvičení vychází z HR_{max} nebo z rezervy srdeční frekvence, která představuje rozdíl mezi HR_{max} a HR_{klid} (Hunt, Fankhauser, 2016).

2.6.1 Predikční rovnice

HR_{max} lze stanovit provedením zátěžového testu, který však vyžaduje, aby se tělo i srdce dostalo ke svým limitům. Pokud není možné laboratorně zjistit hraniční hodnotu HR_{max} , vychází se z teoretických výpočtů – predikčních rovnic pro výpočet HR_{max} (Gellish, 2007).

Odhady HR_{max} se objevovaly již na konci 40. let min století. V roce 1971 zveřejnil výzkumný tým vedený Foxem, Naughtonem a Haskelllem ve své publikaci *Physical Activity And The Prevention Of Coronary Heart Disease* nejjednodušší a nejnámější výpočet HR_{max} , a to ze vzorce $HR_{max} = 220 - \text{věk}$. V roce 2002 publikovali vědci Robergs a Landwehr v odborném časopise *Journal of Exercise Physiology* přezkoumání k historii této rovnice (*The Surprising History Of The “ $HR_{max}=220-Age$ ” Equation*). Zjistili, že navzdory všeobecnému uznávání, udává rovnice HR_{max} s velikostí jedné směrodatné odchylky $\pm 7 - 11$ tepů/min. Při zjišťování historie objevení této rovnice vědci zjistili, že nevzešla z původního výzkumu, ale pocházela z pozorování asi 11 referencí, ať už z publikovaných výzkumů nebo nepublikované vědecké kompilace. Podle autorů tato rovnice nemá velký vědecký význam pro použití ve fyziologii cvičení a příbuzných oborech (Robergs, Landwehr, 2002).

Londeree, Moeschberger (1982) poukázali na fakt, že HR_{max} se mění s věkem a navrhli alternativní vzorec $HR_{max} = 206,3 - (0,711 \times \text{věk})$. V rámci této studie byly také sledovány další proměnné a zjistilo se, že pohlaví ani lidská rasa nemají na HR_{max} vliv; naopak bylo zjištěno, že HR_{max} je ovlivněna tělesnou aktivitou a úrovní fyzické zdatnosti. Podle vědců mají trénovaní jedinci HR_{max} o 3–4 tepů/min nižší než sedaví jedinci. Dále studie prokázala, že HR_{max} na běžeckém páse je trvale o 5–6 tepů vyšší než na bicyklovém ergometru, o 2–3 tepů vyšší na veslovacím ergometru a při plavání je až o 14 tepů/min nižší.

Robergs, Landwehr (2002) doporučují dle provedeného přezkoumání predikčních rovnic jako nejpřesnější rovnici dle Inbara et al. (1994) ze vzorce $HR_{max} = 205,8 - (0,685 \times \text{věk})$. I podle Houdová, Čechovská (2012) je tato predikční rovnice považována za přijatelnou metodu pro odhad hodnoty HR_{max} .

Podle vědců Tanaka et al. (2001) je HR_{max} významně ovlivněna zejména věkem a k výpočtu HR_{max} doporučují pro zdravé dospělé osoby rovnici ve tvaru $HR_{max} = 208 - (0,7 \times \text{věk})$.

Podle Neumann, Pfützner, Hottenrott (2005) je možné k orientačnímu určení HR_{max} možné použít vzorec $HR_{max} = 220 - \text{věk} \pm 15 \text{ tepů/min}$.

V roce 2006 byly zhodnoceny výsledky retrospektivní analýzy stupňovaných zátěžových testů, získaných mezi lety 1978–2003 u 132 jedinců obou pohlaví. Dle získaných HR_{max} během testů nejlépe odrážela skutečnou HR_{max} rovnice $HR_{max} = 207 - 0,7 \times \text{věk}$ (Gellish, 2007).

Podle Jackson (2007) odráží přesněji vztah mezi věkem a HR_{max} rovnice $HR_{max} = 206,9 - (0,67 \times \text{věk})$.

O rok později přišel výzkum pod vedením Whyte et al. (2008) s následujícími vzorci pro predikci HR_{max} , a to pro sportovce věnující se aerobním (vytrvalostním) i anaerobním sportům:

Sportovci – muži: $HR_{max} = 202 - (0,55 \times \text{věk})$

Sportovci – ženy: $HR_{max} = 216 - (1,09 \times \text{věk})$

Výzkum provedený Gulati et al. (2010) zjistil, že tradiční výpočet ($220 - \text{věk}$) nadhodnocuje HR_{max} u žen. Vědci zkoumali souvislost mezi odpovědí srdeční frekvence při zátěžovém testování ve vztahu k věku u 5437 žen a došli k závěru, že průměrné hodnoty HR_{max} u žen odpovídají nejpřesněji rovnici $HR_{max} = 206 - (0,88 \times \text{věk})$.

2.6.2 Zátěžové vyšetření

HR_{max} je možné určit také pomocí zátěžového vyšetření, prováděného v laboratoři nebo v terénu. Laboratorní podmínky poskytují přesnější hodnocení a lepší interpretaci výsledků, protože probíhají za standardních podmínek a jsou přítomny stroje na dávkování zátěže. Tyto přístroje by měly být bezpečné a pravidelně kalibrované (Sovová, Sedlářová, 2014). V rámci terénních testů se sleduje reakce na specifickou zátěž ve sportovním prostředí. K terénním testům je zapotřebí speciální přenosná přístrojová technika, ale jistou výhodou je monitorování sportovce při vlastním výkonu (Novotný, 2009). V laboratoři patří mezi dva nejčastější zdroje fyzického zatížení běžecský pás a bicyklový ergometr. Mezi další způsoby zátěže se řadí rumpál, farmakologické zátěžové testy, echo zátěž a síňová stimulace (Beňačka, 2013).

Výhoda **běžecského pásu** (běžecského trenažéru, běhátka) spočívá v tom, že se na něm provádí přirozený pohyb – chůze nebo běh (na rozdíl od jízdy na bicyklu). Zatížení je stupňováno změnou úhlu sklonu (až 30–35 °) a rychlostí běžícího pásu (např. 0–25 km/h). V důsledku fyziologického zatížení a zapojení většího množství svalové hmoty bývá zpravidla dosahováno vyšší úrovně spotřeby kyslíku i srdeční frekvence (Chaloupka, Elbl, 2003). Podle Bartůňková (2013) bývá dosaženo o 6–10 % vyšších hodnot VO_{2max} . Nevýhodou běžecského pásu je jeho vyšší pořizovací cena, hlučnost a větší nároky na prostor. Některé osoby mohou mít problém udržet stabilitu na pásu (Beňačka, 2013).

Bicyklové ergometry umožňují přesně dávkovatelnou mechanickou zátěž – odporem vůči pracujícím svalům (Novotný, 2009). Zátěž se zvyšuje za pomoci mechanické nebo elektromagnetické brzdy. Jízda na bicyklovém ergometru není srovnatelná s přirozenější chůzí a výsledek může být ovlivněn trénovaností dolních končetin (Chaloupka, Elbl, 2003).

Nejpřesnější výsledky pro posouzení kardiopulmonální tělesné zdatnosti (s následným doporučením individuální pohybové aktivity) poskytuje zátěžové **spiroergometrické vyšetření**. Provádí se nejčastěji jako stupňovaný zátěžový test na bicyklovém ergometru nebo běhátku. Při vyšetření jsou získány hodnoty VO_{2max} , objemu vydechaného oxidu uhličitého, poměru respirační výměny, dechové frekvence, celkové ventilace, dechového objemu, nárůstu krevního tlaku, HR v průběhu zatížení, HR_{max} a koncentraci LA v krvi (aerobní a anaerobní práh). O ukončení testu rozhoduje samotná TO, jakmile cítí dosažení subjektivního maxima zatížení, nebo je test přerušeno při změnách na EKG a při neúměrném zvýšení tlaku (Müllerová, Aujezdská, 2014).

Podle Novotný (2009) se provádí zátěžové testy u pacientů i sportovců pro zjištění funkční a výkonnostní hodnoty organismu, která poskytuje přehled o zdraví a trénovanosti jedince. Dále je možná kontrola změny stavu (například po určitém

období, nebo pohybovém režimu) a plánování pohybového režimu. Zejména u sportovců slouží dále k odhalení některých závažných arytmií nebo ischemických změn srdečního svalu, a k posouzení správné tlakové a tepové odpovědi na zátěž (Beňačka, 2013). Adámková (2016) uvádí, že zátěžové vyšetření v Evropských zemích se provádí většinou bicyklovou ergometrií, v USA se využívá běhátka.

Intenzita zátěže může být při prováděném testu nízká, střední, submaximální nebo maximální (Heller, Vodička, 2011). Rydlo et al. (2014) přidává ještě testy supramaximální s významnou anaerobní komponentou. Velmi často se provádí maximální zátěžové testy na běžeckém páse. Při těchto testech může dojít ke špatné adaptaci TO na vysokou rychlost pásu v závěrech testů, může proto dojít k předčasnému ukončení testů, kdy ještě nedošlo k úplnému vyčerpání dýchacího, oběhového a metabolického systému (Heller, Vodička, 2011; Novotný, 2013).

Zátěžové protokoly pro běžecký pás se liší v metodických postupech. V prvním případě se zvyšuje rychlost pásu a sklon zůstává stejný, ve druhém případě je rychlost pásu konstantní a zvyšuje se úhel sklonu a u třetí varianty se zvyšuje rychlost pásu i sklon (Evans, White, 2009). Pro testování zátěže do maxima doporučuje Pastucha (2014) protokoly rampové, při kterých si osoba zvyšuje zátěž individuálně a kontinuálně do maxima zhruba po 60 s. Je-li test delší než 8–12 minut, skončí většina osob z důvodů kardiopirační limitace, popř. kvůli svalovým problémům. Fletcher et al. (2013) také zdůrazňuje, že protokoly by měly být sestaveny individuálně dle subjektu, který je testován. Protokoly obsahují vždy počáteční zahřívací fázi (při nízké zátěži), následovanou postupným zátěžovým testem se zvyšujícím se zatížením. Dodává, že některé TO, které jsou starší, obézní nebo mají obtíže s chůzí, jsou nuceni přestat vykonávat předčasně test z důvodu pohybových obtíží nebo neschopnosti tolerovat přírůstky vysokého vyčerpání. Pro rampový protokol doporučuje dokončení protokolu v průběhu 6–12 minut. Schweltnus (2009) uvádí typický příklad rampového protokolu, který dobře odráží HR_{max} následovně: TO začne běžet na běžícím páse rychlostí $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a každou minutu bude zvyšovat rychlost o $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, dokud nedosáhne rychlosti $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V případě potřeby se může rychlost ještě navýšit, popřípadě se může zvýšit sklon pásu. Zároveň ale uvádí, že tento protokol je vhodný pro běžce a dobře trénované jedince. Protokoly zátěžových testů by tedy měly být vytvořené individuálně, tak aby odpovídaly cíli, pro který jsou prováděny.

Podmínkou správně provedeného zátěžového testu do maxima je uvést TO do stavu úplného vyčerpání (vyčerpání). Dosažení úplného vyčerpání vyžaduje jistou míru volných schopností a souvisí s motivací k provedení zátěžového testu. K tomuto posouzení se používají objektivní a subjektivní kritéria, která se liší svou přesností a spolehlivostí (Vilikus, 2012).

Subjektivní vyčerpání je možné charakterizovat žádostí TO o ukončení zátěže, nevolností, závratí a klaudikačními obtížemi. Při hodnocení maximálních zátěžových

testů subjektivními ukazateli tedy může nastat problém v tom, že TO nemusela dosáhnout skutečně svých maximálních hodnot a ukončí test příliš brzy; tyto ukazatele se považují za nejméně spolehlivé. Každá osoba by měla být schopna subjektivně rozlišovat těžké úkoly od lehkých. Pro tyto účely byla navržena Borgova škála (Tab. 3) subjektivně vnímané námahy (RPE – rate of perceived exertion), která se využívá pro subjektivní odhad a způsob regulaci intenzity zátěže. Jedná se o číselnou stupnici bodů s rozsahem od 6 (odpočinek) do 20 (vyčerpání), která je doplněná verbálními ekvivalenty u lichých čísel. Tímto způsobem se posuzuje velikost zátěže při fyzickém zatížení, neumožňuje však objektivní měření námahy (Benson, Connolly, 2012; Kudlová, 2015).

Tab. 3 Borgova škála subjektivního vnímání zátěže

Bodové hodnocení (RPE)	Slovní hodnota
6	
7	Velmi velmi lehká
8	
9	Velmi lehká
10	
11	Lehká
12	
13	Poněkud namáhavá
14	
15	Namáhavá
16	
17	Velmi namáhavá
18	
19	Velmi velmi namáhavá
20	

RPE – škála subjektivního vnímání zátěže.

(Zdroj: Borg, 1998)

Mezi **objektivní známky dosaženého maxima** patří dyspnoe s vlhkými chropy na plicích, cyanóza, bledá vlhká kůže hlavně na horní polovině těla, zmatenost, koktání, nauzea, aj. Tyto důvody ukončení testu se označují jako konečné body (Placheta et al., 1999). Podle Vilikus (2012) patří mezi nejpřesnější objektivní kritéria spiroergometrické ukazatele. Znamky dosaženého maxima by byly zaznamenány hodnotami RER mezi 1,0–1,2; hodnotami VO_{2max} , která dosáhne plateau a poté alespoň 60 sekund nestoupá a ventilačním ekvivalentem pro kyslík, který dosáhne minimálně hodnoty 35 (jinými slovy, na spotřebování 1 l O_2 musí TO naventilovat nejméně 35 l vzduchu). Evan, White (2009) ještě přidává hladinu laktátu krvi po tělesné zátěži vyšší než 7 mmol/l jako vhodné objektivní kritérium.

