

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Možnosti využití nízko objemového rezistentního tréninku
pro ovlivnění funkčních a morfologických parametrů u
rekreačních běžkyň**

Disertační práce

Vedoucí disertační práce:

prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Vypracoval:

Mgr. Michal Štohanzl

Praha, květen 2019

Prohlašuji, že jsem závěrečnou disertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

Podpis

.....

.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své disertační práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto disertační práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení: _____ Fakulta / katedra: _____ Datum vypůjčení: _____ Podpis: _____

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému školiteli prof. Ing. Václavu Buncovi, CSc za cenné připomínky při realizaci této disertační práce a za výraznou oporu, které se mi od něj dostávalo po celou dobu mého postgraduálního studia. Velký dík patří kolegům z Laboratoře sportovní motoriky, především doc. Mgr. Jiřímu Balášovi, Ph.D., za cenné rady při přípravě a statistickém zpracování této práce. Zvláštní poděkování si zaslouží doc. PaedDr. Emanuel Hurych, Ph.D. za inspiraci a nadšení, které podnítily můj zájem o pohyb v dobách dávno minulých. Stejnou měrou pak děkuji celé své rodině, která mě podporovala po celou dobu studia a zvláště manželce Janě za zájem, trpělivost a pochopení, které se mi od ní vždy dostalo.

SOUHRN

- Název:** Možnosti využití nízko objemového rezistentního tréninku pro ovlivnění funkčních a morfologických parametrů u rekreačních běžkyň.
- Cíl:** Cílem práce bylo posoudit, zdali rezistentní trénink bez přidané zátěže o objemu 30 nebo 60 minut týdně přidaný k vytrvalostnímu vyvolá změny tělesného složení a zlepšení funkčních parametrů rekreačních běžkyň.
- Metody:** Čtyřicet jedna rekreačních běžkyň ve věku $32,0 \pm 5,3$ let během deseti týdnů absolvovalo intervenční pohybový program o shodné době zatížení 3 hodiny/týdně s rozdílným poměrem vytrvalostního a rezistentního tréninku. Ženy byly náhodně rozděleny do tří skupin (skupina [V] n=14, která absolvovala 3 hodiny běžeckého vytrvalostního tréninku týdně; skupina [VR30] n=14, která absolvovala 2 ½ hodiny vytrvalostního tréninku a 1 x 30 minut rezistentního tréninku týdně a skupina [VR60] n=13, která absolvovala 2 hodiny vytrvalostního tréninku a 2 x 30 minut rezistentního tréninku týdně. Před a po intervenčním programu, bylo analyzováno tělesné složení (FM, FFM, ECM/BCM) metodou bioelektrické impedance; hodnocena explozivní síla dolních končetin skokem do dálky z místa odrazem snožmo; hodnoceny funkční parametry běžeckého výkonu - spotřeba kyslíku a srdeční frekvence při submaximální/maximální zátěži a čas do subjektivního vyčerpání při stupňovaném zátěžovém testu na běhacím koberci v laboratoři. K vyhodnocení výsledků byla použita analýza rozptylu s opakovaným měřením (ANOVA), Studentův párový t-test a Post-hoc analýza.
- Výsledky:** Desetitýdenní program úspěšně dokončilo 31 rekreačních běžkyň. Obě skupiny absolvující souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink významně zlepšily svůj maximální běžecký výkon na běhacím koberci měřený v čase do subjektivního vyčerpání při testu: VR30 z $168,5 \pm 43,2$ na $191,3 \pm 43,8$ s ($\uparrow 13,5\%$, $p = 0,001$, $d = 0,52$), VR60 z $203,1 \pm 47,8$ na $249,3 \pm 49,7$ s ($\uparrow 22,7\%$, $p = 0,004$ $d = 0,95$). Žádné jiné významné rozdíly mezi skupinami v hodnotách tělesného složení, explozivní síly (skok z místa do dálky), ekonomiky běhu, laktátového prahu a $\dot{V}O_2\max$ nebyly zjištěny. Nicméně ve skupině VR60 došlo k zlepšení ekonomiky běhu

($\dot{V}O_2$ při 7 km.h⁻¹) z $28,1 \pm 2,5$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ na $26,8 \pm 3,1$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ ($\downarrow 4,6$ %, $p = 0,047$, $d = 0,467$) mezi vstupním a výstupním měřením.

Závěr: Výsledky studie naznačují, že rezistentní trénink v objemu 30 nebo 60 minut týdně po dobu deseti týdnů je dostatečný k zvýšení maximálního běžeckého výkonu u rekreačních běžkyň. Vyšší podíl rezistentního tréninku byl asociován s vyšším nárůstem tohoto parametru. Ostatní sledované parametry, které charakterizují běžecký výkon - explozivní síla, ekonomika běhu, laktátový práh, $\dot{V}O_{2max}$ a tělesné složení zůstávají v důsledku takto realizovaného rezistentního tréninku nezměněny.

Klíčová slova: rekreační běh, souběžný trénink, vytrvalostní trénink, rezistentní trénink

SUMMARY

- Title:** Effects of minimal dose of resistance training on body composition and running performance in female recreational runners
- Objective:** The purpose of this study was to analyse the extent to which minimal dose resistance training would elicit improvements in running performance and body composition for female recreational runners.
- Methods:** Forty-one female recreational runners were randomly assigned to one of three groups (endurance running [V] n=14; combined endurance running and resistance training program once [VR30] n=14 and twice a week [VR60] n=13, respectively). During the 10-week training program, the V group completed 3 hours of continuous endurance running per week; VR30 completed 2 ½ hours of continuous endurance running and 1 x 30 min of resistance training per week, while VR60 group completed 2 hours of continuous endurance running and 2x30 min of resistance training per week. Body composition (FM, FFM, ECM/BCM), standing long jump, running economy, ventilatory anaerobic threshold and maximal endurance performance characteristics were assessed using ANOVA with repeated measures. Body composition was assessed via whole-body bio impedance. Performance parameters were determined during running on a treadmill.
- Results:** Thirty-one female recreational runners completed 10-week intervention program. Both concurrent training groups significantly improved their time to exhaustion at a given workload on a treadmill VR30 from $168,5 \pm 43,2$ to $191,3 \pm 43,8$ s ($\uparrow 13,5\%$, $p = 0,001$, $d = 0,52$), VR60 from $203,1 \pm 47,8$ to $249,3 \pm 49,7$ s ($\uparrow 22,7\%$, $p = 0,004$ $d = 0,95$). No significant differences were detected between groups for body composition, power output (standing long jump), running economy, ventilatory anaerobic threshold and $\dot{V}O_2$ max. In addition, the VR60 group increased significantly running economy ($\dot{V}O_2$ at 7 km.h⁻¹) from $28,1 \pm 2,5$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ to $26,8 \pm 3,1$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ ($\downarrow 4,6\%$, $p = 0,047$, $d = 0,467$) between pre and post measurement.

Conclusion: The findings suggest resistance training in volume 30 min or 1 hour per week was sufficient to increase maximal running performance. The larger resistance training volume was associated with higher improved maximal running performance, however it did not lead to improvement in body composition, running economy, aerobic capacity, ventilatory anaerobic threshold and explosive power.

Key words: recreational running, concurrent training, endurance training, resistance training,

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Teoretická východiska	15
2.1	Problematika zařazení pohybových aktivit do životního stylu	15
2.1.1	Chronická onemocnění neinfekčního typu v ČR	18
2.1.2	Doporučení k realizaci pohybových aktivit u dospělé populace.....	19
2.1.3	Nedostatek času, jako důvod pohybového deficitu	21
2.1.3.1	Volný čas.....	22
2.1.4	Intervenční pohybové programy pro změnu sedavého na aktivní životní styl	23
2.1.4.1	Tělesná zdatnost a kondice.....	24
2.1.4.2	Pohybová aktivita jako prostředek pro ovlivnění tělesného složení	27
2.1.4.3	Zásady návrhů intervenčních pohybových programů	31
2.1.4.4	Hodnocení efektu intervenčních pohybových programů	32
2.1.5	Shrnutí	33
2.2	Vytrvalostní běh, jako volnočasová pohybová aktivita	35
2.2.1	Popularita a aktivní účastníci vytrvalostního běhu v současnosti	37
2.2.2	Současný stav	38
2.2.3	Klady a zápory vytrvalostního běhu pro rekreačního běžce	42
2.2.3.1	Benefity vytrvalostního běhu pro rekreačního běžce	42
2.2.3.2	Možná rizika vytrvalostního běhu.....	44
2.2.4	Shrnutí	46
2.3	Souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink	49
2.3.1	Morfologická stavba a metabolické funkce svalů	50
2.3.1.1	Funkční a morfologická adaptace na rezistentní trénink.....	52
2.3.1.2	Funkční a morfologická adaptace na vytrvalostní trénink	54
2.3.2	Morfologické a funkční rozdíly mezi muži a ženami.....	55
2.3.3	Efekt souběžného tréninku na morfologické předpoklady.....	57
2.3.4	Efekt souběžného tréninku na funkční předpoklady	59
2.3.4.1	Efekt souběžného tréninku na maximální spotřebu kyslíku.....	59
2.3.4.2	Efekt souběžného tréninku na laktátový práh	60
2.3.4.3	Efekt souběžného tréninku na ekonomiku běhu	61
2.3.4.4	Efekt souběžného tréninku na maximální běžecký výkon	64
2.3.5	Metody rezistentního tréninku používané v souběžném tréninku.....	65
2.3.6	Roční periodizace souběžného tréninku.....	67
2.3.7	Využití souběžného tréninku u rekreačních běžců.....	69
2.3.8	Shrnutí	73

3	Výzkumná část.....	75
3.1	Cíle.....	75
3.2	Hypotézy.....	75
3.3	Úkoly práce.....	76
3.4	Metody a organizace sběru dat.....	77
3.4.1	Typ studie, proměnné.....	77
3.4.2	Charakteristika výzkumného souboru.....	77
3.4.3	Organizace výzkumu.....	78
3.4.4	Realizace měření.....	78
3.4.4.1	Hodnocení morfologických předpokladů.....	79
3.4.4.2	Hodnocení funkčních předpokladů.....	79
3.4.4.3	Hodnocení techniky běhu.....	80
3.4.5	Tréninkový program.....	82
3.4.6	Etika výzkumu.....	84
3.4.7	Statistická analýza dat.....	84
4	Výsledky.....	86
4.1	Test normality dat.....	86
4.2	Tělesné složení.....	87
4.3	Funkční parametry.....	88
4.4	Technika běhu.....	91
5	Diskuze.....	92
6	Závěr.....	107
7	Použitá literatura.....	108
8	Přílohy.....	126
8.1	Příloha č. 1.....	127
8.2	Příloha č. 2.....	128
8.3	Příloha č. 3.....	129
8.4	Příloha č. 4.....	137
8.5	Příloha č. 5.....	138

Seznam použitých zkratek

1RM	One-repetition maximum
ACSM	American College of Sports Medicine
ANOVA	Analysis of variance
ANP	Anaerobní práh
ATP	Adenosintrifosfát
BCM	Body cell mass
BMI	Body mass index
CP	Kreatin fosfát
CNS	Centrální nervová soustava
EB	Ekonomika běhu
ECM	Extracellular mass
EU	Evropská unie
EXP	Explozivní trénink
FM	Fat mass
FFM	Fat free mass
HR	Heart rate
HWT	Heavy weight training
ICC	Intraclass correlation coefficient
PA	Pohybová aktivita
PLM	Plyometrický trénink
LP	Laktátový práh
LSD	Least Significant Difference
MJ	Motorická jednotka
RER	Respirační výměnný koeficient
SVRT	Souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink
V	Kontrolní skupina (pouze vytrvalostní trénink)
VAT	Ventilační anaerobní práh
$\dot{V}O_2$	Spotřeba kyslíku
VR30	Experimentální skupina 1 (30 minut rezistentního tréninku)
VR60	Experimentální skupina 2 (60 minut rezistentního tréninku)
WHO	World Health Organization

1 Úvod

Pravidelná pohybová aktivita je nezbytným předpokladem kvalitního života. Průvodním jevem současného životního stylu je však pohybová nedostatečnost, z ní vyplývající zdravotní komplikace a stále se snižující zdatnost populace. Zdatnost lze ovlivnit přiměřenými pohybovými aktivitami a vhodně sestaveným pohybovým programem (Bunc, 2011). Vhodnou formou volnočasové pohybové aktivity, která získává v současné době stále více aktivních účastníků, může být vytrvalostní běh. Od přelomu tisíciletí dramaticky vzrůstá počet rekreačních běžců (Fredricson at al., 2007; Van Dyck et al., 2017). Pro své relativně snadné provedení, dostupnost a malou náročnost na vybavení a čas se běh stává velmi vhodnou pohybovou aktivitou (Eimer et al., 2015). Pauline (2014) poukazuje na stoupající popularitu běhu z pohledu žen, stejně jako na jejich zvýšenou účast na vytrvalostních běžeckých závodech. Mezi nejčastější argumenty, které uvádějí ženy jako důvod k provozování této pohybové aktivity, patří snaha udržet svoji hmotnost a zůstat fyzicky atraktivními, získat další zdravotní benefity a psychosociální důvody – setkávání se s lidmi, sdílení skupinové identity, zvýšení sebevědomí a víry ve svoje schopnosti, pocit z úspěchu při dokončení tréninku/závodu, uvolnění stresu, sdílení zážitků a navození pocitu životní pohody (Pauline, 2014; Szabo & Abraham, 2013; Zinner & Sperlich, 2016).

Za předpokladu, že pohybová inaktivita je spojována s rozvojem civilizačních onemocnění a celkově má negativní dopad na zdraví a psychický stav jedince (ACSM, 2013), může popularita běhu pozitivně přispívat ke zvyšování zdatnosti populace. Doporučení týkající se objemu a intenzity pohybových aktivit k zachování zdraví a kondice navrhuje 30 minut středně zatěžující pohybové aktivity denně, nejlépe každý den v týdnu (EU Physical Activity Guidelines, 2008). Avšak v současné společnosti je právě nedostatek času citován jako jeden z nejvýznamnějších důvodů pohybové inaktivity (Nomaguchi & Bianchi, 2004; Burton & Turrell, 2000; Schutzer & Graves, 2004). S tímto argumentem se velice často ztotožňují právě ženy v období mladší dospělosti, kdy prochází podstatnými životními změnami, které mohou souviset s poklesem úrovně fyzické aktivity (Engberg et al., 2012). Velice často tedy u této skupiny můžeme pracovat jen s omezenou dobou, která je pro cílenou pohybovou aktivitu vyhrazena.

S narůstajícím počtem jedinců, kteří se věnují vytrvalostnímu běhu, roste na jedné straně zájem rekreačních běžkyň o zvyšování výkonnosti (Shneider et al., 2015) a

na straně druhé vzrůstá incidence běžeckých zranění a počet běžkyň, které z různých důvodů ukončily participaci na vytrvalostním běhu (Buist et al., 2010; Van Gent et al., 2007). Řešení těchto problémů by mohlo poskytnout zařazení rezistentního tréninku do jinak konstantní běžecké zátěže, tedy využití souběžného sportovního tréninku u rekreačních běžců.

Efektu souběžného tréninku na vytrvalostní výkon se v posledních třech dekáдах věnovalo velké množství studií. Přehledové studie naznačují, že rezistentní trénink má pozitivní vliv na ekonomiku běhu, maximální běžecký výkon a maximální sílu a vytrvalostní výkon u výkonnostních běžců, přičemž neovlivní jejich maximální aerobní kapacitu, úroveň laktátového prahu a tělesné složení (Jung, 2003; Barnes & Kilding, 2015; Munekani & Ellapem, 2015; Blagrove et al., 2017) Běžci zde nejčastěji podstupují explozivní, plyometrický nebo rezistentní trénink s přidanou zátěží, který je dávkován obvykle třikrát týdně. Je však třeba brát na zřetel, že většina těchto studií pracovala se zdravými, mladými atlety.

Díky tomu, že rekreační běžci dnes reprezentují největší skupinu sportovních běžců, můžeme sledovat určitý progres i ve výzkumné oblasti, kde se stále více autorů začíná na tyto jedince zaměřovat. Stále je zde ale nedostatek studií zkoumající efekt rezistentního tréninku na rekreační běžkyň. Pro rekreační běžce začínající s tréninkem také nebudou výše zmíněné metody příliš vhodné, protože při nepřipravenosti pohybového aparátu na větší zátěž bude hrozit zvýšené riziko zranění (Bruce-Low & Smith, 2007). Kromě toho lze předpokládat, že pro rekreační běžce by bylo často obtížné najít čas na uskutečnění tří dalších silových bloků k jejich normálnímu vytrvalostnímu tréninku. Zvláště u žen pak můžeme nalézat i jisté předsudky, které spojují rezistentní trénink s kulturistikou a čistě mužským prostředím, kde se necítí dobře, či narážíme na neopodstatněné obavy z výraznějšího nárůstu svalové hmoty vlivem rezistentního tréninku. Ačkoli platí, že ženy jsou schopné zvýšit svoji sílu v řádech desítek procent, aniž by došlo k svalové hypertrofii (Hoffman, 2014).

Výzkumy však naznačují, že vhodný rezistentní trénink může mimo zvyšování výkonnosti snižovat riziko jak akutních zranění, která vzniknou přímo při výkonu pohybové aktivity, tak i těch, která souvisí s dlouhodobým přetěžováním pohybových struktur (Johnston et al., 2003; Fleck & Fabel, 1986; Ackland et al., 2009). Stejně tak je rezistentní trénink doporučován ve všech směrnících pohybových aktivit jako jeden ze základních pohybových programů pro udržení zdatnosti (EU Physical Activity Guidelines, 2008; Garber et al., 2011; Physical Activity Guidelines for Americans,

2008). Ovlivnění stavu pohybového aparátu, tedy přiměřené posilování, je také základním předpokladem každé pohybové intervence (Bunc 2011). Což platí zvláště u běhu, který díky nárazům vznikajícím při dopadu patří k pohybovým aktivitám, které kladou velké nároky na stav pohybového aparátu (Van Gent et al., 2007; Lun et al., 2005).

Celé problematice tedy vévodí myšlenka, jak zvládnout kombinaci rezistentního a vytrvalostního tréninku u rekreačně sportujících žen, abychom mohli maximálně využít jeho benefity a zároveň zachovali jeho atraktivnost a bezpečnost, pokud máme na pohybovou aktivitu omezený čas. Primárním cílem této práce je tedy zjistit, jaký efekt bude mít nízký objemový rezistentní trénink doplněný k vytrvalostnímu běhu na funkční a morfologické parametry rekreačních běžkyň.

Některé části této disertační práce byly publikovány v časopisech *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* (Štohanzl et al., 2018) a *Logos Polytechnikos* (Štohanzl, 2016). Práce na tomto výzkumu byly podpořeny z projektu P38 – Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu.

2 Teoretická východiska

Teoretická část byla rozdělena na tři hlavní kapitoly, které se zabývají zařazením pohybových aktivit do životního stylu, vytrvalostním během a problematikou kombinace vytrvalostního a resistantního tréninku. První kapitola představuje obecný vhled do problematiky pohybových aktivit v současné populaci v kontextu jejího životního stylu. Objasňuje prospěšnost pohybové aktivity pro člověka, význam zdatnosti a rozebírá možnosti pohybových intervencí. Zaměřujeme se zde i na otázku nedostatku volného času, jako důvodu pohybové inaktivity. Vzhledem k tomu, že náš výzkum se týká aplikace pohybové intervence kombinující vytrvalostní běh a resistantní trénink, druhá kapitola se věnuje narůstajícímu fenoménu vytrvalostního běhu z pohledu rekreačních běžců a snaží se vysvětlit příčiny nárůstu zájmu o tento druh sportu a diskutovat pozitiva i negativa, která tento volnočasový pohyb přináší. Třetí kapitola reflektuje současný stav v problematice kombinace resistantního a vytrvalostního tréninku, při čemž se snaží objasnit fyziologickou odezvu jednotlivých typů zatížení. Vymezuje zde základní pojmy a proměnné, které jsou v této oblasti využívány. V této kapitole lze také nalézt shrnutí dosavadních výzkumů s tematikou zařazení resistantního tréninku do běžeckého programu rekreačních vytrvalostních běžců.

2.1 Problematika zařazení pohybových aktivit do životního stylu

Životní styl je rozhodující determinantou ve vztahu ke zdraví a celkové kvalitě života. Je chápán jako způsob života jedince a celé společnosti, který se projevuje při každodenním zvládnutí jejich fyzické, psychologické, sociální a ekonomické interakci s okolním prostředím. Je výrazně ovlivněn tradicemi, ekonomickou a společenskou úrovní společnosti. Většina dospělé populace ve vyspělých zemích si ho může určovat a volit sama a nese tak za něj plnou odpovědnost. Především pak ve spojitosti se svým zdravím, kdy podle American College of Cardiology (ACC) a American Heart Association (AHA) je životní styl hlavním faktorem rozvoje kardiovaskulárních onemocnění (Eckel et al., 2014). Jedním z podstatných aspektů životního stylu je pohybová aktivita (PA).

Pohybová aktivita představuje chování a jednání člověka, které má komplexní charakter určený vzájemnými vazbami biologické, psychické, psychomotorické a sociální stránky člověka. Pohybová aktivita se vyznačuje typicky lidskými znaky, jako jsou cílevědomost a sociální determinovanost ve spojení s procesem komunikace mezi lidmi. Většinou je charakterizována frekvencí, intenzitou, dobou trvání a druhem pohybové činnosti. Při dosažení určité úrovně může mít charakter pohybového zatížení, které vyvolá adaptační účinky při rozvoji tělesné zdatnosti a psychomotorických dovedností (Malina et al., 2004). Pokud je pohybová aktivita odpovídající doporučením zdravotnických institucí trvalou součástí stylu života, je tento možné definovat jako aktivní životní styl (Dobry & Čechovská, 2011). Bunc (2009) tuto definici dále rozvádí tak, že aktivní životní styl je jistou formou životního stylu, který je specifikován reciproční interakcí mezi jednotlivcem a okolím, ve kterém se nachází, kdy tento druh interakce obsahuje dvě složky- biologickou a sociální, které jsou v rovnováze.

Účelem změn, které pohybová aktivita vyvolává u aktivní části populace, je vybavit více zatěžovaný pohybový systém tak, aby požadovaná PA vyvolala co nejmenší vychýlení homeostázy a aby proběhla co nejekonomičtěji s minimem čerpání energetických zdrojů (Máček, Radvanský et al., 2011). Odpověď organismu na tělesnou zátěž – adaptace zahrnuje velké množství fyziologických mechanismů vzájemně se podmiňující a na sebe navazující, které postihují snad všechny tělesné systémy. Adaptace, kterou stresor vyvolá, závisí na druhu pohybu, na jeho intenzitě a trvání (Kučera & Dylevský, 1999). Vývoj těchto mechanismů pomáhal primitivnímu člověku přežít všechna úskalí doby. Naši předkové tedy mohli přežívat díky tomu, že se stali rychlejšími, silnějšími i vytrvalejšími v obstarání potravy i v obraně proti ostatním svého druhu či dalším predátorům (Máček, Radvanský et al., 2011).

Astrat (1992) předpokládá, že člověk se živil jako lovec a sběrač 99% doby existence lidstva. Teprve asi před 10000 lety se začíná způsob života měnit, když se vyvíjí zemědělství a později i jiné způsoby získávání potravy, nevyžadující již takové úsilí.

Od této doby došlo jen k relativně malým morfologickým a funkčním změnám lidského těla. Způsob života se však změnil od základu. Oproti původnímu nastavení lidského těla rapidně ubylo doby, kterou člověk musel trávit v pohybu, aby zabezpečil svůj život a obživu. Především nedostatek pohybu a nadbytek energetického příjmu vede k poruchám regulačních systémů nastavených na jiné životní podmínky (Stejskal,

2004). To je spojeno s poklesem zdatnosti a z ní vyplývajících komplikací zdravotních i pracovních (Bunc, 2006b).

Disproporce mezi tisíce let starým systémem řízení životně důležitých funkcí a současným životním stylem člověka jsou určující pro některé zdravotní poruchy, které po čase vyústí do řady onemocnění (Stejskal, 2004). Tato onemocnění jsou často označována jako civilizační, pro jejich spojitost s moderní společností vyspělých zemí. Pro tyto tzv. nemoci z blahobytu se používá i názvu „chronická neinfekční onemocnění“. V současnosti aspoň některými z nich trpí velká část populace a tyto nemoci se šíří jako epidemie infekce, i když infekční nejsou. Nejčastěji zmiňovanými civilizačními onemocněními jsou kardiovaskulární onemocnění, rakovina, diabetes mellitus 2. typu, nadváha a obezita a chronická respirační onemocnění (WHO, 2003).

S touto situací souvisí současný sedavý životní styl, který je definován jako nedostatek tělesného pohybu jak v zaměstnání, tak i během volného času. Lze také mluvit o pohybové nedostatečnosti, která je charakterizována jako chování jedince projevující se velmi nízkým objemem bazálních pohybových aktivit a deficitem strukturovaných pohybových aktivit (EU Physical Activity Guidelines, 2008). Tato situace je alarmující především ve vyspělých zemích. Dle posledních globálních výzkumů (Guthold et al., 2018) na vzorku 1,9 mil lidí, lze za pohybově nedostatečné označit 27,5 % světové populace, s rozdílem mezi pohlavími o více než 8 % (23,4% u mužů vs. 31,7%, žen). Region střední a východní Evropy, kam je zařazena Česká republika, dosáhl lepšího hodnocení – 23,4%, než region západních vyspělých států – 36,8%. Mimo tyto státy jsou pak na tom obecně nejhůře regiony Latinské Ameriky a Karibiku, Blízkého východu a vysoko příjmových oblastí východní a jihozápadní Asie. Tento výzkum je však třeba brát s rezervou. Autoři zde uvádí, že za pohybově aktivního považují člověka, který se věnuje tělesné aktivitě 150 minut střední intenzity nebo 75 minut vysoké intenzity týdně, či jakékoli ekvivalentní kombinaci těchto dvou intenzit. Nicméně do tělesné aktivity zahrnují i spontánní činnosti, což vzhledem k dotazníkové formě zjišťování může celý výsledek studie zkreslovat. Problematicky se také jeví způsob shromažďování dat, kdy z výzkumu vyřazují studie, které pracují s vzorkem menším než 200 sledovaných. Jiné údaje uvádějí, že skutečné počty osob, které vykonávají pravidelně pohybové aktivity, je velmi nízký a pohybuje se v rozmezí 16-18% nejen u nás, ale ve většině evropských zemí (Bunc, 2011).

Mimo výše zmíněných negativních dopadů na morfologický a funkční stav jednotlivých orgánových soustav, je pohybová nedostatečnost také doprovázena

negativními psychickými projevy shrnutými pod pojmem „hypokinetický syndrom“ jako jsou impulzivnost, podrážděnost, snížená koncentrace a sebekontrola, zvýšený psychosomatický neklid, až projevy agrese, což vede ještě ve větší míře k snižování kvality života (Krejčí, 2011).

Snahou člověka by tedy mělo být vyrovnaní takto vznikajícího deficitu pohybu a obrovský význam zde má právě pravidelně prováděná pohybová aktivita. Ta je považována za hlavní prvek zdraví, zdravého životního stylu a důležitým faktorem pro udržení tělesných struktur a funkcí (Bunc, 2006b). Je prokázáno, že pravidelná pohybová aktivita má nezastupitelnou úlohu v redukci, léčbě a především prevenci civilizačních onemocnění (EU Physical Activity Guidelines, 2008; Warburton et al., 2006; Powell & Pratt, 1996; Blair et al., 2001).

Pro lepší názornost je možné uvést závěry autorů Pedersen a Saltin (2015), kteří předkládají ve své přehledové studii důkazy o tom, že pravidelná pohybová aktivita pozitivně ovlivňuje následující chronická onemocnění: psychiatrická onemocnění (deprese, úzkostné stavy, stres, schizofrenie), neurologická onemocnění (demence, Parkinsonova choroba, roztroušená skleróza), metabolická onemocnění (obezita, hyperlipidémie, metabolický syndrom, syndrom polycystických ovarií, diabetes 2. typu, disbetes 1 typu.), srdečně cévní onemocnění (vysoký krevní tlak, ischemická choroba srdeční, srdeční selhání, mozková mrtvice, ischemická choroba dolních končetin), plicní onemocnění (chronická obstrukční nemoc, astma bronchiale, cystická fibroza), onemocnění kosterně-svalového aparátu (artritida, osteoporóza, bolesti zad, revmatoidní artritida) a nádorová onemocnění.

2.1.1 Chronická onemocnění neinfekčního typu v ČR

Informace o pozitivním účinku PA jsou mezi veřejností ve větší či menší míře známy. U většiny současné populace prakticky neexistuje jedinec, který by nevěděl o nezbytnosti realizace pravidelných pohybových aktivit. Skutečné počty jedinců, kteří vykonávají pravidelně pohybovou aktivitu, se však pohybují u nás i ve většině evropských zemí pouze okolo 16-18% (Bunc, 2011).

Tento nedostatek PA často v kombinaci s nevhodnými výživovými návyky je nejčastější důsledkem nadváhy a obezity (Bunc, 2016). Stejně jako v dalších zemích zaznamenal výskyt nadváhy a obezity i v ČR vzestupný trend. Prevalence obezity v

Evropě dosahuje u dospělé populace 21,5% u mužů a 24,5% u žen a po Velké Británii a Turecku zaujímá Česká republika v tomto trendu třetí místo mezi evropskými státy (Yumuk et al., 2015). Podle Státního zdravotního ústavu (Čapková et al., 2016) v České republice spadá do kategorie obezita dle hodnot BMI 29 % mužů a 25 % žen a nad hranicí normální hmotnosti se dle hodnot BMI pohybuje již 64 % populace (73 % mužů a 55 % žen).

Kardiovaskulární onemocnění představují v České republice závažný problém, přičemž srdeční infarkt je nejčastější příčinou smrti a invalidity u mužů v produktivním věku. V roce 2010 bylo evidováno 1,707 milionu pacientů s hypertenzní nemocí a 773 tisíc pro ischemické nemoci srdeční (ICHs), z toho 83 tisíc pro akutní infarkt myokardu a 256 tisíc pacientů pro cévní nemoci mozku. V roce 2009 zemřelo v důsledku kardiovaskulárních chorob 54,1 tis. osob, což představovalo 50,4 % všech úmrtí. V roce 2010 bylo v péči lékařů více než 806 tisíc diabetiků (377 tisíc mužů a 429 tisíc žen), tj. nárůst o 3 % oproti roku 2009. Většina trpí diabetem mellitem 2. typu (91,8 %). Vzrostl také počet diabetických komplikací, a to z 221 tisíc v roce 2009 na 228 tisíc v roce 2010, kde bylo nutné přistoupit k amputaci na dolní končetině v 8 501 případech. Zároveň dlouhodobě klesá počet pacientů, u kterých lze diabetes mellitus léčit pouze dietou. To představuje oproti předcházejícím letům značný nárůst a také v této oblasti pozorujeme značně negativní tendence (MZ ČR, 2015).

2.1.2 Doporučení k realizaci pohybových aktivit u dospělé populace

Vzhledem k poklesu PA na jedné straně a jejich významu pro zdraví a kvalitu života na straně druhé, dochází ke snaze kompetentních institucí o kvantifikaci a tvorbu směrnic pohybových aktivit, které by mohly být šířeny mezi odbornou a především laickou veřejnost. Doporučení objemu pohybových aktivit potřebných pro dosažení žádoucích zdravotních benefitů si prošla vlastním vývojem a řadou revizí.