2.7 Význam tepové frekvence

2.7.1 Vymezení optimální pohybové aktivity

Lidé jsou morfologicky i funkčně adaptovaní na způsob života, ve kterém byla základním předpokladem úspěšného přežití dobrá tělesná zdatnost. Vývojově jsme přizpůsobeni bipedálnímu vzpřímenému pohybu, střídavému, rovnoměrnému zatížení statickou a dynamickou zátěží. Nicméně současný životní styl více než 50 % světové populace je charakterizován obrovským poklesem fyzické aktivity. V pracovním procesu lidé většinou udržují páteř v nefyziologickém zakřivení a asymetricky zatěžují klouby horních i dolních končetin (Müllerová, Aujezdská, 2014). Celkově lze říci, že u většiny lidí vede správná a pravidelná fyzická aktivita ke zvýšení kardiopulsační a svalové zdatnosti, zvýšení hustoty a odolnosti kostní tkáně, ovlivňuje složení těla ve smyslu zvýšení podílu svalové hmoty a úbytku tukové. Mimo jiné se podílí se na snížení rizika diabetes mellitus typu II, hypertenze, ischemické choroby srdeční a cévní mozkové příhody a pozitivně ovlivňuje hladinu krevních lipidů ve prospěch HDL lipoproteinů; celkově tedy vede ke snížení rizika metabolického syndromu (Bouchard et al., 2012; Stackeová, 2010).

Pro každou populační skupinu jsou jiné požadavky na intenzitu, délku a typ pohybové aktivity tak, aby byla splněna kritéria pro optimální pohybovou aktivitu. Optimální pohybová aktivita je taková, která má pozitivní vliv na zdraví jedince. Pohyb hraje nezastupitelnou roli v ontogenezi každého člověka. Formativně má vliv na vývoj a funkci všech orgánů a systémů organismu. Má-li být zvolená pohybová aktivita optimální, je nezbytné při jejím plánování vycházet z aktuálního zdravotního stavu jedince, z analýzy stávající pohybové aktivity a funkčních i morfologických komponent zdravotně orientované tělesné zdatnosti.

Mezi funkční komponenty fyzické zdatnosti se řadí kardiopulsační zdatnost (aerobní zdatnost nebo pohybová vytrvalost) a neuromuskulární zdatnost (svalová síla, flexibilita, kvalita základních posturálních a pohybových stereotypů). K objektivnímu posouzení strukturálních (morfologických) komponent je třeba znát přesné hodnoty základních antropometrických znaků (tj. výšky a hmotnosti), vybrané obvodové charakteristiky a indexy (zejména BMI; index tělesné hmotnosti). Velmi důležitou roli hraje také výživový stav jedince, poměrné zastoupení tukuprosté tělesné tkáně a tuku v organismu, včetně jeho distribuce (Müllerová, Aujezdská, 2014).

2.7.2 Určení intenzity zátěže podle HR_{max}

Pomocí HR můžeme řídit tréninkové zatížení. Z vypočítané hodnoty je možné přesně definovat zóny zatížení, vzhledem ke stanoveným cílům (Kuhn, 2005). Stále probíhají diskuse, která intenzita HR je nejvhodnější. Většina autorů se kloní k názoru, že výhodnější je nižší intenzita, popřípadě hraje roli čas věnovaný PA. Volba intenzity fyzické aktivity by se měly odvíjet zejména od zdravotního stavu dané osoby. Starší

osoby by měly volit intenzitu mezi 50–60 % HR_{max} , mladší a zdraví jedinci mezi 70–80 % HR_{max} . Při zátěži by osoba neměla pociťovat nadměrnou nefyziologickou dušnost, ani po několika minutách. Praktické doporučení nazývané „test de parler“ říká, že cvičení, nebo jím vyvolaná dušnost by neměly zabránit schopnosti konverzovat s doprovázející osobou (Máček, Radvanský, 2011).

Dalším způsobem, kterým je možné určit optimální rozpětí intenzity zátěže je výpočet z % rezervy tepové frekvence (% HRR), což je rozdíl mezi HR_{klid} a HR_{max} . % HRR se násobí požadovanou intenzitou zátěže a přičte se k HR_{klid} . Celkově vypadá tzv. **Karvonenaova formule** pro výpočet optimální tréninkové HR:

$$\text{Tréninková HR} = [(HR_{max} - HR_{klid}) \times \% \text{ požadované intenzity zátěže} + HR_{klid}]$$
$$*HR_{max} = 220 - \text{věk}$$

Tento výsledek poskytuje přesnější hodnoty než obvykle udávané odhadované rozpětí odhadnuté jen z % HR_{max} , protože započítává HR_{klid} , která je závislá na trénovanosti jedince (Müllerová, Aujezdská, 2014). % HRR stanovil v roce 1957 finský lékař Karvonen, přičemž jeho rovnice je všeobecně přijímána a publikována (Dalleck, Dalleck, 2008; Karvonen et. al, 1957). Hodnoty tepových frekvencí, které Karvonen ve výpočtu využívá, však nejsou jednotné. HR_{max} je dána výpočtem z predikční rovnice, kdežto HR_{klid} je reálně změřená dané osobě (Májková, 2015).

Podle Hložková, Mikušová (2014) by se intenzita zatížení měla pohybovat mezi 60–80 % HR_{max} , pokud chce jedinec dosáhnout zvýšení, popřípadě udržení kondice. Pokud chce průměrně zdatný dospělý člověk postupně zvyšovat svou kardiopulsační zdatnost, a byl předtím delší dobu neaktivní, měl by podle Müllerová, Aujezdská (2014) postupně prodlužovat tréninkové jednotky, tzn., že bude začínat 5–10minutový trénink, až se postupně dostane na 30minutový trénink. Počáteční intenzita zátěže by se měla pohybovat na dolní hranici kardioprotektivního pásma (tj. $HR_{klid} + 50\% \text{ HRR}$) a s postupným zvyšováním intenzity zátěže by se měla blížit k horní hranici aerobního pásma. V rámci redukce hmotnosti se doporučuje cvičit se střední intenzitou zátěže (opět po postupném zvyšování intenzity z lehké na střední), nepřerušovaně alespoň 40 minut, aby byl zdrojem energie především tělesný tuk. Pokud chce sportovec udržet, popřípadě zvýšit kardiopulsační zdatnost, měl by se pohybovat v optimální „kardioprotektivní“ intenzitě po dobu asi 30 minut minimálně 3–5x/týden, tj. v rozmezí 50–85 % VO_{2max} dle trénovanosti, věku a limitujících rizikových faktorů jedince, přičemž % VO_{2max} odpovídají % HRR.

Podle Máček, Radvanský (2011) by se pro zvýšení aerobní kapacity netrénovaných osob měla intenzita zátěže pohybovat v rozmezí mezi 55–65 % HRR. U mladších osob (asi do 30 let) se užívá HR odpovídající širšímu pásmu v závislosti na druhu tréninku asi od 140–180 tepů/min. U zdravých jedinců hodnoty HR poněkud kolísají a lze očekávat odchylku asi ± 10 tepů/minutu od získané hodnoty pro daný věk.

Horní hranice doporučené intenzity tréninku neměla přesáhnout asi 85 % VO_{2max} , což odpovídá zhruba 90 % HR_{max} . Dolní hranice závisí na předchozím stavu trénovanosti, zdraví, chuti i důvodu se věnovat PA. Starší a méně zdatné osoby budou úspěšnější i při intenzitě okolo 50–60 % v průběhu 45minutové tréninkové jednotky (Máček, Radvanský, 2011).

Monitorování HR je možné využívat i **pro rozvoj vytrvalostních schopností**. K dosažení požadovaných specifických adaptací je nutné postupně rozvíjet čtyři složky zdatnosti, protože jednotlivé složky adaptací na sebe vzájemně navazují. Zdatnost se skládá ze základní vytrvalosti, tempové vytrvalosti, speciální vytrvalosti, rychlostní vytrvalosti a rychlosti. Každá složka se rozvíjí při určitých intenzitách zatížení, které zachycuje Tab. 4.

Tab. 4 Fáze srdeční frekvence

Pásma HR	Index zatížení	Úroveň zatížení	Tempo	Energetické zdroje	Energetické procesy	Složka zdatnosti
I	60–75 %	nízká	pomalé	převážně lipidy	aerobní	základní vytrvalost
II	75–85 %	střední	střední	cukry a lipidy	aerobní a anaerobní	tempová vytrvalost
III	85–95 %	vysoká	rychlé	převážně cukry	anaerobní	speciální vytrvalost
IV	95–100 %	velmi vysoká	sprint	výhradně cukry	ATP-CP	rychlostní vytrvalost

Zdroj: (Benson, Connolly, 2012)

2.7.3 Monitorování tepové frekvence k tvorbě tréninkových plánů

Měření HR v průběhu fyzické aktivity za pomoci sporttesteru je osvědčenou metodou, na základě které si může sportovec kontrolovat správnou intenzitu podle předem stanovené metodiky. Tímto si také osoba ověřuje, zda se pohybuje v požadované metabolické oblasti. K řízení intenzivního tréninku probíhajícího v anaerobní zóně (kdy se HR blíží ke svému maximu), není HR ideální, protože už nereaguje tak pohotově na změny zatížení. Naopak je ale velmi dobře použitelná pro řízení tréninku v oblasti aerobní, anaerobní prahu a smíšené zóny (Tvrzník, Soumar, 2012). Jako aerobní cvičení lze považovat různé stupně úsilí (různých intenzit), od procházky až po běžecké závody. V praxi se využívá systém, který přesně specifikuje jednotlivé aerobní tréninkové programy a současně charakterizuje adaptační tréninkové účinky cvičení na organismus. Po celém světě jsou **tréninkové zóny intenzity (pásma intenzity)** využívány ke tvorbě a vyhodnocování tréninkových plánů ve vytrvalostních sportech, přičemž každá zóna slouží pro jiný typ cvičení a k jiným účelům (Panuška, 2014). Níže je uveden výčet čtyř základních tréninkových zón

intenzity, které představují rozmezí HR, udávané v % HR_{max} , ve kterých by se měl daný jedinec pohybovat, dle stanovených cílů a dovednosti, kterou chce rozvíjet.

Zóna tréninkové intenzity 1 je vhodná pro zahřátí organismu před tréninkem. PA je vykonávána při velmi nízké intenzitě zátěže, při které se organismus nachází pod ANP. Slouží ke zlepšení aerobního metabolismu sportovce a je základem pro trénink o vyšší intenzitě (Zahradník, Korvas, 2012). Běžný rozsah intenzity zatížení je do 65 % HR_{max} , fyziologicky se tělo nachází v aerobním pásmu. Tato zóna je také velmi důležitá pro regeneraci. Výzkumy potvrzují, že souvislý běh v této zóně urychluje regenerační procesy organismu (Tvrzník, Soumar, 2012).

Zóna tréninkové intenzity 2 patří mezi základní a nejrozšířenější tréninkové metody. Hlavním cílem je zlepšení schopnosti využít vyšší produkci LA během dlouhodobějšího zatížení a udržet vyšší intenzitu zatížení bez kumulace LA (Zahradník, Korvas, 2012). U začínajících sportovců se rozvíjí a u pokročilých udržuje základní vytrvalost a aerobní procesy organismu. Při této (relativně nízké) intenzitě se rozsah intenzity nachází na úrovni 65–75 % HR_{max} . Intenzita cvičení v této oblasti je vhodná zejména pro lidi, kteří potřebují regulovat hmotnost, energetické požadavky organismu totiž zajišťují převážně lipidy (Tvrzník, Soumar, 2012).

PA v **tréninkové zóně intenzity 3** stimuluje zvýšení VO_{2max} . Rychlost difuze LA do krve je rychlejší, než jeho odbourávání a hlavním fyziologickým účelem je zvýšit odolnost organismu vůči hromadění LA, adaptovat jej na efekt zvýšené tvorby LA, zlepšit odstraňování LA z pracujících svalů a zvýšit fyziologickou a psychologickou odolnost organismu vůči bolesti a křeči během PA (Zahradník, Korvas, 2012). Intenzita cvičení se nachází v rozmezí 75–85 % HR_{max} a mimo zlepšení činnosti srdce se významně zlepšuje i práce plic. Zvýšené požadavky na dodávku energie začnou hradit i cukry a stimuluje se metabolismus glykogenu (Tvrzník, Soumar, 2012).

Zóna tréninkové intenzity 4 je tréninkem na úrovni ANP a mírně nad ním. V rámci tréninku dochází k zvyšující se VO_{2max} a jsou spalovány především cukry. Organismus se stává více odolný vůči zakyselení vnitřního prostředí v důsledku zvyšující se koncentrace LA (Tvrzník, Soumar, 2012). Zóna je specifická pro všechny sporty, při nichž je potřeba trénovat rychlost a výbušnost, zároveň může zlepšit a udržet krátkodobou rychlostní vytrvalost. Intenzita však hraje důležitou roli i ve vytrvalostním tréninku, především pro rozvoj ekonomiky pohybu, technických dovedností a taktických dovedností. Patří sem i intervalové tréninky s intenzitou přes 100 % VO_{2max} i HR_{max} , kombinovaných intervalem odpočinku, který slouží k obnově zdroje energie (Zahradník, Korvas, 2012).

Určení tréninkových zón by mělo být naplánováno podle potenciálu sportovce, jeho výkonnosti, odolnosti vůči zátěži a dle specifické fáze tréninkového procesu (Zahradník, Korvas, 2012).

3 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem práce bylo změřit maximální tepové frekvence pomocí sporttesterů u 20 zdravých dospělých dobrovolníků (10 mužů a 10 žen) při zátěžovém vyšetření na běžeckých trenažérech. Bylo zkoumáno, zda naměřené hodnoty HR_{max} ovlivňuje výběr zátěžového protokolu. Cílem bylo porovnat vzájemné vztahy mezi teoretickými výpočty pro HR_{max} , porovnat mezi sebou výsledky HR_{max} získanými zátěžovými testy a HR_{max} vypočítanými z predikčních rovnic a posoudit, jaký faktor nejvíce ovlivňuje HR_{max} .