Obecně vycházejí doporučení většiny dokumentů z množství a typu pohybové aktivity, potřebné k dosažení celkových přínosů pro zdraví. Kromě toho jsou uplatňovány explicitní doporučení pro určité očekávané výsledky v oblasti zdraví, např. účinky na zdravý vývoj a výživu kostí nebo srdeční choroby. Stejně tak se do dokumentů zařazují pokyny pro specifické podskupiny obyvatelstva, zejména se

zřetelem na regulaci obezity a tělesné hmotnosti. Nebo je zde patrná snaha o minimalizaci délky času u obrazovky nebo sedavých činností na dobu nepřesahující dvě hodiny denně (EU Physical Activity Guidelines, 2008).

Dle EU Physical Activity Guidelines je doporučeno dospělému (18 až 65 let) zdravému jedinci dosažení minimálně 30 minut pohybové aktivity střední intenzity po 5 dnů v týdnu nebo alespoň 20 minut pohybové aktivity vysoké intenzity po 3 dny v týdnu. Potřebnou dávku pohybové aktivity lze sestavit z více částí v trvání alespoň 10 minut a může ji tvořit kombinace bloků o střední a vysoké intenzitě (EU Physical Activity Guidelines, 2008).

ACSM (American College of Sports Medicine) doporučuje, aby se většina dospělých věnovala středně intenzivní pohybové aktivitě ≥ 30 minut denně po dobu minimálně pěti dnů v týdnu v celkové době ≥ 150 minut týdně, nebo intenzivní pohybové aktivitě ≥ 20 minut denně po dobu minimálně tří dnů v týdnu v celkové době ≥ 75 minut týdně, případně kombinací pohybové aktivity střední a vysoké intenzity. Dále doporučuje ve dvou či třech dnech v týdnu provádění rezistentního cvičení na velké svalové skupiny a doplňovat o cviky zaměřené na zvýšení pohyblivost v kloubech a koordinaci (Garber et al., 2011).

Dle dokumentu The Physical Activity Guidelines for Americans, který vydává U.S. Department of Health and Human Services by dospělí měli provádět pohybové aktivity ve střední intenzitě nejméně 150 až 300 minut týdně, nebo ve vysoké intenzitě 75 až 150 minut týdně, případně je ekvivalentně kombinovat. Včetně tohoto je doporučeno provádět rezistentní trénink dva a více dnů v týdnu (Physical Activity Guidelines for Americans, 2008). Novinkou roku 2018 je aktualizace dokumentu po deseti letech, z níž vyplývá, že bylo zrušeno pravidlo o trvání pohybové aktivity alespoň 10 minut nepřetržitě. Minimální doba trvání pohybu již není stanovena, tudíž každá minuta se počítá do celkového doporučovaného objemu (Pierci et al., 2018).

Tato doporučení je nutné chápat jako doplněk k spontánním aktivitám každodenního života, které mají obvykle nízkou intenzitu. V současnosti dostupné vztahy mezi objemem a reakcí však ukazují, že u části obyvatelstva s nejsedavějším způsobem života i jakékoli navýšení pohybových aktivit oproti stávajícímu stavu bude pravděpodobně prospěšné pro jejich zdraví, zejména tehdy, když není (dosud) dosaženo minimální prahové hodnoty 30 minut pohybové aktivity střední intenzity po 5 dnů za týden. U všech cílových skupin lze dosáhnout dalšího přínosu zvýšením intenzity (ACSM, 2013).

2.1.3 Nedostatek času, jako důvod pohybového deficitu

Pohybové aktivity můžeme rozlišit podle svého cíle na základní (bazální, spontánní), zdraví podporující a sportovní pohybové aktivity (řízené). Za základní nebo bazální pohybové aktivity považujeme nestrukturované (habituální) pohybové aktivity každodenního života (např. stání, chůze, manipulace s předměty, práce doma, na zahradě, pochůzky při nákupu, cesta do zaměstnání atd.). Jsou vykonávané nízkou intenzitou a z hlediska podpory zdraví ve většině případů nedostačující. Nevyžadují zvláštní prostor, zařízení nebo oblečení, jsou součástí individuální každodenní rutiny. Zdraví podporující a sportovní pohybové aktivity, jsou již strukturované, druhově specifické pohybové aktivity, přinášející při pravidelném a řízeném opakování žádoucí zdravotní benefity a následně vedou ke zvyšování tělesné zdatnosti (např. chůze, běh, jízda na kole, plavání, rekreační fotbal, volejbal, tenis apod.). Jsou popsateľné jednotkami času, vzdálenosti, intenzity a frekvence, mají obvykle svá pravidla, jejich provádění vyžaduje adekvátní prostor nebo zařízení, náčiní a oblečení (Physical activity guidelines for Americans, 2008). V případě, že chování jedince se projevuje velmi nízkým objemem spontánních pohybových aktivit a deficitem řízených pohybových aktivit, označujeme ho za pohybově inaktivního (Dobry & Čechovská, 2011).

Udržení vhodné úrovně spontánní pohybové aktivity, respektive její navýšení, by mělo být základní snahou člověka pro zvýšení objemu pravidelně realizovaných pohybových aktivit na úroveň, která zajistí odpovídající tělesnou hmotnost i potřebnou úroveň tělesné zdatnosti, jako nezbytného předpokladu pracovní i spontánní pohybové výkonnosti (Bunc & Skalská, 2011). Spontánním pohybovým aktivitám se totiž nelze vyhnout, není pro ně třeba specifické vybavení mnohdy ani čas navíc a tak tvoří ideální segment časového i pohybového fondu člověka, který lze bez větší námahy ovlivnit. A už jen malé změny mohou být významné pro zdraví jedince. Nižším, než doporučeným objemem pohybu se zabývají Wen et al. (2011). Podle jejich zjištění u lidí, kteří se věnovali pohybu pouhých 90 min týdně či 15 minut denně, došlo ke snížení rizika úmrtí ze všech příčin o 14% a prodloužila se naděje na dožití o tři roky oproti lidem, kteří byli inaktivní.

Zdraví podporující a sportovní pohybové aktivity už jsou závislé na mnoha dalších aspektech. Potřebujeme na ně často specifický prostor, vybavení, určité odhodlaní, motivaci a především čas. Minimum lidí má tu možnost a podmínky k tomu,

aby sportovní pohybové aktivity mohly tvořit jejich profesionální pracovní čas a proto se jim věnují ve volném čase.

A právě to může být problém, ačkoli existuje spousta objektivních, subjektivních i nerelevantních důvodů pro neúčast na pohybové aktivitě, nedostatek času je v současné společnosti udáván, jako jeden z nejčastějších důvodů pro pohybovou inaktivitu (Nomaguchi & Bianchi, 2004; Burton & Turrel, 2000; Schutzer & Graves, 2004).

2.1.3.1 Volný čas

Celkový časový fond člověka bývá rozdělován do čtyř základních kategorií (Chick, 1998):

- čas spojený s uspokojováním základních biologických potřeb (spánek, jídlo, péče o sebe)
- profesionální pracovní čas (pracovně výdělečná činnost)
- čas spojený s chodem domácnosti, dopravou a dalšími závazky
- volný čas

Volný čas je tedy chápán jako čas oproštěný od závazků, který není spojen s prací, domácími, rodinnými nebo společenskými povinnostmi nebo závazky či biologickými potřebami. Nejčastěji je považován za čas, který „zbyde“ po odečtení všeho, co do volného času nepatří, nebo jako čas, který je „k dispozici“. Ve volném čase se člověk může zapojit do řady aktivit, které nevykonává proto, že musí nebo by to bylo potřeba, ale proto, že chce. Volný čas je tedy spojován s možností svobodné volby a vnitřní motivací jedince. Často je také spojován s pocitem potěšení, radosti a uspokojení z vykonávání činnosti samotné, je zdůrazňováno, že vykonávaná aktivita kromě pocitu uspokojení z jejího konání nepřináší užitek, myšleno tím především ve finanční rovině (Chick, 1998). Ačkoli je ve vyspělých zemích v posledním století jasně patrný trend zkracování pracovní doby, nevede to automaticky k rozšíření volného času. S nástupem nových informačních technologií se hranice mezi volným časem a prací začíná opět stírat (Patočková, 2014).

Volný čas se podle sociologických výzkumů European Values Study ukazuje jako významná součást hodnotového systému (Prudký et al., 2009). Tato doba je

většinou pro každého člověka omezená a dobře si rozmyslí, jak jí stráví. Spektrum možných aktivit, kterým se bude jedinec věnovat ve volném čase, je neomezeně široké. Zvláště v současné době tak pohybovým aktivitám konkuruje celá řada atraktivních a často pohodlných až pasivních aktivit, jimiž lze volný čas naplnit. Není proto samozřejmostí, že každý bude mít zájem věnovat se ve svém volném čase pohybovým aktivitám nebo alespoň aktivitám založeným na pohybu a že jimi svůj volný čas skutečně naplní.

Je bohužel patrné, že konzumnost a pasivní zábava zatlačují do pozadí aktivity tvořivé, vyžadující mentální či fyzické úsilí typické pro sport. Tento trend je platný nejen u dospělé populace, ale i u dětí a mládeže (Rychtecký et al., 2006).

Otázka využití časového fondu člověka a především volného času z hlediska zařazení zdraví podporujících a sportovních pohybových aktivit může být důležitá zejména pro ženy ve fázi mladé dospělosti. V tomto období často procházejí životními změnami, zkušenostmi a situacemi (dokončení studií, nová pracovní pozice, změna finanční situace, změna manželského statusu, těhotenství, narození dítěte) které mohou být asociovány s poklesem pohybové aktivity (Engberg et al., 2012).

2.1.4 Intervenční pohybové programy pro změnu sedavého na aktivní životní styl

Pohybová aktivita patří k základním biologickým potřebám člověka. Přestože nedostatek pohybu nepociťujeme tak intenzivně jako nedostatek potravy či tekutin (hlad, žízeň), je pohybová činnost nepostradatelná pro správný vývoj a funkci lidských orgánů (Mužík a Vlček, 2010). Během jednotlivých etap ontogeneze však spontánnost pohybu mizí a jeho potřeba je výrazně utlumena. V kombinaci se současným životním stylem to vyústí v hypokinezi a k dalším problémům popsaných v přechodících podkapitolách. Současný pohybový režim u většiny populace již není schopný zajistit biologickou potřebu pohybu (Bunc, 2011).

Pro nápravu tohoto stavu jsou využívány pohybové intervence. Základním předpokladem úspěchu aplikace pohybové intervence u osob bez pravidelného pohybového tréninku je respektování potenciálu volného času a předchozí pohybové zkušenosti jedince. Cílem pohybových intervencí je kultivace a regenerace organismu a celkově zlepšení uplatnění jedince ve společnosti (Bunc, 2006b).

2.1.4.1 Tělesná zdatnost a kondice

Tělesnou kondici a zdatnost můžeme obecně charakterizovat jako pojmy, které kvalitativně i kvantitativně ovlivňují vztah mezi lidským tělem a různými druhy situací a zátěží, se kterými se musí vyrovnat.

Pojem kondice charakterizuje specifickou připravenost organismu na určitý druh zátěže. Tělesná kondice jedince je účelově vázána na úroveň specifické pohybové činnosti např. běžecká kondice, skokanská kondice, apod. (Bunc, 2006a).

Zdatnost oproti kondici je pojem obecnější. Malina et al. (2004) definují zdatnost jako stav organismu člověka umožňující provádět denní činnosti bez nepříjemné únavy a s dostatečnou rezervou pro příjemné strávení volného času. Dá se také hovořit o tom, že jde o stav životní pohody vyznačující se malým rizikem předčasných zdravotních problémů. Bunc (2006a) vztahuje definici zdatnosti ke stresovým situacím. Chápe zdatnost jako rozvinutou schopnost organismu odolávat vnějšímu stresu. Je to připravenost organismu konat práci, bez specifikace o jakou formu práce se jedná (tj. pohybová, ale i duševní práce). Rovněž lze zdatnost chápat jako soubor předpokladů pro danou konkrétní činnost. Dobrý a Čechovská (2011) charakterizují zdatnost jako celostní, fenotypově podmíněný, kvalitně i kvantitativně odstupňovaný znak člověka, do jehož biologické, psychologické a sociální podstaty se promítá jeho limitní potencionál a kapacita regulačních a adaptačních mechanismů. Podstatnou kvalitu zdatnosti podmiňuje imunitní systém.

Zdatnost je často rozdělována do dvou rovin, na zdatnost duševní a zdatnost tělesnou. Vzhledem k tématu práce se budeme zabývat spíše tělesnou zdatností, ale pro úplnost je vhodné uvést i význam zdatnosti duševní. Duševní zdatnost je třeba chápat jako součást pojmu zdatnosti, kde v obecné rovině doplňuje zdatnost tělesnou. Přiměřená míra duševní zdatnosti je nezbytná pro odolávání každodenním stresům, které bývají příčinou řady zdravotních problémů a poruch. Uvádí se, že např. polovina obyvatelstva trpí neurózami, více jak 25% trpí mírnou depresí, úzkostí a jinými emočními nedostatky. Jeden z nejrozšířenějších stresogenních faktorů současné doby je tzv. psychosociální stres. Právě tento faktor nejvíce ohrožuje stav naší duševní zdatnosti. Zhruba kolem poloviny zaměstnanců rozvinutých zemí pracuje duševně. Jedná se především o práce v kancelářích, ve školství, některých sférách služeb. Tito

lidé jsou ve svém zaměstnání vystaveni enormnímu tlaku v podobě neustálého rozhodování, řešení složitých problémů apod. Naopak lidé zaměstnaní manuální či tělesně namáhavější prací spíše stereotypního a nekreativního charakteru se pod takový tlak dostávají méně často (Slepičková, 2005).

Tělesná zdatnost představuje nespécifickou potencionální adaptaci organismu na tělesnou zátěž. To tedy znamená optimalizaci funkcí organismu při řešení vnějších úkolů spojených s pohybovou činností, tedy zvládnutí vnějších požadavků kladených na jedince s co nejmenšími nároky na jeho organismus. Tělesná zdatnost je kvalitativním ukazatelem stavu organismu a jeho zdraví, který má svůj fyziologický základ především ve zdatnosti kardiorepirační soustavy. Při rozvoji tělesné zdatnosti dochází na základě působení různorodých pohybových podnětů k různým specifickým i nespécifickým adaptacím člověka na tělesné, funkční, motorické a psychické úrovni (Bunc, 1995).

Tělesná zdatnost může být spojována se sportovními výkony, ale prospěšná i mimo vlastní sportovní činnost, protože slouží k pokrytí nároků spojených neočekávaným zvýšením tělesného zatížení. Umožňuje vyrovnání se s požadavky zaměstnání a běžné denní pohybové aktivity, dává možnost příjemného prožívání volného času s využitím různých pohybových aktivit a uspokojuje společenskou potřebu spojenou s možností začlenit se do různých kolektivů a skupin s aktivním způsobem života. Vedle toho tělesná zdatnost obsahuje důležité komponenty, které se vztahují k zdravotnímu stavu (Suchomel, 2006).

Na základě vztahů mezi koncepty pohybová aktivita, tělesná zdatnost a zdraví rozdělují Bouchard et al. (2007) tělesnou zdatnost na zdravotně orientovanou zdatnost a výkonově orientovanou zdatnost. Oba aspekty závisí na dědičných dispozicích a jsou ovlivněny biokulturními a biosociálními činiteli. Zdravotně orientovaná zdatnost a výkonově orientovaná zdatnost se mohou vzájemně prolínat.

Výkonově orientovaná zdatnost je předpokladem pro podání maximálního pracovního či sportovního výkonu. Projevuje se spíše ve sportovní soutěži a má jen omezenou souvislost se zdravím. Pod pojem výkonově orientovaná zdatnost jsou většinou zahrnovány pohybové schopnosti, které jsou brány jako méně významné ve vztahu ke zdraví dospělé a stárnoucí populace, jako např. explozivně silová schopnost, akční a reakční rychlost, obratnost apod. Vzhledem k jejímu zaměření však nemusí mít pozitivní vliv pro zdraví jedince (Corbin & Lindsey, 2006).

Zdravotně orientovaná zdatnost je definována jako zdatnost ovlivňující přímo či nepřímo zdravotní stav jedince a působí preventivně na zdravotní problémy spojené s

hypokinezi (Corbin & Lindsey, 2006). Zdravotně orientovaná zdatnost se může projevit jako stav dobrého bytí (well-being), který dovoluje lidem vykonávat kvalitně a s vysokým nasazením nezbytné každodenní aktivity, pomáhá zvládat náročné činnosti nerealizovatelné bez dostatečné zdatnosti, může redukovat výskyt některých zdravotních problémů, může výrazně ovlivňovat psychiku jedince, a tak přispět k plnějším prožitím života a tedy zlepšit kvalitu života (Bunc, 1995).

Zdravotně orientovanou zdatnost můžeme dělit na jednotlivé složky, které nám usnadňují orientaci v problematice a umožňují zaměření intervenčního programu na oblast, která je u daného jedince nejvíce potřebná. Stejně tak lze příslušnými testy jednotlivé složky posuzovat a udělat si tak představu o úrovni zdravotně orientované zdatnosti, která je jinak přímo neměřitelná.

Bunc (2006a) dělí složky zdravotně orientované zdatnosti na komponenty funkční a morfoloické. Morfoloické parametry mají vztah k tělesné hmotnosti a charakterizují tělesné složení (TBW, LBW, ECW, ICW, ECM, BCM). Stanovují tedy hlavně poměr kosterního svalstva a tělesného tuku a dále hydrataci organismu. Vhodnou či nevhodnou tělesnou hmotnost hodnotíme podle množství tělesného tuku. Podpůrným parametrem k určení tělesného složení je koeficient tělesné plnosti – BMI. Funkční parametry pak hodnotí funkční stav organismu a určují předpoklady pro pohybový výkon. Patří sem proměnné, které charakterizují stav svalového aparátu a kardiopulsační zdatnosti z pohledu realizace pohybových aktivit.

Na pět komponent dělí zdravotně orientovanou zdatnost (health related fitness) Shephard a Bouchard (1994). Je to morfoloická komponenta (tělesná hmotnost a výška, podíl jednotlivých komponent tělesného složení a jejich rozložení, hustota kostí), svalová komponenta (explozivní síla, maximální síla, vytrvalost), motorická komponenta (obratnost, rovnováha, koordinace, rychlost), kardiopulsační komponenta (submaximální pracovní kapacita, max. aerobní kapacita, oběhové funkce, ventilační funkce, krevní tlak) a metabolická komponenta (glukózová tolerance, citlivost na inzulín, krevní lipidy a lipoproteiny, charakteristika metabolismu jednotlivých nutričních substrátů).

2.1.4.2 Pohybová aktivita jako prostředek pro ovlivnění tělesného složení

Tělesné složení patří společně s aerobní (kardiorespirační) zdatností, svalovou silou, vytrvalostí (svalově kosterní zdatnost) a flexibilitou k základním komponentům zdravotně orientované tělesné zdatnosti (Bunc, 1995). Současně má v případě výskytu nadměrného množství tělesného tuku samo negativní vztah k ostatním složkám tělesné zdatnosti, zejména k aerobní vytrvalosti (Suchomel, 2006). Jeho ovlivněním, ve smyslu snížení podílu tělesného tuku, případně navýšení podílu aktivní tělesné hmoty, má pozitivní dopad na zdravotní stav i zdatnost člověka a pracovní výkonnost (Bunc, 2016).

Zjišťování tělesného složení, společně s jeho pravidelným monitorováním, bychom mohli zařadit jak do běžného lékařského vyšetření, tak do tréninkové praxe v různých sportovních odvětvích, kde může tělesné složení sehrávat roly v přípravě sportovce. Dává nám také zpětnou vazbu účinnosti léčebné intervence nebo tréninkového procesu.

Na složení lidského těla je možno nazírat z několika pohledů. Wang et al. (1992) dělí lidské tělo na pět úrovní (The five-model level), které tvoří modely tělesného složení - atomický, molekulární, buněčný, tkáňový a celotělový. Mezi těmito úrovněmi existuje rostoucí složitost, kde model vyšší úrovně zachovává určité charakteristiky modelu úrovně nižší. Pro potřeby charakterizovat morfologický stav organismu je vhodný dvoukomponentový model, který je nejjednodušší, nejsrozumitelnější a dobře pochopitelný i pro intervenové. Dělí tělo na dvě složky a to tuk (FM – fat mass) a tukuprostou hmotu (FFM – fat free mass). Tento molekulární model se snaží zobrazit složení těla podle chemických sloučenin. Nejvíce je sledováno pět skupin – voda, která zaujímá největší podíl tělesné hmotnosti; lipidy; proteiny; glykogen a minerální látky.

Provozováním pohybové aktivity během intervenčního programu dochází k zvýšení spotřeby energie a tedy často prohloubení energetické bilance. Energetickou bilanci ve vztahu k metabolismu lidského těla rozumíme poměr mezi příjmem a výdejem energie. Energetický příjem je zabezpečován přísunem stravy a tekutin. Dodávaná energie nahrazuje spotřebované energetické zásoby, nebo je přímo přeměněna na potřebnou energii. Pokud tato energie není spotřebována, je uložena v podobě tukových zásob a tělesná hmotnost člověka se zvyšuje. Můžeme pak hovořit o pozitivní energetické bilanci. Pokud pozitivní energetická bilance působí krátkodobě,

aktivují se regulační mechanismy, které brání vzestupu hmotnosti. U osob s genetickou predispozicí nadváhy a obezity jsou ovšem tyto regulační mechanismy porušeny. Dlouhodobé působení pozitivní energetické bilance vede i u zdravých osob ke zvýšení hmotnosti a hromadění podkožního tuku (Jakicic & Otto, 2005; Hainer et al, 2011).

Celkový energetický výdej sestává z klidového energetického výdeje, postprandiální termogeneze a energetického výdeje při pohybové aktivitě. Fakultativní složku v energetickém výdeji představuje jeho vzestup navození kouřením či konzumací nápojů s obsahem kofeinu. Klidový energetický výdej 55-70% slouží k zajištění základních životních funkcí organismu a k udržování tělesné teploty. Postprandiální energetický výdej představuje výdej energie spojený s trávením, vstřebáváním živin a s aktivací sympatického nervového systému po jídle. Postprandiální energetický výdej se na celkovém energetickém výdeji podílí z 8–12 %. Jeho výše je ovlivňována množstvím, druhem stravy a rozložením potravy během dne. Energetický výdej při pohybové aktivitě se na celkovém výdeji podílí z 20–40 %, v závislosti na druhu, frekvenci a intenzitě pohybové aktivity (Hainer et al., 2011).

Mechanismy, kterými pohybová aktivita zasahuje do celotělového energetického metabolismu, rozděluje Štich (2011) na tři oddíly- PA mění energetickou bilanci organismu zvýšením energetického výdeje, může ovlivňovat klidový energetický výdej a postprandiální termogenezi a mění relativní zastoupení tuků při hrazení energetické spotřeby jak v klidu, tak při tělesné zátěži.

Zvýšením množství pohybové aktivity se zvýší i celkový energetický výdej. Konkrétní velikost energetického výdeje bude záviset na charakteru pohybové aktivity a na jejím objemu, který je dán dobou jejího trvání a intenzitou.

Velký zájem je věnován problematice vlivu pohybové aktivity na klidový energetický výdej. Štich a Berlan (2004) tento problém shrnují tak, že výsledky studií jsou nejednoznačné. V průřezových studiích bylo pozorováno zvýšení klidového energetického výdeje u zdravých trénovaných osob. Pokud se zvýšila úroveň pohybové aktivity, bylo zaznamenáno i zvýšení klidového energetického výdeje. Většina prospektivních studií zvýšení klidového energetického výdeje při pravidelné pohybové aktivitě nepotvrzuje. Vliv pohybové aktivity na klidový energetický výdej se jeví jako průkazný, pokud je aktivita aplikována současně s dietním režimem. Dietní režim vede v závislosti na velikosti kalorické restrikce a době trvání režimu ke snížení klidového energetického výdeje. Pokud je k dietnímu režimu přidána pravidelná pohybová

aktivita, pak je snížení klidového energetického výdeje nižší ve srovnání s pouhým dietním režimem.

Význam vlivu pohybové aktivity na relativní zastoupení tuků při hrazení energetického výdeje vysvětluje Goodpaster et al. (2001). Podle něj většina studií uvádí zvýšenou utilizaci tuků spojenou se sníženou utilizací sacharidů u vytrvalostně trénovaných osob. Tento účinek pohybové aktivity se týká jak energetického metabolismu v klidu, tak během tělesné zátěže. Při tělesné zátěži slouží jako energetický substrát jednak cirkulující volné mastné kyseliny (uvolňované z tukové tkáně), jednak nitrosvalové triacylglyceroly. Na zvýšení utilizaci tuků u trénovaných jedinců se podílí zvýšená utilizace obou těchto tukových substrátů.

Dalším mechanismem, kterým pohybová aktivita může přispívat k redukcii tukové tkáně je její vliv na tvorbu nového tuku – lipogenezi a na odbourávání tukové tkáně – lipolýzu. U obézních jedinců vede pohybová aktivita ke snížení aktivity lipoproteinové lipázy v tukové tkáni a prostřednictvím tohoto mechanismu vede pohybová aktivita ke snížení lipogeneze a tedy akumulace triacylglycerolů v tukové tkáni. Pohybová aktivita vede u obézního jedincem zvýšení stimulované lipolýzy a tedy k zvýšené citlivosti tukové buňky na látky, které odbourávají triacylglyceroly v tukové buňce. Tato skutečnost může mít zásadní význam pro redukcii tukové tkáně u obézních, protože jedním z faktorů přispívajících k akumulaci tukové tkáně u obézních jedinců je snížená citovost tukových buněk na lipolytické podněty (Štich & Berlam, 2004).

Novák (2009) uvádí, že pohybová aktivita vyšší intenzity může tlumit chuť k jídlu. Určitou roli v tomto směru hraje zvýšená hladina katecholaminů a vyšší tělesná teplota, zejména pokud pohybová aktivita probíhá za nepříznivých klimatických podmínek – horko a vlhko. Pokud v důsledku vyšší PA snížíme chuť k jídlu, můžeme tím snížit energetický příjem a tím pozitivně ovlivnit celkovou energetickou bilanci organismu.

Pohybová aktivita také může ovlivnit vylučování ghrelinu. Tento hormon je vytvářený v buňkách trávicího traktu a uvolňovaný do krve. Jeho příjemce je hypotalamus, oblast mozku, která má, mimo jiné, rozhodující vliv na kontrolu chuti k jídlu. Hlavní funkcí hormonu ghrelinu je zvyšování chuti k jídlu. Nutí tak jedince přijímat více potravy a kalorií a ukládat tuk (Klok et al., 2007). Podle metaanalýzy King et al. (2013) je patrné, že pohybová aktivita, jakožto stimul, který má významný vliv na energetickou homeostázu lidského těla, narušuje akutní produkci a snižuje hladinu

gherlinu v krvi. Tím snižuje chuť k jídlu a pocit hladu, což je pro jedince bojující s nadváhou a obezitou žádoucí.

Rozhodující pro tento efekt může být intenzita a forma pohybové aktivity. Jako nejvýhodnější z tohoto pohledu se jeví aerobní pohybová aktivita o intenzitě nad 60% $\dot{V}O_2\text{max}$. Při nižších intenzitách, či jiné formě pohybu např. rezistentní trénink jsou akutní změny hladiny ghrelinu v krvi zatím nejasné (Dorling et al., 2018).

Podobná situace platí i u dalšího hormonu, který významně ovlivňuje metabolismus a udržování energetické rovnováhy v těle - leptinu. Koncentrace tohoto hormonu je citlivá na jakékoli změny v energetické rovnováze. Leptin se váže podobně jako gherlin na receptory v hypotalamu, kde ovlivňuje energetickou rovnováhu, a to jak zvýšením energetického výdeje aktivací sympatického nervového systému, tak inhibičním vlivem na příjem potravy. Dále vlivem leptinu stoupá oxidace tuků, klesá syntéza mastných kyselin a snižuje se množství triacylglycerolů ve tkáních. Nedostatečná produkce leptinu, nebo nedostatečná odpověď na něj, může vést k obezitě (Dornbush & Aeduula, 2018). Dostatečné množství pohybové aktivity, ať už vytrvalostního (Pasman et al., 1998) či rezistentního (Racil et al., 2016) charakteru vedlo k celkovému snížení hladiny leptinu a zvýšení citlivosti na tuto látku, což je žádoucí v souvislosti se snižováním podílu tělesného tuku. Zásadní vliv na hodnoty hladiny hormonů regulujících apetit má celková doba a kvalita spánku. Výsledky u osob se spánkovou restrikcí ukazují snížené koncentrace leptinu a naopak zvýšené hladiny ghrelinu, což ve svém konečném důsledku zvyšuje chuť k jídlu a znesnadňuje dodržování režimových opatření (Jones et al., 2008).

Z morfologického hlediska bude mít pohybová aktivita vliv především na změny v kostní a svalové tkáni. Přibližně od 25. – 30. roku života přirozeně ubývá kostní hmota v případě, že není organismus fyzicky zatěžován (Layne & Nelson, 1999). Zároveň dochází ke ztrátě svalové hmoty, která je nahrazována tukovou tkání. Ztráta svalové hmoty závisí na pohlaví a právě úrovni svalové aktivity (Kirkendall & Garrett, 1998). PA podporuje tvorbu aktivní tělesné hmoty (podrobněji kapitola 2.3.1). Nárůstem aktivní tělesné hmotnosti, tedy především svalové hmoty, můžeme zvýšit klidový energetický výdej, protože tuková tkáň má nižší energetickou spotřebu oproti svalové tkáni (Hainer et al., 2011). PA také ovlivní opěrnou soustavu, kdy vlivem tahu a tlaku, který vzniká při pohybové aktivitě, se v kostech ukládá více minerálních látek a zvyšuje se tak kostní denzita. Tento proces oddaluje nástup osteoporózy a snižuje

náchylnost ke fragilitě kostí, kdy u postižených dochází k častým zlomeninám předloktí, krčku femuru a kompresním zlomeninám obratlů (Layne & Nelson, 1999).

2.1.4.3 Zásady návrhů intervenčních pohybových programů

Pohybová intervence, která se snaží ovlivnit úroveň tělesné zdatnosti, musí řešit především vlastní formu, intenzitu, dobu trvání a frekvenci pohybové aktivity, ale zároveň i příjem a výdej energie, a to nejen spojený s vlastní pohybovou aktivitou, ale v kontextu s celkovou energetickou bilancí člověka. Důležité je, aby intervence vycházela z aktuální situace a respektovala možnosti jedince. Základem úspěšné intervence není jen její aktuální realizace, ale hlavně přetrvávání dosaženého stavu získaných návyků. Čím dříve se s vlastní intervencí začne, tím větší je šance, že bude mít přetrvávající charakter (Bunc, 2011).

Teprve v tom případě pak může být dosaženo žadoucích změn, které spočívají především v tom, že jedinci přijmou přesvědčující evidenci o zdravotních benefitech PA, změni nevyhovující pohybový režim a tak dosáhnou pozorovatelnou a trvalou změnu ve svém pohybovém chování (Dobrá & Čechovská, 2011).

Krejčí (2011) shrnuje zásady či jednotlivé znaky, které by měli být charakteristické pro pohybovou intervenci, která má zajistit adekvátní pohybový režim. Patří sem:

- **Zvládnutelnost** ve smyslu individuálního zvládnutí a osvojení pohybové aktivity. Mezi jedinci zde můžeme pozorovat velké rozdíly, kdy pro jednoho je daný pohyb jednoduchý, pro druhého velice náročný. Roli zde hraje věk, kondice, zdravotní stav, předchozí pohybová zkušenost atd. Zvládnutelnost pohybové aktivity je velmi důležitým základem pro její opakované provádění.
- **Spontánnost** ve smyslu pocitu svobody, lehkosti a radosti při pohybu. Již zvládnutý pohybový prvek se vyznačuje spontánností pohybového projevu, což je předpoklad pro pohybové uvolnění a žádoucí pocit svobody a naplnění.
- **Saturace** ve smyslu pocitu spokojenosti, naplnění v průběhu PA a po ní. Dává člověku pocit seberealizace. Člověk má pak k takovéto činnosti tendence se opakovaně vracet, což je pro dlouhodobý efekt PA žádané.

- **Opakovatelnost** ve smyslu přání vracet se k dané PA a zdokonalovat se na vyšší úrovni. Až v tomto stupni je reálně možné začít uvažovat o proměnlivosti zátěže. Člověk má pohybovou aktivitu natolik rád, že je ochoten vystavit se diskomfortu vyšší zátěže v rámci svého tréninkového cyklu.
- **Nastavitelnost** ve smyslu dávkování pohybové zátěže vzhledem ke zdravotnímu stavu a tělesným proporcím člověka, jeho věku, pohlaví atd. Střídáním zátěže vzniká tréninková efekt a jistá pozitivní závislost na dané PA.
- **Dostupnost** ve smyslu možnosti aplikování PA pravidelně, kdykoliv a kdekoliv. Bude výrazně záviset na vnějších podmínkách – přírodních, časových, finančních, právních atd.
- **Bezpečnost** ve smyslu dodržování zásad bezpečnosti či využití účelné ochrany před zraněním při provádění dané PA.

Při dodržení těchto zásad je pak pravděpodobnější, že se jedinci podaří dosáhnout žádané trvalé změny v chování a způsobu života, což povede k podpoře a rozvoji jeho zdraví.

2.1.4.4 Hodnocení efektu intervenčních pohybových programů

Při vytváření intervenčních programů je nebytné mít racionální a systematické základy. Účinné intervenční programy lze připravovat jen na základě kvalitních vstupních informací, včetně posouzení úrovně motorické výkonnosti. Stejně tak příprava a realizace intervenčního programu s cílem zvýšit pohybovou aktivnost lidí vyžaduje zpětnou vazbu. Aby bylo možné zajistit, že navržená opatření budou spolehlivě působit, je třeba jednotlivé postupy zdůvodnit a ověřit (Hendl, 2011).

Abychom mohli vyhodnotit efekt intervenčního programu, musíme realizovat měření, které nám umožní získat informaci o trénovanosti – adaptaci jedince a příčinném vztahu – informaci, jaký efekt měla intervence na stav jedince. Tyto informace mohou být jak kvalitativního, tak kvantitativního typu, kdy hodnocení reakce jedince v průběhu pohybového zatížení je jednou ze základních proměnných, které lze využít pro posouzení vlivu zatížení na danou osobu (Bunc, 2011).

Měření je možné realizovat v laboratorních, či terénních podmínkách. Pro získání relevantních a kompletních informací o intervenci je vhodné obě varianty kombinovat. Konkrétní laboratorní testy, které jsme využili v naší práci, budou popsány v následujících kapitolách. Z hlediska přímého hodnocení a sledování pohybového zatížení v reálných podmínkách se v poslední dekádě díky technickému pokroku využívá sportovních hodinek či mobilních aplikací. Tyto systémy jsou schopny díky současným a především dostupným a levným technologiím zaznamenávat změny polohy, nadmořské výšky, rychlosti, srdeční frekvence. Navíc se snaží informace uchovávat a přehledně zobrazovat. Se získanými daty jsou schopny pracovat a vhodně interpretovat průměrnému uživateli, který je schopen na základě jednoduchých instrukcí řídit svůj pohybový režim (Janssen et al., 2017). Ačkoli vývoj v kvantitativním hodnocení postoupil daleko, z hlediska kvalitativního hodnocení je stále třeba využít expertního hodnocení kompetentním pozorovatelem.

Problémem monitorování pohybových aktivit jsou normy. Ty jsou závislé na cílech sledování, na věku a pohlaví sledovaných osob. Pro jejich konstrukci lze využít data, která získáme u určité cílové kategorie osob, které vyhovují požadavkům a zaměření realizované intervence. Dalším způsobem je stanovení standardů jejich výpočtem, který vychází z cílových hodnot, jež chceme a posléze musíme intervencí dosáhnout (Bunc, 2011).

2.1.5 Shrnutí

Jeden z charakteristických rysů současné společnosti ve vyspělých zemích může být nárůst životní úrovně a s tím související velké možnosti pro seberealizaci jak v pracovním životě, tak v trávení volného času. Tento stav je často spojen se sedavým způsobem života, jehož rysem je nedostatek pohybové aktivity, což vede k negativním dopadům na lidské zdraví. Nárůst profesí, které lze charakterizovat jako sedavá zaměstnání a technologický pokrok v pracovních provozech, jenž dříve potřebovaly vysokou tělesnou zdatnost zaměstnanců, snižují energetický výdej v pracovním čase člověka. Pracovní zatížení tedy není schopno pokrýt pohybový deficit a přibývající možnosti pasivního trávení volného času konkurují nabídce pohybových aktivit, které by mohly pozitivně ovlivnit energetickou bilanci. Tato situace vede

k epidemii civilizačních chorob, které výrazně snižují kvalitu života a v největší míře se podílí na úmrtnosti populace.

V důsledku těchto faktů je žádoucí snaha na různých úrovních o komplexní a systematický přístup k řešení problémů pohybové nedostatečnosti. Pohybová aktivita má nenahraditelný význam v primární prevenci, kdy zabraňuje vzniku a rozvoji civilizačních onemocnění. Je současně důležitá i v prevenci sekundární, kdy může být lékem a potlačovat, snižovat i odstraňovat různé rizikové faktory. Kompetentní instituce se na základě vědeckých poznatků pokoušejí o tvorbu směrnic a doporučení pohybových aktivit, které by zabezpečily a určily dostatečný objem, intenzitu a frekvenci pohybových aktivit potřebných pro dosažení žádoucích zdravotních a psychosociálních benefitů. Zároveň je zde nutná součinnost státních sektorů, které by strategie podpory pohybové aktivity na různých úrovních (nadnárodní, národní, regionální, komunální, individuální) uvedly v realizaci a zvýšily tak participaci občanů na pohybové aktivitě a jejich motivaci k aktivnímu životnímu stylu.

Náprava nedostatečné úrovně tělesné zdatnosti napříč populací a věkovými ročníky je možná jen cílenou pohybovou intervencí. Ta musí vycházet z aktuální situace a možností jedinců a ideálně pozitivně ovlivňovat jak morfologické, tak funkční složky tělesné zdatnosti. Efekt pohybové intervence je třeba vyhodnocovat, na základě toho ji upravovat a dávat intervenovaným zpětnou vazbu. Zároveň je žádoucí, aby měla přesah z aktuální realizace k dlouhotrvajícímu stavu, kde dosažené zlepšení zdatnosti a získané návyky přetrvávají.

2.2 Vytrvalostní běh, jako volnočasová pohybová aktivita

Jako základní forma pohybového zatížení je doporučována chůze. Během dne je nejčastěji využívaná, na tuto aktivitu jsou jedinci vesměs dobře adaptovaní, riziko zranění je nejnižší ze všech pohybových aktivit, lze ji provozovat prakticky kdekoliv a kdykoliv, je laciná a při rychlostech chůze vyšších než 5 km/hod je dostatečně intenzivní pro potřeby ovlivňování zdatnosti (Bunc, 2011).

Běh je vedle chůze pro člověka jednou z nejpřirozenějších forem pohybu. Chůze a běh mají mezi sebou úzkou spojitost, jelikož běh se vyvinul z chůze. Základním rozdílem mezi oběma druhy pohybu je vynechání dvouoporové fáze krokového cyklu (Lieberman et al., 2007). Z pohledu kinantropologie je běh nedílnou součástí většiny pohybových aktivit, ať již ve své čiré podobě (atletický běh, sprinty při fotbalu, basketbalu a jiných hrách, jedna z disciplín moderního pětiboje, triatlону apod.) či jako součást složitějšího komplexu pohybů (nepřeborné množství činností v různých míčových hrách, rozběhy ve sportovní gymnastice, v atletice u skoků a hodů atd.) (Hurych, 2013).

Z hlediska fylogenetického vývoje měl běh pro člověka obrovský význam a pravděpodobně ovlivnil jeho vzhled i tělesnou stavbu (Bramble & Lieberman, 2004). U člověka dochází během evoluce k různým adaptacím. Jednou z nejdůležitějších je právě bipedální lokomoce, která se stává charakteristickým znakem hominidů. Ve svých dvou formách pohybu, chůzi i během, jsou lidé mezi všemi živými primáty tím, jak se pohybují jedineční. Ve srovnání s jinými savci, člověk nejen že není dobrým sprinterem, ale také není schopen ve vysokých rychlostech manévrovat. To v minulosti velice snižovalo jeho konkurenční schopnost při lovu kořisti (Harcourt-Smith, 2010).

Bramble & Lieberman (2004) předpokládají, že právě to mohlo být důvodem, proč se u člověka vyvinula nová forma běhu, tedy vytrvalostní běh. V prvních fázích vývoje byl bipedialismus efektivnější a rychlejší způsob, jak se v méně zalesněném a otevřeném prostředí vyrovnat s čím dál tím víc řídko distribuovaným jídlem. Člověk byl schopen prohledat větší oblast za kratší dobu, což znamenalo více potravy s menšími energetickými nároky (Harcourt-Smith, 2010).

Další možností pak skýtal vytrvalostní lov, kdy člověk pronásledoval stáda kopytníků v otevřených savanách. Jelikož kopytníci nedisponují zdaleka tak dobrými termoregulačními systémy, nebyl by pro člověka problém takové zvíře uhnat do

naprostého vyčerpání (Sinclair & Leakey, 1986). Tomuto způsobu lovu nasvědčuje i fakt, že tehdejší lidé nebyli vybaveni zbraněmi pro boj na delší vzdálenost, a zdolat většího savce z přímé blízkosti a zároveň v jeho plné síle by bylo velmi náročné a nebezpečné (Lieberman et al., 2007).

Změny chování našich předků provázely adaptační změny, které byly pro tento způsob pohybu velmi výhodné. Mezi adaptace kosterně-svalového aparátu, které snižovaly energetické nároky na běh lze zařadit zkrácení prstů dolních končetin a patní kosti, prodloužení délky a snížení celkové hmotnosti svalů dolních končetin, zvětšení velkého hýžděového svalu, zmenšení obličejové části hlavy, adaptace vazů a svalů krku pro stabilizaci hlavy (Bramble & Lieberman, 2004). Kromě adaptace pohybového aparátu přispělo k větší připravenosti lidského těla pro vytrvalostní běh i rozvinutí efektivnější termoregulace díky pocení, úprava metod dýchání v souladu s požadavky na běh, které nejsou tolik závislé na pohybu dolních končetin (Carrier et al., 1984).

Díky evoluci je tedy člověk ideálně vybaven pro vytrvalostní běžecké výkony. Ačkoli v současnosti se nemusí na běh spoléhat z důvodů vlastního přežití a shánění obživy, předpoklady lidského těla k vytrvalostnímu běhu můžeme plně zužitkovat ke sportovním či rekreačním účelům a navýšit tak potřebné množství pohybové aktivity, které současné populaci ve vyspělých zemích chybí.

Širšímu rozšíření vytrvalostního běhu jako intervenčního prostředku pro navýšení pohybové aktivity brání jeho zvýšená biomechanická zátěž kosterně-svalového aparátu. Ta je na rozdíl od chůze zapříčiněna letovou fází a následným kontaktem chodidla s podložkou (Van Gent et al., 2007). Při využití běhu v pohybové intervenci je tedy třeba zvážit jeho vhodnost na základě aktuálního stavu intervenovaného. Pokud existují takovéto komplikace, je vhodnější a bezpečnější alternativou zpočátku zařadit jiný typ pohybového zatížení, například rychlou chůzi. V tomto mezidobí je vhodné kultivovat potřebné pohybové dovednosti, které umožní zvládnout techniku daného pohybu a morfologický i funkční stav jedince, který napomůže zvládnutí požadované činnosti z pohledu svalového aparátu (Bunc, 2011). Po takovémto přípravném období je již možná participace na vytrvalostním běhu.

Překážkou může být také nižší popularita pro většinu populace, která má běh spojený pouze s výkonnostním sportem a náročným tréninkem (Sheerder et al., 2015). To je navíc často podpořeno vlastní negativní zkušeností z hodin tělesné výchovy, kdy mnozí jako žáci absolvovali nepopulární testování vytrvalosti formou Cooperova testu či běhu na 1500m a jiné vzdálenosti.

2.2.1 Popularita a aktivní účastníci vytrvalostního běhu v současnosti

S rozvojem moderního sportu v 19. století dochází i k rozvoji jednotlivých sportovních disciplín. Nové společenské podmínky a změny ve způsobu života lidí umožnily nárůst volného času a nové možnosti jeho využívání. Lidové zábavy založené na pohybové aktivitě, stejně jako zábavy vyšších společenských vrstev, se stávaly masovějšími a lidé se jim začali věnovat i organizovaně podle dohodnutých pravidel (Slepičková & Slepíčka, 2012).

Vyčleňují se jednotlivá sportovní odvětví a jejich disciplíny a vznikají jednotlivé sportovní kluby. Vystává potřeba je organizovat a jsou tedy zakládány jednotlivé sportovní svazy. Roku 1866 vzniká v Anglii Amateur Athletic Association, která začíná zaštitovat atletické disciplíny včetně běhu a podobné organizace vznikají o něco později i v dalších evropských státech a USA (Kössel et al., 2006).

Významným mezníkem nejen pro běh, ale pro moderní sport celkově, je pořádání prvních novodobých olympijských her v Aténách roku 1896. Běžecské disciplíny byly součástí programu lehké atletiky a soutěžilo se na vzdálenostech 100m, 400m, 800m, 1500m a maratonské trati (Kössel et al., 2006). Rostoucí zájem o běžecské disciplíny jak ve formě aktivního provozování sportu, tak ve formě divácké konzumace sportu je podtržen konáním běžecských závodů. Inspirovaný úspěchem maratonského běhu na olympijských hrách v roce 1896 se běží v roce 1897 maraton v Bostonu. Stejný rok vybíhají na trať nejstaršího silničního běžecského závodu v Evropě Běchovice – Praha i čeští sportovci.

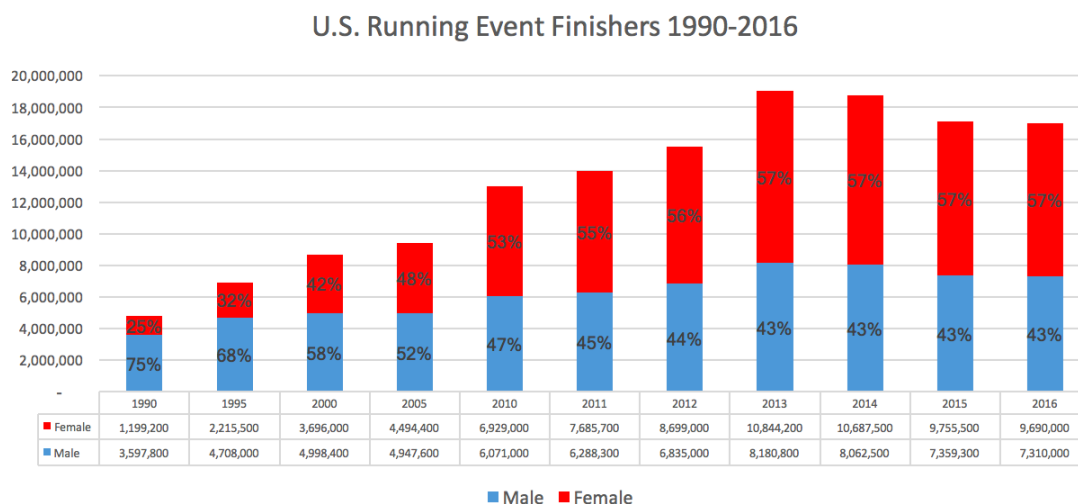
Tento trend - nárůstu počtu závodů jak na dráze, tak mimo ni, pokračuje a běžecské disciplíny se dostávají do popředí zájmu. Je třeba zde podotknout, že až na výjimky je běh a jeho trénink směřován primárně k výkonu, tedy snaze absolvovat trať co nejrychleji a porazit soupeře. Aktivní účastníci jsou v této době především atleti, sdružující se do jednotlivých oddílů nebo jsou součástí sportovních univerzitních programů (Bale, 2004; Scheerder et al., 2015), případně je běh používán jako tréninkový prvek, který má závodníka připravit na jiné soutěžní sportovní disciplíny.

V 60. letech dvacátého století dochází z tohoto pohledu ke změně. Především v USA začíná být propagován jogging jako forma pohybové aktivity, která je vhodná pro zvýšení kondice mužů a žen středního věku. Původní definice joggingu, jako

střídání pomalého běhu a chůze, se postupem času stává synonymem pro kondiční či rekreační běh. Není zde již důraz na výkon, ale tato aktivita se profiluje jako protiklad k sedavému životnímu stylu a jeho negativních účincích na lidské tělo, především u moderních městských a příměstských obyvatel, kteří jsou ohroženi hipokinézou. Hlavním cílem této pohybové aktivity je tedy zvýšení zdravotních benefitů, s myšlenkou, že jogging by se měl stát jakýmsi rutinním zvykem, který si jednotlivec plynule přidá do svého denního režimu (Latham, 2015). Tento trend a nárůst zájmu o kondiční běh se rozšiřuje napříč všemi vyspělými zeměmi a postupně narůstá do dnešních rozměrů, kdy po padesáti letech vývoje nevidáme běžce už jen na stadionech a obrazovkách, ale stali se neodmyslitelným doplňkem koloritu městských ulic a parků.

2.2.2 Současný stav

Popularita vytrvalostního běhu, jako volnočasové pohybové aktivity se od přelomu tisíciletí neustále zvyšuje a v důsledku toho začínají s během každoročně miliony jedinců po celém světě. (Fredricson et al., 2007; Van Dyck et al., 2017). Schreeder et al. (2015) uvádí, že běhání je jednou z nejpobulárnějších pohybových aktivit podle počtu aktivních účastníků v západní Evropě. V Evropské unii je přibližně 50 milionů účastníků běhu, což je skoro 10% z její celkové populace. V USA se běhu účastní přibližně 42 milionů lidí (z celkové populace 323 milionů obyvatel (Running USA, 2016). Dobrým ukazatelem může být nárůst účastníků běžeckých závodů, kde tvoří rekreační běžci nejširší pole závodníků. Podle výroční zprávy organizace Running USA (2016) – graf 1 se téměř zdvojnásobil počet běžců, kteří dokončili běžecký závod v roce 2005 oproti roku 2016.



Graf 1: Počet účastníků, kteří dokončili běžecký závod v USA v letech 1990 - 2016 (upraveno dle Running USA, 2016).

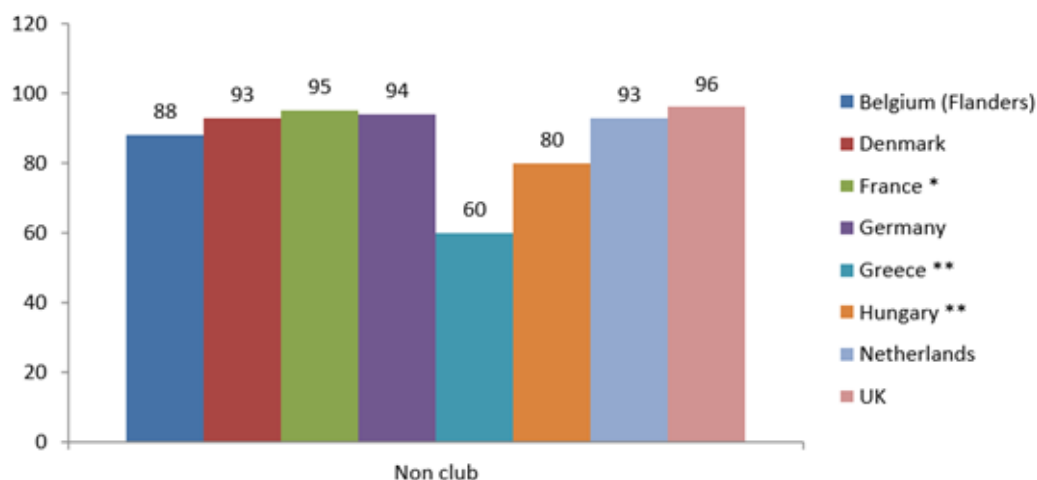
Běhání se stalo velmi populární formou vytrvalostního tréninku pro ženy (Pauline, 2014). Velmi patrný je zde také nárůst počtu žen, které se věnují vytrvalostnímu běhu a dokonce se aktivně účastní soutěží. Podle grafu 1 se v roce 2010 dokonce mění podíl běžců, kteří dokončili běžecký závod ve prospěch žen, a tato situace od té doby zůstává nezměněna. Ačkoli u mnohých z nich je stále výkon v závodě převažujícím motivem k účasti, převládají zde jiné motivy a to především zažít si atmosféru závodu; strávit aktivní čas s přáteli; upozornit okolí, často prostřednictvím sociálních sítí, na svoji účast; či překonání sebe sama ve smyslu odhodlání a vůle snášet určitý diskomfort (Pauline, 2014).

Takovýto nárůst je patrný i u nás (Antalová, 2015). Příkladem může být Pražský mezinárodní maraton. V tabulce 1 můžeme vidět nárůst účastníků Pražského mezinárodního maratonu na desetinásobek z roku 2014 oproti prvním ročníkům. Nutno dodat, že celkový počet by mohl být ještě vyšší. Závod už několik let po sobě vyprodává svoji kapacitu 10500 lidí již několik měsíců před startem, v tomto čísle jsou obsaženy i vložené štafetové závody, kdy si celou trať rozdělí dva či čtyři závodníci.

Tab. 1: Počet účastníků Pražského mezinárodního maratónu v letech 1995 – 2014 (upraveno dle Antalová, 2015)

Rok	Počet účastníků	Rok	Počet účastníků
1995	958	2005	4953
1996	1167	2006	3796
1997	1639	2007	4153
1998	2520	2008	5127
1999	3169	2009	5993
2000	3173	2010	7934
2001	3143	2011	8338
2002	3151	2012	9057
2003	2998	2013	9573
2004	4222	2014	10192

Rozvíjející se boom vytrvalostního běhu je v souladu s obecnějším vývojem sportovních aktivit, které byly dříve převážně kompetitivní a nyní se přesouvají k více rekreačním, neorganizovaným a odlehčeným formám sportu (Janssen et al., 2017). Dominantní už zde není v první řadě výkon, ale začínají převažovat další motivy této pohybové aktivity. Dochází k posunu, kdy největší počty aktivních běžců už nejsou koncentrovány pod hlavičkou atletických či univerzitních klubů, ale mnohem větší je zde podíl neorganizovaných osob běžajících individuálně, nebo v malých skupinách bez klubové příslušnosti (Sheerder et al., 2015; Hallamann & Wicker, 2012). Dle grafu 2 je patrné, že toto číslo se ve vyspělých Evropských státech pohybuje okolo 90%.



Graf 2: Podíl běžců, kteří nejsou členy běžeckého klubu v některých zemích EU (upraveno dle Scheerder et al., 2015)

V kontrastu s faktem nárůstu neorganizovaných běžců může být to, že z hlediska nabídky sportovních kurzů pro veřejnost se začaly objevovat běžecké kurzy, které se přímo specializují na začínající běžce. Ačkoli je běh všude propagován jako přirozený sport, člověk, který s ním začne v pozdějším věku, to tak cítit nemusí. Stává se tak velmi často po několika letech od ukončení vysokoškolského vzdělání, kdy jedinec cítí, že jeho kondice a váha nejsou úplně podle jeho představ. Běh se může jevit jako všespásná aktivita, která vyřeší jeho problémy. Bohužel realita, kdy pohybový aparát člověka nezvyklého pravidelné zátěži, často hlasitě protestuje, motivace upadá a výsledky se nedostávají tak rychle, jak by bylo vhodné, je jiná. Janssen et al. (2017) upozorňují právě na tento problém udržitelnosti takovéto sportovní účasti, která sice masově narůstá prvotním nadšením účastníků, ale právě neorganizovanost a nedostatek informací o problematice vede skrz následné problémy k ukončení participace na takové pohybové aktivitě. Účast v kurzu, byť krátkodobá, kde běžci společně pod vedením trenéra překonají prvotní neobratnost, dostanou informace k správné technice a periodizaci tréninku, může významně posílit kohezi k vytrvalostnímu běhání. Jako současný příklad takového jevu v České republice uvádíme společnost Jdu běhat s.r.o., která připravuje programy právě pro ženy začátečnice. Tabulka 2 ukazuje nárůst počtu účastnic, které si prošly desetitýdenním běžeckým kurzem. Zvyšující se číslo může opět odrážet jednak popularitu vytrvalostního běhu, ale za druhé i zájem o stranu profesionálního vedení, kterého se v současnosti začátečníkům nedostává.

Tab. 2: Počet účastnic kurzů Jdu běhat v letech 2013 - 2018 v ČR (Interní statistiky Jdu běhat, 2018)

Rok	Počet účastnic
2013	70
2014	500
2015	796
2016	1483
2017	1898
2018	1791

Základní motivační faktor k běhu je zvláště pro ženy stále spojen s kontrolou hmotnosti. Napříč dotazníkovými šetřeními je jejich cílem snížit či udržet svoji hmotnost a zůstat fyzicky atraktivními. Motivy vztahové (potkávat lidi, socializovat se,

sdílet skupinovou identitu) a motivy sebeúcty (zvýšení sebevědomí, pocity z úspěchu) se umisťují až na dalších místech (Zinner & Sperlich, 2016). Ačkoli to tedy pro účastnice nemusí být zřejmé a přímo cílené, díky vytrvalostnímu běhu kultivují svoji zdatnost jako předpoklad zdravotního stavu, pracovní a volnočasové výkonnosti (Bunc, 1995).

2.2.3 Klady a zápory vytrvalostního běhu pro rekreačního běžce

Jako u jakékoli další pohybové aktivity, stejně tak u vytrvalostního běhu je třeba brát v potaz to, že neexistuje naprosto bezpečná pohybová aktivita a vždy je nutné počítat s jistou mírou zdravotních rizik (Bunc, 2011). Pro jednoho jedince může vytrvalostní běh vyprodukovat nespočet benefitů a v mnoha faktorech předčí v tomto směru ostatní PA, pro druhého to může být aktivita zcela nevhodná a neuskutečnitelná. Především pro začínající běžce by tedy měla platit obecná zásada, poradit se o participaci na pohybové aktivitě s kompetentní osobou.

2.2.3.1 Benefity vytrvalostního běhu pro rekreačního běžce

Pravidelný běžecký vytrvalostní trénink pozitivně přispívá k zvýšení zdatnosti a může mít mnoho zdravotních benefitů (Sloan et al., 2011; Jones & Cater, 2000; Powel & Pratt, 1996; Warbuton et al., 2006). Jejich obecný výčet by byl téměř totožný s benefity uvedenými v kapitole 2.1. Určitě je vhodné zdůraznit pozitivní dopad vytrvalostního běhání na kardiorespirační zdatnost. Malá kardiorespirační zdatnost z pohybové nedostatečnosti přispívá k mortalitě více, než tradiční rizikové faktory, jako obezita, kouření, hypertenze a vysoký cholesterol (Hendl, 2011). Marti (1991) poukazuje na zdravotní benefity rekreačního běhu u žen, kde mimo obvyklých benefitů vyzdvihuje jeho prevenci proti osteoporóze a doporučuje tuto aktivitu ženám před nebo po menopauze, kdy jsou řídnutím kostní tkáně ohroženy nejvíce.

Vytrvalostní běh je také spojován s udržením vitality a zdraví do pozdějšího věku (Chakravarti et al., 2008; Tanaka & Seals, 2008). Ukazuje se, že lidé, kteří se i po padesátém roku života věnují rekreačnímu běhání, mají mnohem lepší kardiovaskulární

profil než neběžci, téměř bez výjimky netrpí nadváhou, je u nich výrazně nižší nemocnost, jsou odolnější vůči respiračním onemocněním a spotřebují méně léků. Vytrvalostní běžec-senior pak může představovat model takzvaného „výjimečně úspěšného stárnutí“, což vzhledem k současnému demografickému posunu může být pro celou společnost velice výhodné (Tanaka & Seals, 2008).

Při úvahách o tom, jaké konkrétní PA by měly být využívány jako vhodná forma pohybu pro splnění směrnic o doporučení objemu PA, bývá běh společně s chůzí vyzdvihován pro své spojení s přirozeným pohybem, zapojení velkých svalových skupin a nízkým nárokům na vybavení a prostor (EU Physical Activity Guidelines, 2008). Bývá zde zařazen v kategorii vysoce intenzivní aktivita, kde je možné očekávat energetický výdej více než 7 kcal/min a doporučován spíše zdatnějším jedincům (ACSM, 2013).

Pro dosažení významných zdravotních benefitů není třeba strávit běháním hodiny a naběhat velké množství kilometrů. V dlouhodobé studii (Lee et al., 2014) je doloženo, že rekreační běžci v porovnání s neběžci mají 30-45% nižší riziko na úmrtí v důsledku kardiovaskulárních chorob. Pro tento benefit bylo dostačující běhat méně jak 51 minut, v tempu menším než 9,5 km/h týdně. Těmto lidem se pak také zvýšila naděje na dožití o 3 roky oproti neběžcům.

Naopak pokud jde o zdraví, s objemem běžeckých kilometrů to není vhodné přehánět. U běžců, kteří běhali velké objemy nebo vysokým tempem, nebyl rozdíl v naději na dožití oproti populaci, která neběhala vůbec. Ideální objemem běhu vedoucí k prodloužení života byl stanoven na 1 – 2,5 hodin týdně a s ne více jak třemi tréninky za týden (Schnohr et al., 2015; Kiell, 2015).

Obrovskou výhodou vytrvalostního běhu je univerzálnost jeho využití jako pohybové aktivity. Nevyžaduje žádnou specifickou infrastrukturu. Praktikovat je ho možné nezávisle na čase, místě a ročním období s poměrně malou náročností na vlastní vybavení (Eimer et al., 2015). Běhání je možné se věnovat plnohodnotně, na rozdíl od jiných sportů, jak individuálně, tak i ve skupině. Tento faktor, v souvislosti s dnešní hektickou dobou, kdy je stále obtížnější najít spoluhráče pro míčové sporty, může být významná výhoda. Díky možnosti provozovat běh jako kolektivní sport mají v současnosti na popularitu běhu obrovský vliv sociální média, kde uživatelé prezentují své zážitky, fotografie nebo díky moderním technologiím mohou vkládat i celé záznamy tréninků či závodů (Pauline, 2014). U ostatních uživatelů, kteří jsou na

sociálních sítích na běžce napojeni, tak často dochází k nárůstu zájmu o běh a k vlastní participaci na pohybové aktivitě (Murphey et al., 2016).

Z hlediska psychologických benefitů spojených s rekreačním během je vyzdvihován jeho vliv na zvýšení sebevědomí a víry ve svoje schopnosti, pocit z úspěchu při dokončení tréninku/závodu, uvolnění stresu a navození pocitu životní pohody (Pauline, 2014; Szabo & Abraham, 2013).