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Materiál

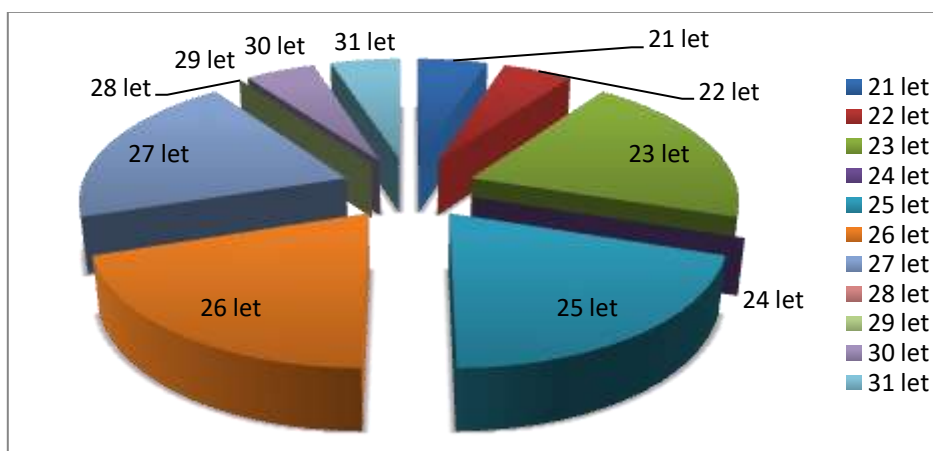
Výzkumnou skupinu tvořilo 20 dospělých osob (10 žen a 10 mužů). Základní charakteristiky souboru jsou uvedeny v Tab. 5. Všechny osoby byly schopné pohybové aktivity a neměly zdravotní komplikace. Průměrný věk TO byl $25,4 \pm 2,44$ let, průměrná výška $171,75 \pm 7,99$ cm, průměrná hmotnost $69,2 \pm 11,08$ kg a průměrný BMI $23,33 \pm 2,59$ (kg/m^2). Testů se účastnily osoby trénované i netrénované tak, aby vzorek odpovídal běžné populaci.

Tab. 5 Charakteristika zkoumaného souboru

n = 20	Pohlaví	Věk [roky]	Povolání	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	BMI [kg/m^2]
1	žena	25	student	162	45	17,15
2	žena	26	student	166	63	22,86
3	žena	23	student	162	59,2	22,56
4	muž	25	student	179	71,6	22,35
5	muž	23	čišník	173	80,4	26,86
6	muž	22	student	178	71	22,41
7	muž	27	čišník	169	79,1	27,70
8	muž	27	čišník	188	77,3	21,87
9	žena	27	student	170	66	22,84
10	žena	25	student	167	64	22,95
11	žena	23	student	158	50	20,03
12	žena	21	student	172	67	22,65
13	žena	25	student	163	56	21,08
14	žena	26	IT	165	65	24,17
15	muž	31	IT	170	67,4	23,32
16	žena	23	student	178	68	21,46
17	muž	27	učitel	183	82	24,49
18	muž	26	učitel	174	79	26,09
19	muž	26	student	185	87	25,42
20	muž	30	učitel	173	85	28,40
Průměr		25,4±2,44		171,75±7,99	69,2±11,08	23,33±2,59

n – počet testovaných osob, BMI – Body Mass Index.

Četnost zastoupení jednotlivých věkových kategorií je pro přehlednost znázorněna na Obr. 10.



Obr. 10 Věkově rozdělení dobrovolníků (n=20).

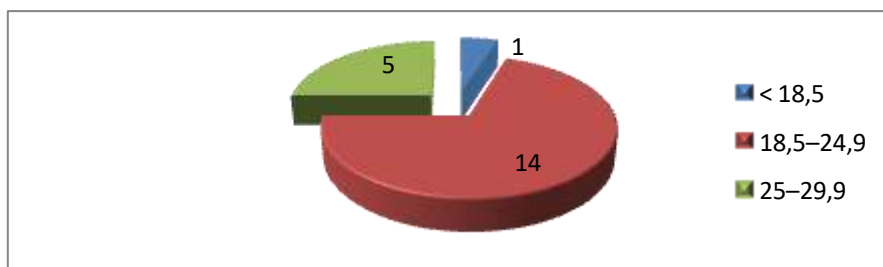
Nejpočetněji byli dobrovolníci zastoupeni ve věkové skupině 23–27 let. V důsledku absence lékařského dohledu bylo záměrně vybráno věkové rozpětí, při kterém je nižší riziko kardiovaskulárních potíží.

Četnost zastoupení kategorií BMI je znázorněna na Obr. 11. Hodnoty BMI byly vypočítány jako podíl hmotnosti dané osoby (v kilogramech) ke druhé mocnině výšky (v metrech). BMI se běžně používá pro klasifikaci podváhy, nadváhy a obezity u dospělých (Tab. 6; dle WHO, 2017).

Tab. 6 Mezinárodní klasifikace hmotnosti dle WHO

BMI [kg/m ²]	Kategorie
< 18,5	Podváha
18,5–24,9	Normální váha
25–29,9	Nadváha
30–34,9	Obezita I. stupně
35–39,9	Obezita II. stupně
> 40	Obezita III. stupně

(Zdroj: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)



Obr. 11 BMI dobrovolníků (n=20).

Většina dobrovolníků (70 %) se pohybovala v kategorii „Normální váha“.

4.2 Metodika

V rámci diplomové práce bylo provedeno laboratorní vyšetření HR_{max} na běžeckých pásích z důvodu lepší standardizace a reprodukovatelnosti výsledků oproti testům terénním. Všechny TO byly měřeny v zimním semestru školního roku 2016/2017 ve speciální místnosti budovy M, v areálu Mendelovy univerzity, Brně – Černých Polí. Výstupy a výsledky (publikace, DP, Ph.D., projektu apod.) byly zpracovány na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.

Dobrovolníkům byl několik dní před provedením testů poslán elektronicky plán s instrukcemi k praktickému testování. Testování byli poučeni, aby se vyhnuli konzumaci jídla 2–3 hodiny před výkonem, dále alkoholu, tabáku, či jiných návykových látek a dostavili se v odpočatém stavu. Všechny testy probíhaly v dopoledních hodinách.

Před zahájením testů vyplnily TO dotazník (viz Příloha 1), jehož cílem bylo zjistit o probandech základní informace ohledně zdravotního stavu, stravovacího režimu a fyzické aktivity. Následně proběhlo měření hmotnosti na osobní digitální váze značky Ombron BF 500 (ČR).

Testování probíhalo na dvou běžeckých trenažérech pro vytrvalostní kondiční cvičení značky inSPORTline Gallop (ČR; Obr. 12).



Obr. 12 Běžecký pás inSPORTline Gallop.

(Zdroj: <https://www.insportline.cz/1766/bezecky-pas-insportline-gallop>)

V průběhu zátěžového vyšetřování snímána HR pomocí elastického hrudního pásu (Obr. 14) a byla vizualizovaná na displeji běžeckého komputru (sporttestru) značky SIGMA SPORT RC 14.11 (Německo; Obr. 13). Důležitou součástí computeru je vysílač, připevněný na hrudním pásu s elektrodami, sloužící k měření pulsu. RC 14.11 přijímá HR, rychlost a vzdálenost z vysílače upevněného na hrudníku. Vše probíhá digitálně a kódovaně. Kódování zajišťuje, aby byl přijat pouze signál z hrudního pásu daného jedince. Do počítače byl nainstalován software SIGMA DATA CENTER, který slouží k analýze tréninkových dat. Přenos dat z RC 14.11 do SIGMA DATA CENTER byl prováděn přes dokovací stanici Watch (Obr. 15) za pomoci volného USB portu.



Obr. 13 Běžecký computer RC 14.11 (sporttester).

(Zdroj: <http://sigmasport.com/en/produkte/sportuhren/laufuhren/digital/rc-1411>)



Obr. 14 Hrudní pás.

(Zdroj: <http://www.hodinky-sport.cz/prislusenstvi-2/sigma-hrudni-pas-pro-rc-1209-14-11/>)



Obr. 15 Dokovací stanice Watch.

(Zdroj: <http://www.hodinky-sport.cz/prislusenstvi-sigma/sigma-dokovaci-stanice-pro-rc-14-11/>)

4.2.1 Testy vytrvalostních schopností

Pro zjištění fyzické zdatnosti podstoupily TO v různých dnech dvěma testům zdatnosti (Cooperově testu a chodeckému testu), které jsou všeobecně známé a mají široké uplatnění. Probandi absolvovali přípravnou fázi ve formě rozběhání na běžeckém páse dle vlastní potřeby. Cílem bylo zahřátí těla a příprava organismu na intenzitní zátěž.

Cooperův test je fyzicky velmi náročný a předpokládá vysokou míru osobní motivace, fyzického nasazení a při nejmenším základní úroveň fyzické připravenosti. (Římák et al., 2012). Označuje se také jako 12minutový běh a používá se pro zjištění trénovanosti jedince, zejména ke zjištění aerobní trénovanosti organismu. Provedení testu je jednoduché. Hodnotí se maximální uběhnutá vzdálenost, pokud možno při stálé rychlosti, během 12 minut. Dle navržené tabulky podle Heller, Vodička, (2011; Tab. 7) je možné určit aktuální výkonnost a zhruba i odhadnout příjem kyslíku. Hodnoty VO_{2max} mohou být následně využity pro kontrolu a řízení tréninkového procesu (Kuhn et al., 2005). Podle Neumann, Pfützner, Hottenrott (2005) záleží výsledek testu do značné míry na motivaci a na optimální počáteční rychlosti běhu. Nejlepšího výsledku je dosaženo s konstantním tempem a s maximálním úsilím po celou dobu běhu, což vyžaduje určité zkušenosti. Cooperův test patří mezi nejvíce využívané testy ke zjišťování vytrvalostních schopností jedince.

Tab. 7 **Kategorizace aerobní zdatnosti z testu na 12 min**

Úroveň zdatnosti	Vzdálenost uběhnutá v metrech		VO_{2max} [$ml.kg^{-1}.min^{-1}$]	
	Muži	Ženy	Muži	Ženy
Velmi nízká	< 1950	<1540	< 33	< 24
Nízká	1950 – 2110	1540 – 1790	33 – 36	24 – 29
Dostatečná	2120 – 2400	1800 – 1960	37 – 42	29 – 33
Dobrá	2410 – 2640	1970 – 2160	43 – 47	34 – 37
Velmi dobrá	2650 – 2840	2170 – 2340	48 – 52	38 – 41
Výborná	> 2850	> 2350	> 52	> 42

(Zdroj: Heller, Vodička, 2011)

Chodecký test představuje jednoduchý fitness-test a slouží k určení vytrvalostní kondice. Test je vhodný pro úplně začátečníky i pro lidi, kteří mají nadváhu. Probíhá na 2 000 m dlouhé trati po rovině, pokud možno v rovnoměrném tempu. Při chůzi je neustále jedna noha v kontaktu s podložkou, nedovoluje se běžet. Podle níže uvedené tabulky (Tab. 8) se dopočítá index zdatnosti (Tab. 9), který se může porovnat s hodnotami průměrné populace (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005; Tvrzník, 2004).

Tab. 8 **Výpočet indexu zdatnosti na základě chodeckého testu**

	Muži	Ženy
Dosažený čas	$min \times 11,6 = A$ $s \times 0,2 = B$	$min \times 8,5 = A$ $s \times 0,14 = B$
Tepová frekvence	$HR \times 0,56 = C$	$HR \times 0,32 = C$
BMI	$BMI \times 2,6 = D$	$BMI \times 1,1 = D$
Součet	$A + B + C + D = E$	$A + B + C + D = E$
Věk	$roky \times 0,2 = F$	$roky \times 0,4 = F$
Odečet	$E - F = G$	$E - F = G$
Index zdatnosti	$420 - G$	$304 - G$

(Zdroj: Tvrzník, 2004)

Tab. 9 Vyhodnocení indexu zdatnosti

Index zdatnosti	Zdatnost
< 70	Velmi nízká zdatnost
71–89	Nízká zdatnost
90–110	Průměrná zdatnost
111–130	Vyšší zdatnost
> 131	Velmi vysoká zdatnost

(Zdroj: Tvrzník, 2004)

4.2.2 Zátěžové testy do „vita maxima“

TO byly podrobeny čtyřem maximálním zátěžovým testům, jejichž cílem bylo zjistit HR_{max} . V jednom dni byly prováděny vždy 2 testy, první den v pořadí – zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 4° a stupňovaný zátěžový test, další den v pořadí – zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6° a zátěžový test o trase délky 1,5 km. TO běžely vždy do „vita maxima“ – stavu subjektivního vyčerpání. Jednalo se o subjektivně limitovanou zátěž, která byla v našem protokolu považována za maximální. Probandům bylo slovně řečeno, aby běžely do stavu maximálního vyčerpání (stupně 19–20 Borgovy škály). Pro diplomovou práci byly vybrány varianty tří rampových protokolů s kontinuálně se zvyšující zátěží dle Pastucha (2014). Poslední protokol byl pro porovnání použit stupňovaný zátěžový test dle Bernaciková et al. (2014). Probandi absolvovali přípravnou fázi ve formě rozběhání na běžeckém páse dle vlastní potřeby.

Protokoly zátěžových testů:

- zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 4°
- zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6°
- zátěžový test o trase délky 1,5 km
- stupňovaný zátěžový test.

Protokol maximálního zátěžového testu o trase délky 1 km se sklonem pásu 4° plynule navázal na rozcvičení s individuální počáteční rychlostí a sklonem pásu 4° . TO si subjektivně zvyšovaly rychlost pásu do pocitu vyčerpání v 1 000 metrech.

Protokol maximálního zátěžového testu o trase délky 1 km se sklonem pásu 6° plynule navázal na rozcvičení s individuální počáteční rychlostí a sklonem pásu 6° . TO si subjektivně zvyšovaly rychlost pásu do pocitu vyčerpání v 1 000 metrech.

Protokol maximálního zátěžového testu o trase délky 1,5 km se sklonem pásu 0 ° plynule navázal na rozcvičení s individuální počáteční rychlostí a sklonem pásu 0 °. TO si subjektivně zvyšovaly rychlost pásu do pocitu vyčerpání v 1 500 metrech.