Hurych (2013) upozorňuje také na to, že běh se stává východiskem pro rozvoj duševní činnosti. Může totiž představovat základní prostředí a současně také katalyzátor, který umožňuje myšlenkovou činnost realizovat rozdílným způsobem a v jiné intenzitě než by tomu bylo v případě absence tohoto východiska, tj. bez vlastního pohybu. Kalak et al. (2012) přikládají rekreačnímu běhu pozitivní efekt na spánek, náladu a koncentraci. Během jejich studie 30 minut běhání ve střední intenzitě a to denně po dobu 3 týdnů výrazně zlepšilo spánek a psychické funkce a snížilo pocit ospalosti během dne u testovaných probandů oproti kontrolní skupině, která se běhu nevěnovala.

2.2.3.2 Možná rizika vytrvalostního běhu

Ačkoli bylo zmíněno to, že běh, je jedním z pro člověka nejpřirozenějších pohybů a má pro zdraví člověka mnoho benefitů, je třeba upozornit na rizika spojená s tímto sportem. Mimo náhlé spontánní úrazy (svalová poranění, podvrtnutí) nebo kožní léze (puchýře a odřeniny) vznikající nejčastěji kvůli vnějším příčinám, či kvůli vlastní nepozornosti, je potřeba zde zdůraznit vysokou incidenci běžeckých zranění, které mají své příčiny nejčastěji v dlouhodobém přetěžování pohybového aparátu. Přehledové studie uvádějí, že běžecké zranění postihne 19 – 79 % běžců za rok (Van Gent et al., 2007, Lun et al., 2005). Široký interval podílu zraněných běžců v různých studiích autoři často přisuzují nejednotné definici běžeckého zranění, rozdílné úrovni sledovaných skupin, včetně jejich nejednotného tempa, objemu či frekvenci účasti na pohybové aktivitě.

Vzhledem k tomu, že zranění je považováno za jeden z nejčastějších důvodů pro ukončení běžeckého programu (Chorles, 2002; Buist et al., 2010) a vysokému podílu incidenci běžeckých zranění (Van Gent et al., 2007; Lun et al., 2005) je třeba tento fakt brát v potaz při tvorbě pohybových intervencí a důsledně zhodnotit vhodnost

vytrvalostního běhu pro daného jedince. Tato skutečnost bude podstatná i z hlediska toho, že zvyšující se počet běžeckých zranění je významně závislý na počtu jeho aktivních provozovatelů, který se výrazně zvyšuje a pozdějšímu vyššímu věku účastníků, kteří s touto pohybovou aktivitou začínají (Janssen et al., 2017).

Na vzniku zranění se podílí mnoho faktorů. Van Gent et al. (2007) je rozdělují do tří skupin:

- 1) osobní faktory (např. věk, stavba těla, pohlaví, výška, genetická výbava, vlastní zdatnost),
- 2) faktory běhu / tréninku (např. týdenní frekvence, vzdálenost, běžecká obuv, běžecká technika, typ běžeckého povrchu)
- 3) faktory související se zdravím a životním stylem (např. kouření, pohybová historie, předchozí poranění)

Shodují se však, že vznik zranění spojený s vytrvalostním během má multifaktotrovou příčinu. Za nejrizikovější faktory je ovšem považován nedostatek běžeckých zkušeností a nepřipravenost kosterně svalového aparátu na danou pohybovou aktivitu, existence předchozích zranění a celkové přetížení dolních končetin zapříčiněném přílišným objemem naběhaných kilometrů, který neodpovídá aktuální připravenosti pohybového aparátu, nebo již překračuje individuální možnosti pozitivní adaptace na zátěž (Sandler & Lee, 2010; Goss & Gross, 2012; Van Gent et al., 2007). Speciálně pro rekreační běžce bez odborného vedení zde bude platit často citované sousloví „too much, too fast, too soon“ značící přílišný objem naběhaných kilometrů, přílišnou rychlostí už v počátcích tréninkového procesu (Heljac, 2004; Bredeweg, 2014). Naopak pohlaví běžce, jeho věk, BMI, povrch na kterém se běhá či typ obuvi nezvyšují pravděpodobnost zranění (Bredeweg, 2014).

Většina běžeckých zranění vzniká v důsledku opakovaných dopadů na podložku a sil působících na chodidlo (Murphy et al., 2013). Biomechanická zátěž kosterně-svalového aparátu je totiž při běhu velmi vysoká. Pokud člověk běží, při došlapu je nutné, aby tělo běžce v několika milisekundách absorbovalo náraz o síle dva až třikrát své tělesné hmotnosti. Vzhledem k tomu, že při běhu dochází k nárazům opakovaně, je tato zátěž značná. Člověk vážící 70kg, který běhá dvakrát týdně vzdálenost 10 kilometrů, musí absorbovat navíc zátěž o velikosti 2,5 milionů kilogramů (Heljac, 2004). Proto pak dochází k poškození tkání, které jsou zvláště ohroženy, jako vazy,

šlachy a chrupavky, protože se přizpůsobují zvýšené mechanické zátěži pomaleji než svaly (Walther et al., 2005).

Výše uvedené příčiny budou závažnější o to více u případů jedinců, kteří se věnují vytrvalostnímu běhu jako volnočasové pohybové aktivitě. Vytíženost volného času a s tím související omezený podíl této doby strávené pohybovými aktivitami (viz kap. 2.1.3) vede ve svém důsledku ke snaze rekreačních běžců dosáhnout co nejvyššího profitu z běhu za co nejkratší dobu. Počáteční vysoká motivace, nereálné cíle a z nich vyplývající vysoká intenzita a objem běhu se pravděpodobně negativně projeví na stavu pohybového aparátu (Bredeweg, 2014), což ústí v opakovaná zranění a může vést k ukončení participace na vytrvalostním běhu (Buist et al, 2008). Při prvních fázích pohybové intervence je třeba se zaměřit na kultivaci potřebných pohybových dovedností a svalového aparátu (Bunc, 2011). Zvláště u začátečníků, kteří se začínají věnovat vytrvalostnímu běhu po období snížené, nebo žádné pohybové aktivity je nutné nejdříve připravit pohybový aparát na specifický typ zátěže, kterou běh klade především na dolní končetiny a bederní oblast zad (Van der Worp et al. 2015). Důsledně se věnovat rozcvičení, návyku správné techny běhu a kompenzačním cvičení a to i na úkor počtu naběhaných kilometrů.

Mimo zmiňované klasické faktory, které se podílí na vzniku zranění, může mít určitý vliv předchozí pohybová zkušenost (Bunc, 2011). Ženy, které se dříve účastnily sportovních aktivit bez výraznějšího zatížení velkých kloubů ve formě otřesů (cyklistika, plavání) měli 1,8 krát vyšší riziko běžeckých zranění, než ženy, které se účastnily aktivit, které takovéto otřesy obsahují (míčové hry, pohybové aktivity obsahující běh a skoky) (Buist et al, 2008).

2.2.4 Shrnutí

Využití volného času pro zdraví podporující a sportovní pohybové aktivity může být pro aktivní životní styl podstatné. Platí to především pro jedince, kteří díky svému zaměstnání a celkovým návykům mají velice nízký podíl spontánních pohybových aktivit. Pro tento účel jsou nejvhodnější přirozené formy pohybu, které vyžadují minimum infrastruktury a investice ke své realizaci. Vedle chůze, která je doporučována jako základní pohybové zatížení, můžeme běhání zařadit mezi další formy vhodných

pohybových aktivit, které jsou podobně jako chůze jednoduché na realizaci a zároveň dostatečně atraktivní a efektivní z hlediska zvyšování zdatnosti. Oproti chůzi, která má ze všech pohybových činností nejnižší riziko zranění, je u běhu nutné brát v úvahu vyšší zatížení pohybového aparátu a vyšší incidenci běžeckých zranění. Základním rozdílem je letová fáze, kdy se obě nohy dostanou do vzduchu, a švihová končetina musí při došlapu absorbovat náraz celé naší hmotnosti. Je proto vhodné zvážit účast na této pohybové aktivitě zvláště osobám s vyšším stupněm nadváhy a obezity. I v případě, že jedinec nemá žádné kontraindikace spojené s během, je před započítím vytrvalostního tréninku nezbytné přiměřené ovlivnění stavu svalového aparátu posilováním. Pokud se však dodrží zásady přiměřenosti a postupného zatěžování, před během je aplikováno dostatečné rozcvičení, je kladen důraz na kompenzaci přetěžovaného pohybového systému a nácviku bezpečné a efektivní techniky běhu, může vytrvalostní běh pozitivně přispívat k zvýšení zdatnosti jako předpokladu kultivace zdravotního stavu a pracovní výkonnosti, což může vyústit ve vyšší uplatnění jedince ve společnosti.

Většinu své novodobé historie byl běh zpravidla vnímán jako závodní disciplína, nebo tréninkový prostředek pro zvyšování kondičních schopností pro různorodé sportovní disciplíny. V 60. letech dvacátého století, dochází z tohoto pohledu ke změně. Běhání začíná být propagováno jako forma pohybové aktivity nesoutěžního charakteru, která je vhodná pro zvýšení kondice pro široké veřejnosti. Důraz na výkonnost je u rekreačního běhu na okraji zájmu a spíše je vyzdvihován jeho pozitivní vliv na zdraví člověka.

Za posledních deset let je rekreační běhání ve vyspělých státech podle počtu aktivních účastníků jednou z nejpobulárnějších pohybových aktivit. Současne s tím narůstá četnost, jednotlivých běžeckých závodů pro veřejnost, které se často sdružují do jednotlivých lokálních, regionálních či národních pohárů. Dochází také k jistému přeskupování účastníků z hlediska pohlaví. Ještě na přelomu tisíciletí byly ženy na veřejných běžeckých závodech v jasné menšině. Kromě výkonnostně sportujících žen, z různých sportovních odvětví, které se na závody přímo zaměřovaly, či braly závod jako kvalitní trénink, se na start postavilo něco málo z partnerek běžců, které podlehly „nátlaku“ svého protějšku a trat' ne úplně s nadšením absolvovaly. V současnosti se tato situace vyrovnává a podíl mužů a žen jako účastníků rekreačního běhu je přibližně totožný. Důvodem může být právě přesun z původně kompetitivní formy na více rekreační, neorganizovanou a odlehčenou formu sportu, kde začínají převažovat jiné

motivů než výkon. Především pak zdravotní benefity, psychická relaxace, svobodný pohyb venku, sportování ve skupině s přáteli, či naopak o samotě.

Toto je zároveň prezentováno v sociálních sítích a médiích, která s podporou firem obchodujících se sportovními a přidruženými produkty, vytvářejí prostředí, kde začít s běháním jako pohybovou aktivitou je jednoduché, atraktivní a zároveň žádané z hlediska aktivního a zdravého životního stylu. Bohužel, stejně jako u ostatních pohybových aktivit i u běhu platí, že nemusí být problém jedince jednorázově přimět k pohybové aktivitě, ale dlouhodobě ho u ní udržet.

2.3 Souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink

Sportovního trénink lze chápat jako proces složité bio-psycho-sociální adaptace na tréninkové zatížení. Opakují-li se zátěžové situace a jsou-li organismem zvládnuty, reakce organismu se při působení podnětu zmenšují. Zmenšená reakce je důsledkem řady změn, k nimž dochází vlivem opakovaného podnětu a reakcí na něj. Aby k adaptačním změnám došlo, je třeba dodržet princip dostatečného zatížení, tedy aby fyzická zátěž vyprovokovala adaptační změny, musí překročit podnětový práh a mít určitou (minimální) frekvenci, intenzitu a trvání (McArdle et al, 2007). Současně však nesmějí překročit funkční hranice trénovaných systémů, což by mohlo vyústit k přetížení či přetrénování (Perič & Dovalil, 2010).

Adaptace na tělesnou zátěž neexistuje jako jeden fyziologický proces. Zahrnuje velkou řadu mechanismů vzájemně se podmiňujících a na sebe navazujících, které ve finále postihují většinu tělesných systémů (Kučera & Dylevský, 1999). Adaptace na pohybovou aktivitu bude úzce závislá na typu tréninkového stimulu (Hickson, 1980). Tedy bude výrazně záviset na tom, kterou z pohybových schopností chceme stimulovat. V každé pohybové činnosti lze definovat projevy jednotlivých schopností, ale jejich poměr se u různých pohybových úkonů liší (Měkota & Cacubek, 2007). Pro účely naší práce mají největší význam vytrvalostní a silové schopnosti.

Tréninkový program zahrnující čistě vytrvalostní a silovou přípravu v jednom období je běžně v zahraniční literatuře definován jako „concurrent strenght and endurance training“ např. autory Laveritt (1999), Munecani & Ellapen (2015), Hickson (1980) Aagard & Andersen (2010), Millet et al. (2002); „concurrent resistance and endurance training“ např. Tanaka & Swensen (1998), Fyle et al. (2014), Hoffman (2014); „concurrent resistance and aerobic training“ např. autory Shaw et al. (2010), Wilsom et al. (2012) či „concurrent strenght and aerobic training“ např. autory Vilaca et al. (2011), Schumann et al. (2015a). Jak je zde patrné, názvosloví není jednotné, ovšem v dalším textu výše zmíněných studií se už většinou operuje pouze s pojmem „concurrent trainig“. Podobně je tomu u nás, kdy můžeme narazit nejčastěji na pojmy: souběžný vytrvalostní a silový trénink (Cacek & Grasgruber 2008), kombinovaný odporový a aerobní trénink (Máček & Radvanský et al., 2011; Havelková et al., 2010).

V naší práci používáme termínu souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink (SVRT), který podle nás nejlépe odpovídá účelu této studie. Pod pojmem vytrvalostní trénink je

zde chápáno kontinuální zatížení, na jehož energetické úhradě se podílejí především aerobní procesy. Termín rezistentní trénink zahrnuje trénink přímo určený pro rozvoj svalové síly a svalového výkonu. Specifické typy tréninku budou popsány dále v textu.

2.3.1 Morfologická stavba a metabolické funkce svalů

Jakákoli PA je dána činností kosterní svaloviny. Sval je orgán, který se skládá ze svalové a pojivové tkáně, nervů a cév. Základní aktivní složkou kosterního svalu jsou příčně pruhovaná svalová vlákna. Jejich základní jednotkou je sarkomera, která obsahuje základní kontraktilní složky bílkoviny aktin a myosin, kdy při koncentrické kontrakci svalu se do sebe molekuly aktinu a myosinu zasouvají a při excentrické kontrakci regulují prodlužování délky svalového vlákna. Svalová vlákna se dělí na základě fyziologických charakteristik (rychlost kontrakce a relaxace, množství kontraktilních bílkovin, převažující metabolismus, velikost vyvinuté síly, unavitelnost) a anatomických (délka a průměr) (Hoffman, 2014).

Svalová vlákna jsou tradičně dělena podle těžkých myozinových řetězců na základní typy. Pomalá vlákna typu I a rychlá vlákna typu II, jejichž různé subtypy lze nadále dělit na rychlá oxidativní a rychlá glykolytická vlákna. Procentuální zastoupení pomalých a rychlých vláken má velkou variabilitu genetickou a mění se i s věkem (Máček & Radvanský et al. 2011) a jejich podíl bude významný z hlediska stimulace vytrvalostních a silových schopností (Hoffman, 2014). Histochemická analýza rozlišuje ještě další typy a podtypy vláken. Avšak pro potřeby naší práce, a vzhledem ke značné nejednotnosti jejich charakteristik různými autory, nepovažujeme za nutné je zde podrobně popisovat.

Během svalové kontrakce těžké myozinové řetězce stanovují rychlost příčných můstků, a tudíž rychlost zkrácení svalové buňky. Svalová vlákna typu I má nižší schopnosti přemísťovat vápenaté ionty a tedy nižší rychlost zkrácování, má vysoký obsah myoglobinu, vyšší počet enzymaticky lépe vybavených mitochondrií a s tím související tedy velkou oxidační kapacitou, nižší glykolytickou schopnost a nižší aktivitu myozinové ATP-ázy a pomalou unavitelností a tedy vyšší schopnost vzdorovat únavě zejména při vytrvalostních zátěžích nižší intenzity. Rychlá svalová vlákna typu II mají vyšší glykolitické schopnosti, vyšší aktivitu myozinové ATP-ázy, spotřebovávají tak ATP rychleji a mají vyšší hustotu a odlišný typ vápenatých pump než vlákna pomalá

a tedy vyšší rychlost zkracování za cenu rychlejší unavitelnosti. Mají celkově menší počet mitochondrií, které jsou enzymaticky hůře vybavené (Bottinelli & Reggiani, 2000). Tyto vlastnosti svalových vláken pak budou hrát podstatnou roli při reakci na daný typ tréninku.

Vlákná kosterních svalů jsou místem, kde dochází k přeměně chemické energie na tepelnou (kolem 80%) a mechanickou (kolem 20%) (Hoffman, 2014). Energie pro kontrakci svalových vláken je zajišťována hydrolýzou adenosintrifosfátu, jehož koncentrace je v průběhu svalové práce neustále obnovována aerobními a anaerobními energetickými procesy (Baláš, 2016). Změny v energetickém výdaji se řídí podle způsobu tělesné zátěže. Zpočátku se v prvních deseti sekundách spalují zásoby svalového ATP a CP. Zásoby ATP ve svalu vystačí na přibližně dvě svalové kontrakce či 1 až 2 vteřiny činnosti (Hoffman, 2014). Pro pokračování je nutná okamžitá resyntéza, která nejdříve probíhá hydrolýzou CP. Současně začíná glykolytická fosforylace, která vytváří energii v prvních minutách zátěže a je dominantní pro cvičení vysoké intenzity mezi 10 – 90 vteřinami. Vstupními substráty jsou krevní glukóza, nebo svalový glykogen a výstupními pyruvát. Pyruvát je při vysokých intenzitách cvičení přetvářen na laktát, při nižších intenzitách se využije aerobním metabolismem. Nakonec se uplatňuje oxidativní fosforylace, která by mohla být zdrojem energetického výdeje při střední zátěži v průběhu rovnovážného stavu, teoreticky do vyčerpání energetických zásob. Vstupními substráty zde mohou být sacharidy, tuky i bílkoviny. Výsledné produkty jsou voda a oxid uhličitý (Kučera & Dylevský, 1999; Baláš, 2016). Tyto tři systémy od sebe nejsou izolované, vzájemně se doplňují a probíhají většinou současně a s převahou toho, který právě vyhovuje typu zátěže (Máček & Radvanský et al., 2011).

Při souběžném tréninku a adaptacích organismu na něj bude tedy záležet na charakteru zátěže a míře zapojení jednotlivých systémů, které se podílejí na jeho energetickém hrazení. Podstatnou úlohu zde také sehraje vrozená dispozice, která předurčuje poměr vláken různého typu. Při porovnání elitních běžců různého zaměření můžeme na opačných pólech nalézt běžce sprintery, kteří disponují 70 -75% rychlých svalových vláken typu II a právě vytrvalostní běžce se 70 – 80% pomalých svalových vláken typu I. Tento rozptyl je zřejmě způsobeno také výběrem jedinců pro určitou sportovní disciplínu a částečně i dlouholetým tréninkem. U nesportující populace je poměr vláken typu I a II většinou vyrovnaný s odchylkou 6% (Hoffman, 2014).

2.3.1.1 Funkční a morfologická adaptace na rezistentní trénink

Rezistentní trénink je primárně určen k stimulaci silových schopností. Ty bývají definovány jako schopnosti překovávat odpor vnějšího prostřední prostřednictvím svalové kontrakce (Perič & Dovalil, 2010). Pro účely naší práce nahlížíme na rezistentní trénink jako na anaerobní proces, který je charakterizován opakováním krátkých několika sekundových úseků, na jejichž energetické úhradě se podílí především stávající zásoby ATP a CP ve svalu, které jsou okamžitě obnovovány nabíhající glykolytickou fosforylací (Kučera & Dylevský, 1999).

Adaptace na rezistentní trénink probíhají na třech základních úrovních, adaptace neurální, morfologické a metabolické. Prvotní adaptací svalu na rezistentní trénink je neurální adaptace, která předchází adaptaci svalové (Sale, 1988). Jedinec, který se dříve nesetkal s rezistentním tréninkem, je tímto způsoben schopen pozorovat nárůst síly každý týden cvičení. Tato adaptace dosahuje vrcholu 6-8 týdnů od začátku tréninku (Jones et al., 1989). Její primární funkcí je zlepšení ekonomiky pohybu a zvýšení jeho přesnosti. (Barnes & Kilding, 2015; Hoffman, 2014; Jones et al., 1989). Tréninkem dochází k efektivnějšímu zapojování jednotlivých motorických jednotek (MJ) a zvyšuje se počet vláken zapojených při kontrakci (Jones et al., 1989). Čím více je zapojeno MJ, tím větší je svalové napětí a tím větší je frekvence probíhající impulzace. U trénovaných jedinců nastává dokonalá synchronizace mezi impulzem, zapojením MJ a její kontrakcí a současně relaxací nezapojených jednotek (Sale, 1988; Meissner, 2006). Počet zapojených MJ závisí na úrovni podnětu – dráždícího impulzu. Jednotlivé typy svalových vláken mají rozdílnou prahovou hodnotu podráždění pro zahájení svalové kontrakce. Zapojení jednotlivých typů je postupné podle narůstající síly dráždění, pro kterou je rozhodující frekvence dráždících impulzů působících na zapojenou MJ. Pomalá vlákna typu I jsou aktivována už při velmi nízké úrovni dráždění. Rychlá vlákna typu II reagují až při silném impuls (Měkota & Novosad, 2005). Tato intramuskulární koordinace je doprovázena koordinací intermuskulární, která představuje koaktivaci více svalů, jež se podílejí na daném pohybu. Díky tréninku se zlepšuje souhra činnosti agonistů a průběh relaxace antagonistů což se může projevit zvládnutím techniky cviku a oddálení nástupu únavy (Hoffman, 2014; Meissner, 2006). Tento druh neurální adaptace předchází morfologickým a metabolickým změnám ve svalových vláknech.

Důkaz že jde o centrálně koordinovanou změnu, spočívá v pozorování, že při tréninku jedné končetiny roste síla druhé netréované (Máček & Radvanský et al., 2011).

Vlivem rezistentního tréninku, při dostatečné intenzitě a objemu, dochází k svalové hypertrofii, při níž se zvětšuje průřez všech typů svalových vláken. Při vysoce intenzivním cvičení s vysokou hmotností (80 a více % 1RM - jednorázové maximum) hypertrofují především rychlá oxidativní vlákna. Rychlá glykolytická vlákna potřebují k hypertrofii vysokou rychlost cvičení a z hlediska času krátký zátěžový (do cca 5s) a dlouhý odpočinkový interval (Cacek & Grasgruber, 2008). Při dlouhodobějším vystavením těla rezistentnímu tréninku se u vysoce trénovaných jedinců může objevit koncentrická hypertrofie – tedy zesílení srdečních stěn, kterými se srdeční sval vyrovnává s výrazným vzestupem cévního odporu při tréninku, což pomáhá jedinci lépe zvládat požadavky na zvýšenou silovou zátěž (Kučera & Dylevský, 1999). Na zvyšující se sílu svalů reagují šlachy připojující svaly ke kostem, které zesilují, aby zvládly efektivněji přenášet větší sílu, kterou svaly generují a zároveň ustály vyšší mechanické namáhání. Tato situace zároveň klade větší nároky na kloubní spojení, kde zesilují kloubní vazy, což zajišťuje lepší kloubní stabilitu a celkově redukuje možnost zranění (Jones et al, 1989). Podobně bude reagovat na celou situaci opěrná soustava jedince, kdy se díky rezistentnímu tréninku zvýší denzita kostní hmoty, což snižuje nástup osteoporózy a také náchylnost ke zlomeninám. V tomto ohledu je rezistentní trénink ještě efektivnější než trénink vytrvalostní (Layne & Nelson, 1999).

Oproti aerobnímu zatížení se u anaerobního snižuje kapilární hustota v okolí svalových vláken, a stejně tak se redukuje hustota a počet mitochondrií, čímž se ještě sníží aktivita oxidativních enzymů (Chtara et al., 2005). Naopak aktivita enzymů (především kreatin kinázy a adenylát kinázy), které se účastní anaerobního uvolňování energie, se zvětšuje a až dvojnásobně se navýší glykolitická enzymatická kapacita bílých svalových vláken, které spalují glukózu (Kučera & Dylevský, 1999). Z výsledků svalové biopsie u jedinců, kteří se podrobili 4 týdennímu rezistentnímu anaerobnímu tréninku, je také patrné, že ve svalu se zvýší až o 50% zásoby ATP a CP, které se sice rychle vyčerpají, ale během několika málo sekund zase regenerují (Máček & Radvanský, 2011; Kučera & Dylevský, 1999) a volného kreatinu a glykogenu, což má za následek zvýšení svalové síly (Máček & Radvanský et al., 2011).

2.3.1.2 Funkční a morfologická adaptace na vytrvalostní trénink

Vytrvalost může být definována jako kapacita k udržení dané rychlosti nebo výkonu po co nejdelší možný čas (Basset & Howley, 2002) Vytrvalostní výkon trvající přibližně 7 – 150min je z 80 – 99% hrazen aerobním metabolismem. Bude záviset především na aerobní resyntéze ATP v mitochondriích, pro které je nezbytné dostatečné zásobování kyslíkem a vlastním energetickým substrátem v podobě sacharidů a lipidů (Hawley, 2002). Vytrvalostní trénink má potom za cíl zlepšit adaptaci dýchacího, kardiovaskulárního a neuromuskulárního systému, aby byl celý biochemický proces co nejefektivnější a vytvářet tolik potřebnou energii pro svalové buňky a tedy vlastní pohyb (Jones & Carter, 2000).

Vytrvalostní trénink je spojen se zvýšením aktivity klíčových oxidativních enzymů mitochondriálního transportního řetězce a zvýšením mitochondriální koncentrace jak v sarkolemě, tak i ve svalovém vlákne (Chilibeck et al., 2001). To kladně ovlivňuje oxidativní kapacitu svalstva (rychlost aerobní produkce energie) a zvýší energetický podíl lipolýzy, z čehož vyplývá úspora svalového glykogenu a krevní glukózy. Vytrvalostně trénovaný sval je pak schopný při střední intenzitě zátěže pokrýt výdej energie ve větší míře z tuků, než sacharidů (Hawley, 2002). Kolem svalových vláken dochází také ke zvýšení kapilární hustoty, což umožňuje efektivnější dodávku O_2 a vede k rychlejší metabolizaci odpadních produktů z krevního řečiště (Jung, 2003).

Při dlouhodobějším vystavením těla vytrvalostnímu tréninku se objevuje zvětšení srdečních dutin jejich dilatací. Dilatované srdce se projevuje jako velice výkonné, schopné dosáhnout velkého minutového výdeje (Kučera & Dylevský, 1999). Zlepšuje se zároveň výkon dýchací soustavy, kdy dochází ke zvýšení ventilace (dechového objemu i frekvence), difúze O_2 i CO_2 a perfuze v alveolech (Máček & Radvanský et al., 2011).

Díky svalové plasticitě, jsou jednotlivá svalová vlákna schopná reagovat na specifický typ pohybového zatěžování. Při tréninku se zvětšuje podíl rychlých oxidativních vláken na úkor rychlých glykolytických, která jsou díky svým větším možnostem oxidativní kapacity schopna zvýšit celkovou produkci energie aerobním způsobem (Williamson et al., 2001). Rychlá oxidativní vlákna také vytrvalostním zatížením získávají vlastnosti podobné vláknům pomalým, na základě změn v

transkripci a translaci těžkých řetězců myosinu. Ve výsledku jsou rovněž velmi pomalu unavitelná a zlepšují tím vytrvalostní výkon (Máček & Radvanský et al., 2011).

Mezi nejčastěji používané tréninkové metody stimulující vytrvalostní výkon patří dlouhé běhy mírné a střední intenzity, kratší tempové běhy, intervalový trénink, fartlek a regenerační běhy v nízké intenzitě (Midgley et al., 2007). Tento typ aerobního tréninku má pak výrazný vliv na hlavní determinanty vytrvalostního výkonu. Většina autorů do této skupiny řadí maximální spotřebu kyslíku ($\dot{V}O_2\text{max}$), ekonomiku běhu (EB) a laktátový práh (LP). Zlepšení těchto faktorů je dosahováno nejčastěji právě výše zmíněnými aerobními metodami vytrvalostního tréninku. Současné výzkumy ukazují, že i anaerobní trénink hraje důležitou roli ve vytrvalostním výkonu. To vede k teorii, že právě rezistentní trénink může pozitivně ovlivnit základní vytrvalostní parametry (maximální spotřeba kyslíku, laktátový práh, ekonomika běhu) a tím zlepšit běžecký vytrvalostní výkon (Jung, 2003).

Z výše uvedených základních charakteristik jednotlivých pohybových schopností a adaptace na ně je patrné, že silové a vytrvalostní kondiční schopnosti jsou často vnímány jako cosi protichůdného z toho důvodu, že rezistentní a vytrvalostní trénink mají ve svém čistém pojetí interferenční vliv na fyziologickou adaptaci organismu na dané zatížení (Fyle et al., 2014; Sale et al., 1990). Podle Chtara et al. (2005) je interference mezi vytrvalostním a rezistentním tréninkem nejčastěji zdůvodňována neschopností svalu optimálně se adaptovat na dva různé stimuly, které jsou závislé na rozdílném hrazení energetických nároků v jednom tréninkovém období a povaze a specifickým požadavkům rezistentního a vytrvalostního tréninku.

2.3.2 Morfologické a funkční rozdíly mezi muži a ženami

Předkládaná práce pracuje se ženami. Ačkoli dopady rezistentního i vytrvalostního tréninku na obě pohlaví jsou podobné, při pohybovém zatížení je vhodné respektovat odlišnosti mezi muži a ženami jak ve stavbě a složení těla, tak ve fyziologických funkcích či biomechanických a genetických předpokladech pro pohyb, které mohou hrát roli v adaptaci na podstupovaný tréninkový proces.

Dospělé ženy jsou nižší a lehčí než muži, kteří mají stejný věk a jsou stejně trénovány. Ženy mají vzhledem k tělesné výšce proporčně kratší končetiny, což má vliv

i na větší stabilitu (těžiště je níže k podložce), zároveň mají užší ramena, širší a nižší pánev než muži (Máček, Radvanský et al., 2011). Podíl tělesného tuku se u žen středního věku pohybuje v rozmezí 22-26 % u mužů stejného věku může být v rozmezí 14 – 18 % (Bunc, 2006a). Vyšší hodnoty androgenů jsou odpovědné za značný přírůstek netukových tkání, zejména svalové hmoty u mužů. Naproti tomu čím je u žen v dospělosti vyšší hladina estrogenu, tím mají větší podíl tukové tkáně. Nicméně absolutní množství zásobního tuku je u mužů i žen přibližně stejné, ale protože tělesná hmotnost žen je menší, je relativní hodnota jejich zásobního tuku větší (Máček, Radvanský et al., 2011). Celkově pak hodnoty relativního tělesného tuku kolísají podle úrovně pohybové aktivity a věku.

Svalová hmota tvoří u žen cca 35 % a u mužů cca 45 % celkové hmotnosti těla, což se projevuje jak nižším množstvím svalových vláken, tak jejich menším průřezem (McArdle et al, 2007). Ženy jsou schopné z pohledu celkové tělesné síly produkovat přibližně 64% síly mužů. Velké rozdíly zde najdeme mezi jednotlivými částmi těla. Větší absolutní rozdíl v produkci síly najdeme v horní části těla (ženy dosáhnou 56% úrovně síly mužů) než v dolní části těla (ženy dosáhnou 72% úrovně síly mužů). Jestliže je síla vztažena na tělesnou hmotnost, nebo aktivní tělesnou hmotu, rozdíly bývají nižší (Hoffman, 2014).

Adaptační reakce na rezistentní trénink u žen je obdobná jako u mužů s rozdílem menší svalové hypertrofie. Ženy jsou schopné zvýšit svoji sílu až o 44% (Wilmore 1974 in Bunc 2006a), aniž by došlo k svalové hypertrofii, což se přisuzuje jejich celkovému jinému poměru svalů a tuků, lepší nervosvalové adaptibilitě, nižší hladině testosteronu, a menšímu podílu rychlých svalových vláken, která mají vyšší tendenci k hypertrofii při rezistentním tréninku (Hoffman, 2014).

Ženské srdce má přibližně o 20 % menší rozměr než srdce mužské a ženy mají nižší systolický krevní tlak i srdeční výkon. Ženy mají menší plicní kapacitu (celkový objem, vitální kapacita) a tudíž i nižší ventilační hodnoty (klidové i maximální) (Kučera & Dylevský, 1999). Vzhledem k nižšímu počtu erytrocytů (6 % méně než muži) a hemoglobinu (10 – 15 % méně než muži) mají ženy nižší transportní kapacitu pro kyslík (Máček a Radvanský et al., 2011). Maximální spotřeba kyslíku vztažená k tělesné hmotnosti je u žen o 20 – 30 % nižší než u mužů. Po přepočtu na aktivní tělesnou hmotu je rozdíl menší. Energetické systémy zajišťující energii pro svalovou práci mají u žen nižší účinnost (Hoffman, 2014). Maximální tepová frekvence je u mužů i žen stejná,

v klidu a při submaximálních zátěžích u žen lehce vyšší (Máček a Radvanský et al., 2011).

Rozdíly v hodnotách maximální spotřeby kyslíku jsou mezi trénovanými muži a ženami menší, než u netrénovaných, ať jsou vyjádřeny v hodnotách absolutních, nebo relativních. Stejně tak pohybově aktivní jedinci mají hodnoty $\dot{V}O_2\text{max}$ vyšší než lidé se sedavým způsobem života. Pohybová aktivita také mnohdy převáží vliv pohlaví a vysoce pohybově aktivní ženy mají vyšší hodnoty maximálního aerobního výkonu než tělesné neaktivní muži stejného věku (Máček a Radvanský et al., 2011).

2.3.3 Efekt souběžného tréninku na morfologické předpoklady

Při sledování morfologických parametrů bude záviset na aktuálním stavu tělesného složení u jedince před započítím souběžného tréninku. Rekreační běžci, v tomto ohledu reprezentují jedince s normální hmotností a mají větší podíl tuku než výkonnostní běžci, kteří mezi sportovci patří k jedincům s nejmenším podílem tuku v těle (Blagrove et al. 2018).

Velké množství vytrvalostních běžců napříč výkonnostním spektrem, se obává toho, že v důsledku rezistentního tréninku, který budou aplikovat ke svému dosavadně převažujícímu vytrvalostnímu tréninku, dojde k svalové hypertrofii a nárůstu váhy s ní spojené (Hoffman, 2014). U studií (Bishop et al. 1999, Hickson, 1988), které se zaměřovali na tuto souvislost, nebyl zjištěn významný nárůst v objemu svalových vláken. Pro zjištění těchto změn byla využita svalová biopsie z m. vastus lateralis. Obě dvě studie se věnovaly výkonnostním vytrvalostním sportovcům, kteří podstoupili souběžný trénink v délce 10 a 12 týdnů. Z přehledové studie Blagrove et al. (2018) vyplývá, že z 18 relevantních studií, které zjišťovali efekt souběžného rezistentního a vytrvalostního tréninku na běžcích, v žádné z nich nebyla nalezena významná změna tukuprosté hmoty. Autor doplňuje, že tyto studie trvaly maximálně 14 týdnů a naznačuje, že toto období není dostatečně dlouhé, aby prokázalo hypertrofickou odezvu. Pro vysvětlení tohoto stavu je ale spíše uplatňován interferenční efekt rezistentního a vytrvalostního tréninku, kdy vytrvalostní zatížení se svojí fyziologickou odezvou brání výraznější svalové hypertrofii, kterou by při stimulaci způsobil rezistentní trénink podstupovaný samostatně (Fyle et al., 2014; Chatra et al., 2005; Blagrove et al., 2018).

Souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink je široce používaný ve fitness a kondičních programech s cílem zvýšit energetický výdej a pozitivně ovlivnit tělesné složení a snížit podíl tukové tkáně (Vilaca et al., 2011). Nízký podíl tělesného tuku, také souvisí s lepší ekonomikou běhu a celkovou běžeckou výkonností (Saunders et al., 2004). Přehledové studie (Jung, 2003, Blagrove et al., 2018) které se zabývají aplikací souběžného rezistentního a vytrvalostního tréninku pro vytrvalostní sportovce různých úrovní ve většině případů nezjistily změnu podílu tělesného tuku. Je zde patrné, že tento parametr je na okraji zájmu, v jednotlivých studiích, mu není mnohdy věnován ani samostatný odstavce. Jednotlivé studie totiž netrvají více jak tři měsíce a naprostá většina účastníků patří k vrcholovým či výkonnostním běžcům, u nichž počáteční hodnoty tělesného tuku jsou na nízké, krátkodobým tréninkem nespolehlivě ovlivnitelné úrovni. Výjimkou jsou dvě studie Mikkola et al. (2011) a Dolezal a Potteiger (1998) na rekreačních běžcích kde byl běh aplikován k SVRT jako vytrvalostní část tréninku pro skupinu aktivních zdravých mužů. Mikkola et al. (2011) zjistili významný úbytek podílu tukové hmoty podle skupin 3,8 a 6,3 % (počáteční hodnota tukové hmoty byla podle skupin 16 a 20,4 %) po 8 týdnech souběžného tréninku (rezistentní trénink 2x týdně). Nicméně studie porovnávala pouze druhy rezistentního tréninku, nebyly zde kontrolní skupiny, které by podstoupily rezistentní či vytrvalostní trénink samostatně a nelze tudíž říci, že by SVRT měl větší efekt na snížení tukové hmoty než jiný druh tréninku. Dolezal a Potteiger (1998) mezi sebou porovnávali tři skupiny podstupující pouze rezistentní, pouze vytrvalostní trénink a SVRT v délce 10 týdnů. Podíl tukové hmoty byl podle skupin 15,4 až 11,8%. Ukázalo se, že po 10 týdenním tréninku dosáhla skupina podstupující SVRT statisticky významnějšího snížení podílu tukové hmoty o 28,7% oproti oběma kontrolním skupinám, kde bylo zaznamenáno snížení o 19,5% u kontrolní pouze vytrvalostní skupiny a o 9,1% u skupiny provádějící pouze rezistentní trénink.

Hoffman (2014) konstatuje, že efekt souběžného tréninku na tělesné složení není výrazně větší, než u ostatních typů tréninku. Bude spíše záviset na vydané energii a době trvání a celkové energetické bilanci organismu. Vidí jeho význam v tomto ohledu spíše v tom, že SVRT je schopen zabránit snižování podílu svalové hmoty, které mohou nastávat při samotném vytrvalostním tréninku nebo při nízkokalorických dietách, které využívají lidé s nadváhou a obezitou.

2.3.4 Efekt souběžného tréninku na funkční předpoklady

2.3.4.1 Efekt souběžného tréninku na maximální spotřebu kyslíku

Maximální spotřebu kyslíku lze definovat jako nevyšší míru přijatého kyslíku, který je organismus schopen využít při svalové práci. Je považována za nejvíce validní ukazatel funkční kapacity kardiovaskulárního systému a její zvýšení vlivem intervence je často považováno za demonstraci daného tréninkového efektu. $\dot{V}O_2\text{max}$ během maximální zátěže ukazuje na schopnost kardiovaskulárního systému dopravit kyslík do pracujících svalů a rovněž dopravený kyslík využít (Bassett & Howley, 2000).

Obecně přijímané teorie tvrdí, že základní rozvoj $\dot{V}O_2\text{max}$ je možný v zásadě dvěma tréninkovými technikami a to dlouhým během ve střední a vyšší intenzitě 65-85 % $\dot{V}O_2\text{max}$, nebo opakovanými běžeckými úseky o vysoké intenzitě 80-100 % $\dot{V}O_2\text{max}$ (Jung, 2003). Při provádění rezistentního tréninku zatížení zřídka překračuje hodnotu 50 % $\dot{V}O_2\text{max}$ a tudíž nemůže zvýšit hodnotu aerobní kapacity (Jung, 2003). Jednu z prvních studií, která se zabývala efektem souběžného tréninku na $\dot{V}O_2\text{max}$ uskutečnil Hickson et al. (1980). Během deseti týdnů programu, který zahrnoval pět krát týdně rezistentní trénink doplněný k aerobním aktivitám, zaznamenali u sledované skupiny mužů – rekreačních sportovců nárůst síly dolních končetin (dřep – 1RM) o 38% avšak, žádné změny v hodnotě aerobní kapacity. Tento závěr později potvrzují přehledové studie Barnes & Kilding (2015), Munakani & Ellapem (2015) a Blagrove et al. (2018), které u běžců absolvující souběžný rezistentní a vytrvalostní trénink nezjistily významné změny v hodnotách $\dot{V}O_2\text{max}$.

Hodnota $\dot{V}O_2\text{max}$ je všeobecně považována za hlavní ukazatel výkonnosti ve vytrvalostních sportovních disciplínách a ze strany výkonnostních i rekreačních běžců panují obavy, že právě zařazení rezistentního tréninku, vzhledem ke svým fyziologickým a morfologickým dopadům může tuto hodnotu snižovat. Tato obava je však neopodstatněná a vytrvalci účastníci se programů SVRT nepřesahujících 16 týdnů se nemusí obávat o ztrátu aerobní výkonnosti (Jung, 2003). Aplikace souběžného tréninku, tedy nemá negativní dopad na hodnoty $\dot{V}O_2\text{max}$, naopak může pozitivně ovlivnit celou řadu dalších výkonnostních parametrů a mít přesah na jednotlivé složky zdravotně orientované zdatnosti, což ocení všechny úrovně běžců.

2.3.4.2 Efekt souběžného tréninku na laktátový práh

Laktátový práh (LP) představuje takovou submaximální intenzitu pohybové aktivity, kdy je hladina laktátu v krvi relativně konstantní, tedy tvorba a utilizace laktátu je v rovnováze. LP je obecně přijímán jako důležitý faktor v predikci vytrvalostního výkonu. V některých ohledech je lepším prediktorem než $\dot{V}O_2\text{max}$ (Bassett & Howley, 2000). Hodnoty laktátového prahu je možno stanovit opakovanými odběry krve v průběhu zátěže, většinou z ušního lalůčku. Neinvazivní alternativou tohoto postupu je využití ventilačního anaerobního prahu (VAT), který je zjišťován při spiroergometrickém vyšetření.

Při metabolickém zajištění svalové kontrakce glykolýzou dochází k výrazné svalové acidóze, která je charakteristická zvýšením koncentrace H^+ iontů, vyplavením laktátu a ve svém důsledku poklesem snížením pH krve. H^+ ionty inhibují glykolýzu a glykogenolýzu, klesá tedy kapacita resyntézy ATP ve svalu, stejně tak inhibují vazbu O_2 na hemoglobin v plicích a hyperpolarizují svalovou membránu, čímž vytěsňují Ca z vazby na myozin, což znemožňuje normální svalovou kontrakci (Noakes, 2000). Produkci laktátu při intenzivní pohybové aktivitě s počínající laktátovou acidózou, se dříve obvykle zdůvodňovala nastupující únava. Laktát ale nelze pokládat za škodlivou odpadovou látku, ale za bezprostřední zdroj energie. Při zvýšené koncentraci je laktátový aniont relativně snadno transportován do sousedních svalových vláken a tam oxidativně metabolizován a využit jako zdroj energie a to často již na začátku zátěže za využití zásob kyslíku z myoglobinu (Máček & Radvanský et al., 2011).

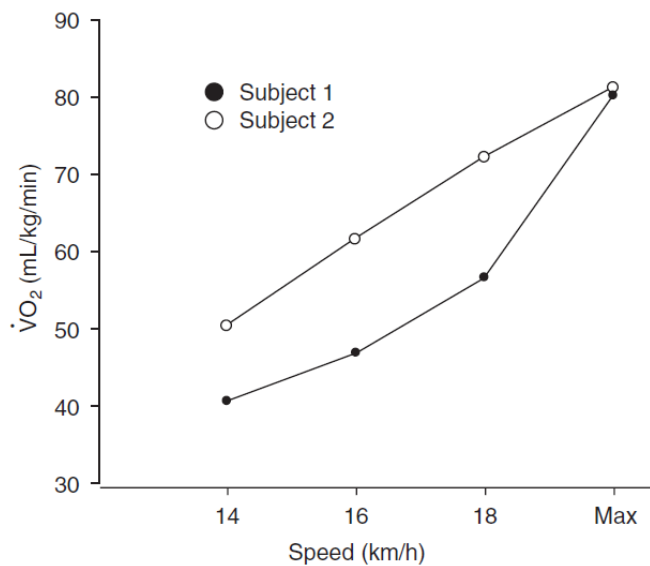
Hodnoty laktátového prahu velice dobře reagují na trénink a mohou tak sloužit k aktuálnímu hodnocení výkonosti a efektivity tréninkového zatížení. Běžec s vyšším LP dokáže běžet na vyšší úrovni $\dot{V}O_2\text{max}$ a tím podat vyšší výkon (Jung, 2003). Důležité také je, že LP je mnohem dynamičtější faktor, než $\dot{V}O_2\text{max}$. Bassett & Howley (2000) prokázali, že se hodnota $\dot{V}O_2\text{max}$ u trénujících jedinců dva měsíce zvyšovala, poté ale začala stagnovat. Naproti tomu LP dokázali sportovci stále efektivně navyšovat. Studie, které sledovaly vliv rezistentního tréninku na změny LP u běžců, nezaznamenaly významné změny (Hickson, 1980; Hoff et al., 2007; Pavolainen et al., 1999). Lze tedy uvažovat, že rezistentní trénink nemůže poskytnout dostatečný stimul k ovlivnění LP. Situace ovšem byla jiná u jedinců charakteristickým sedavým životním stylem bez pravidelné pohybové aktivity, u kterých bylo po zařazení SVRT patrné až 12% zvýšení LP (Marcinik et al., 1991). Ovlivnitelnost LP rezistentním tréninkem je

tedy závislá na úrovni aktuální zdatnosti sledovaného vzorku. Netrénovaní jedinci zde mají velký prostor ke zlepšení všech „faktorů“ a tak impuls, který u trénovaného jedince nemusí mít efekt, se zde může projevit (Jung, 2003).

2.3.4.3 Efekt souběžného tréninku na ekonomiku běhu

Ekonomika běhu může být popisována jako množství energie potřebné k udržení submaximální rychlosti (Saunders et al., 2004), jako schopnost udržet rychlost s minimálním množstvím vynaložené energie (Kučera & Truksa, 2000), jako množství energie vydané k přemístění 1 kg hmotnosti na vzdálenost 1 m (Bunc, 1990) či obecně jako energie potřebná pro danou rychlost nebo vzdálenost pohybu (Barnes & Kilding, 2015).

Ve vytrvalostních disciplínách bývá ekonomika běhu nejčastěji vyjádřena jako spotřeba kyslíku v jednotkách $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ při určité rychlosti běhu. Má velký dopad na celkový běžecký výkon. Dva běžci, kteří mají stejnou hodnotu $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$, nemusí mít stejné hodnoty ekonomiky běhu při submaximálních rychlostech (graf 3). V praxi je tento koncept jednoduše vysvětlitelný u vyšetření při stejné rychlosti běhu. Běžec, který má na submaximální rychlosti nižší spotřebu, se pohybuje ekonomičtěji, šetří energii a má předpoklad dosáhnout vyššího celkového výkonu, než běžec s horší ekonomikou běhu (Jung, 2003).



Graf 3: Porovnání spotřeby kyslíku ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) u dvou běžců. Jeden s dobrou ekonomikou běhu (Subject 1) druhý s horší (Subject 2) (Saunders et al., 2004)

Ekonomika běhu je ovlivněna antropometrickými, fyziologickými, metabolickými, biomechanickými a technickým faktory (Jones a Carter, 2000). Celková hmotnost běžce, podíl tělesného tuku a segmentální rozložení hmoty budou podstatné antropometrické ukazatele ovlivňující výkon. Běžci lehčí tělesné hmotnosti vynaloží méně energie na uběhnutí dané vzdálenosti při dané rychlosti, což vede k nižší spotřebě kyslíku ve srovnání s těžšími běžci (Saunders et al., 2004). Z pohledu biomechaniky běh zahrnuje přeměnu svalových sil translokovaných prostřednictvím komplexních pohybových vzorů, které používají všechny hlavní klouby zapojené při svalové práci. Běžecký výkon je závislý na dovednosti a přesném načasování těchto pohybů, jejichž kombinací je dána celková mechanická účinnost pohybu a ekonomika běhu (Anderson, 1996). Mimo výše zmíněné hmotnosti a segmentálního rozložení na ni působí velké množství dalších faktorů (tabulka 3), které budou mít vliv na ekonomiku běhu.

Tab. 3: Biomechanické faktory související s lepší ekonomikou běhu (upraveno dle Anderson, 1996).

Faktor	Nejvhodnější stav pro lepší ekonomiku běhu
Výška	Průměrná, či mírně podprůměrná pro muže, mírně nadprůměrná pro ženy
Index tělesné plnosti (Ponderal index)	Vysoký, převažující ektomorfní typ
Podíl tělesného tuku	Nízký
Morfologie dolní končetiny	Štíhlá lýtka, distorbce tělesné hmoty blíže ke kyčlím
Pánevní	Úzká
Chodidla	Menší než průměr
Délka kroku	Přirozená, odpovídající výkonnostní úrovni
Kinematika	Minimální vertikální oscilace těžiště těla Ostrý úhel v kolenním kloubu u švihové nohy Menší rozsah pohybu, ale větší úhlová rychlost plantární flexe při odrazu Ekonomický pohyb paží bez nadměrného rozsahu Rychlejší rotace ramen v příčné rovině
Kinetika	Nízké hodnoty reakce podložky (ground reaction forces)
Elastická energie	Efektivní využití akumulované elastické energie
Běžecký povrch	Středně poddajný

Ekonomika běhu je podmíněna technickým zvládnutím pohybu (Williams & Cavanagh, 1987; Folland et al., 2017). Technika je účelný způsob řešení pohybového úkolu v souladu s možnostmi jedince a biomechanickými zákonitostmi pohybu (Perič a Dovalal, 2010). Jednotliví běžci běhají s jistou odchylkou od optimální běžecké

techniky, čímž zvyšují energetický výdej. Každý z nich má tedy svůj individuální běžecký styl, který vychází z předpokladů jedince a souvisí i s jeho běžeckou úrovní. V obecné rovině platí, že čím je lepší technika, tím je lepší ekonomika běhu (Dicharry, 2012). Vysoká ekonomika běhu je také důležitá při udržení stálosti vnitřního prostředí v organismu, zamezuje jeho přehřívání a přispívá tak k výkonnosti (Noakes, 2000).

Technika běhu je nejvíce ovlivnitelná v prvních fázích procesu motorického učení. V pozdějších obdobích se individuální běžecký stereotyp ustaluje a je obtížné ho upravovat. Úpravy běžeckého stylu se mohou setkat s částečným poklesem výkonnosti, mnohdy nestačí nácvik správného provedení pohybu, ale je potřeba přidat i doplňková cvičení, která napomůžou zlepšení (Dicharry, 2012).

Běžecká technika je propojena se silovými předpoklady. Úroveň použité síly a vydané energie se musí přizpůsobit změnám v technice. Využívá se zde transfer (přenos) síly do rychlosti, či transfer síly do techniky běhu (Neumann et al., 2000). Pojmem transfer označujeme přenos dříve naučeného na jiné úlohy, situace či podmínky. Přenos umožňuje vzájemné ovlivňování učebních obsahů a procesů (Měkota & Cuberek, 2007) na základě dvou hlavních rozměrů: generalizace, která předpokládá, že znalosti a dovednosti, které jsme získali, můžeme aplikovat na různá prostředí a situace; udržování, což znamená, že výsledky naučeného přetrvávají v čase (Issurin, 2013). Při využití transferu síly do techniky, potažmo ekonomiky běhu využíváme významnou biomechanickou podobnost specifických cviků s běžeckým výkonem, které umožní pozitivní transfer v procesu motorického učení (Young, 2006).

Zlepšení ekonomiky běhu je vedle ovlivnění silových předpokladů nejčastěji uváděným benefitem souběžného rezistentního tréninku a vytrvalostního tréninku. Barnes & Kilding (2015) ve své přehledové studii zaměřené na strategie ovlivňující EB uvádějí na 19 studií, které potvrzují zvýšení EB vytrvalostních běžců po přidání rezistentního tréninku ke klasickému vytrvalostnímu tréninku. Nárůst EB se pohybuje ve většině těchto případů od 4 do 8 % za období 8-12 týdnů tréninku o frekvenci dvou až tří rezistentních tréninků týdně. Denadai et al. (2017) se ve své metaanalýze snaží zkombinovat výsledky relevantních studií (n=16), kde byla porovnávána skupina podstupující SVRT s kontrolní čistě vytrvalostní skupinou. V ekonomice běhu docházejí k průměrnému zlepšení 4,8% u explozivního tréninku a 3,7% u HWT tréninku. Za předpokladu, že se chyba měření u ekonomiky běhu pohybuje kolem 1-2%, je výše uvedené zlepšení vzhledem k době, kterou je nutné rezistentnímu tréninku

v přípravě věnovat, velice zajímavé pro možné zvýšení celkového běžeckého výkonu (Blagrove et al., 2018).

Rezistentní trénink může zlepšit EB prostřednictvím několika mechanismů. Nárůst síly, jako výsledek rezistentního tréninku zlepšuje mezisvalovou a vnitrosvalovou koordinaci. Tato synchronizace motorických jednotek ve svalovém vlákne a následná souhra svalových skupin se ve vlastním výkonu pozitivně projevuje na technickém zvládnutí pohybu a oddálení únavy pracujících svalů (Jung, 2003; Chtara et al., 2005).

V neposlední řadě rezistentní trénink také zvyšuje dynamickou stabilitu kloubů dolní končetiny a snižuje množství ztráty brzděné energie vynaložené při dokroku a zároveň zlepšuje schopnost svalů zachovat elastickou energii, která se pak může využít při následném odrazu, což se opět projevuje na lepší ekonomice běhu (Saunders et al., 2004).

2.3.4.4 Efekt souběžného tréninku na maximální běžecký výkon

Tento parametr se váže už přímo k jednotlivým studiím a je zařazován jako jedna z proměnných, často uváděn jako čas do vyčerpání (time to exhaustion) nebo měření anaerobního běžeckého výkonu. K jeho zjištění jsou nejčastěji využívány stupňované testy v laboratorních podmínkách.

Jung (2003) konstatuje, že při hodnocení efektu SVTR u vytrvalostní běžců může čas do vyčerpání při testu hrát důležitou roli, protože tento parametr se často významně zlepší, ačkoli jednotlivé dříve zmíněné "klasické" vytrvalostní charakteristiky ($\dot{V}O_2\text{max}$, LP, ekonomika běhu) zůstanou nezměněny. Mikkola et al. (2011) považují testy maximálního anaerobního běžeckého výkonu za determinanty metabolické a neuromuskulární komponenty běhu ve vysoké intenzitě. Vzhledem ke krátké délce testů a z hlediska doby trvání běžných vytrvalostních výkonů, můžeme z pohledu fyzické únavy vyloučit únavu vzniklou celkovým vyčerpáním energetických zdrojů a půjde tedy především o únavu svalovou - neuromuskulární.

Svalová únava bývá definována jako pokles svalové výkonnosti, který je způsoben intenzivní aktivitou svalů (Allen et al., 2008). Svalová únava může vznikat na mnoha různých místech podél dráhy, která vede od CNS až ke svalovým buňkám.

Snížení schopnosti svalů generovat sílu může být způsobeno z důvodů centrálních (snížená motorická kapacita vycházející z CNS) nebo periferních (snížená schopnost svalové kontrakce v důsledku změn na axonech, nervosvalové ploténce či změn samotného svalového vlákna) podle toho, kde dochází k narušení fyziologických procesů (Enoka & Duchateau, 2008). Periferní mechanismy únavy jsou často spojovány s metabolickými změnami v pracujících svalech a zvyšující se acidóze při anaerobní glykolýze, jak bylo popsáno výše. O nový centrální model únavy se propojením několika stávajících modelů se pokouší Noakes (2000), který zavádí „central governor model“ – model centrálního regulátoru, který vnímá únavu spíše jako emoci, jako produkt komplexní regulace, jejímž cílem je chránit tělo před poškozením. V tomto modelu procesy v mozku regulují pohybovou aktivitu v souvislosti s neurálně vypočítanou bezpečnou námahou těla a vybírají optimální strategii, aby byla zachována homeostáza těla a nemohlo dojít k jeho poškození vlivem nadměrné intenzity fyzické zátěže. Centrální regulátor chrání organismus tak, že reguluje nábor motorických jednotek a tím udržuje metabolické rezervní kapacity.

Výkon v testech do vyčerpání bude ukazovat na anaerobní kapacitu jedince a schopnosti vzdorovat zvyšující se únavě (Mikkola et al., 2011). Zároveň může posloužit k hodnocení pohybové intervence a celkového běžeckého výkonu.

Při různých testech, které sledovaly čas do vyčerpání, dosahovaly experimentální skupiny, které podstoupili SRVT zlepšení v širokém rozpětí 1,8 – 33 % (Kelly et al., 2008; Mikkola et al., 2011; Marcinik et al., 1991; Hickson et al., 1980; Hoff et al., 2007; Pavolainen et al., 1999; Støren et al., 2008). Provedení a druhy testů se však výrazně lišily. Ve všech těchto studiích, kde bylo u experimentálních skupin zjištěno zlepšení nárůstu času do vyčerpání, byl zároveň tento výsledek doprovázen nárůstem svalové síly beze změn v $\dot{V}O_{2max}$.

2.3.5 Metody rezistentního tréninku používané v souběžném tréninku

Celkový efekt souběžného vytrvalostního a rezistentního tréninku bude silně závislý na jeho konkrétní podobě. V případě vytrvalostního běhu musíme využít takové metody rezistentního tréninku, které pozitivně ovlivní nervosvalový systém a zároveň budou mít minimální vliv na svalovou hypertrofii, která často rezistentní trénink

doprovází. Zvýšený podíl svalové hmoty by znamenal i zvýšení hmotnosti běžce, což se může negativně projevit na výkonu (Saunders, 2004). Vzhledem k velkému počtu parametrů stimulace silových schopností – velikost odporu, počet opakování, rychlost provedení pohybu, délka odpočinku a charakter odpočinku (Perič & Dovalil, 2010) je velice obtížné rozlišit metody využitelné při SVRT, navíc je používána často kombinace různých metod rezistentního tréninku. Nicméně z dostupné literatury zjišťujeme, že za nevhodnější metody rezistentního tréninku, které se osvědčily při SVRT jsou považovány:

- a) **metoda maximálního úsilí**, která je založena na překonávání téměř hraničních odporů s minimálním počtem opakování. Překonání co největšího odporu v krátkodobém úsilí zvyšuje množství aktivovaných svalových vláken a ke zvýšení síly dochází tedy spíše nervovou adaptací než svalovou hypertrofií (Hoff et al., 2007). Støren et al., (2008) díky 8 týdenního souběžného tréninku, kde rezistentní trénink byl aplikován formou metod maximálního úsilí, dosáhli 5 % zlepšení RE a 23% zlepšení při času testu do vyčerpání.
- b) **metody explozivní a plyometrické**, které jsou založeny na principu protažení a následného zkrácení svalu, kde se využívá nahromaděná elastická energie a svalové přepětí pro následovnou excentrickou kontrakci (Barnes & Kilding, 2015) Z dostupných zdrojů je patrné, že oproti metodám maximálního úsilí jsou tyto metody využívány ve studiích poměrně více. Relevantní studie uvádějí u běžců zlepšení v ekonomice běhu v rozmezí 3 – 7%, kdy explozivní či plyometrický trénink je aplikován nejčastěji třikrát týdně po dobu 8 - 12 týdnů. (Paavolainen et al., 1999; Spurrs et al., 2003; Saunders et al., 2006; Mikola et al., 2007; Berryman et al., 2010),
- c) **metody opakovaných úsilí**, které jsou založeny na překonávání velkých, ale nemaximálních odporů kolem 80 % maxima (Perič & Dovalil, 2010). V zahraniční literatuře je tato metoda nejčastěji označovaná jako HTW (Heavy Weight Training) a definovaná jako cvičení využívající ≤ 10 opakování a přidanou zátěž ≥ 70 % 1RM (Denadai et al., 2017). V dostupných zdrojích nacházíme velké množství studií, které danou metodu rezistentního tréninku

použily a zaznamenaly zlepšení jak v ekonomice běhu 2 – 7% tak v samotném výkonu na sledované závodní trati 1,5 – 3% bez změn v tělesném složení či $\dot{V}O_2\text{max}$ (Taipale, 2010; Piacentini et al., 2016; Johnston et al., 1997; Millet et al., 2002; Aagaard & Andersen, 2010; Barnes et al., 2013).

Ačkoliv rezistentní trénink používaný ve výše zmíněných studiích byl rozličný, je zde patrný určitý opakující se vzor. Rezistentní trénink byl aplikovaný nejčastěji dvakrát nebo třikrát týdně po dobu 6 - 12 týdnů. Jedna tréninková jednotka trvá přibližně od půl do jedné hodiny a je zaměřena z větší části na dolní končetiny, nebo jsou využity komplexní cviky. Ty jsou prováděny ve 3 - 6 sériích po 6 - 10 opakováních. Samozřejmě s drobnými změnami podle typu rezistentního tréninku.

Pokud se zaměříme na konkrétní typy cviků používaných pro rezistentní trénink, nejčastěji jsou používány komplexní cviky s volnou zátěží, zahrnující pohyby v hlavních kloubech – dřep, trh, výstup, výpad a jejich varianty. Tato cvičení dokážou poskytnout vhodný neuromuskulární stimul v porovnání s vedenými cviky na přístrojích, kde není vyžadována taková míra koordinace pohybů (Blagrove et al., 2018). Stejně tak u těchto cviků můžeme nalézt významnou biomechanickou podobnost s běžecím výkonem, čímž jsou dostatečně specifické, aby umožnily pozitivní transfer v procesu motorického učení (Young, 2006).

Pro vlastní výběr cviků je třeba brát v úvahu předchozí zkušenost jedince, který absolvuje trénink, jeho časové možnosti a prostředí s vybavením, které má na cvičení k dispozici (Hofman, 2014). Tyto podmínky je třeba akceptovat o to více u méně zdatných jedinců, kteří s rezistentním tréninkem začínají. Nejvhodnější se pro ně mohou jevit metody opakovaných úsilí, kdy cvičí bez přidané zátěže pouze s vlastním tělem, například formou kruhového tréninku, který u netrénované populace přináší nejen zmiňované benefity rezistentního tréninku, ale může také vést ke zvýšení kardiovaskulární zdatnosti (Gettman & Pollock, 1981).