Protokol posledního maximálního zátěžového testu byl prováděn jako stupňovaný zátěžový test s celkem pěti stupni zatížení po dobu 4 minut se sklonem pásu 0 ° dle pokynů Bernaciková et al. (2014). TO začaly test stálou rychlostí, odpovídající intenzivní vytrvalostní zátěži, kterou by byly teoreticky schopny vydržet po dobu zhruba 30–40 min. Toto tempo se udržovalo po dobu jedné minuty. Následně si TO každých 30 s subjektivně zvyšovaly rychlost tak, aby v posledním intervalu dosáhly své maximální rychlosti, celkem si tedy TO 6 x zvyšovaly rychlost.

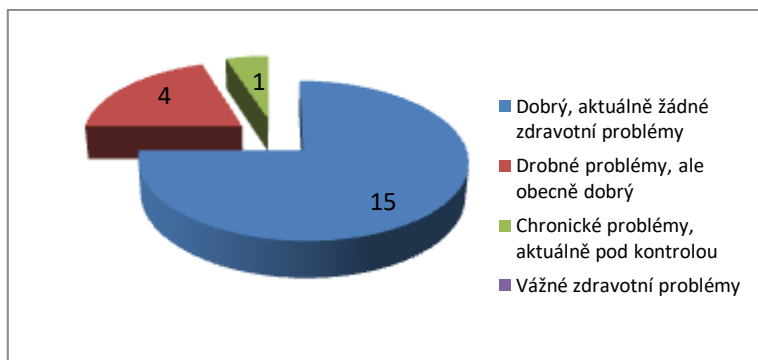
4.2.3 Statistické vyhodnocení

Pro každého probanda byla použita jedna hodnota HR_{max} – nejvyšší naměřená hodnota. Vyhodnocení výsledků bylo provedeno v programu Statistica 12. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami HR_{max} , zjištěnými ze zátěžových testů, byly porovnávány pomocí metody analýzy rozptylu (ANOVA), včetně zjištění kontrastů Tukeyovým testem. Následně byly výsledky zpracovány v programu Excel 2007 (Microsoft). Vzájemný vztah mezi výsledky HR_{max} zjištěnými z predikčních rovnic a výsledky HR_{max} získanými zátěžovými testy byl stanoven pomocí koeficientu korelace a vysvětlené variability. Byla testována průkaznost obecného lineárního modelu a v rámci této analýzy byl porovnáván vliv indexu zdatnosti, pohlaví a věku na HR_{max} . Vyhodnocení dat průzkumného dotazníku bylo provedeno základními statistickými metodami v programu Excel 2007.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

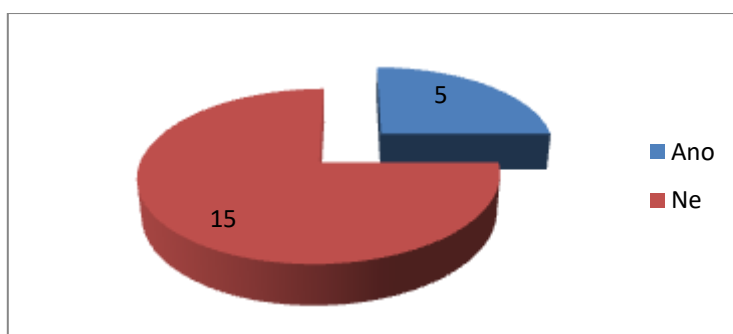
5.1 Vyhodnocení dotazníků

Všichni probandi vyplnili dotazníky (viz Příloha č. 1) před provedením prvního zátěžového šetření. Ověřovali jsme, zda získané výsledky objasní souvislosti mezi sledovanými hodnotami HR_{max} . Dotazník obsahoval 25 otázek, týkajících se základních informací o zdravotním stavu, orientační anamnéze stravovacího režimu a fyzické aktivity, přičemž vyhodnoceny byly otázky významně relevantní pro naši práci. Otázky byly formulovány neutrálně a byly většinou uzavřeného typu. Výstupy dotazníkového šetření jsou znázorněny koláčovými grafy na Obr. 16–23.



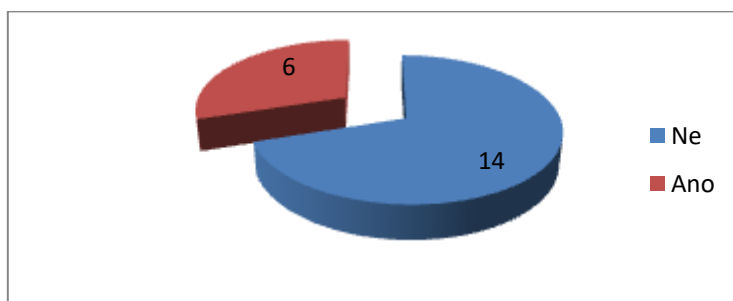
Obr. 16 Aktuální zdravotní stav respondentů.

15 dotazovaných (75 %) považovalo svůj zdravotní stav za dobrý, 4 (20 %) měli drobné zdravotní problémy a 1 TO měla chronické problémy (pálení žáhy), které však byly pod kontrolou. Žádný respondent neměl vážné zdravotní problémy.



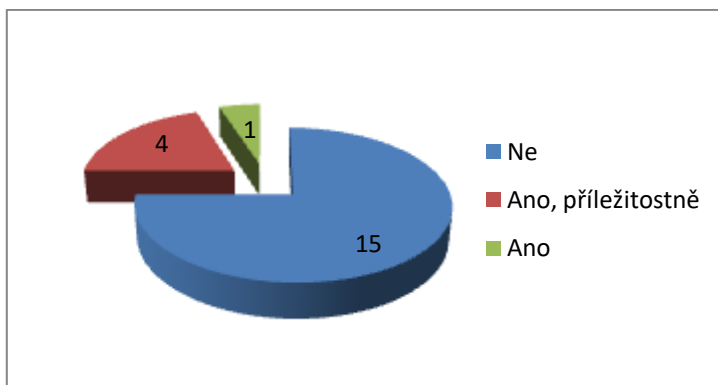
Obr. 17 Pravidelně užívané léky.

15 dotazovaných (75 %) neužívá pravidelně žádné léky, 5 dotazovaných (25 %) ano – 1 dotazovaná užívá antikoncepci, 1 dotazovaná lék na úlevu od příznaků pálení žáhy (APO-OME 20), 2 dotazované lék na sníženou funkci štítné žlázy (Letrox) a 1 dotazovaný lék tlumící astma a lék zmírňující příznaky alergické rýmy (Flutiform a Desloratadin).



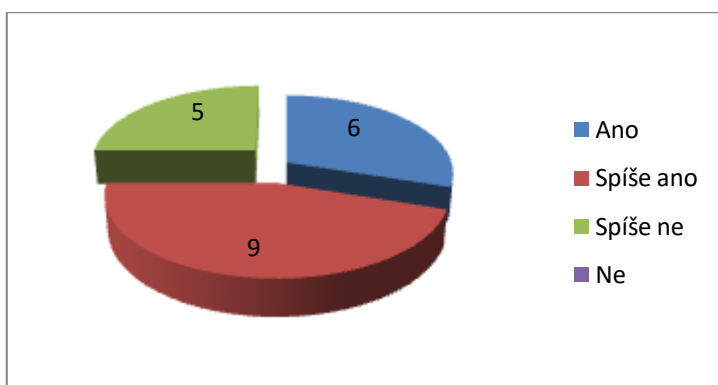
Obr. 18 Užívané doplňky stravy spojené se sportem.

14 otazovaných (70 %) neužívá žádné doplňky stravy, 6 dotazovaných (30 %) užívá určitý druh doplňku stravy. Nejčastěji se jednalo o proteinový prášek, gainer, BCAA a hořčičk.



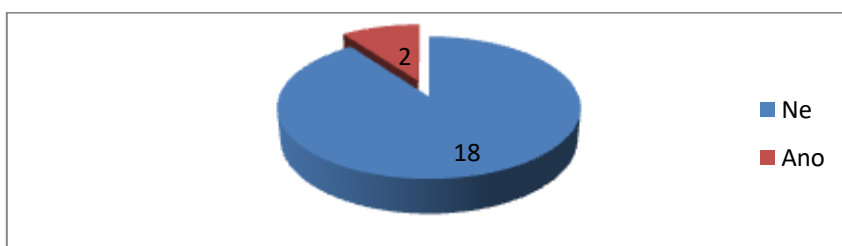
Obr. 19 **Kuřácké návyky.**

Pouze 1 dotazovaný pravidelně kouří, 4 dotazovaní příležitostně a 15 dotazovaných (75 %) nekouří.



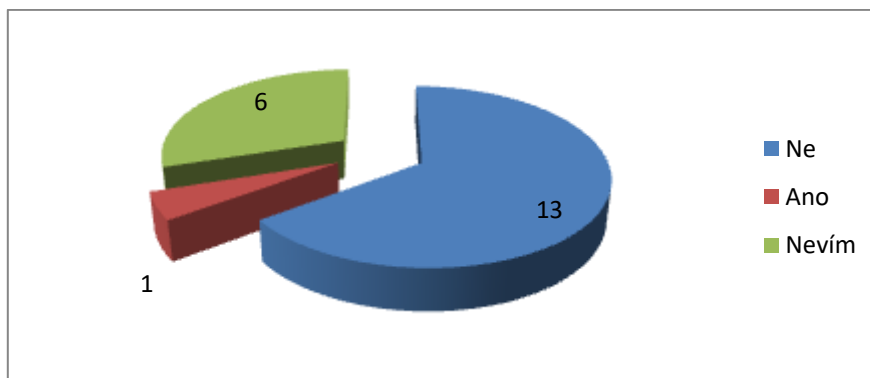
Obr. 20 **Orientační anamnéza stravovacích návyků.**

15 dotazovaných (75 %) se domnívá, že se stravuje relativně zdravě, 5 dotazovaných (25 %) si myslí, že spíše ne. Nikdo si nemyslí, že se stravuje nezdravě.



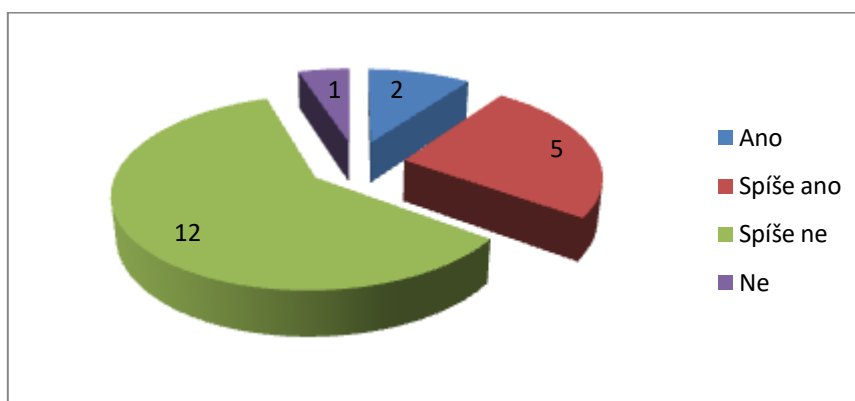
Obr. 21 **Monitoring tepové frekvence při cvičení.**

18 dotazovaných (90%) si svoji HR při cvičení nesleduje, 2 osoby ano.



Obr. 22 „Myslíte si, že čím vyšší tepové frekvence při cvičení dosahujete, tím lépe spalujete tuky?“

13 dotazovaných (65 %) si nemyslí, že spalují lépe tuky při vyšší tepové frekvenci, 6 dotazovaných neví a 1 osoba se domnívá, že ano.

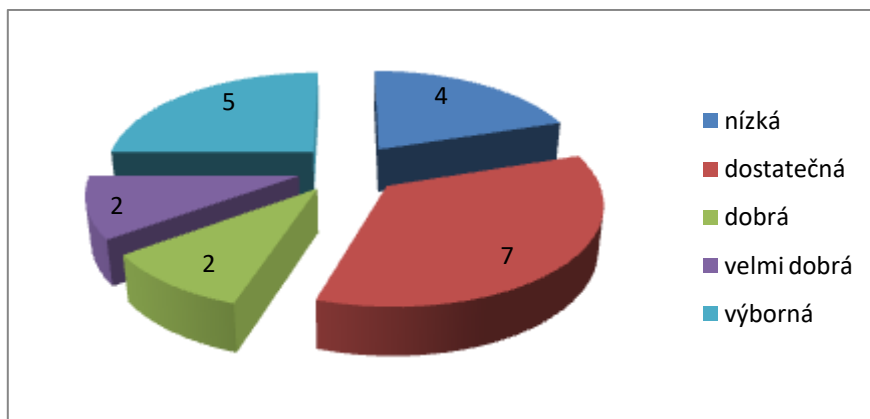


Obr. 23 Individuální spokojenost respondentů s fyzickou kondicí.

12 dotazovaných (60 %) je spíše nespokojeno se svou fyzickou kondicí, 5 spíše ano, 2 jsou spokojeni a 1 dotazovaný je nespokojen.

5.2 Vyhodnocení testů vytrvalostních schopností

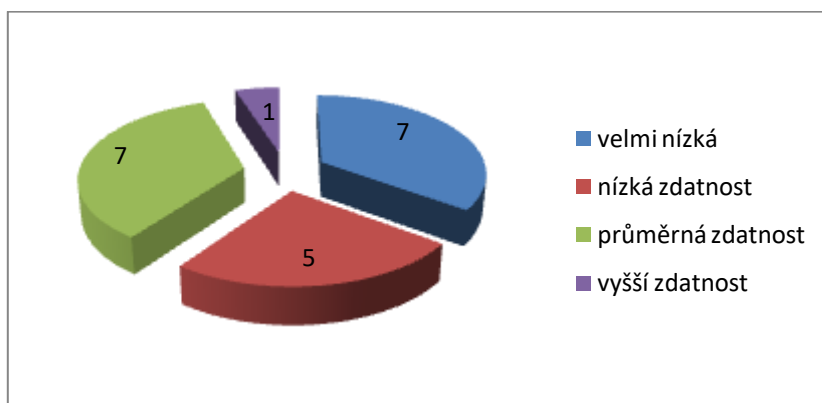
Obr. 24 zobrazuje výsledky 12minutového běhu – **Cooperova testu**. Úroveň zdatnosti byla odvozena z Tab. 7 uvedené v kapitole Metodika. Podrobné výsledky jsou uvedené v Příloze 2.