2.3.6 Roční periodizace souběžného tréninku

Vzhledem k časové náročnosti klasického vytrvalostního tréninku na jedné straně a nutnosti dostatečného času na regeneraci na straně druhé, může být pro běžce obtížné zařadit silové bloky do tréninkového programu. Pro optimální rozvoj jak silových tak

vytrvalostních schopností je vhodná dostatečná časová izolace obou metod tréninku (Leveritt et al., 1999; Schumann et al., 2015a). Aby se zabránilo interferenci mezi rezistentním a vytrvalostním blokem tréninku, doporučují Jones a Bampouras (2007) tyto bloky pro největší efekt absolvovat ideálně v rozdílný den (což je z hlediska vrcholového běžce vzhledem k dávkám, které musí odtrénovat prakticky nemožné) nebo v rozmezí nejméně osmi hodin.

Využívá se zde pravidlo, že oblast, kterou chceme rozvíjet více, by se měla trénovat dříve. Tedy pokud je hlavním cílem tréninku rozvoj svalové síly a zlepšení tělesného složení, rezistentní trénink by měl být prováděn před vytrvalostním. Pokud je naopak primárním cílem tréninku rozvoj vytrvalostní kapacity, nebo má rezistentní trénink nižší důležitost, vytrvalostní zatížení by mělo předcházet rezistentnímu tréninku (Methenutis, 2018).

Další doporučení se týká explozivního a plyometrického tréninku, který by neměl být prováděn přímo v závodním období. Tento typ rezistentního tréninku klade výrazné nároky na výkonné orgány vlastního pohybu (na svaly, šlachy a kloubní spojení) a hrozí zde vyšší nebezpečí zranění či negativního dopadu na aktuální výkon vlivem nedostatečné regenerace po náročném tréninku (Larisova, 2014). Z hlediska roční periodizace s jedním sezónním vrcholem v létě pro výkonnostní běžce na 5 – 10km doporučují Hasegawa et al. (2002) zapojení rezistentního tréninku do přípravy podle tabulky č. 4. Je zde patrné, že největších intenzit dosahuje rezistentní trénink v předzávodním období, kdy je důraz na rozvoji EB a zvyšování anaerobní kapacity vzhledem k blížícím se závodům. V závodním období je pak nastolen pouze udržovací trénink.

Tab. 4: Roční tréninkový plán s využitím resistenčního tréninku pro výkonnostní běžce na 5 – 10km a jedním závodním obdobím (upraveno dle Hasegawa et al., 2002).

	Přechodné období (říjen)	Přípravné období I (listopad – prosinec)	Přípravné období II (leden – březen)	Závodní období
Shrnutí	Zotavení po závodní sezoně, udržení dostatečné úrovně kardiiovaskulární zdatnosti, základní síly a nízkého podílu tělesného tuku	Rozvoj faktorů ovlivňujících vytrvalostní výkon, rozvoj základní síly.	Rozvoj faktorů ovlivňujících vytrvalostní výkon především ekonomika běhu, laktátový práh a anaerobní kapacita	Udržení aerobních a anaerobních faktorů důležitých pro výkon na závodech.
Vytrvalostní trénink	Dlouhé souvislé běhy	Zvyšování intenzity u dlouhých souvislých běhů, navýšení počtu faktleků a běhů do kopce. Větší důraz na rozvoj ekonomiky běhu a laktátového prahu.	Intervalové a tempové běhy.	Závody, opakovaný intervalový trénink.
Rezistentní trénink	1 trénink týdně, 1-3 série, 10-15 opakování na 50 – 70% 1RM, základní cviky	1-2 tréninky týdně, 2-3 série 10 opakování na 60 – 70% 1RM	2-3 tréninky týdně, 2-3 série 6-8 opakování >80% 1RM + 3-5 sérií 3-5 opakování na 30-60% 1RM. Trénink zahrnuje plyometrické metody.	Udržení síly 1-2 série po 6-8 opakováních >80% 1RM + 1-3 série po 3-5 opakováních na 30-60% 1RM

2.3.7 Využití souběžného tréninku u rekreačních běžců

Je třeba zdůraznit, že všechny výše uvedené poznatky o tom, jak SVRT ovlivňuje vytrvalostní běžecký výkon, byly zjištěny ve studiích, které se zaměřovaly převážně na vrcholové a výkonnostní běžce.

Na definování rekreačního běžce existuje více názorů. Může to být jedinec, který nesoutěží za žádný klub a neúčastní se oficiálních atletických závodů pořádaných atletickými svazy. Vhodnější se jeví rozčlenění běžců podle výkonnosti. Barnes a Kilding (2015) rozdělují běžce do třech kategorií: vysoce trénovaní běžci, kteří mají $\dot{V}O_2\max > 65 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, výkonnostní běžci, u kterých týdenní kilometráž překročí 30 km a rekreační běžci, u kterých týdenní kilometráž nepřekročí 30 km. Denadai et al.

(2017) je rozdělují podle hodnot $\dot{V}O_2\text{max}$ změřených na běhátku na vysoce trénované ($\dot{V}O_2\text{max} > 65 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) dobře trénované ($\dot{V}O_2\text{max}$ mezi 55 a 65 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) a rekreačně trénované ($\dot{V}O_2\text{max} < 55 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Ačkoliv rekreační běžci dnes představují největší skupinu sportovních běžců, studií, které by hodnotily efekt rezistentního tréninku na parametry vytrvalostního výkonu je u této populace je poskromnu. Tabulky 5 a 6 ukazují studie, které byly prováděné na rekreačních běžcích a na různých parametrech hodnotily přidání rezistentního tréninku k vytrvalostnímu. Do výběru jsme zařadili studie, které k porovnání využili kontrolní skupiny podstupující pouze vytrvalostní trénink. Pro zařazení studie do výběru byla rozhodující hodnota $\dot{V}O_2\text{max}$ při vstupním měření probandů, která neměla být větší než 55 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Denadai et al., 2017). Pokud studie tuto hodnotu neuváděly, jako u Albracht a Arampatzis (2013) a Schumann et al. (2015b) zařadili jsme je do výběru na základě charakteristiky probandů dle autorů studií. Studie na neaktivních populacích a neběžcích, nebyly do výběru zařazeny.

Tab. 5: Charakteristika studií, které sledují efekt SVRT na parametry výkonu a tělesného složení.

Studie	n (C/I)	Pohlaví, průměrný věk (roky)	Počáteční $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) (C/I)	Trvání	Frekvence a typ rezistentního tréninku
Albracht&Arampatzis (2013)	n = 26 (13/13)	M, 26	n/a	14 týdnů	4 dny/týden HWT
Damasceno et al. (2015)	n = 18 (9/9)	M, 33,5	55,8/54,3	8 týdnů	2 dny/týden HWT
Dolezal&Potteiger (1998)	n = 20 (10/10)	M, 20,1	52,2/50,4	10 týdnů	3 dny/týden HWT
Ferrauti et al. (2010)	n = 20 (9/11)	M, 40	51,1/52	8 týdnů	2 dny/týden HWT
Johnston et al. (1997)	n = 12(6/6)	F, 30,3	50,5/51,5	10 týdnů	3 dny/týden HWT
Kelly et al. (2008)	n = 16 (7/9)	F, 20,8	39,9/39,5	10 týdnů	3 dny/týden HWT
Pellegrino et al. (2015)	n = 22 (11/11)	MF, 33	47,7/48	6 týdnů	2-3 dny/týden EXP
Schumann et al. (2015b)	n = 27 (13/14)	M, 33	n/a	24 týdnů	2 dny/týden HWT a EXP
Turner et al. (2003)	n = 18 (8/10)	MF, 29,7	54/54,4	6 týdnů	3 dny/týden PLM

n počet probandů ve studii, *C* kontrolní skupina, *I* intervenční skupina *n/a* neměřeno, *HWT* metoda opakovaných úsilí, *EXP* explosivní trénink, *PLM* plyometrický trénink,

Tab. 6: Změna sledovaných parametrů výkonu a tělesného složení u studií, které sledují efekt SVRT na parametry výkonu a tělesného složení.

Studie	Ekonomika běhu	VO ₂ max	Výkon v běžeckém testu	Tělesná hmotnost	Podíl tělesného tuku
Albracht&Arampatzis (2013)	↑ 4 %	n/a	n/a	↔	↔
Damasceno et al. (2015)	↔	↔	↑ 2,9 %	↔	↔
Dolezal&Potteiger (1998)	n/a	↔	n/a	↑ 0,8 %	↓ 28,7%
Ferrauti et al. (2010)	↔	↔	n/a	↔	↔
Johnston et al. (1997)	↑ 4,8 %	↔	n/a	↔	↔
Kelly et al. (2008)	↔	↔	↑ 11,2 %	↔	↔
Pellegrino et al. (2015)	↑ 3,7 %	↔	↑ 2,6 %	↔	↔
Schumann et al. (2015b)	n/a	n/a	↑ 9 %	n/a	n/a
Turner et al. (2003)	↑ 3 %	↔	n/a	n/a	n/a

↑ nárůst mezi pre a post testem, ↓ pokles mezi pre a post testem, ↔ bez rozdílu mezi pre a post testem, n/a neměřeno

Tabulka 6 znázorňuje změnu výkonnostních parametrů po absolvování SVRT u rekreačních běžců. Podobnost tréninkového plánu se studii provedených na výkonnostních běžcích je zřejmá. Forma rezistentního tréninku se drží osvědčených metod (HWT, EXP, PLM), stejně jako trvání a frekvence provádění rezistentního tréninku kopíruje podobný vzor. S výjimkou studie Schumann et al. (2015b), která oproti ostatním trvala téměř dvojnásobně. Kontrolní skupinou ve všech studiích byli běžci, kteří absolvovali pouze vytrvalostní trénink a tvořili vždy přibližně polovinu účastníků. Ačkoli počtem účastníků jsou si studie velmi podobné, v délce trvání, frekvenci, metodě a vlastním obsahu rezistentního tréninku narážíme na podstatné rozdíly. Spojujícím prvkem všech studií je fakt, že stejně jako u vrcholových a výkonnostních běžců rezistentní trénink neovlivnil hodnoty VO₂max a až na jeden případ Dolezal a Potteiger (1998) nebylo dosaženo změn v tělesném složení probandů. V této studii dosáhla experimentální skupina výrazného snížení relativního podílu tukové tkáně o 28,7% (z 12,2 na 8,7%) bez změn v celkové tělesné hmotnosti. Nutno podotknout, že kontrolní skupiny podstupující pouze vytrvalostní běh snížila podobně svůj relativní podíl tukové hmoty o 19,5% (z 11,8 na 9,5%). Výsledky ostatních výkonnostních parametrů v ekonomice běhu a výkonu při zátěžovém testu nejsou jednoznačné.

Albracht & Arampatzis (2013), Turner et al. (2003), Johnston et al. (1997) a Pellegrino et al. (2015) zaznamenali pozitivní změny v ekonomice běhu kolem 4%. V dalších případech se tato hodnota nezměnila nebo nebyla měřena. Nárůst ekonomiky běhu je nejčastěji uváděným benefitem SVRT a hodnoty zlepšení, kterých bylo v těchto studiích dosaženo, jsou podobné v porovnání s výkonnostními běžci, jak je uváděno v přehledových studiích (Barnes & Kilding, 2015; Denadail et al., 2017; Blagrove et al., 2018). U studií, kde se zlepšení ekonomiky běhu rezistentním tréninkem nepodařilo (Damasceno et al., 2015; Ferrauti et al., 2010; Kelly et al., 2008) se snaží autoři zdůvodnit tento výsledek nejčastěji malým počtem probandů, nedostatečnou délkou intervence nebo nedostatečným impulsem, který byl poskytnutý rezistentním tréninkem. Nicméně, těmito parametry se výrazně neliší od studií, kde se zlepšení ekonomiky běhu podařilo.

Jestliže byl v předkládaných výzkumech nějakou formou měřen výkon v testu, bylo v tomto parametru dosaženo zlepšení. Damasceno et al. (2015) měřili na běhátku maximální rychlost, které probandi dosahovali, Pellegrino et al. (2015), Schumann et al. (2015b) a Kelly et al. (2008) volili běh na dráze o vzdálenosti 5 x 1 km či 3 km souvisle. Toto zjištění je v souladu s výsledky studií prováděných na výkonnostních a vrcholových běžcích, kteří zaznamenali zlepšení v testovaných časech a to o 2,6 % v běhu na 3000m (Millet et al., 2002), 2,7 % v běhu na 3000m (Spurrs et al., 2003), 3,1 % v běhu na 5000m (Paavolainen et al., 1999).

Pokud se zaměříme i na proměnné, které se přímo nevztahují k vytrvalostnímu výkonu, nejčastěji je hodnocena maximální síla a její zlepšení při 1RM (Albracht & Arampatzis, 2013; Damasceno et al., 2015; Johnston et al., 1997; Schumann et al., 2015b; Kelly et al., 2008) na cvicích tvořících nosné prvky rezistentního intervenčního programu nebo síla explozivní při vertikálních či horizontálních skocích (Turner et al., 2003; Pellegrino et al., 2015). Všechny studie zaznamenaly u experimentálních skupin významné zlepšení těchto ukazatelů. Vzhledem k charakteru rezistentního tréninku označují autoři tyto změny za očekávatelné a předkládají je především jako důkaz neuromuskulární adaptace, neboť nárůst podílu svalové hmoty (vyjma studie Dolezal & Potteiger (1998)) nebyl potvrzen.

Pomineme-li akutní dopad SVRT na parametry výkonu a tělesného složení, velice významnou oblastí, kde může působit rezistentní trénink ve prospěch rekreačních běžců, je prevence běžeckých zranění. Výzkumy naznačují, že rezistentní trénink snižuje riziko jak akutních zranění, která vzniknou přímo při výkonu pohybové aktivity,

tak i těch, která souvisí s dlouhodobým přetěžováním pohybových struktur. Tato protektivní funkce rezistentního tréninku je dána především zvýšením svalové síly, zvětšením kloubní stability, adaptací pojivových tkání na zátěž, zvýšené tuhosti šlach a obsahu minerálů v kostech a posílení slabých svalových skupin (Fleck & Falkel, 1986; Hoffman & Klafeld, 1998).

Tento fakt může mít u rekreačních běžců dokonce větší význam než u běžců výkonnostních. Tonili et al. (2010) ve své přehledové studii uvádějí, že začínající běžci jsou ke zranění náchylnější než ti pokročilejší a to zejména v oblasti dolních končetin a kolen. Hlavní příčinou je nepřipravenost svalového aparátu na danou zátěž, která vede k přetížení pohybových struktur a následně ke zranění (Heljac, 2004; Bredeweg, 2014).

2.3.8 Shrnutí

Souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink je ve své obecné podstatě ideální forma pohybového zatížení pro naplnění doporučení čelních organizací, které vytváří směrnice pohybových aktivit. Jedná se o žádanou kombinaci, která pozitivně ovlivňuje zdatnost jedince a přináší mu velké množství zdravotních benefitů.

Z pohledu sportovního tréninku se jedná o problematický proces, kdy se snažíme stimulovat vytrvalostní i silové schopnosti v jednom tréninkovém období. Jádrem problému je to, že vytrvalostní a rezistentní trénink mají ve svém čistém pojetí interferenční vliv na fyziologickou adaptaci organismu na dané zatížení. Primární morfoloická a funkční adaptace na vytrvalostní trénink spočívá v zvýšení počtu a velikosti mitochondrií v buňkách, zvýšení kapilární hustoty a zvýšení aktivity oxidativních enzymů, které zlepšují aerobní metabolismus. Rezistentní trénink oproti tomu kapilární hustotu snižuje, stejně jako redukuje hustotu a celkový počet mitochondrií a snižuje aktivitu oxidativních enzymů. Zároveň ale zlepšuje nervosvalovou aktivaci svalových vláken, zvyšuje zásobny ATP a CP ve svalových buňkách a při dostatečném objemu je doprovázen jejich hypertrofií.

Rezistentní trénink patří u většiny sportovních odvětví k základním prvkům stimulace výkonu. Vytrvalostní běh je jedním z mála odvětví, o kterém převládá názor, že vzhledem k převažujícímu aerobnímu hrazení energie při výkonu, není rezistentní trénink zapotřebí zapojit do tréninkového procesu. V posledních dvou dekadách, bylo

především u výkonnostních a vrcholových běžců provedeno několik studií zjišťujících efekt rezistentního tréninku na vytrvalostní výkon. Jejich výsledky naznačují, že rezistentní trénink vytrvalostním běžcům přináší výhody ve formě zlepšení ekonomiky běhu a maximálního běžeckého výkonu. Maximální spotřeba kyslíku, hodnoty laktátového prahu a tělesného složení zůstávají nezměněny. Nejvhodnější formou rezistentního tréninku se zdají být metody opakovaných úsilí a explozivního tréninku podstupované v přípravném období třikrát v týdnu společně s klasickým vytrvalostním tréninkem.

3 Výzkumná část

3.1 Cíle

Posoudit, zdali rezistentní trénink bez přidané zátěže o objemu 30 nebo 60 minut týdně přidaný k vytrvalostnímu vyvolá změny tělesného složení a zlepšení funkčních parametrů rekreačních běžkyň.

3.2 Hypotézy

H1. Rezistentní trénink v rozsahu 30 či 60 minut týdně, který doplňuje vytrvalostní trénink v rozsahu 150 či 120 minut týdně, významně ovlivní parametry tělesného složení (tělesnou hmotnost, podíl tuku a tukuprosté hmoty, poměr mezibuněčné a vnitrobuněčné hmoty) u rekreačních běžkyň ve věku $32 \pm 5,3$ let po 10 týdnech intervence, než pouhý vytrvalostní trénink o shodné době trvání při nezměněné dietě.

H2. Rezistentní trénink v rozsahu 30 či 60 minut týdně, který doplňuje vytrvalostní trénink v rozsahu 150 či 120 minut týdně, významně ovlivní výsledky funkčních testů (skok z místa do dálky, EB na rychlosti 7km/h, EB na rychlosti 9km/h, ventilační práh, $\dot{V}O_2\max$, celkový výkon v testu) u rekreačních běžkyň ve věku $32 \pm 5,3$ let po 10 týdnech, než pouhý vytrvalostní trénink o shodné době trvání.

H3. Různá doba trvání rezistentního tréninku, který doplňuje trénink vytrvalostní, je příčinou významného rozdílu sledovaných parametrů tělesného složení (tělesná hmotnost, podíl tuku a tukuprosté hmoty, poměr mezibuněčné a vnitrobuněčné hmoty) a funkčních parametrů (skok z místa do dálky, EB na rychlosti 7km/h, EB na rychlosti 9km/h, ventilační práh, $\dot{V}O_2\max$, celkový výkon v testu) u rekreačních běžkyň ve věku $32 \pm 5,3$ let po 10 týdnech intervence.

3.3 Úkoly práce

1. Zpracování literární rešerše zkoumané problematiky a vymezení výzkumného problému.
2. Stanovení hypotéz disertační práce (na základě empirických předpokladů literární rešerše).
3. Metodická příprava experimentu, definice proměnných a následná konstrukce experimentálního designu.
4. Výběr probandek na základě stanovených kritérií.
5. Realizace randomizovaného přiřazení subjektů (randomizační procedurou – losováním) do první a druhé experimentální skupiny a jedné kontrolní skupiny.
6. Technické zajištění tréninků podle jednotlivých skupin.
7. Sběr vstupních dat, prostřednictvím testování.
8. Realizace intervenčních pohybových programů pro jednotlivé skupiny.
9. Sběr výstupních dat, prostřednictvím testování.
10. Zpracování výzkumných dat s využitím statistických metod.
11. Deskripce a interpretace výsledků výzkumu.
12. Diskuse ke zjištěným výsledkům.
13. Sjednocení praktických doporučení pro tréninkovou praxi, formulace závěrů.

3.4 Metody a organizace sběru dat

3.4.1 Typ studie, proměnné

Pro zhodnocení vlivu účinku rezistentního tréninku na funkční parametry a tělesné složení u rekreačních běžkyň byla zvolena komparativní experimentální studie s jednou kontrolní a dvěma experimentálními skupinami s meziskupinovým a vnitroskupinovým srovnáním výsledků. Vstupní (nezávislou, příčinnou) proměnnou tvoří v tomto experimentu pohybová intervence. S tímto kontrolovaným experimentálním faktorem bylo záměrně, aktivně manipulováno. Výstupní (závislé, efektové) proměnné byly závislé na manipulaci s pohybovou intervencí u všech pozorovaných skupin. V tomto experimentu byly charakterizovány dvěma oblastmi: tělesným složením a funkčními ukazateli. V tělesném složení byly porovnávány hodnoty tělesné hmotnosti, podílu tuku, podílu aktivní tělesné hmoty a poměru ECM/BCM. Z hodnot funkčních ukazatelů nás zajímal skok z místa do dálky, ekonomika běhu (ventilace, srdeční frekvence), ventilační práh, $\dot{V}O_2\max$ a čas do subjektivního vyčerpání při zátěžovém testu na běhacím koberci.

3.4.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se účastnilo čtyřicet jedna žen. Charakteristiku souboru je možno vidět v tabulce 7. Všechny účastnice můžeme zařadit podle Barnes & Kilding (2015) či Denadai et al., (2017) mezi rekreační běžkyňe. Sledované ženy se věnují kondičnímu běhu na rekreační úrovni více jak dva roky a žádná z nich nezvládne, zaběhnou rovný silniční závod bez převýšení v délce 10 km v čase lepším než 60 minut. V období tří měsíců před začátkem studie absolvovaly 2-3 běhů týdně s celkovým běžeckým objemem 10 až 20 kilometrů. Žádná z nich nemá zkušenosti s rezistentním tréninkem. Všechny účastnice jsou nekuřačky bez pohybového omezení a přidružených zdravotních komplikací (obezita, metabolická či hormonální porucha, kardiovaskulární poruchy, poruch kosterně svalového aparátu). Vzhledem ke specifičnosti a požadavkům na výběr probandek, jsme oslovili ženy z běžeckého klubu Jdu běhat, který pracuje s rekreačními běžkyňemi. Probandky se účastnily výzkum bez nároků na odměnu za absolvování studie.

Tab. 7: Charakteristika celého výzkumného souboru – průměrné hodnoty a směrodatné odchylky antropometrických a funkčních charakteristik

Počet (n=41)	Průměr	Směrodatná odchylka
Věk (roky)	32	5.3
Tělesná výška (cm)	169	5,4
Tělesná hmotnost (kg)	68.7	8.3
BMI (kg/m ²)	24,3	2,9
Podíl tělesného tuku (%)	30.3	4.6
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	36,4	5,3

3.4.3 Organizace výzkumu

Probandky byly náhodně rozděleny do výzkumných souborů - jedné kontrolní a dvou experimentálních skupin. Probandky v kontrolní skupině (V) absolvovaly v rámci studie tři hodiny vytrvalostního běhu týdně. Probandy v experimentální skupině (VR30) absolvovaly dvě a půl hodiny vytrvalostního běhu a jeden 30 minutový rezistentní trénink týdně. Probandky v experimentální skupině (VR60) absolvovaly dvě hodiny vytrvalostního běhu a dva 30 minutové rezistentní tréninky týdně. Celková týdenní časová dotace tréninku byla pro všechny skupiny stejná, tedy 3 hodiny. Běžecový trénink sestával z vytrvalostního běhu v intenzitě pod ventilační anaerobním prahem. Tato hodnota byla stanovena při vstupním měření. Probandky při vytrvalostním tréninku využívaly sporttestry a mohly tak danou intenzitu regulovat, aby dodržely tréninkový plán a podmínky studie. Rezistentní trénink tvořil kruhový rezistentní trénink s váhou vlastního těla bez přidaných zátěží či jiných pomůcek, pod dohledem výzkumníka. Probandky zaznamenávaly své tréninky do tréninkových deníků. Intervenční program trval 10 týdnů. Pro zjištění efektu intervenčního programu byl proveden vstupní a výstupní test.

3.4.4 Realizace měření

Všechna výzkumná měření probíhala v Laboratoři sportovní motoriky Fakulty tělesné výchovy a sportu v Praze. Pre a post test byl prováděn na probandkách vždy ve

stejný čas a den v týdnu před a po intervenci. Měření byla prováděna v tomto pořadí: výška, hmotnost a tělesné složení, skok z místa do dálky, zátěžový test na běhacím koberci. Probandky byly podrobně seznámeny s průběhem a provedením všech testů. Probandky byly instruovány vyhnout se intenzivní pohybové aktivitě po dobu 48 hodin před testem. Stejně tak jídla, tekutin a kofeinu 2 hodiny před testováním. Veškeré testování bylo provedeno stejným vyšetřovatelem. Při vyšetření nebyly používány žádné invazivní metody. Rizika prováděného testování nebyla vyšší než běžně očekávaná rizika u tohoto typu testování.

3.4.4.1 Hodnocení morfologických předpokladů

Hmotnost byla zjišťována pomocí přenosné elektronické váhy s přesností 0,1 kg. Vážení bylo uskutečněno ve spodním prádle bez bot. Výška byla měřena prostřednictvím pevného výškoměru s přesností 0,1 cm. Probandka stála ve vzpřímené pozici, bez bot s rukama podél těla. Tělesné složení bylo zjišťováno pomocí celotělového multifrekvenčního bioimpedančního analyzátoru B.I.A 2000M (Data Input, Darmstadt, Germany) s použitím tetrapolárních elektrod, které byly umístěny podle doporučení výrobce na paži a noze na pravé straně těla v poloze na zádech (příloha č. 4). Tato metoda je založena na principu odlišných elektrických vlastností tkání, tuku a především tělesné vody. Tukuprostá hmota (tedy hmotnost netukových složek: kostra, svalstvo, vnitřnosti, celkový obsah vody) je velmi dobrým vodičem, naopak tuková složka se chová jako izolátor. Predikční rovnice, které byly použity k výpočtům parametrů tělesného složení, byly modifikovány pro českou populaci bez pravidelného pohybového tréninku odpovídajícího věku (Bunc, 2006b). Přesnost zařízení se pohybuje v rozmezí 1,5 – 2% absolutních hodnot (Talluri et al, 1999).

3.4.4.2 Hodnocení funkčních předpokladů

Skok do dálky z místa snožmo byl vybrán jako ukazatel výbušné síly dolních končetin, který bude pro probandky dobře proveditelný a vycházel z EUROFIT testové baterie (Eurofit, 1993), (příloha č. 5). Probandka zahajuje cvičení v mírném stoj

rozkročném, s chodidly na šířku pánve. Špičky chodidel jsou za vyznačenou čarou. Odrazem snožmo skáče co nejdále, švih paží je povolen. Probandka má tři pokusy. Jako výsledek, měřený v centimetrech, se započítá nejdelší skok, který je měřen od startovní čáry k patě chodidla, která je startovní čáře nejbliže.

Parametry vlastního běžeckého výkonu byly měřeny při zátěžovém testu na běhacím koberci (Quasar, Cosmos, Germany). Ekonomika běhu (hodnocená pomocí spotřeby kyslíku a srdeční frekvencí při submaximálním zatížení) byla měřena na dvou rychlostech $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ s nulovým sklonem. Probandky běžely čtyři minuty na každé rychlosti. Ekonomika běhu byla vyhodnocena z poslední minuty spotřeby kyslíku na každé rychlosti. Tento protokol měření byl shodný s ostatními studii sledující ekonomiku běhu (Mikolla et al., 2011; Spurrs et al., 2003; Saunders et al., 2006; Albracht & Arampatzis, 2013; Ferrauti et al., 2010), kde byla EB měřena také na dvou rychlostech s rozdílem $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vzhledem k zdatnějším probandům, nejčastěji mužům, začínaly rychlosti od $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nejčastěji však $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Maximální aerobní kapacita byla měřena pomocí spiroergometrického stupňovaného zátěžového testu do maxima. Probandky začínali běžet rychlostí $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ se sklonem běhacího koberce 5% do kopce. Tato rychlost byla zvyšována o $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ každou minutu testu. Spotřeba kyslíku a produkce oxidu uhličitého byly monitorovány metabolickým analyzárem dech po dechu (Metalyzer 3B, Cortex Biophysic, Germany). Ventilační práh byl určen ve stejném testu využitím koeficientu RER - poměr vydaného CO_2 a přijatého O_2 (Balady et al., 2010; Vilikus, 2012). Před každým měřením byl přístroj kalibrován známým složení vzduchu 15% O_2 a 5% CO_2 . Kromě toho byla před každým měřením provedena automatická kalibrace okolního vzduchu a objemu podle pokynů výrobce. Srdeční tep byl monitorován průběžně během celého testu pomocí hrudního pásu Polar (Polar Electro OY, Finland).

3.4.4.3 Hodnocení techniky běhu

Hodnocení úrovně běžecké techniky probíhalo u probandek při zátěžovém testu na běhacím koberci při rychlosti $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ s nulovým sklonem. Během testu byl pořízen videozáznam digitální kamerou (Panasonic, Japan) z bočního pohledu. Pro expertní hodnocení běžecké techniky byly stanoveny uzlové body podle Dicharry (2012), který doporučuje pro základní posuzování běžecké techniky z bočního pohledu hodnotit

následující parametry: frekvence a délka běžecského kroku, doba kontaktu, dokrok, vertikální pohyb těžiště, úhel dopadu a vzletu, poloha hlavy, poloha trupu, poloha pánve, rozsah pohybů v kyčelním kloubu a práci paží. Z důvodů nízké snímkovací frekvence videokamery (24fps), která znemožňovala při zpomalení záběru udržet plynulost obrazu, nebyla hodnocena doba kontaktu, délku kroku, vertikální pohyb těžiště a úhel dopadu a vzletu. Pro expertní hodnocení byla zvolena pětibodová škála od jedné do pěti dle doporučení Měkoty a Cuberka (2007). Nejlepší provedení techniky vzhledem k rychlosti běhu a úrovni probandek bylo hodnoceno pěti body, nejhorší jedním bodem po půlbodech. U jediné hodnocené kvantitativní proměnné (frekvence kroků) byla frekvence kroků za minutu převedena na pětibodovou škálu, kde <150 kroků = 1 bod, 150 - 159 kroků = 2 body, 160 – 169 = 3 body, 170 – 179 = 4 body, 180 ≥ 5 bodů (Friel, 2009). Hodnocení techniky provedl jeden hodnotitel v rámci opakovaného šetření s odstupem 24 hodin. Pro potvrzení shody mezi šetřeními byl využit vnitrotřídní korelační koeficient (ICC, intraclass correlation coefficient). ICC se může pohybovat od 0 do 1,0, kde 0 značí žádnou shodu a 1 značí výbornou shodu (Cicchetti, 1994). Tabulka 8 zobrazuje hodnoty ICC pro jednotlivé uzlové body běžecské techniky. Ve shodě s Cicchetti (1994), který považuje hodnoty ICC vyšší než 0,75 za výbornou shodu, 0,4 až 0,74 za dostatečnou a < 0,4 za slabou, můžeme potvrdit reliabilitu opakovaného šetření.

Tab. 8: Hodnocení shody opakovaného šetření prostřednictvím ICC

	Pretest/posttest	ICC
Poloha hlavy	Pre	0,91*
	Post	0,85*
Poloha trupu	Pre	0,85*
	Post	0,86*
Práce paží	Pre	0,89*
	Post	0,91*
Poloha pánve	Pre	0,84*
	Post	0,78*
Rozsah pohybu v kyčlích	Pre	0,73**
	Post	0,79*
Dokrok	Pre	0,93*
	Post	0,89*
Frekvence kroků	Pre	1,00*
	Post	1,00*

*výborná shoda, **dostatečná shoda

Pro následovné porovnání výsledků hodnocení techniky byl použit průměr hodnot zjištěný v rámci opakovaného šetření s odstupem 24 hodin.

3.4.5 Tréninkový program

Celkový tréninkový čas 3 hodiny týdně byl pro všechny skupiny stejný. Probandky v experimentální skupině (VR30) absolvovaly jeden 30 minutový rezistentní trénink týdně. Probandky v experimentální skupině (VR60) absolvovaly dva 30 minutové rezistentní tréninky týdně. Doba 30 minut rezistentního tréninku se shoduje s délkou jedné tréninkové jednotky v předchozích studiích (Turner et al., 2003; Saunders et al., 2006; Mikkola et al., 2007; Damasceno et al., 2015). Zbytek tréninkového objemu v obou skupinách a celková doba tréninku kontrolní skupiny zahrnovala terénní nebo silniční vytrvalostní běh s nízkým převýšením a s intenzitou pod ventilační anaerobním prahem. Tato hodnota byla stanovena při vstupním měření. Probandky při vytrvalostním tréninku využívaly sporttesty a mohly tak danou intenzitu regulovat, aby dodržely tréninkový plán a podmínky studie. Rezistentní a vytrvalostní tréninky byly prováděny v rozdílných dnech, aby se zabránilo interferenci mezi oběma bloky tréninku (Jones & Bampouras, 2007). Rezistentní trénink byl záměrně zaměřen převážně na dolní končetiny, menší část stimulovala další hlavní svalové skupiny. U cviků na dolní končetiny můžeme nalézt významnou biomechanickou podobnost s běžecským výkonem, čímž jsou dostatečně specifické, aby umožnily pozitivní transfer v procesu motorického učení (Young, 2006). Rezistentní trénink zahrnoval osm cviků v následujícím pořadí:

- (a) snožné poskoky na místě
- (b) metcalfové poskoky na místě
- (c) kliky o lavičku
- (d) výskok z podřepu
- (e) výpady vpřed
- (f) zkracovačky
- (g) zdvih jednož bokem na lavičce
- (h) výdrž v podporu na předloktí

Při výběru jednotlivých cviků jsme se inspirovali předchozími studiemi Kelly et al. (2008) prováděné také na ženách, běžkyních, kde byly použity podobné cviky na stejné svalové partie s tím rozdílem, že byly prováděny s přidanou zátěží. Až na zkracovačky byly využity komplexní cviky, u nichž je předpoklad, že dokážou poskytnout vhodný neuromuskulární stimul (Blagrove et al., 2018). Počet sérií se po pěti týdnech intervenčního programu zvýšil ze tří na čtyři, aby cvičení mělo stále dostatečný stimul a dodržel se čas vyhrazený rezistentnímu tréninku ve shodě s předchozími studiemi Kelly et al. (2008), Mikkola et al. (2011), Turner et al. (2003). Doba odpočinku mezi jednotlivými cviky byla dvacet vteřin, mezi sériemi dvě minuty, což jsou standardní hodnoty využívané v kruhovém tréninku (Mikkola et al., 2011). Tabulka 9 ukazuje souhrn počtu sérií a opakování pro každé cvičení.

Tab. 9: Souhrn počtu sérií a opakování jednotlivých cviků

Cvičení	Týden	
	1 – 5	6 – 10
snožné poskoky na místě	3 × 30	4 × 30
metcalfové poskoky na místě	3 × 12	4 × 12
kliky o lavičku	3 × 12	4 × 12
výskok z podřepu	3 × 12	4 × 12
výpady	3 × 30	4 × 30
zkracovačky	3 × 30	4 × 30
zdvih jednož bokem na lavičce	3 × 24	4 × 24
výdrž v podporu na předloktí	3 × 40s	4 × 40s

série × opakování nebo čas výdrže (podpor)

Před zahájením tréninku byly všechny účastnice důkladně poučeny o tom, jak provádět jednotlivé cviky, včetně demonstrace a možných chyb. Před každým tréninkem (včetně vytrvalostního tréninku) bylo provedeno zahřátí a zapracování formou přibližně 5 minut trvajícího dynamického strečinku zaměřeného na kloubní mobilizaci a běžecká cvičení. Po ukončení vlastního rezistentního tréninku bylo provedeno 5 minut statického strečinku. Účastnice podávaly týdenní reporty o průběhu tréninku a zapisovaly si tréninkový deník, který byl online kontrolován. Selhání při tréninku – více jak 10 % chybějících tréninkových jednotek - vedlo k vyloučení

účastnice ze studie. Celkem bylo vyloučeno deset účastnic (tři ze skupiny V, tři ze skupiny VR30 a čtyři ze skupiny VR60). Jejich výsledky proto nejsou zaznamenány.

Tří hodinový týdenní pohybový režim byl pro většinu účastnic z hlediska času stráveného řízenou pohybovou aktivitou strop, který byly schopny či ochotny absolvovat. U několika málo jedinců napříč skupinami (n=6), bylo po předchozí konzultaci povoleno pokračovat v aktivitách, které provozovaly dlouhodobě už před intervencí. S frekvencí jednou týdně to bylo plavání (n=2), jóga (n=2), badminton (n=1), tanec (n=1). Po kontrole tréninkových deníků, kam probandky zaznamenávaly svůj pohybový režim, bylo zjištěno, že několik probandek napříč skupinami (n=13) absolvovalo další pohybové aktivity s frekvencí maximálně 2 účastí po celkovou dobu intervence nad rámec předepsaného tréninkové programu. Byla to jízda na kole, chůze v terénu, jóga, plavání, in-line bruslení, beachvolejbal a pilates. Tyto aktivity probíhaly v rekreačním režimu s nízkou intenzitou zatížení i dobou trvání a lze předpokládat, že neovlivnily sledované funkční a morfologické parametry běžkyň.

3.4.6 Etika výzkumu

Před zahájením studie byly probandky seznámeny s průběhem celého výzkumu, především požadavky na vstupní a výstupní měření, chování v průběhu celé intervence a zaznamenávání tréninkových informací do tréninkového deníku. Po důkladném přečtení podepsaly informovaný souhlas shrnující podmínky výzkumu a způsob, kterým budou participovat. Účast ve výzkumu byla dobrovolná a probandky mohly kdykoliv ukončit spolupráci na výzkumu. Probandky byly ujistěny o ochraně osobních údajů. Celý výzkum byl schválen etickou komisí FTVS UK.

3.4.7 Statistická analýza dat

Data, získaná z měření, byla evidována v elektronické databázi pomocí programu Microsoft Excel 2010. Další analýza byla provedena statistickým softwarem SPSS pro Windows verze 21. V tomto programu byly vypočteny základní deskriptivní statistické údaje (průměr \pm standardní odchylka). Pro posouzení normality dat byl použit Shapiro-Wilkův test, který normalitu posuzuje pomocí výsledné hodnoty p na

hladině významnosti 0,05. Je-li p -hodnota větší než 0,05 normalita se nezamítá. Tento test je využíván především u výzkumů s menším počtem vzorků, konkrétně méně než 50 (O'Donoghue, 2010).

Pro posouzení změn mezi pretestem a postesetem v jednotlivých skupinách byl využit Studentův párový t -test. Pro posouzení efektu resistantního tréninku mezi skupinami byla provedena 2 x 3 analýza rozptylu s opakovaným měřením (ANOVA s opakovaným měřením), kde resistantní trénink představoval meziskupinový faktor a pretest-posttest měření vnitroskupinový faktor. Pokud se objevil signifikantní efekt tréninku, pomocí post hoc testu LSD byla vypočtena signifikance mezi skupinami pro daný faktor. Jako hladina statistické významnosti byla u testů zvolena hodnota $p \leq 0.05$ ve shodě s předchozími výzkumy. U posuzování efektu mezi skupinami jsme navíc využili Bonferroniho korekci.

Kromě posouzení statistické významnosti, která vypovídá o tom, zda je zjištěný výsledek zobecnitelný a tedy, jestli není způsobený náhodou ovlivňující výběr jednotek či experimentálních podmínek, byla posuzována také věcná neboli logická významnost. Věcná významnost výsledku znamená, že naměřený rozdíl či zjištěná souvislost je důležitá pro vědecké poznání či praktické účely a jedná se o hodnotu vyjádřenou v přirozených jednotkách zjišťovaných proměnných (Blahuš, 1996). Pro potřeby naší práce byla využita míra věcné významnosti Cohenovo d s hodnotou 0,41, podle které byla posuzována velikost účinku (Ferguson, 2009).

4 Výsledky

4.1 Test normality dat

Posouzení normality dat za pomoci Shapiro-Wilkova testu (tabulka 10) ukázalo, že na hladině významnosti 0,05 nemůžeme normalitu zamítnout a to u všech sledovaných parametrů.

Tab. 10: Posouzení normality dat u sledovaných parametrů při pretestu a postestu

n=31	Pretest/postest	p hodnota
Tělesná hmotnost (kg)	pretest	0,840*
	postest	0,762*
BMI (kg/m ²)	pretest	0,302*
	postest	0,320*
Tělesný tuk (%)	pretest	0,248*
	postest	0,252*
FFM (kg)	pretest	0,817*
	postest	0,962*
ECM/BCM	pretest	0,600*
	postest	0,319*
VO ₂ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,063*
	postest	0,279*
VO ₂ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,224*
	postest	0,075*
VO ₂ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,124*
	postest	0,142*
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,762*
	postest	0,783*
HR 7 km.h ⁻¹	pretest	0,353*
	postest	0,680*
HR 9 km.h ⁻¹	pretest	0,099*
	postest	0,531*
HR _{max}	pretest	0,762*
	postest	0,783*
Skok (cm)	pretest	0,801*
	postest	0,601*
Výkon v testu (s)	pretest	0,171*
	postest	0,882*

* data mají normální rozložení

4.2 Tělesné složení

Změny v parametrech tělesného složení u jednotlivých skupin jsou vyjádřeny v tabulce 11. Po desetidenním intervenčním programu nebyly zjištěny statisticky ani věcně významné změny v hodnotách tělesné hmotnosti, procenta tuku, tukuprosté hmoty (FFM) a poměru extracelulární/intracelulární hmoty (ECM/BCM). Ve skupině VR30 se objevil statisticky významný pokles podílu tělesného tuku z $32,8 \pm 4,1$ na $31,5 \pm 4,6$ ($\downarrow 3,96$ %, $t_{10} = 2,227$, $p = 0,046$, $d = 0,296$). Věcná významnost se však neprokázala. Interakce mezi skupinami ($F_{2,28} = 2,527$, $p = 0,098$) se také v tomto, ani v dalších parametrech tělesného složení nepotvrdila (tabulka 12).

Tab. 11: Změny v parametrech tělesného složení u skupiny V, (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) mezi pretestem a postestem.

V (n=11)	Pretest (průměr ± SO)	Postest (průměr ± SO)	Rozdíl pre- post	$t_{10,8}$	p	d
Tělesná hmotnost (kg)	$68,8 \pm 11,6$	$68,5 \pm 11,2$	0,3	0,629	0,543	0,181
BMI(kg/m ²)	$23,9 \pm 3,1$	$23,6 \pm 2,9$	0,3	0,815	0,434	0,029
Tělesný tuk (%)	$30,0 \pm 6,5$	$30,3 \pm 5,8$	-0,3	-0,531	0,607	0,037
FFM (kg)	$47,5 \pm 5,2$	$47,3 \pm 5,3$	0,2	0,978	0,351	0,038
ECM/BCM	$0,9 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	-0,1	-0,868	0,406	0,159
VR30 (n=11)						
Tělesná hmotnost (kg)	$70,5 \pm 6,7$	$70,4 \pm 6,8$	0,1	0,249	0,808	0,022
BMI(kg/m ²)	$25,3 \pm 2,9$	$25,2 \pm 3,0$	0,1	0,126	0,902	0,014
Tělesný tuk (%)	$32,8 \pm 4,1$	$31,5 \pm 4,6$	1,2	2,277	0,046*	0,296
FFM (kg)	$47,3 \pm 2,6$	$48,0 \pm 2,7$	-0,7	-1,796	0,103	0,264
ECM/BCM	$1,0 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	0	-0,957	0,361	0,128
VR60 (n=9)						
Tělesná hmotnost (kg)	$68,6 \pm 8,5$	$68,2 \pm 7,6$	0,4	0,558	0,592	0,048
BMI(kg/m ²)	$23,7 \pm 2,8$	$23,6 \pm 2,6$	0,1	0,604	0,563	0,055
Tělesný tuk (%)	$29,7 \pm 4,0$	$29,6 \pm 4,6$	0,1	0,099	0,924	0,013
FFM (kg)	$47,9 \pm 3,6$	$47,8 \pm 3,5$	0,1	0,403	0,698	0,028
ECM/BCM	$1,0 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	0,1	0,784	0,455	0,160

*statisticky významná hodnota $p \leq 0,05$, ** věcně významná hodnota $d > 0,41$

Tab. 12: ANOVA tabulka pro posouzení efektu resistantního tréninku mezi skupinami V (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) pro parametry tělesného složení.

	Sum sq – součet čtverců	Mean sq – průměrný čtverec,	Stupně volnosti	F hodnota	p hodnota	p (po Bonferroniho k.)
Tělesná hmotnost (kg)	25,925	12,962	2	0,263	0,771	n/a
BMI(kg/m ²)	0,055	0,028	2	0,072	0,931	n/a
Tělesný tuk (%)	14,126	7,063	2	2,527	0,098	n/a
FFM (kg)	6,956	3,478	2	0,551	0,664	n/a
ECM/BCM	0,005	0,003	2	0,936	0,404	n/a

n/a – korekce se nepočítala, protože p bylo statisticky nevýznamné

4.3 Funkční parametry

Změny ve funkčních parametrech u jednotlivých skupin jsou vyjádřeny v tabulce 13. Po desetidenním intervenčním programu obě experimentální skupiny statisticky ($p \leq 0,05$) i věcně významně ($d > 0,41$) zlepšily svůj běžecký výkon měřený v čase do subjektivního vyčerpání při testu. VR30 z $169 \pm 43,2$ s na 191 ± 44 s ($\uparrow 13,5\%$, $t_{10} = -4,904$, $p = 0,001$, $d = 0,52$), VR60 z 203 ± 48 s na 249 ± 50 s ($\uparrow 22,7\%$, $t_8 = -3,954$, $p = 0,004$, $d = 0,95$). U kontrolní skupiny, která podstoupila pouze vytrvalostní trénink, nebyla nalezena statisticky významná změna v testu (z 227 ± 60 s na 234 ± 56 s; $t_{10} = -0,729$, $p = 0,483$, $d = 0,11$). U tohoto parametru byla také nalezena významná interakce ($F_{2,28} = 4,944$, $p = 0,043$) mezi jednotlivými tréninkovými skupinami (tabulka 13). Post hoc testy potvrdily významnost rozdílů mezi tréninkovými skupinami V vs. V30 ($p = 0,002$), V vs. VR60 ($p = 0,007$) a VR30 vs. VR60 ($p = 0,006$).

U několika parametrů hodnotících ekonomiku běhu: HR při $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, HR při $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\dot{V}O_2$ při $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ došlo u experimentálních skupin k statisticky významnému zlepšení mezi pretestem a postestem – tabulka 13. Změny hodnot mimo $\dot{V}O_2$ při $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ u skupiny VR60 z $28,1 \pm 2,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ na $26,8 \pm 3,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($\downarrow 4,6\%$, $t_8 = 2,349$, $p = 0,047$, $d = 0,467$) nedosáhly stanovené hodnoty věcné významnosti $0,41$ a interakce mezi skupinami se také nepotvrdila (tabulka 14).

U parametrů hodnotících maximální spotřebu kyslíku - $\dot{V}O_{2\text{max}}$ a explozivní sílu – skok, nedošlo k žádným významným změnám napříč skupinami.

Tab. 13: Změny ve funkčních parametrech u skupiny V, (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) mezi pretestem a postestem.

V (n=11)	Pretest (průměr ± SO)	Postest (průměr ± SO)	Rozdíl pre- post	$t_{10/8}$	p	d
$\dot{V}O_2$ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	25,9 ± 1,9	25,3 ± 2,4	0,6	1,099	0,298	0,284
$\dot{V}O_2$ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	30,8 ± 2,2	30,5 ± 1,9	0,3	0,497	0,630	0,138
$\dot{V}O_2$ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	30,2 ± 3,4	31,6 ± 3,8	-1,4	-1,980	0,076	0,389
$\dot{V}O_{2max}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	37,3 ± 5,1	38,3 ± 4,5	-1	-1,981	0,076	0,216
HR 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	148,5 ± 15,9	146,9 ± 16,7	2,5	0,864	0,408	0,100
HR 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	166,4 ± 15,1	164,4 ± 15,0	2	1,365	0,202	0,133
HR _{max}	186,8 ± 10,5	187,0 ± 11,3	-0,2	-0,170	0,868	0,017
Skok (cm)	143,7 ± 51,5	147,8 ± 51,9	2,5	-1,919	0,084	0,080
Výkon v testu (s)	227 ± 57,4	233,8 ± 53,4	-6,8	-0,729	0,483	0,110
VR30 (n=11)						
$\dot{V}O_2$ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	24,6 ± 4,2	23,6 ± 4,9	1	1,868	0,091	0,206
$\dot{V}O_2$ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	29,0 ± 5,0	28,6 ± 5,3	0,4	0,752	0,469	0,076
$\dot{V}O_2$ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	31,2 ± 3,5	30,8 ± 3,5	0,4	0,696	0,502	0,114
$\dot{V}O_{2max}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	33,7 ± 6,4	34,2 ± 6,8	-0,5	-1,049	0,319	0,076
HR 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	151,4 ± 9,0	149,6 ± 10,0	1,8	0,949	0,365	0,182
HR 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	169,3 ± 8,5	166,7 ± 8,8	2,6	2,514	0,031*	0,093
HR _{max}	186,0 ± 4,7	186,4 ± 4,9	-0,4	-0,614	0,553	0,076
Skok (cm)	137,3 ± 26,2	142,0 ± 22,2	-5	-1,808	0,101	0,195
Výkon v testu (s)	168,5 ± 41,2	191,3 ± 41,8	-22,8	-4,904	0,001*	0,520**
VR60 (n=9)						
$\dot{V}O_2$ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	28,1 ± 2,5	26,8 ± 3,1	1,3	2,349	0,047*	0,467**
$\dot{V}O_2$ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	33,1 ± 2,7	32,1 ± 3,1	1	1,955	0,086	0,052
$\dot{V}O_2$ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	28,9 ± 2,7	28,4 ± 2,6	0,5	0,797	0,448	0,189
$\dot{V}O_{2max}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	38,8 ± 1,7	39,7 ± 3,0	-0,9	-1,110	0,299	0,382
HR 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	157,3 ± 11,0	153,3 ± 10,0	4,2	2,462	0,039*	0,381
HR 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	176,0 ± 12,7	172,4 ± 10,9	3,6	2,874	0,021*	0,302
HR _{max}	191,1 ± 12,7	191,7 ± 11,5	-0,6	-0,693	0,508	0,046
Skok (cm)	157,7 ± 32,6	161,0 ± 20,0	-3,3	-0,877	0,406	0,015
Výkon v testu (s)	203,1 ± 45,1	249,3 ± 46,9	-22,8	-3,954	0,004*	0,950**

*statisticky významná hodnota $p \leq 0,05$

** věcně významná hodnota $d > 0,41$

Tab. 14: ANOVA tabulka pro posouzení efektu resistantního tréninku mezi skupinami V (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) pro funkční parametry

	Sum sq – součet čtverců	Mean sq – průměrný čtverec	F hodnota	<i>p</i> hodnota	<i>p</i> (po Bonferroniho k.)
VO ₂ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	2,493	1,246	0,419	0,662	n/a
VO ₂ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	3,011	1,506	0,481	0,623	n/a
VO ₂ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	3,289	1,646	0,589	0,713	n/a
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	1,675	0,838	0,232	0,795	n/a
HR 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	34,370	17,185	0,507	0,608	n/a
HR 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	12,147	6,074	0,371	0,694	n/a
HR _{max}	0,693	0,346	0,046	0,955	n/a
Skok (cm)	10,427	5,213	0,064	0,938	n/a
Výkon v testu (s)	7709,336	3854,668	4,944	0,014*	0,043*

*statisticky významná hodnota $p \leq 0,05$

n/a – korekce se nepočítala, protože *p* bylo statisticky nevýznamné

4.4 Technika běhu

Změny techniky běhu podle vybraných uzlových bodů jsou vyjádřeny v tabulce 15. Po desetidenním intervenčním programu nebyly u žádné ze skupin V, VR30, VR60 zjištěny statisticky ani věcně významné změny v poloze hlavy, poloze trupu, práci paží, poloze pánve, rozsahu pohybu v kyčlích, dokroku a frekvenci kroku.

Tab. 15: Změny v uzlových bodech techniky běhu u skupiny V, (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) mezi pretestem a postestem.

V (n=11)	Pretest (průměr ± SO)	Postest (průměr ± SO)	Rozdíl pre-post	$t_{10,8}$	p	d
Poloha hlavy	3,25 ± 0,90	3,27 ± 0,82	-0,02	-0,319	0,765	0,014
Poloha trupu	3,32 ± 0,49	3,32 ± 0,59	0,00	0,000	1,000	0,000
Práce paží	3,02 ± 0,63	3,14 ± 0,73	-0,11	-1,166	0,271	0,018
Poloha pánve	3,36 ± 0,48	3,32 ± 0,50	0,05	0,690	0,506	0,006
Rozsah pohybu v kyčlích	2,98 ± 0,54	3,05 ± 0,52	-0,70	-0,896	0,391	0,010
Dokrok	3,41 ± 0,67	3,45 ± 0,57	-0,50	-0,454	0,659	0,006
Frekvence kroků	3,09 ± 1,14	2,82 ± 0,98	0,27	1,399	0,192	0,040
VR30 (n=11)						
Poloha hlavy	3,45 ± 0,42	3,50 ± 0,39	-0,05	-0,559	0,588	0,007
Poloha trupu	3,18 ± 0,60	3,23 ± 0,56	-0,05	-0,559	0,588	0,010
Práce paží	3,32 ± 0,64	3,27 ± 0,61	0,05	0,319	0,756	0,066
Poloha pánve	3,00 ± 0,45	3,01 ± 0,57	-0,05	-0,265	0,796	0,009
Rozsah pohybu v kyčlích	2,95 ± 0,35	3,00 ± 0,39	-0,05	-0,289	0,779	0,007
Dokrok	3,32 ± 0,51	3,91 ± 0,70	0,09	1,000	0,341	0,004
Frekvence kroků	3,91 ± 0,70	4,00 ± 0,89	-0,09	-0,559	0,588	0,013
VR60 (n=9)						
Poloha hlavy	3,19 ± 0,58	3,19 ± 0,54	0,00	0,000	1,000	0,000
Poloha trupu	3,11 ± 0,61	3,14 ± 0,52	-0,03	-0,359	0,729	0,004
Práce paží	3,19 ± 0,67	3,33 ± 0,84	-0,14	-1,104	0,302	0,021
Poloha pánve	3,22 ± 0,42	3,28 ± 0,44	-0,06	-0,800	0,447	0,016
Rozsah pohybu v kyčlích	3,53 ± 0,71	3,58 ± 0,59	-0,06	-0,512	0,622	0,046
Dokrok	3,53 ± 0,61	3,64 ± 0,38	-0,11	-0,800	0,447	0,016
Frekvence kroků	2,89 ± 1,05	2,78 ± 0,97	0,11	1,000	0,347	0,013

*statisticky významná hodnota $p \leq 0,05$

** věcně významná hodnota $d > 0,41$

5 Diskuze

Celá studie probíhala v reálných podmínkách, kdy byl tréninkový program implementován do každodenního života sledovaných probandek. Zvládnutí předepsaného programu je základní podmínkou úspěchu jakékoli pohybové intervence. V našem případě celkem 31 sledovaných probandek zvládlo absolvovat 90 – 100% intervenčního programu, což byla také podmínka setrvání ve studii. Přísné podmínky dodržování tréninkového plánu, se zřejmě odrazily na relativně vysokém drop-outu probandek napříč skupinami, kdy bylo nutné z celkového počtu 41 vyloučit celkem 10 účastnic (24,4 % původního počtu). Výsledný počet jedinců zařazených do studie rozdělených mezi jednu kontrolní (n=11) a dvě experimentální (n=11/9), který by v jiných typech studií mohl být považován za příliš nízký, je však stále v souladu s podobnými výzkumy (Albracht & Arampatzis, 2013; Damasceno et al., 2015; Ferrauti et al., 2010; Kelly et al., 2008; Pellegrino et al., 2015; Spurrs et al., 2003, Støren et al., 2008; Turner et al., 2003).

Probandky celý program hodnotily velice pozitivně. Oceňovaly především individuální vedení při tréninku, motivaci a zájem řešitelů studie, stejně tak jako režim a kontrolu, jež byly dle jejich slov, podstatné pro dodržení celého tréninkového plánu. Jednoznačně silným zážitkem se pro ně stalo vyšetření v laboratoři, které bez výjimky absolvovaly všechny poprvé. Na základě našich doporučení řada z nich aspoň ve sledování tělesného složení pokračuje, což je pokládáno za žádoucí, protože už jen monitoring stavu může přispívat k prevenci nadváhy a obezity (Müllerová et al, 2008).

Vzhledem k výkonnosti probandek, kdy týdenní běžecká zátěž nepřekročila 30 km (Barnes & Kilding, 2015) a jejich $\dot{V}O_2\text{max}$ nepřesahuje $45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Denadai et al., 2017) je lze zařadit s rezervou mezi rekreační běžce. V dostupných elektronických databázích, Pubmed, SPORTDiscus a Web of Science, kde byly hledány související studie pro klíčová slova („resistance training” nebo „strength training” nebo „weight training” nebo „weight lifting” nebo „plyometric training” nebo „concurrent training”) a („distance running” nebo „endurance running” nebo „distance runners” nebo „endurance runners” nebo „recreational runners”) a („anaerobic” nebo „aerobic” nebo „performance” nebo „economy” nebo „energy cost” nebo „lactate” nebo „maximal oxygen uptake” nebo „ $\dot{V}O_2\text{max}$ “) je toto první studie, která se věnuje běžkyňím této úrovně a zjišťuje u nich, jaký efekt na funkční a morfologické parametry

má nízko objemový rezistentní trénink jako doplněk k vytrvalostnímu běhu. Hledání bylo omezeno na práce v anglickém jazyce od 1. 1. 1980 do 31. 12. 2018.

Parametry tělesného složení

Desetitýdenní souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink významně neovlivnil tělesné složení u rekreačních běžkyň – tělesnou hmotnost, procentuální zastoupení tuku, tukuprostou hmotu (FFM) a poměr mezibuněčné a vnitrobuněčné hmoty (ECM/BCM). Ve skupině VR30 se sice objevil statisticky významný pokles podílu tělesného tuku o 3.96% v relativní hodnotě mezi pretestem a postestem, ale věcná významnost nebyla prokázána, stejně jako interakce mezi dalšími skupinami.

Podle výsledků předchozích studií Dolezal & Potteiger (1998) a Mikkola et al. (2011) jsme předpokládali, že souběžný trénink bude mít na tělesné složení pozitivní vliv. Zvláště proto, že sledované probandky měly relativně vysoké původní BMI ($24.3 \pm 2.9 \text{ kg/m}^2$) a zvýšený podíl tělesného tuku ($30.9 \pm 5.1\%$), což je na hranici mezi normální váhou a nadváhou (Hainer et al., 2011). Tento předpoklad se nepotvrdil a naše výsledky se shodují se závěry předchozích studií uskutečněných na rekreačních (Albracht&Arampatzis, 2013; Damasceno et al., 2015; Ferrauti et al., 2010; Kelly et al., 2008; Pellegrino et al., 2015). Stejně je tomu tak i u výkonnostních a vrcholových běžců, kde je nezměněné tělesné složení pravidlem (Blagrove et al., 2018).

Příčina nevýznamných změn v množství podílu tukové hmoty byla pravděpodobně v celkovém objemu pohybové aktivity. V naší studii byl objem u všech skupin stanoven na 180 minut týdně. Intenzita PA by se dala považovat za střední až intenzivní pohybovou aktivitu. Toto množství samo o sobě naplňuje doporučení pohybových aktivit, které by mohlo zaručovat dostatečné množství pro udržení zdravotních benefitů (EU Physical Activity Guidelines, 2008; Garber et al., 2011, Pierci et al., 2018). Pro ovlivnění tělesného složení pouze PA je však často nutné celkový objem pohybové aktivity navýšit. Blair et al. (2004) na základě observačních studií doporučují navýšit objem PA až na 60 minut denně pro významné snížení množství tělesného tuku a pro dlouhodobé udržení normální hmotnosti. Dle Plowman & Smith (2011) a Hoffman (2014) se celkový objem v krátkodobých programech ukazuje jako stěžejní při ovlivňování podílu tukové hmoty. Efekt změny intenzity zatížení na tukovou hmotu pozorován nebyl (Plowman & Smith, 2011).

Při zachování stejného objemu a intenzity tréninku by bylo zřejmě nezbytné sledování a přizpůsobení energetického příjmu u jednotlivých běžkyň, aby bylo možné pozorovat významné snížení podílu tukové hmoty (Haskell et al. 2007).

Je však třeba poukázat na to, že ačkoli měly naše probandky vyšší podíl tělesného tuku, zároveň vykazovaly i před intervenčním programem pohybový režim v době trvání 2 hodin týdně nad rámec své spontánní pohybové aktivity. Z tohoto pohledu bychom je mohli zařadit mezi jedince tzv. FIT and FAT (zdatné jedince s nadváhou či obezitou), kteří vzhledem k tomu, že mají relativně dostatečné množství pohybu, mohou mít lepší zdravotní profil než lidé s normální hmotností, ale pohybově neaktivní (Ortega et al., 2016). Stejní autoři také uvádí, že za tzv. FIT lze považovat ženy, které dosáhnou hodnot $\dot{V}O_2\text{max}$ na běhátku více jak $28,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (20-29 let) či $24,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (30 – 39 let), což naše probandky bez výjimky splňovaly. Aplikovaný trénink, tedy jeho objem v nárůstu o 33% oproti původnímu stavu, tak zřejmě nemusel být dostatečný pro vyvolání signifikantních změn, vzhledem k jejich počátečním hodnotám tělesného složení.

Nelze opomenout také to, že ve studiích, kde došlo k změně tělesného složení (Dolezal & Potteiger, 1998; Mikkola et al., 2011), byli intervenci podrobeni muži. Nezměněný podíl tukuprosté hmoty v naší studii by tak mohl být právě vysvětlen rozdílem v reakci na rezistentní trénink mezi pohlavími. Rezistentní trénink se u žen nemusí vždy projevit nárůstem svalové hmoty, jak je to obvyklé u mužů. Ženy jsou schopné zvýšit svoji sílu, aniž by došlo k svalové hypertrofii, což se přisuzuje jejich celkovému jinému poměru svalů a tuků, nižší hladině testosteronu a menšímu podílu rychlých svalových vláken, která mají vyšší tendenci k hypertrofii při rezistentním tréninku (Hoffman, 2014). Svalová hmota pak tvoří u žen cca 35 % a u mužů cca 45 % celkové hmotnosti těla, což se projevuje jak nižším množstvím svalových vláken, tak jejich menším průřezem (McArdle et al, 2007). Díky tomuto rozdílu mohou být změny způsobené intervenčním programem u mužů lépe pozorované.