Obr. 24 Úroveň zdatnosti podle Cooperova testu.

Cooperovým testem byla zjištěna fyzická kondice dobrovolníků, zejména aerobní trénovanost organismu. 5 probandů mělo výbornou zdatnost, 2 velmi dobrou, 2 dobrou, 7 dostatečnou a 4 nízkou. Test nám potvrdil, že diplomové práce se zúčastnili probandi různé fyzické zdatnosti.

Chodecký test na 2 000 m byl proveden dle (Tvrzník, 2004) a jeho výsledky jsou zachyceny na Obr. 25. Výpočet a vyhodnocení indexu zdatnosti bylo odvozeno z Tab. 8 a Tab. 9 uvedených v kapitole Metodika. Podrobné výsledky jsou uvedené v Příloze 3.

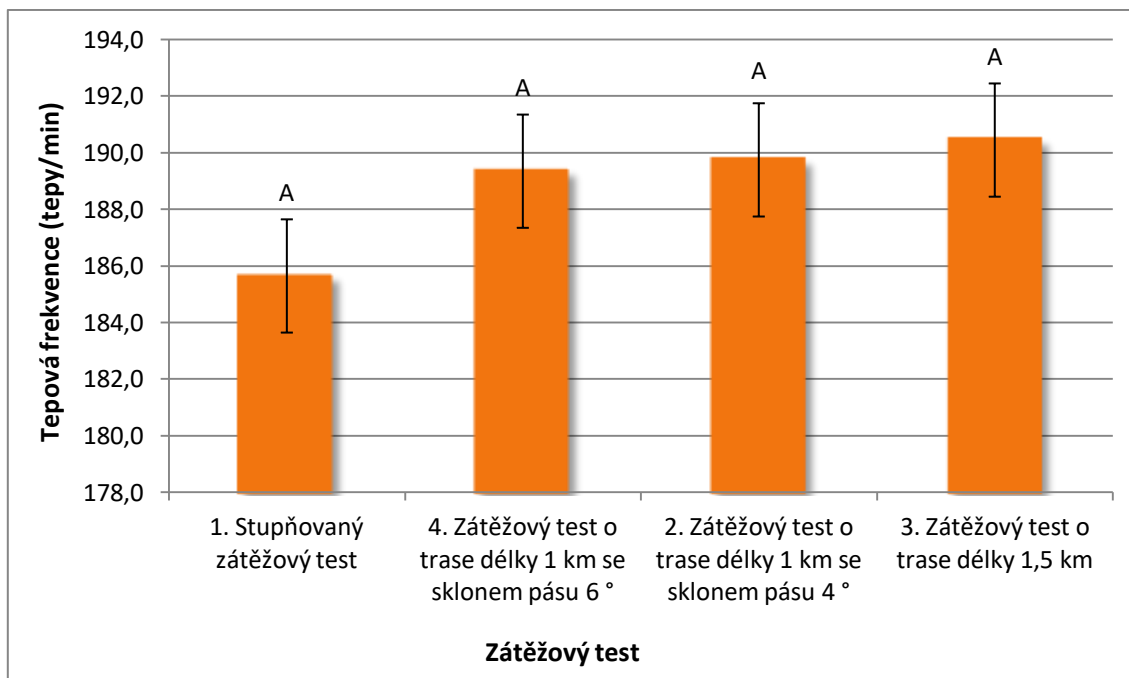


Obr. 25 Úroveň zdatnosti podle chodeckého testu.

Chodeckým testem byla zjištěna také fyzická kondice dobrovolníků. Podle chodeckého testu měla 1 TO vyšší zdatnost, 7 TO průměrnou zdatnost, 5 TO nízkou zdatnost a 7 TO velmi nízkou. Výsledky chodeckého testu byly použity jako proměnná při porovnávání vlivu indexu zdatnosti a HR_{max} .

5.3 Vyhodnocení zátěžových testů do „vita maxima“

Obr. 26 zobrazuje rozdíly mezi naměřenými hodnotami HR_{max} u dvaceti probandů ve čtyřech zátěžových testech. Kompletní naměřené hodnoty a výsledky jsou k nahlédnutí v Příloze 4.



Obr. 26 Porovnání naměřených průměrných hodnot HR_{max} při jednotlivých zátěžových testech.

Průměry označené různými písmeny se statisticky průkazně liší při $P < 0,05$. (Jednoduché třídění analýzy rozptylu, post hoc Tukeyův test, $n = 20$).

Tab. 10 Prováděné zátěžové testy

Číslo zátěžového testu	Popis testu
1	Stupňovaný zátěžový test
2	Zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 4°
3	Zátěžový test o trase délky 1,5 km
4	Zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6°

Průměrná hodnota HR_{max} pro zátěžový test č. 1 byla $185,7 \pm 2,1$ tepů/min, pro zátěžový test č. 2 $189,8 \pm 1,9$ tepů/min, pro zátěžový test č. 3 $190,5 \pm 2,3$ tepů/min a pro zátěžový test č. 4 $189,4 \pm 2,5$ tepů/min. V našem experimentu se průměry statisticky významně se nelišily ($P < 0,05$). Nejvyšší naměřená průměrná hodnota HR_{max} byla u zátěžového testu o trase délky 1,5 km; nejnižší hodnota u stupňovaného zátěžového testu, což může naznačovat fakt, že k dosažení HR_{max} je zapotřebí delšího času, aby se tělo dostalo ke svým limitům (zátěžový test o trase délky 1,5 km trval u všech probandů

nejdelší čas). Z uvedených výsledků vyplývá, že nezáleží na tom, který zátěžový protokol bude vybrán a použit pro stanovení HR_{max} , všechny budou dávat podobné výsledky.

K podobným výsledkům došel výzkum Moncada-Jiménez et al. (2015). Byly porovnávány kardiorespirační i hemodynamické odpovědi u rampových protokolů a stupňovaných zátěžových testů na běžeckém pásu u 71 zdravých dospělých osob středního věku různé fyzické kondice. Oba typy protokolů vykazovaly statisticky průkazně podobné výsledky, pokud se sledovaly maximální naměřené hodnoty.

Obdobně porovnávali zátěžové protokoly Vučetić et al. (2014). 48 chorvatských běžců bylo podrobeno maximálním zátěžovým testům na běžeckém pásu. Běžci absolvovali pomalý rampový protokol (přírůstky rychlostí o 1 km/h^{-1} každých 60 sekund) a rychlý rampový protokol (přírůstky rychlostí o 1 km/h^{-1} každých 30 sekund) do vyčerpání. Mezi protokoly nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly.

Získané hodnoty HR_{max} by se měly brát v potaz při výpočtu rozpětí HR a určení intenzity zátěže dle cíle daného jedince a tím i minimalizování případných rizikových faktorů, převážně u začínajících sportovců. Pokud bude chtít jedinec dosáhnout zvýšení, popřípadě udržení kondice, měla by se intenzita zatížení pohybovat mezi 60–80 % HR_{max} (Hložková, Mikušová, 2014). Pokud tedy bude HR_{max} rovna např. 209 tepů/min, rozpětí ideální tepové frekvence bude 125–167 tepů/min. Pakliže bude chtít ta samá osoba rozvíjet rychlostní vytrvalost nebo rychlost, intenzita zatížení by se měla pohybovat mezi 95–100 % HR_{max} , tedy 199–209 tepů/min.

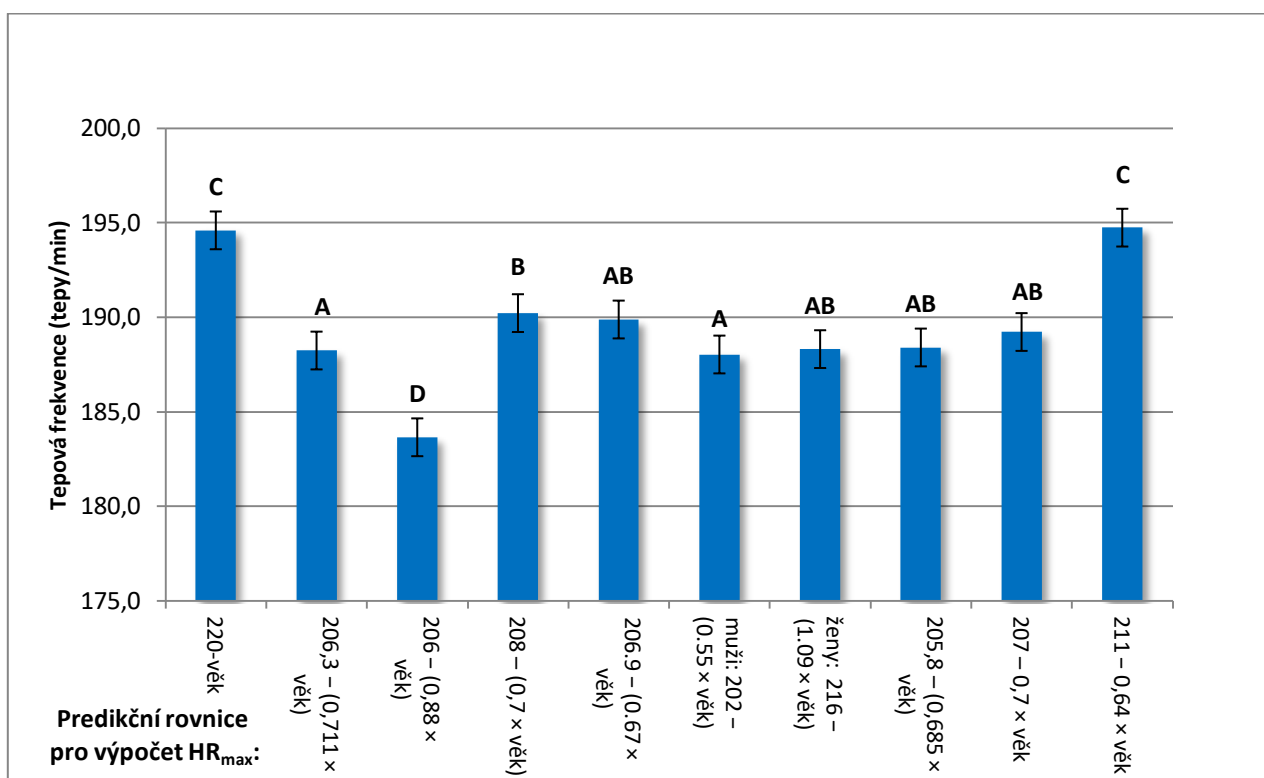
Při zjišťování vzájemného vztahu mezi vybranými zátěžovými testy (Tab. 10) pro výpočet HR_{max} bylo zjištěno, že existuje 91% těsnost výsledků mezi testy č. 3 a č. 4, 89% těsnost výsledků mezi testy č. 1 a č. 2, a 85% těsnost výsledků mezi testy č. 2 a č. 4. Použijeme-li tedy zátěžový test č. 3 (test o trase délky 1,5 km) nebo č. 4 (test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6°), získáme nejpodobnější výsledky hodnot HR_{max} . Na základě našich výsledků je možné doporučit pro další použití z hlediska úspory času maximální zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6° .

5.4 Vyhodnocení predikčních rovnic

Dále byly vypočítány a porovnány HR_{max} z vybraných predikčních rovnic (Tab. 11). Rozdíly mezi vypočítanými hodnotami HR_{max} jsou zobrazeny na Obr. 27.

Tab. 11 Vybrané predikční rovnice pro výpočet HR_{max} . (n = 20)

Číslo predikční rovnice	Predikční rovnice	Průměrná HR_{max} (tepy/min)
1	$220 - \text{věk}$	$194,6 \pm 0,6$
2	$206,3 - (0,711 \times \text{věk})$	$188,2 \pm 0,4$
3	$206 - (0,88 \times \text{věk})$	$183,6 \pm 0,5$
4	$208 - (0,7 \times \text{věk})$	$190,2 \pm 0,4$
5	$206,9 - (0,67 \times \text{věk})$	$189,9 \pm 0,4$
6	muži: $202 - (0,55 \times \text{věk})$	$188,0 \pm 0,3$
7	ženy: $216 - (1,09 \times \text{věk})$	$188,3 \pm 0,6$
8	$205,8 - (0,685 \times \text{věk})$	$188,4 \pm 0,4$
9	$207 - 0,7 \times \text{věk}$	$189,2 \pm 0,4$
10	$211 - 0,64 \times \text{věk}$	$194,7 \pm 0,4$



Obr. 27 Porovnání průměrných hodnot HR_{max} , vypočítaných z predikčních rovnic. Průměry označené různými písmeny (A, B, C, D) se statisticky průkazně liší při $P < 0,05$. (Jednoduché třídění analýzy rozptylu, post hoc Tukeyův test, n = 20).

Průměrná hodnota HR_{max} z predikční rovnice č. 1 ($194,6 \pm 0,6$ tepů/min) se statisticky průkazně nelišila od predikční rovnice č. 10 ($194,7 \pm 0,4$ tepů/min; $P > 0,05$). Pomocí těchto dvou rovnic byly u vzorku 20 probandů vypočítány nejvyšší hodnoty HR_{max} . Průměrná hodnota HR_{max} z predikční rovnice č. 3 ($183,6 \pm 0,5$ tepů/min) se statisticky průkazně lišila od všech ostatních uvedených predikčních rovnic ($P < 0,05$), touto rovnicí byla získána nejnižší průměrná hodnota

HR_{max} . Mezi průměrnými hodnotami HR_{max} z predikčních rovnic č. 5, 7, 8 a 9 nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ($P > 0,05$).

Při zjišťování vzájemného vztahu mezi deseti predikčními rovnicemi pro výpočet HR_{max} bylo zjištěno, že vybrané rovnice (Tab. 11) pro výpočet HR_{max} jsou 100% variabilní. Nezáleží tedy na tom, která rovnice bude použita pro výpočet HR_{max} . Problém může být spíše fakt, že tyto rovnice jsou pouze orientační a většinou odhadují skutečnou HR_{max} s více či méně velkou směrodatnou odchylkou. Dle Robergs, Landwehr (2002) s odchylkou $\pm 7 - 11$ tepů/min, dle Máček, Radvanský (2011) a Åstrand et al. (2003) s odchylkou ± 10 tepů/min.

Při zjišťování vzájemného vztahu mezi hodnotami HR_{max} získanými praktickým provedením zátěžových testů a mezi hodnotami HR_{max} získanými z predikčních rovnic pro výpočet HR_{max} bylo zjištěno, že tyto výsledky jsou mezi sebou nahraditelné pouze z 24 %. Hodnoty HR_{max} se tedy budou významně lišit, pokud je získáme provedením zátěžových testů nebo pokud je budeme počítat z predikčních rovnic.

K podobným výsledkům došel Cruz-Martínez et al. (2014). Vědci ověřovali vzájemný vztah predikčních rovnic $208 - (0,7 \times \text{věk})$ a $220 - \text{věk}$, v porovnání se skutečně naměřenou HR_{max} . Bylo zkoumáno 30 subjektů (22 mužů a 8 žen) mezi 18–30 lety a byli vyšetřováni na bicyklovém ergometru. Výsledky ukázaly, že obě dvě rovnice nepředpovídaly skutečnou HR_{max} , ani mezi nimi nebyl vzájemný vztah. Testování však probíhalo v kolumbijském hlavním městě Bogotá, které leží ve výšce 2 600 m nad mořem, což mohlo ovlivnit výsledky studie. Jak uvádí Tvrzník, Gerych (2014), při fyzické aktivitě ve vysokohorském prostředí se organismus běžce snaží vyrovnávat nedostatek kyslíku intenzivnějším dýcháním a vyšší činností srdce.

Garlipp et al. (2016) také porovnávali naměřenou HR_{max} v zátěžovém testu do maxima na běžeckém páse s predikčními rovnicemi pro výpočet HR_{max} dle Foxe et al. ($220 - \text{věk}$), Tanaka et al. ($208 - 0,7 \times \text{věk}$) a rovnicí ($223 - 1,44 \times \text{věk}$). Studie se účastnilo 90 hráčů brazilského fotbalového týmu ve věku 16–33 let. Výsledky ukázaly, že žádná ze tří rovnic neposkytuje přesné hodnoty HR_{max} u vzorku profesionálních fotbalistů, všechny tři rovnice přeceňovaly naměřenou HR_{max} .

Nejnovější výzkum, provedený De Oliveira Segundo et al. (2016) také porovnával HR_{max} ve stupňovaném zátěžovém testu s hodnotami získanými z predikčních rovnic $210 - (0,65 \times \text{věk})$; $220 - \text{věk}$ a $208 - (0,7 \times \text{věk})$ u mladých dospělých mužů ($24,4 \pm 2,7$ let). Všechny predikční rovnice měly tendenci nadhodnocovat naměřenou hodnotu HR_{max} , nicméně pouze rovnice $220 - \text{věk}$ rovnice vykazala statisticky významný rozdíl ($P < 0,01$) a dle vědců není vhodná pro předpovídání HR_{max} .

Teoretické výpočty HR_{max} se jeví pouze jako orientační, mají pouze informativní charakter a nepřihlížejí k individuálním zvláštnostem organismu. Až 95 % jedinců daného věku bude ležet v rozmezí ± 20 tepů/min od získané hodnoty. Nepřesnost je dána tím, že jsou vytvořeny z průměrných HR_{max} , které mají příliš velkou směrodatnou odchylku (Gellish, 2007; Houdová, Čechovská, 2012; Åstrand et al., 2003)

Posledním statistickým šetřením byl zkoumán vliv indexu zdatnosti, pohlaví a věku na HR_{max} . Na základě vysvětlené variability je možné říci, že HR_{max} je ovlivňována indexem zdatnosti pouze z 2,6 %, pohlavím ze 1,4 % a věkem z 63,5 %. Zatímco vliv indexu zdatnosti a pohlaví na hodnoty HR_{max} se neprokázal jako statisticky významný, vliv věku na HR_{max} testovaných je významný.

Věk, jako faktor nejvíce ovlivňující maximální tepovou frekvenci byl potvrzen mnoha studiemi [Tanaka et al. (2001); Robergs, Landwehr (2002), Nes et al. (2013); Neumann et al. (2005); Londree, Moeschberger (1982)]. Vliv pohlaví a aerobního tréninku pozorovali Roy, McCrory (2015). Studie proběhla u 52 subjektů ve věku 18–25 let s normálním BMI (15 žen a 15 mužů v aerobně aktivní skupině; 9 mužů a 13 žen se sedavým způsobem života). Výsledkem ukázal, že muži měli vyšší naměřenou HR_{max} než ženy (198,3 vs. 190,4 tepů/min) a sedaví jedinci měli vyšší HR_{max} oproti aktivním jedincům (197,3 vs. 191,4 tepů/min). Nes et al. (2013) zkoumali vztah mezi HR_{max} a věkem u 3320 zdravých mužů a žen v širokém věkovém rozmezí (19–89 let) s využitím dat, získaných ze studie HUNT Fitness (2007–2008). Účastníci byli podrobeni stupňovanému zátěžovému testu na běžícím páse. Mimo vztahu mezi HR_{max} a věkem byl sledován i vliv pohlaví, BMI, úroveň fyzické kondice a VO_{2max} . HR_{max} odpovídaly nejlépe rovnici $211 - 0,64 \times \text{věk}$, avšak s odchylkou 10,8 tepů/min. Vědci v této studii nenašli důkaz o vztahu HR_{max} s pohlavím, úrovní fyzické aktivity, úrovní VO_{2max} ani BMI, podobně jako to neprokázala ani tato práce.

Stále je předmětem studií, z jakého důvodu klesá HR_{max} se zvyšujícím se věkem. Larson et al. (2013) zdůvodňuje snížení HR_{max} se zvyšujícím se věkem tím, že stárnutí potlačuje spontánní elektrickou aktivitu přirozeného stimulátoru srdce – sinusového uzlu. Vliv věku na HR_{max} je téměř nezpochybnitelný. I z toho důvodu se používá v predikčních rovnicích téměř vždy věk, bez ohledu na další faktory.

6 ZÁVĚR

Znalost HR_{max} využívají lidé běžně pro výpočet cílových tréninkových zón, které umožňují cvičit vhodným a efektivním způsobem. Pokud se snaží jedinec zlepšit svůj srdečně-cévní systém a udržet si ideální váhu, je vhodné cvičit dlouze při nižších úrovních aerobního zatížení; chce-li jedinec závodit a zdokonalovat své osobní rekordy, bude muset ve svém tréninkovém programu zařadit cvičení o vysoké intenzitě v anaerobním pásmu rychlostní vytrvalosti nebo rychlosti. Výpočet HR_{max} z predikčních rovnic je pro běžnou populaci metoda dostačující, nicméně nejpřesnější údaj poskytuje speciální laboratorní vyšetření.

Tato diplomová práce nepotvrdila, že by na hodnoty HR_{max} u vzorku 20 probandů měl signifikantní vliv výběr zátěžového protokolu ($P < 0,05$). Porovnání stupňovaného a tří kontinuálně zvyšovaných zátěžových testů u 20 probandů poskytlo srovnatelné výsledky. Při zjišťování vzájemného vztahu mezi vybranými zátěžovými testy bylo zjištěno, že zátěžový test o trase délky 1,5 km a zátěžový test o trase délky 1 km se sklonem pásu 6° poskytují nejvíce podobné výsledky hodnot HR_{max} ($r = 0,91$). Při zjišťování vzájemného vztahu 10 vybraných predikčních rovnic pro výpočet HR_{max} bylo zjištěno, že jsou 100% nahraditelné. Hodnoty HR_{max} získané provedením zátěžových testů na běžeckých trenažérech a hodnoty HR_{max} vypočítané z predikčních rovnic pro výpočet HR_{max} se významně lišily ($r = 0,24$). Vliv indexu zdatnosti a pohlaví na hodnoty HR_{max} se v naší práci nepotvrdil, vliv věku se potvrdil ($r = 0,64$). Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že většina probandů měla dobrý zdravotní stav, neužívala pravidelně léky a nekouřila. 90 % probandů si běžně při sportovní aktivitě nesleduje svoji HR.

Získané výsledky nelze považovat za normy a nelze je zobecňovat, protože zátěžové vyšetření se účastnilo pouze 20 probandů, kteří byli ochotni spolupracovat a měli relativně kladný vztah ke sportu. Určité nepřesnosti mohou být dány i tím, že námaha byla hodnocená subjektivně, probandi nemuseli běžet do stavu maximálního vyčerpání, tudíž nemuselo být dosaženo skutečného objektivního maxima. Nicméně probandi byli maximálně podporováni a stimulováni k dosažení stavu úplného vyčerpání. Další vlivy, jako např. kouření, fyzická kondice, medikace aj. vyžadují podrobnější a dlouhodobější zkoumání na větším vzorku dobrovolníků, což může být předmětem dalších studií.

7 POUŽITÁ LITERATURA

Adámková, V., 2016: Hodnocení vybraných metod v kardiologii a angiologii pro praxi. Grada Publishing a.s., Praha, 146 s., ISBN 978-80-247-5763-6.

Åstrand, P., O., Rodahl, K., Dahl, H., A., Stromme, S., B., 2003: Physiological Bases of Exercise. Textbook of work Physiology, Human Kinetics, 649 p., ISBN: 0070024065.

Bartůňková, S., 2013: Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha, ISBN 978-80-87647-06-6.

Bartůňková, S., 2014: Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha, 3. vyd., ISBN 978-80-246-2811-0.

Benson, R., Connolly, D., 2012: Trénink podle srdeční frekvence: jak zvýšit kondici, vytrvalost, laktátový práh, výkon. Grada Publishing a.s., Praha, 184 s., ISBN 978-80-247-4036-2.

Beňačka, J., 2013: Pohybový aparát a zdraví: vybrané kapitoly ze sportovní medicíny. Paido, Brno, 185 s., ISBN 978-80-7315-241-3.

Berdanier, C., D., 2002: Handbook of nutrition and food. FL, CRC Press, ISBN 978-1-4200-3839-2, 978-0-8493-2705-6.

Bernaciková, M., 2012: Fyziologie. Masarykova univerzita v Brně. ISBN 978-80-210-5841-5.

Bernaciková, M., Kalichová, M., Beránková, L., 2010: Základy sportovní kineziologie. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Brno. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/index.html>

Bernaciková, M., Kapounková, K., Novotný, J., Vomela, J., Vomelová, N., 2014: Fyziologie člověka pro studenty bakalářských oborů Tělesné výchovy. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity. Brno. ISBN 978-80-210-7697-6.

Bernaciková, M., Novotný, J., Siriški, D., 2014: Praktická cvičení z fyziologie člověka pro studenty bakalářských oborů Tělesné výchovy. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Brno, ISBN: 978-80-210-7693-8.

Borg, G., 1998: Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign, Human Kinetics, 120 s., ISBN-10: 0880116234.

Bouchard, C., Blair, S., N., Haskell, W., 2012: Physical Activity and Health, Human Kinetics, 456 p, 2nd Edition, ISBN: 9781450428491.

Burke, L., Maughan, R., 2006: Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu. Galén, Praha, 311 s., ISBN 80-7262-318-4.

Cinglová, L., 2010: Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství. Karolinum, Praha, 2. vyd., ISBN 978-80-246-1778-7.

Cruz-Martínez, L., E., Jaime Tomás Rojas-Valencia, J., T., Correa-Mesa J., F., Correa-Morales, J., C., 2014: Maximum Heart Rate during exercise: Reliability of the 220-age and Tanaka formulas in healthy young people at a moderate elevation. Rev. Fac. Med. Vol. 62, No. 4: 579-585.

Dalleck, L., Dalleck, A., 2008: The ACSM exercise intensity guidelines for cardiorespiratory fitness: Why the misuse? Journal of Exercise Physiology. 11 (4): 1-11.

De Oliveira Segundo, V., H., De Albuquerque Filho, N., J., B., Rebouças, G., M., Felipe, T., R., Ferreira Matos, V., A., Silva Dantas, P., M., E., F., Pinto, 2016: Use of predictive equations of maximum heart rate for exercise prescription: a comparative study, Journal of Sports and Physical Education, Volume 3, Issue 1, ISSN: 2347-6737.

Dovalil, J., 2002: Výkon a trénink ve sportu. Olympia, Praha, 331 s., ISBN 80-7033-760-5.

Dovalil, J., 2009: Výkon a trénink ve sportu. Olympia, Praha, 3. vyd., 331 s., ISBN 978-80-247-3240-4.

Dylevský, I., 2009: Funkční anatomie. Grada publishing a.s., Praha, 1. vyd., 544 s., ISBN 978-80-247-3240-4.

Evans, C., H., White, R., D., 2009: Exercise Testing for Primary Care and Sports Medicine Physicians. Springer, USA, ISBN 978-0-387-76597-6.

Feltl, T., 2012: Experimentem k poznání: sbírka experimentů s metodickým komentářem. Gymnázium Polička, Polička, ISBN 978-80-210-6271-9.

Fletcher, G. F., P. A. Ades, P. Kligfield, R. Arena, G. J. Balady, V. A. Bittner, L. A. Coke, J. L. Fleg, D. E. Forman, T. C. Gerber, M. Guleti, K. Madan, J. Rhodes, P. D. Thompson, 2013: Exercise Standards for Testing and Training: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 128 (8), p. 873-934.

Ganong, W., F., 2005: Přehled lékařské fyziologie. Galén, Praha, 20. vyd., 890 s., ISBN 80-7262-311-7.

Garlipp, D. C., Siqueira, O., D., Barcellos Crescente, L., A., Jaeger, D., B., Luz Leiria, T., L., 2016: Comparison between Age-Predicted and Measured Maximal Heart Rate in Professional Soccer Athletes, *International Journal of Sports Science*, Vol. 6, No. 6, p. 215-218.

Gellish, R., L. Gosli, B., R., Olson, R., E., McDonald, A., Russi, G., D., Moudgil, V., K., 2007: Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (5), p. 822-829.

Grasgruber, P., 2013: Pohybová aktivita dospělé populace v ČR. Masarykova univerzita, Brno, ISBN 978-80-210-6271-9.

Gulati, M., Shaw, L., J., Thisted, R., A., Black, H., R., Bairey, M., Arnsdorf, M., F., 2010: Heart Rate Response to Exercise Stress Testing in Asymptomatic Women. *Exercise Physiology*, 122(2):130-7.

Hanzlová, J., Hemza, J., 2012: Základy anatomie pohybového ústrojí. Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomie_I/pages/nauka_o_svalech.html

Havlíčková, L., 2004: Fyziologie tělesné zátěže I. Obecná část. Karolinum, Praha, 203 s., ISBN 80-7184-875-1.

Hájek, J., 2012: Antropomotorika. Univerzita Karlova v Praze, 2. vyd., 107 s., ISBN 978-80-7290-598-0.

Heller, J., Vodička, P., 2011: Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže. Karolinum, Praha, 115 s., ISBN: 978-80-246-1976-7.

Hložková, E., Mikušová, V., 2014: Kardiotrénink a moderní pohybové formy: inovace výuky tělesné výchovy a sportu na fakultách TUL v rámci konceptu aktivního životního stylu. TUL, Liberec, ISBN 978-80-7749-115-3.

Hnízdil, J., 2011: Vytrvalostní schopnosti a jejich diagnostika. Habilitační práce v oboru Kinantropologie, Masarykova univerzita v Brně, Fakulta sportovních studií.

Hnízdil, J., Havel, Z., 2012: Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností. Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, ISBN 978-80-7414-476-9.

Houdová, V., Čechovská, I., 2012: Srdeční frekvence jako indikátor pohybového zatížení ve vodě. Katedra plaveckých sportů Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova v Praze, Vol. 16, no. 3, p. 11–25.

Hunt, K. J., Fankhauser, S., E., 2016: Heart rate control during treadmill exercise using input-sensitivityshaping for disturbance rejection of very-low-frequency heart ratevariability. Biomedical Signal Processing and Control, Vol. 30, Pages 31–42.

Chaloupka, V., Elbl, L., 2003: Zátěžové metody v kardiologii. Grada Publishing a.s., Praha, 1. vyd., 304 s., ISBN 978-80-247-4036-2.

Inbar, O., Oren, A., Scheinowitz, M., Rotstein, A., Dlin, R. & Casaburi, R., 1994: Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20-70yr-old men. Med. Sci. Sport Exerc., 26 (5), p. 538–546.

Jackson, A., S., 2007: Estimating Maximum Heart Rate From Age: Is It a Linear Relationship? Medicine & Science in Sports & Exercise, 39 (5), p. 822-829.

Jančík, J., Závodná, E., Novotná, M., 2006: Fyziologie tělesné zátěže. Fakulta sportovních studií MU, Brno, ISSN 1802-128X.

Jandačka, D., 2011: Kinetická analýza lidského pohybu. Ostravská univerzita, Ostrava, 144 s., ISBN 978-80-7464-103-9.

Karvonen, M. J., Kentala, E. & Mustala, O., 1957: The effects of training on heart rate; longitudinal study. Ann. Med. Exp. Biol. Fenn., 35 (3), p. 307–315.

Kernová, V., Komárek, L., Skálová, L., 2007: Nadváha a obezita, In: Státní zdravotní ústav, Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/nadvaha-a-obezita>.

Kleinwächterová, H., Brázdová, Z., 2001: Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování. Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2. vyd., 102 s., ISBN 80-7013-336-8.

Kott, O., 2013: Předpoklady pohybu. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2. vyd., 44 s., ISBN 978-80-261-0215-1.

Kudlová, P., 2015: Ošetrovatelská péče v diabetologii. Grada Publishing a.s, Praha, 204 s., ISBN 978-80-247-5367-6.

Kuhn, K., Nusser, S., Platen, P., Vafa, R., 2005: Vytrvalostní trénink. Kopp, České Budějovice, 127 s., ISBN 80-7232-252-4.

Langmeier, M., 2009: Základy lékařské fyziologie. Grada Publishing a.s, Praha, 320 s., ISBN 978-80-247-2526-0.

Larson, E., D., Clair, J., R, S., Sumner, W., A., Bannister, R., A., Proenta, C., 2013: Depressed pacemaker activity of sinoatrial node myocytes contributes to the age-dependent decline in maximum heart rate. 110 (44):18011-6.

Londeree, B., R., Moeschberger, M., L., 1982: Effect of age and other factors on HR_{max}. Research Quarterly for Exercise & Sport, 53 (4), p. 297-304.

Malý, S., Král, M., Hanáková, E., 2010: ABC ergonomie. Professional Publishing, Praha, 386 s., ISBN 978-80-7431-027-0.

Mandelová, L., Hrnčřířiková, I., 2007: Základy výživy ve sportu. Masarykova univerzita, Brno, 72 s., ISBN: 9778-80-210-4281-0.

Máček, M., Radvanský, J., 2011: Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity. Galén, Praha, 245 s., ISBN 978-80-7262-695-3.

Májková, T., 2015: Srovnání maximální tepové frekvence při běhu, na bicyklovém ergometru a při plavání. Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

Merkunová, A., Orel, M., 2008: Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. Grada Publishing a.s., Praha, 320 s., ISBN 978-80-247-1521-6.

Moncada-Jiménez, J., Grandjean, A., J., Alhassan, S., Grandjean, P., W., 2015: Cardiorespiratory Responses to Continuously-Graded and Ramp Treadmill Protocols, International Journal of Sports Science, 5(2): 80-86, ISSN: 2169-8791.

Müllerová, D., Aujezdská, A., 2014: Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví. Karolinum, Praha, 256 s., ISBN 978-80-246-2510-2.

Nes, B., M., Janszky, I., Wisløff, U., Støylen, A., Karlsen, T., 2013: Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The Hunt Fitness Study. Scand J Med Sci Sports, 23 (6): 697-704.

Neumann, G., Pfützner, A., Hottenrott, K., 2005: Trénink pod kontrolou: metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku. Grada Publishing a.s, Praha, 184 s., ISBN 80-247-0947-3.

Novohradský, T., 2008: Trénink v posilovně. Univerzita obrany, Brno, 74 s., ISBN 97-80-7231-232-0.

Novotný, J., 2009: Aktuální otázky poškození zdraví sportem. In: Sborník abstraktů mezinárodní konference konané 5. a 6. listopadu 2009 v Brně, 1. vyd., Brno, Masarykova univerzita, 134 s., ISBN 978-80-210-5006-8.

Novotný, J., 2009: Zátěžové testy. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Brno. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/kapitolysportmed/pages/18-zatezove-testy.html>

Novotný, J., 2013: Sportovní antropologie. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Brno. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/~novotny/Antropologie.pdf>

Novotný, J., 2014: Zátěžové testy ve sportovní medicíně. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Brno. Dostupné z: <https://publi.cz/books/132/09.html>

Novotný, J., Novotná, M., 2008: Fyziologické principy tréninku a testy běžců. Atletika, roč. 60, č. 11, str. 1-8.

Panuška, P., 2014: Rozvoj vytrvalostních schopností. Mladá fronta – edice Českého olympijského výboru, Praha, 120 s., ISBN 978-80-204-3391-6.

Pastucha, D., 2014: Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly. Grada Publishing a.s, Praha, 290 s., ISBN 078-80-247-4837-5.

Penhaker, M., Augustynek, M., 2013: Zdravotnické elektrické přístroje 1. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, ISBN 978-80-248-3107-7.

Placheta, Z., Siegelová, J., Štejfá, M., 1999: Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi. Grada Publishing a.s., Praha, 276 s., ISBN 80-7169-271-9.

Pumprla, J., Sovová, E., Howorka, K., 2014: Variabilita srdeční frekvence: Využití v interní praxi se zaměřením na metabolický syndrom. Interní medicína pro praxi, 16 (5): 205-209.

Ramos-Jiménez, A., Hernández-Torres, R., P., Torres-Durán, P., V., Romero.Gonzales, J., Mascher, D., Posadas-Romero, C., Juárez-Oropeza, M., A., 2008: The Respiratory Exchange Ratio is Associated with Fitness Indicators Both in Trained and Untrained

Men: A Possible Application for People with Reduced Exercise Tolerance. *Clin Med Circ Respirant Pulm Med.*, 2: 1-9.

Robergs, A., R., Landwehr, R., 2002: The surprising history of the „HR max = 220-age, equation. *Journal of Exercise Physiology*, 5 (2): 1-10. ISSN: 1097-9751.

Roy, S., McCrory, J., 2015: Validation of Maximal Heart Rate Prediction Equations Based on Sex and Physical Activity Status, *International Journal of Exercise Science*, 8 (4): 318-330.

Rydlo, M., Stejskal, P., Martínek, A., Kupka, T., Martínková, K., Plášek, J., Benešová, R., 2014: Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství. Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 153 s., ISBN: 978-80-7464-567-9.

Řimák, P., Fiala, J., Kunzová, Š., Kaňovský, P., 2012: Srovnání vyšetření fyzické zdatnosti na bicyklovém ergometru a běhátku pro účely primárně preventivního vyšetření, *Hygiena*, 57 (4), 135–143.

Schwellnus, M., P., 2009: The Encyclopaedia of Sports Medicine: An IOC Medical Commission Publication, The Olympic Textbook of Medicine in Sport, John Wiley & Sons, 624 s., ISBN: 1444300644

Silbernagl, S., Despopoulos, A., 2004: Atlas fyziologie člověka. Grada Publishing a.s., Praha, 448 s., 6. vyd., ISBN 978-80-247-0630-6.

Sovová, E., 2006: EKG pro sestry. Grada Publishing a.s., Praha, 112 s., ISBN 80-247-1542-2.

Sovová, E., Sedlářová, J., 2014: Kardiologie pro obor ošetrovatelství. Grada Publishing a.s., Praha, 264 s., 2.vyd., ISBN 978-80-247-4823-8.

Stackeová, D., 2010: Zdravotní benefity pohybové aktivity. *Hygiena*, 55 (1), 25-28.

Straková, T., 2005: Vztah tělesné stavby a funkčního stavu pohybového systému ve věku adultus, In: Sport ve vědě – věda ve sportu, Soubor referátů z mezinárodní studentské konference konané 17. a 18. 2005 na Fakultě sportovních studií MU v Brně. 1. vyd., 81 s., Brno, Masarykova univerzita, ISBN: 80-210-3633-8.

Šeda, J., 2010: Měřič tepové frekvence. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vedoucí práce doc. Ing. Milan Chmelař, CSc.

Štejfa, M., 2007: Kardiologie. Grada Publishing a.s., 3. vyd., 760 s., ISBN 978-80-247-1385-4.

Tanaka, H., Monahan, D., K., Seals, D., R., 2001: Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of American College of Cardiology*, 153-156, Vol. 37, No. 1, ISSN 0735-1097.

Tvrzník, A., Gerych, D., 2014: Velká kniha běhání. Grada Publishing a.s, Praha, 312 s., ISBN 978-80-247-4872-6.

Tvrzník, A., Soumar, L., 2004: Jogging: běhání pro zdraví, kondici i redukci váhy. Grada Publishing a.s, Praha, 104 s., ISBN 80-247-0714-4.

Tvrzník, A., Soumar, L., 2012: Běhání. Grada Publishing a.s, Praha, 192 s., ISBN 978-80-247-3934-2.

Umetani, K., Singer, D., H., McCraty, R., Atkinson, M., 1998: Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. *American College of Cardiology*, 31 (3), 593-601.

Vilikus, Z., 2012: Funkční diagnostika. Vysoká škola tělesné výchovy a sportu Palestra, Praha, ISBN 978-80-904815-8-9.

Vučetić, S., V., Šentija, D., Sporiš, G., Trajković, N., Milanović, Z., 2014: Comparison of ventilation threshold and heart rate deflection point in fast and standard treadmill test protocol, *Acta Clin Croat*, 53 (2): 190-203.

WHO, 2017: Global strategy on diet, physical activity and health: What is overweight and obesity? World Health Organization.

Whyte, G., P., George, K., Shave, R., Middleton, N., Nevill, A., M., 2008: Training Induced Changes in Maximum Heart Rate. *Int J Sports Med*, 29 (2), p. 129-133.

Wingo, J., E., Ganio, M., S., Cureton, K., J., 2012: Cardiovascular drift during heat stress: implications for exercise prescription. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 40, No. 2, p. 88.

Zahradník, D., Korvas, P., 2012: Základy sportovního tréninku. Masarykova univerzita, Brno, ISBN 978-80-210-5890-3.

8 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

8.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Jednotlivé energetické systémy svalové kontrakce.....	16
Obr. 2 Průběh energetického výdeje a podíl jednotlivých systémů energetické úhrady ve svalu v závislosti na době trvání zatížení.....	18
Obr. 3 Příklad nárůstu srdeční frekvence u vrcholových a začínajících sportovců.....	23
Obr. 4 Dynamika ukazatelů zatížení v průběhu zatížení.....	24
Obr. 5 Vztah mezi maximální tepovou frekvencí a věkem.....	25
Obr. 6 Dlouhodobý vliv tréninku na tepovou frekvenci.....	26
Obr. 7 R-R interval.....	27
Obr. 8 Somatotyp – muži.....	28
Obr. 9 Somatotyp – ženy.....	28
Obr. 10 Věkově rozdělení dobrovolníků (n=20).....	40
Obr. 11 BMI dobrovolníků (n=20).....	40
Obr. 12 Běžecský pás inSPORTline Gallop.....	41
Obr. 13 Běžecský computer RC 14.11 (sporttester).....	42
Obr. 14 Hrudní pás.....	42
Obr. 15 Dokovací stanice Watch.....	42
Obr. 16 Aktuální zdravotní stav respondentů.....	46
Obr. 17 Pravidelně užívané léky.....	46
Obr. 18 Užívané doplňky stravy spojené se sportem.....	46
Obr. 19 Kuřácké návyky.....	47

Obr. 20 Orientační anamnéza stravovacích návyků.....	47
Obr. 21 Monitoring tepové frekvence při cvičení.....	47
Obr. 22 „Myslíte si, že čím vyšší tepové frekvence při cvičení dosahujete, tím lépe spalujete tuky? “	48
Obr. 23 Individuální spokojenost respondentů s fyzickou kondicí.....	48
Obr. 24 Úroveň zdatnosti podle Cooperova testu.....	49
Obr. 25 Úroveň zdatnosti podle chodeckého testu.....	49
Obr. 26 Porovnání naměřených průměrných hodnot HR_{max} při jednotlivých zátěžových testech.....	50
Obr. 27 Porovnání průměrných hodnot HR_{max} , vypočítaných z predikčních rovnic...	52

8.2 Seznam tabulek

Tab. 1 Anatomická a funkční charakteristika svalových vláken.....	14
Tab. 2 Poměr respirační výměny při různém typu metabolismu.....	21
Tab. 3 Borgova škála subjektivního vnímání zátěže.	34
Tab. 4 Fáze srdeční frekvence.....	37
Tab. 5 Charakteristika zkoumaného souboru.....	39
Tab. 6 Mezinárodní klasifikace hmotnosti dle WHO.....	40
Tab. 7 Kategorizace aerobní zdatnosti z testu na 12 min.....	43
Tab. 8 Výpočet indexu zdatnosti na základě chodeckého testu.....	43
Tab. 9 Vyhodnocení indexu zdatnosti.....	44
Tab. 10 Prováděné zátěžové testy.....	50
Tab. 11 Vybrané predikční rovnice pro výpočet HR_{max} . (n = 20).....	52

9 SEZNAM ZKRATEK

% HR _{max}	% maximální tepové (srdeční) frekvence
% HRR	% rezervy tepové (srdeční) frekvence
ADP	adenosindifosfát
AMP	adenosinmonofosfát
ANP	anaerobní práh
AP	aerobní práh
ATP	adenosintrifosfát
BMI	index tělesné hmotnosti (Body Mass Index)
cal	kalorie
CP	kreatinfosfát
EKG	elektrokardiografie, elektrokardiogram, elektrokardiograf
GLU	glukóza
HR	srdeční frekvence, tepová frekvence (Heart Rate)
HR _{klid}	klidová srdeční frekvence
HR _{max}	maximální srdeční frekvence
HRV	variabilita srdeční frekvence (Heart Rate Variability)
LA	laktát, kyselina mléčná
P	fosfát
PA	pohybová aktivita
RQ	respirační kvocient
RER	poměr respirační výměny
TO	testovaná osoba
VO ₂	spotřeba kyslíku
VO _{2max}	maximální spotřeba kyslíku
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

10 SEZNAM PŘÍLOH

10.1 Příloha 1: Dotazník k diplomové práci

Dotazník k diplomové práci na téma „Zjišťování maximální tepové frekvence u vybrané populační skupiny zátěžovým testem“

Vážené respondentky, vážení respondenti,

Obracím se na Vás s žádostí o vyplnění mého dotazníku, který poslouží jako doplňující informace k zátěžovému testu, který budete provádět. Cílem dotazníku je orientačně analyzovat Váš zdravotní stav, stravovací návyky a pohybovou aktivitu. Vaše odpovědi nebudou komerčně využity a budou sloužit pouze k vypracování mé diplomové práce.

Při vyplňování prosím zaškrtněte vždy jednu možnost, pokud není uvedeno jinak. Když se rozhodnete doplnit odpověď svými slovy (jestliže je uvedeno), prosím, odpověďte stručně. Vybírejte, prosím, možnost nebo tvrzení, které je Vám nejbližší nebo tvrzení, které nejvíce odpovídá skutečnosti.

Předem Vám děkuji za odpovědné a pravdivé vyplnění dotazníku.

Petra Vašková

A. Základní informace

Jméno a příjmení:

Pohlaví: žena muž

Věk:

Povolání:

Výška (cm): _____ **Hmotnost (kg):** _____

B. Zdravotní stav

1. Jaký je Váš aktuální zdravotní stav:

- dobrý, aktuálně žádné zdravotní potíže
- drobné problémy, ale obecně dobrý
- chronické problémy, aktuálně pod kontrolou
- vážné zdravotní problémy

2. Pravidelně užívané léky:

ano ne

Pokud ano, prosím, vyjmenujte:

3. Užívání doplňků stravy (spojených se sportem):

- ano ne

Pokud ano, prosím, vyjmenujte:

4. Kouření:

- ano ano, příležitostně ne

Pokud ano, prosím, uveďte, kolik cigaret denně vykouříte: _____ ks

5. Máte vysoký krevní tlak? (vyšší než 140/90 mmHg)

- ano ne nevím

C. Orientační anamnéza stravovacího režimu

6. Kolik porcí jídla za den pravidelně jíte?

- 1 2 3 4 5 6 více

7. Domníváte se, že se stravujete zdravě?

- ano
 spíše ano
 spíše ne
 ne

8. Zažíváte během dne pocity hladu?

- ano, každý den
 ano, několikrát do týdne
 ano, ale pouze výjimečně
 ne

9. Kolikrát týdně se stravujete v provozovnách rychlého občerstvení?

- denně
 5x a vícekrát za týden
 3x za týden
 1x týdně
 méně než 1x týdně

10. Jaké množství tekutin vypijete za 24 hodin?

- max. 1 litr
 1 – 2 litry
 2 – 3 litry
 více než 3 litry

11. Kolik litrů vody a neslazených nápojů vypijete za den?

- méně než 1 l
- 1-1,5 l
- 1,6-2 l
- 2-2,5 l
- více než 2 l

12. Jaké tekutiny preferujete? (můžete zaškrtnout více odpovědí)

- voda/neslazené minerální vody
- ochucené minerální vody
- slazené nápoje (coca cola/fanta aj.)
- džusy/ovocné a zeleninové šťávy
- energetické nápoje
- káva
- čaj

13. Jak často pijete alkoholické nápoje?

(1 nápoj = 0,5 l 12° piva, 2 dcl vína nebo 0,5 dcl destilátu)

- 4x a více týdně
- 2-3x týdně
- 2-4x měsíčně
- příležitostně (méně než 1x za měsíc)
- nikdy

D. Orientační anamnéza fyzické aktivity

14. Sportujete ve volném čase?

- ano – 4x týdně a více
- ano – 3x týdně
- ano – 2x týdně
- ano – 1x týdně
- ano – 2-3 x měsíčně
- ano – 0-1 měsíčně
- nesportuji

15. Pokud jste vybral/a možnost „ano“: O jaký druh fyzické aktivity se jedná?

(můžete uvést i více druhů)

16. Kolik minut/hodin týdně se věnujete **aerobní fyzické aktivitě**? (např. rychlá chůze, jogging, běh, jízda na kole, aerobik)

Kolik minut/hodin týdně se věnujete **anerobní fyzické aktivitě**? (např. sprint, míčové hry, cvičení v posilovně)

17. Kolik minut/hodin týdně se věnujete **tzv. Body&Mind lekcím (pomalým formám cvičení)**? (např. jóga, Pilates, Body Balance, Port de Bras)

18. Sledujete během fyzické aktivity svoji tepovou frekvenci?

ano

ne

19. Pokud ano, z jakého důvodu ji sledujete a jaká je průměrná hodnota? (např. 120 – 130 tepů/min) _____

20. Myslíte si, že čím vyšší tepové frekvence při cvičení dosahujete, tím lépe spalujete tuky?

ano

ne

nevím

21. Cvičím, protože:

chci snížit hmotnost

chci zlepšit úroveň svoji kondice

chci zpevnit svalstvo

chci se odreagovat

necvičím

jiné, uveďte: _____

22. Jakou formu odpočinku, relaxace upřednostňujete? (můžete označit více odpovědí)

četba

televize

domácí práce

procházky v přírodě

sport

společnost, kultura, přátelé

jiné, uveďte: _____

23. Věnujete se (věnoval/a jste se) nějakému výkonnostnímu sportu?

- ano, nyní – jakému? _____
- ano, dříve – jakému? _____
- ne

24. Jste spokojeni se svou fyzickou kondicí?

- ano
- spíše ano
- spíše ne
- ne

10.2 Příloha 2: Výsledky Cooperova testu

n = 20	Pohlaví	Vzdálenost[m]	Průměrná HR [tepy/min]	HR _{max} [tepy/min]	Úroveň zdatnosti
1	žena	1690	162	189	nízká
2	žena	1950	192	207	dostatečná
3	žena	1880	167	196	dostatečná
4	muž	1980	161	188	nízká
5	muž	2590	191	209	dobrá
6	muž	2690	171	185	velmi dobrá
7	muž	3130	191	205	výborná
8	muž	1950	163	184	nízká
9	žena	1880	178	198	dostatečná
10	žena	1820	176	190	dostatečná
11	žena	2190	153	180	velmi dobrá
12	žena	2920	174	188	výborná
13	žena	2460	177	193	výborná
14	žena	2080	143	152	dobrá
15	muž	2370	151	172	dostatečná
16	žena	2370	171	184	výborná
17	muž	3320	165	177	výborná
18	muž	2010	180	197	nízká
19	muž	2240	162	172	dostatečná
20	muž	2250	166	186	dostatečná

10.3 Příloha 3: Výsledky chodeckého testu

n = 20	Pohlaví	Věk [roky]	Dosažený čas [min]	Průměrná HR [tepy/min]	BMI [kg/m²]
1	žena	25	21,37	149,00	17,15
2	žena	26	18,70	173,00	22,86
3	žena	23	15,38	150,00	22,56
4	muž	25	17,38	144,00	22,35
5	muž	23	18,17	131,00	26,86
6	muž	22	19,37	128,00	22,41
7	muž	27	17,87	128,00	27,70
8	muž	27	20,45	131,00	21,87
9	žena	27	18,70	147,00	22,84
10	žena	25	20,95	168,00	22,95
11	žena	23	18,02	151,00	20,03
12	žena	21	18,02	138,00	22,65
13	žena	25	20,37	157,00	21,08
14	žena	26	18,55	125,00	24,17
15	muž	31	18,27	125,00	23,32
16	žena	23	16,88	164,00	21,46
17	muž	27	20,00	119	24,49
18	muž	26	17,90	171	26,09
19	muž	26	17,54	131	25,42
20	muž	30	21,32	146	28,4

Pokračování vyhodnocení chodeckého testu

AB	C	D	E	F	E – F = G	Index zdatnosti	Zdatnost
181,62	47,68	18,87	248,16	10,0	238,16	65,84	velmi nízká
158,95	55,36	25,15	239,46	10,4	229,06	74,94	nízká zdatnost
130,76	48,00	24,82	203,57	9,2	194,37	109,63	průměrná zdatnost
201,65	80,64	58,11	340,40	5,0	335,40	84,60	nízká zdatnost
210,73	73,36	69,84	353,93	4,6	349,33	70,67	velmi nízká
224,65	71,68	58,27	354,60	4,4	350,20	69,80	velmi nízká
207,25	71,68	72,02	350,95	5,4	345,55	74,45	nízká zdatnost
237,22	73,36	56,86	367,44	5,4	362,04	57,96	velmi nízká
158,95	47,04	25,12	231,11	10,8	220,31	83,69	nízká zdatnost
178,08	53,76	25,25	257,08	10,0	247,08	56,92	velmi nízká
153,14	48,32	22,03	223,49	9,2	214,29	89,71	průměrná zdatnost
153,14	44,16	24,92	222,22	8,4	213,82	90,18	průměrná zdatnost
173,12	50,24	23,19	246,54	10,0	236,54	67,46	velmi nízká
157,68	40,00	26,59	224,26	10,4	213,86	90,14	průměrná zdatnost
211,89	70,00	60,63	342,53	6,2	336,33	83,67	nízká zdatnost
143,51	52,48	23,61	219,59	9,2	210,39	93,61	průměrná zdatnost
232,00	38,08	63,67	333,75	5,4	328,354	91,65	průměrná zdatnost
207,64	54,72	67,83	330,19	5,2	324,994	95,01	průměrná zdatnost
203,46	41,92	66,09	311,48	5,2	306,276	113,72	vyšší zdatnost
247,27	46,72	73,84	367,83	6,0	361,833	58,17	velmi nízká

10.4 Příloha 4: Výsledky zátěžových testů

TO	Věk	Pohlaví	HR _{ma} (1)	Ø HR (1)	HR _{max} (2)	Ø HR (2)	HR _{max} (3)	Ø HR (3)	HR _{max} (4)	Ø HR (4)
1	25	žena	190	164	202	181	196	175	203	188
2	26	žena	196	182	200	189	200	190	199	186
3	23	žena	183	160	191	165	197	176	193	182
4	25	muž	181	156	185	165	188	163	188	167
5	23	muž	192	160	189	168	193	167	192	168
6	22	muž	182	169	182	174	181	159	181	168
7	27	muž	201	191	200	184	196	178	196	181
8	27	muž	176	155	178	163	185	166	184	173
9	27	žena	191	181	194	178	195	182	192	181
10	25	žena	191	177	200	185	201	187	201	191
11	23	žena	184	174	185	169	186	165	183	173
12	21	žena	189	175	192	176	190	173	190	176
13	25	žena	185	176	192	182	193	181	194	186
14	26	žena	167	150	174	161	191	173	174	165
15	31	muž	163	137	177	153	163	149	167	149
16	23	žena	185	167	187	176	185	178	185	176
17	27	muž	183	170	183	171	171	156	167	150
18	26	muž	198	191	202	194	200	190	201	192
19	16	muž	188	170	191	173	194	174	192	174
20	30	muž	188	169	191	170	204	183	205	181