Z hlediska charakteru kvality svalové hmoty, hodnocené pomocí ECM/BCM, která určuje poměr extracelulární a intracelulární hmoty nedošlo k významné změně u žádné skupiny, ačkoli z výsledků je patrná jistá tendence, k snižování hodnoty s vyšším podílem rezistentního tréninku během intervence. Poměru ECM/BCM se využívá k praktickému hodnocení předpokladů pro pohybovou zátěž. BCM je charakterizována jako buněčná hmota, která je schopna využít kyslík. Větší množství BCM je spojováno s lepšími dispozicemi pro svalovou práci. Základním parametrem, který

determinuje aktuální hodnotu ECM/BCM je vedle genetických dispozic absolvovaný pohybový režim, hlavně pak jeho kvalitativní skladba a podíl aktivit silového a rychlostního charakteru (Bunc & Skalská, 2011). Můžeme tedy spekulovat, že vyšší podíl rezistentního tréninku u experimentálních skupin mohl mít pozitivní vliv na hodnotu ECM/BCM. Nicméně, vzhledem k tomu, že signifikantní změny ECM/BCM zle nalézt již po 7 – 10 dnech změněného pohybové režimu (Bunc et al., 2004) musíme konstatovat, že námi stanovený intervenční režim neměl dostatečný podnět k tomu, aby dokázal tento parametr tělesného složení významně ovlivnit.

Zamítáme **hypotézu H1**, která předpokládala, že nahrazení části vytrvalostního tréninku rezistentním povede k změnám sledovaných morfologických parametrů. Musíme konstatovat, že ani navýšení objemu pohybové aktivity oproti stavu před intervencí, ani změna podílu vytrvalostní vs. rezistentní trénink napříč skupinami neměla i vzhledem počátečním hodnotám jednotlivých probandek dostatečný efekt na úpravu podílu tukové a svalové hmoty či změnu svalové morfologie.

Funkční parametry

Při sledování změn funkčních parametrů týkajících se běžeckého výkonu jsme vycházeli z výsledků zátěžového testu na běhacím koberci a pomocného měření explozivní síly dolních končetin pomocí skoku do dálky z místa snožmo.

Jako ukazatele ekonomiky běhu nám sloužily hodnoty spotřeby kyslíku a srdeční frekvence v průběhu submaximální zátěže (7 a 9 km.h⁻¹) na běhacím koberci. Předpokládali jsme, že souběžný rezistentní a vytrvalostní trénink bude mít pozitivní vliv na ekonomiku běhu, podobně jako v předchozích studiích, které zlepšení našly jak u rekreačních (Albracht & Arampatzis, 2013; Turner et al., 2003, Pellegrino et al., 2015) tak u výkonnostních běžců (Støren et al., 2008; Berryman et al., 2010, Spurrs et al., 2003; Millet et al., 2002; Munekani et al., 2015; Senado et al., 2013), kde bylo zlepšení ekonomiky běhu po přidání rezistentního tréninku pozorováno, právě v kontrastu s kontrolními skupinami, které podstupovaly pouze běžecký trénink. V naší studii však nebyla nalezena významná interakce mezi jednotlivými tréninkovými skupinami v ekonomice běhu.

Ekonomika běhu v sobě zahrnuje nejen schopnost organismu využít chemicky produkovanou energii převedenou do mechanického výkonu, ale také přenos tohoto výkonu do rychlosti pohybu těla v horizontálním směru. Tento přenos pak ovlivňuje míra osvojení běžecké dovednosti – techniky (Psotta et al., 2006). Sledované probandky v naší studii ve věku $32 \pm 5,3$ se věnovaly běhu na rekreační úrovni dva roky a více. Technika běhu – běžecký pohybový stereotyp lze nejlépe ovlivnit v mladém věku, kdy běžci začínají s tréninkem. V pozdějších obdobích se individuální běžecký stereotyp ustaluje a je obtížné ho upravovat (Dicharry, 2012). Vzhledem k jejich stáří a délce období, po které se věnují vytrvalostnímu běhu, kdy naprostou většinu času stráveného během preferují trénink obecné vytrvalosti souvislým tempem, lze předpokládat, že budou mít již zafixovaný svůj individuální běžecký styl. Ten u probandek nebyl nijak komentován, či upravován. Intervenční program se nesnažil techniku běhu ovlivnit, probandky tedy běhaly tak, jak to pro ně bylo přirozené. Naše studie se věnovala především pozorování kvantitativních údajů, avšak pro kompletní postihnutí celé problematiky bylo provedeno expertní hodnocení techniky běhu na základě porovnání videozáznamu vstupního a výstupního měření při submaximální rychlosti 9 km/h. U sledovaných uzlových bodů techniky běhu: poloha hlavy, trupu, pánve, práce paží, rozsah pohybu v kyčlích, dokrok a běžecká frekvence nebyly vzhledem k použitému hodnocení nalezeny žádné statisticky ani věcně významné změny (pro ilustraci obrázek 1 a 2).



Obr. 1: Zátěžový test na běhacím koberci, rychlost $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, sklon 0% , probandka č. 27 (skupina VR60) vstupní testování



Obr. 2: Zátěžový test na běhacím koberci, rychlost $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, sklon 0% , probandka č. 27 (skupina VR60) výstupní testování.

Deklarované nevýznamné změny v ekonomice běhu mezi skupinami podporují předpoklad nezměněného technického provedení běhu. Je tedy patrné, že nedošlo k pozitivnímu transferu, jenž vysvětluje přenos rezistentního tréninku do techniky a následně do ekonomiky běhu (Issurin, 2013; Neumann et al., 2000).

Aby během tréninkového procesu docházelo k adaptačním změnám, je třeba dodržet princip dostatečného zatížení, tedy aby tréninková zátěž vyprovokovala adaptační změny, musí překročit podnětový práh a mít určitou (minimální) frekvenci, intenzitu a trvání (McArdle et al, 2007). Jeden z možných důvodů proč k tomuto nedošlo a ekonomika běhu nebyla v naší studii ovlivněna, může být typ použitého rezistentního tréninku oproti výše zmíněným studiím, kde bylo zlepšení ekonomiky běhu prokázáno. Metody rezistentního tréninku obsahující výbušné pohyby plyometrického či explozivního charakteru jsou nejčastěji zmiňované jako účinná tréninková strategie pro zlepšení ekonomiky běhu (Jung, 2003; Barnes & Kilding, 2015). Tento typ tréninku podporuje optimální zachování elastické energie a zlepšením vnitrosvalové koordinace, která je zodpovědná za počet aktivovaných (inervovaných) motorických jednotek (svalových vláken), rychlost jejich zapojení a synchronizaci v čase (Sale, 1988). Tyto metody rezistentního tréninku byly také základním prvkem ve výše zmíněných studiích, které zlepšení ekonomiky běhu potvrdily. Například Turner et al. (2003) používali plyometrický rezistentní trénink třikrát týdně; Taipale et al. (2010) používali maximální rezistentní trénink v první skupině a trénink explozivní síly ve druhé skupině a to přibližně dvakrát týdně; Johnston et al. (1997) používali rezistentní opakovaný trénink prováděný třikrát týdně; Støren et al. (2008) používali maximální rezistentní trénink prováděný třikrát týdně; Pellegrino et al. (2015) používali explozivní rezistentní trénink prováděný třikrát týdně a Millet et al. (2002) používali maximální rezistentní trénink prováděný dvakrát týdně. V kontrastu oproti naší studii byl použit mnohem větší objem, intenzita i týdenní frekvence rezistentního tréninku. Méně náročný trénink, který podstoupily naše probandky, ve výsledku vyvolával menší stres a tedy nižší adaptační procesy. Bylo to dáno tím, že jsme pracovali se plně zaměstnanými rekreačními běžkyněmi a v určité časové dotaci týdenních pohybových aktivit, kde nebyl prostor přidávat další tréninkové jednotky obsahující rezistentní zatížení. Stejně tak jsme chtěli trénink přenést do reálných podmínek, tedy tak aby bylo možno pracovat s vlastním tělem a nebyl využíván žádný další odpor ve formě přidaného závaží, kdy by probandky musely navštěvovat tělocvičnu či fitness centrum, což by mohlo být problematické a nejspíše vedlo k ještě výraznějšímu drop-outu probandek.

Přestože jsme se pokusili do intervenčního programu zařadit prvky explozivního tréninku, konkrétně metcalfové poskoky na místě či výskok z podřepu, které z absolvovaných cviků nejvíce podporovaly zlepšení neuromuskulárních faktorů- počet aktivovaných MJ, synchronizace MJ, aktivační frekvence MJ, intramuskulární a intermuskulární koordinace a neurální inhibice (synergista/antagonista) (Hoffman, 2014), očekávaný impuls nebyl dostatečný k zvýšení ekonomiky běhu.

Bude tedy platit stejný předpoklad, jako u hodnocení tělesného složení, kdy hraje stěžejní roli počáteční úroveň intervenovaných, která limituje možnosti zlepšení vlivem pohybového programu tím blíže, čím se jedinci přibližují k jejich výkonnostnímu stropu a genetickému potenciálu (Hoffman, 2014). Námi sledovaná skupina žen byla už v době před intervencí pohybově aktivní. Objem tréninku, který běžkyně absolvovaly, byl vzhledem k jejich počáteční úrovni nedostatečný, aby bylo dosaženo významného zlepšení ve sledovaných parametrech. Ačkoli navýšení objemu rezistentního tréninku pro tuto skupinu může být již problematické, protože jsme limitováni jejich časovými možnostmi a faktem, že dávají přednost běhu před rezistentním tréninkem, dá se předpokládat, že další navýšení rezistentního tréninku na 3 tréninkové bloky týdně by již významně ovlivnilo EB, stejně jako v předchozích studiích Johnston et al. (1997), Pellegrino et al. (2015) a Turner et al. (2003), kde byl již tento objem rezistentního tréninku dostačující.

K ověření tvrzení, že zlepšení EB je spojeno především s neurální adaptací svalu se používají testy maximální a explozivní síly. Ve sledovaných studiích, kde došlo k zlepšení ekonomiky běhu, bylo prokázáno i zlepšení v explozivní síle (Pellegrino et al., 2015; Turner et al., 2003; Mikkola et al., 2011; Berryman et al., 2010; Spurrs et al., 2003; Vikmoen et al, 2016), nebo/a v hodnocení maximální síly (Albracht&Arampatzis, 2013; Johnston et al., 1997; Mikkola et al., 2011; Støren et al., 2008; Vikmoen et al, 2016).

Protože v naší studii jsme nepracovali s přidanou zátěží, testy maximální síly ve formě 1RM jsme u silových cviků neprováděli. Explozivní sílu jsme testovali pomocí skoku do dálky z místa snožmo. Všechny skupiny prokázaly podobné statisticky i věcně nevýznamné zlepšení v rozmezí 2,1 – 3,4 %. Zlepšení v těchto testech je považováno jako indikátor zvýšení explozivní síly a schopnosti efektivně využít elastickou energii ve svalech (Spurrs et al., 2003). Je tedy zřejmé, že kruhový trénink, který absolvovaly naše probandky bez přidané zátěže s relativně malým podílem explozivních cvičení o délce 30 – 60 minut týdně, nebyl vzhledem k vymezenému času na rezistentní trénink

dostatečně intenzivní a dlouhý, aby vedl k zvýšení tohoto parametru, což by se následně mohlo projevit ve významném zlepšení ekonomiky běhu.

Autoři Jones & Carter (2000) podotýkají, že tréninkové studie typicky trvající 6 – 12 týdnů mohou být příliš krátké, aby bylo dosaženo významného zlepšení v ekonomice běhu u běžců, kteří již mají zafixovaný svůj běžecký stereotyp. Můžeme tedy pouze spekulovat, zda by delší intervenční program vedl v našem případě k výraznějším zlepšení ekonomiky běhu. Vzhledem k tomu, že pozitivních výsledků bylo dosaženo i za nejkratší zmiňovanou dobu 6 týdnů v případě Pellegrino et al. (2015), Turner et al. (2003) a Spurrs (2003), může se jednat pouze o jeden z vedlejších faktorů, který náš výsledek ovlivnily. Konkrétní podoba a objem rezistentního tréninku se zdají tedy podstatnější, než celková doba intervence.

Výsledky ekonomiky běhu v naší studii, jsou ovšem v souladu se studii Mikola et al. (2011), Kelly et al. (2008), Ferrauti et al. (2010), Damasceno et al. (2015), kde se stejně jako v našem případě změny v EB v porovnání s kontrolní skupinou neprojevily. Jako nejčastější zdůvodnění nevýznamných změn v ekonomice běhu jsou uváděny nedostatečně reprezentativní vzorek probandů a krátké trvání intervence (Ferrauti et al., 2010) nebo nedostatečný efekt rezistentního tréninku, který se projevil malým zlepšením maximální síly (Mikkola et al., 2011). Kelly et al. (2008) a Damasceno et al. (2015) si vystačili s konstatováním, že EB nebyla rezistentním tréninkem ovlivněna. Předkládaná studie však jako jediná oproti Mikola et al. (2011), Kelly et al. (2008), Ferrauti et al. (2010), Damasceno et al. (2015) zaznamenala při běhu při submaximální rychlosti statisticky i věcně významné snížení spotřeby kyslíku o 4,6% a tedy zlepšení ekonomiky běhu mezi vstupním a výstupním měřením. Tohoto bylo dosaženo u experimentální skupiny VR60, která podstupovala rezistentní program o největším objemu. U ostatních skupin zůstal parametr nezměněn. Toto zjištění naznačuje, že ekonomika běhu má tendenci se zlepšovat i prostřednictvím rezistentního tréninku bez přidané zátěže, který respektuje potřeby a možnosti populace s nižší zdatností.

Za ukazatel maximálního běžeckého výkonu, do kterého se promítají ostatní morfologické a funkční parametry sledované v naší studii, jsme považovali čas do subjektivního vyčerpání a tedy ukončení zatížení při zátěžovém testu na běhacím koberci v laboratoři. Čas běhu do vyčerpání při zvyšující se zátěži na běžeckém trenažeru je běžnou metodou hodnocení vytrvalostního výkonu (Jung, 2003). Podobný princip je využit i v ostatních studiích, které se zabývají naším tématem (Mikkola et al.,

2011; Taipale et al., 2010; Ferrauti et al., 2010; Millet et al., 2002; Støren et al., 2008, Damasceno et al., 2015). Jako alternativu k tomuto testu bývá k postihnutí běžeckého výkonu v reálných podmínkách, využíván nejčastěji měřený běh na danou vzdálenost na atletickém oválu (Kelly et al., 2008; Spurrs et al., 2003).

V naší studii byl zaznamenán významný rozdíl mezi tréninkovými skupinami, kdy obě experimentální skupiny VR30 a VR60 dokázaly významně zlepšit svůj výkon při maximálním běžeckém výkonu na běhacím koberci. VR60 o 22,7% a VR30 o 13,5% oproti původním hodnotám. Větší objem rezistentního tréninku byl spojen s lepším výkonem v testu. Kontrolní skupina V v tomto testu dosáhla nevýznamného zlepšení o 2,6%. Protože celková týdenní doba tréninku byla pro všechny skupiny stejná – tři hodiny týdně, předpokládáme, že zlepšení výkonu experimentálních skupin musel zapříčinit rezistentní trénink, který u kontrolní skupiny chyběl.

Zátěžové testy na běhacím koberci do vyčerpání reflektují anaerobní kapacitu jedince a schopnosti vzdorovat zvyšující se únavě (Mikkola et al., 2011). S délkou běžeckého zatížení při relativně maximální intenzitě stoupá podíl energie, která je hrazena aerobními procesy. Podle tohoto kritéria se také řídí cíl tréninkového úsilí (Novotný & Novotná, 2007). Při krátkých sprinterských tratích je převážně celý výkon hrazen anaerobně, naopak při maratonských bězích v trvání dvou hodin a více dosahuje již úhrada energie aerobními procesy až 98% (Fox & Mathews 1974 in Novotný a Novotná 2007). Čas, po který probíhal test do vyčerpání v naší studii, nepřevyšoval u většiny probandek čtyři minuty. Tato doba by při relativně maximální intenzitě pohybu byla z hlediska energetických systémů hrazena anaerobně přibližně z 30% (McDougall, et al. 1982 in Dovalil, 2002) až 40 % (Fox & Mathews 1974 in Novotný & Novotná 2007). S rezervou, kvůli velkému časovému rozptylu, je možné ještě uvést tvrzení Tvrzník et al. (2004), kteří uvádí, že při běhu dlouhém od 2 do 11 minut je až polovina energetického požadavku hrazena anaerobními procesy. Ačkoli je nutné vzít v úvahu, že probandky nedosahovaly relativně maximální intenzity na počátku testu, stále je možné předpokládat, že anaerobní úhrada energie mohla být v tomto testu značná.

Rezistentní trénink je charakteristický tím, že svalové buňky k přeměně chemické energie na mechanickou práci využívají převážně anaerobní hrazení energetických požadavků. Adaptace na rezistentní trénink se odvíjí právě od toho, jakým způsobem organismus reaguje na zátěž v anaerobních podmínkách (Hoffman, 2014). Z biologického hlediska jsou anaerobní předpoklady pro práci dány morfologicky - množstvím svalové hmoty, zastoupením jednotlivých svalových vláken a jejich

hypertrofií; metabolicky - energetickými rezervami ATP a CP a rychlostí uvolňování těchto rezerv, kapacitou anaerobní glykolýzy a tolerancí k acidóze; funkčně - úrovní nervového a humorálního řízení, zejména rychlostí nervosvalového přenosu a úrovní zpětnovazební propriocepce a biomechanickými faktory, zejména využitím elastické energie (Heller, 1996). Vzhledem k tomu, že u probandek nedošlo k významné změně tělesného složení, která má vliv na běžecký výkon (Saunders et al., 2004) a zároveň nedošlo k významnému zlepšení ekonomiky běhu ani explozivní síly, což by ukazovalo na funkční či biomechanické faktory, které ovlivní techniku běhu a výsledný běžecký výkon (Anderson, 1996; Barnes & Kilding, 2015) s největší pravděpodobností bylo zlepšení při zátěžovém testu do vyčerpání způsobeno převážně metabolickými faktory, tedy zefektivnění procesů, které umožňují hradit pohybovou aktivitu anaerobně. Tyto závěry jsou v souladu předchozími studiemi (Støren et al., 2008; Spurss et al., 2003; Pavolainen et al., 2003), které přičítají zlepšení maximálního běžeckého výkonu vlivem rezistentního tréninku nárůstu anaerobní kapacity způsobené především zvýšením aktivity anaerobních enzymů a zvýšením podílu intracelulárního glykogenu.

Rovněž nelze vyloučit, že zlepšení v testu do vyčerpání mělo i další příčiny. Nervosvalová adaptace vlivem rezistentního tréninku zřejmě mohla sehrát na základě předchozích testů ekonomiky běhu významnou roli. Mohla zapříčinit vyšší nábor motorických jednotek a zvýšení jejich impulzaci, což by zvýšilo jejich efektivitu při přenosu síly do výsledného pohybu a zpomalilo nástup signálů spojených s únavou (Jung, 2003). Toto se u běžců projeví zlepšením schopností rychleji absorbovat a opětovně využít sílu vznikající při došlapu na zem (Beattie et al., 2014; Saunders et al., 2004). Je totiž třeba brát v potaz přesnost použitých měřících metod. U měření spotřeby kyslíku se chyba přístroje pohybuje okolo 5-7% (Bunc, 2012). Za předpokladu, že chyba měření by hrála v náš prospěch, nenalezli bychom statisticky i věcně významné zlepšení jen u skupiny VR60, ale zlepšení v ekonomice běhu by se projevilo i významnou interakcí vzhledem ke kontrolní skupině. Tato situace by umožnila argumentaci, kterou použili přechozí studie (Pellegrino et al., 2015; Pavolainen et al., 1999; Mikkola et al., 2011; Marcinik et al., 1991) tedy že za zlepšením výsledků v testu do vyčerpání stojí zlepšená ekonomika běhu.

Při provádění zátěžového testu do maxima jsme se obávali, že zvláště u rekreačních běžkyň, které nejsou na vysoce intenzivní zátěž adaptované a dříve zátěžové vyšetření nikdy neabsolvovaly, bude snížena validita testu. Testy do subjektivního vyčerpání jsou výrazně ovlivněny motivací testovaného k dokončení testu a stejně tak zkušenost po

absolvování vstupního vyšetření, může hrát roli při vyšetření výstupním. Z tohoto hlediska můžeme konstatovat, že probandky byly maximálně namotivovány jak při vstupním i výstupním testování a test ukončily až tehdy, kdy byly na pokraji svých sil. Toto dokládají hodnoty objektivního kritéria, v našem případě poměr výměny dýchacích plynů (RER), který byl u všech probandek, jak při vstupním, tak při výstupním měření větší než 1,10. Pokud při zátěžovém testu jedinec dosáhne hodnoty $RER \geq 1,10$, může být test považován za validní s tím, že má dostatečnou výpovědní hodnotu pro posouzení maximální aerobní kapacity (Balady et al., 2010).

V předkládané studii nebyly zjištěny žádné významné změny ve sledovaných parametrech ventilačního anaerobního prahu a $\dot{V}O_2\text{max}$. Toto zjištění jen potvrzuje tvrzení, které prezentují přehledové studie na téma SVRT (Blagrove et al. 2018, Munekani & Ellapen, 2015, Barnes & Kilding, 2015), jenž vliv rezistentního tréninku na hodnoty LP a $\dot{V}O_2\text{max}$ zamítají.

Na základě výsledků přijímáme **hypotézu H2** v neúplném rozsahu sledovaných hodnot. Ta předpokládala, že nahrazení části vytrvalostního tréninku rezistentním povede k změnám sledovaných funkčních parametrů. Významných změn ve prospěch experimentálních skupin podstupujících souběžný trénink oproti kontrolní skupině podstupující pouze vytrvalostní trénink bylo dosaženo jen v maximálním běžeckém výkonu na běhacím koberci měřeném v čase do subjektivního vyčerpání. Rozdíl zvládnutého výkonu mezi skupinami byl markantní i z hlediska věcné významnosti, což podtrhuje i to, že při sledování času zde dochází k minimálnímu zkreslení výsledků technickou chybou měření a uvažujeme pouze chybu biologickou. Ve stejném parametru došlo zároveň k významnému rozdílu mezi oběma experimentálními skupinami, na základě čehož můžeme přijmout (opět však v neúplném rozsahu sledovaných hodnot) **hypotézu H3** a tvrdit, že rozdíl 30 minut rezistentního tréninku na týdním objemu se projeví v maximálním běžeckém výkonu na běhacím koberci měřeném v čase do subjektivního vyčerpání.

Limity práce

Následující limitace bychom měli vzít v potaz před interpretováním výsledku a závěrů práce. Dietní režim probandek, stejně jako jejich rutinní pohybové aktivity nebyly monitorovány, ani hodnoceny. Avšak všechny účastnice byly instruovány, aby

během intervenčního programu udržely tyto svoje denní návyky ve stejném režimu jako před ním. Díky otevřenosti celého projektu, přátelské atmosféře a kontaktem výzkumníka se skupinami na prakticky denní bázi, nic nenasvědčovalo tomu, že by účastnice narušovaly takto nastavená pravidla. Malá velikost vzorku ovlivňuje zobecnitelnost výsledků, nicméně, počet účastnic je podobný a často vyšší než v citovaných studiích zaměřených na souběžný rezistentní a vytrvalostní trénink, které se objevily v této práci. Všechna měření probíhala a byla shromážděna během stejného dne testování, což mohlo ovlivnit přesnost shromážděných údajů ve smyslu porovnání této práce se studii následujícími.

Praktická doporučení

Souběžný vytrvalostní a rezistentní trénink přináší vrcholovým a výkonnostním běžcům řadu benefitů, jak v oblasti výkonu (Jung, 2003; Blagrove et al., 2018; Munekani & Ellapen, 2015; Barnes & Kilding, 2015; Denadai et al., 2017) tak v oblasti prevence zranění či určité kompenzace pohybového aparátu trpícího neustálou monotónní běžeckou zátěží (Prentice, 2004). U rekreačních běžců je situace o poznání složitější a výsledky rozporuplnější viz kapitola 2.3.7. této práce. Tato rozdílnost je dána především jinou kondiční úrovní, kdy u výkonnostních běžců je rezistentní trénink začleněn do již poměrně vysokého vytrvalostního základu. U rekreačních běžců tomu tak není. Vzhledem ke své nižší běžecké zdatnosti se totiž efekt přidaného rezistentního tréninku nemusí na parametrech vytrvalostním výkonu projevit, protože i bez přidání takového stimulu, je pro rekreačně sportujícího člověka samotný vytrvalostní trénink dostačující pro rovnoměrné zvyšování zdatnosti. Pro jedince, kteří začínají s běháním takřka od nuly, je třeba vhodný rezistentní trénink realizovat už na počátku intervence spolu s kultivací techniky pohybu, což dopomůže k osvojení individuálního běžeckého stylu, který se přibližuje optimální technice.

V předkládané studii se nám podařilo prokázat účinky rezistentního tréninku na maximální běžecký výkon a tendenci k zlepšení ekonomiky běhu. Na základě výsledků předchozích studií můžeme předpokládat, že kdyby byl objem jen lehce navýšen, například o dalších 30 min rezistentního tréninku týdně, nejspíše by došlo nejen k významnému nárůstu EB mezi skupinami, ale i k nárůstu maximální a explozivní síly.

O podobě pohybového programu založeném na souběžném vytrvalostním a rezistentním tréninku bude rozhodovat účel intervence, tedy zdali je jejím primárním

cílem zlepšit běžeckou výkonnost či zájem o jiný motiv k účasti na pohybové aktivitě. Rekreační běžci uvádějí mezi hlavní motivy účasti na vytrvalostním běhu právě oblasti, které se s výkonem úplně neztotožňují, jako zlepšení vitality, zdraví, uvolnění stresu a navození pocitu životní pohody či kvalitně strávený čas při pohybu s přáteli. Pro tuto skupinu běžců tedy velice často výkon a úspěch při závodech není, aspoň z počátku, primární cíl. A proto přidání rezistentního tréninku do vytrvalostní přípravy nemusí přesně korespondovat s představou o běžeckém sportu jako takovém. Argumentace výše uvedenými benefity rezistentního tréninku na vytrvalostní výkon pak pro běžce postrádá význam.

Rekreační sportovci se totiž velice často věnují běhání právě pro to, že nemají zájem o silové cvičení. Prakticky pro všechny formy rezistentního tréninku (a zvláště pak pro ty, které by měly největší efekt vzhledem ke zvýšení vytrvalostního výkonu) je nutná koncentrace na daný cvik a často potřebný nácvik techniky pod vedením zkušeného trenéra. To může být pro někoho v protikladu k vytrvalostnímu běhu, při němž si chce spousta běžců především takzvaně „vyčistit hlavu“. Ukazuje se tedy, že zatímco aerobní trénink svou jednoduchostí zvyšuje adherenci k dané pohybové aktivitě, rezistentní trénink naopak svou složitostí aktivní účastníky ztrácí (Máček a Radvanský et al., 2011). Zvláště u žen pak přetrvává jistá neopodstatněná obava z výraznějšího nárůstu svalové hmoty vlivem rezistentního tréninku. Ačkoli platí, že ženy jsou schopné zvýšit svoji sílu v řádech desítek procent, aniž by došlo k svalové hypertrofii (Hoffman, 2014).

Nicméně stále je vhodné využít potenciálu souběžného vytrvalostního a rezistentního tréninku, zvláště když je o běh v současnosti velký zájem, k zvýšení zdatnosti a k naplnění obecných doporučení a směrnic pohybových aktivit, které právě za ideální považují kombinaci aerobní aktivity s určitou formou rezistentního tréninku (EU Physical Activity Guidelines, 2008; Garber et al., 2011; Pierci et al., 2018).

Pro budoucí výzkumy týkající se souběžného vytrvalostního a rezistentního tréninku na speciálních populacích, které se nacházejí mimo výkonnostní a vrcholovou úroveň vytrvalostních běžců, můžeme doporučit zařazení kinematické analýzy běžeckého kroku mezi sledované a hodnocené proměnné. Ta se využívá nejvíce ve studiích, které sledují vztahy mezi kinematikou běhu, jeho ekonomikou a celkovým dopadem na výkon (Williams & Cavanagh, 1987; Kyröläinen et al., 2000; Moore et al., 2012; Folland et al., 2017). Jen několik studií (Doma & Deakin, 2013; Millet et al.,

2002) hodnotí změnu kinematiky běhu u vytrvalců po intervenci založené na souběžném tréninku. Jednalo se však opět o výkonnostní vytrvalce – muže.

6 Závěr

Naše studie naznačuje, že desetitýdenní intervenční program založený na souběžném rezistentním a vytrvalostním tréninku může vést k zvýšení maximálního běžeckého výkonu v porovnání s programem, který obsahuje pouze vytrvalostní běh. Toto zlepšení bylo pozorováno bez významného zlepšení ostatních funkčních či morfologických parametrů. Větší objem rezistentního tréninku byl spojován s lepším maximálním běžeckým výkonem. Tyto výsledky byly dosaženy kruhovým tréninkem s vlastní vahou těla bez dalších pomůcek s relativně nízkým objemem a intenzitou. Jsou platné pro danou populaci žen v mladém věku, které se věnují rekreačnímu vytrvalostnímu běhu (jejich vstupní hodnota $\dot{V}O_2\text{max}$ byla $36,4 \pm 5,3$), kdy mají pro pohybové aktivity velmi omezený prostor.

Nemůžeme přijmout hypotézu č. 1, kdy nedošlo k statisticky významnému ovlivnění ($p < 0,05$) parametrů tělesného složení.

Přijímáme hypotézu č. 2 v neúplném rozsahu sledovaných hodnot, kdy jsme prokázali statisticky významné zlepšení ($p < 0,05$) u parametru maximální běžecký výkon na běhacím koberci měřený v čase do subjektivního vyčerpání u obou experimentálních skupin VR30 i VR60 a parametru hodnotící EB na rychlosti 7km/h u experimentální skupiny VR60, která podstoupila 60 minut rezistentní tréninku týdně doplněného vytrvalostním.

Přijímáme hypotézu č. 3 v neúplném rozsahu sledovaných hodnot, kdy jsme prokázali, že u skupiny VR60 podstupující 60 min rezistentního tréninku došlo k statisticky významnému zlepšení ($p < 0,05$) u maximálního běžeckého výkonu na běhacím koberci měřeném v čase do subjektivního vyčerpání, než u skupiny VR30 podstupující 30 min rezistentního tréninku.

7 Použitá literatura

- Aagaard, P., Andersen, J.L. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010 Oct;20 Suppl 2:39-47.
- Ackland, T. R., Elliott, B.C., Bloomsfield, J. *Applied Anatomy and Biomechanics in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics. 2009.
- ACSM - American College of Sports Medicine, et al. (ed.). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Lippincott: Williams & Wilkins, 2013.
- Albracht, K, Arampatzis, A.. Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans. *European journal of applied physiology*, 2013, 113.6: 1605-1615.
- Allen, D. G., Lamb, G. D., Westerblad, H. Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms. *Physiological Reviews*, 2008. 88(1), 287-332.
- Anderson, T. Biomechanics and running economy. *Sports Medicine Arizona State University*, 1996; 22 (2): 76-89.
- Antalová, L. *Fenomén běhání na příkladu závodů RunCzech pořádaných PIM v období let 1995 – 2014*. Diplomová práce. Fakulta tělesné výchovy Univerzita Kralova. Praha 2015. Vedoucí práce Aleš Kaplan.
- Astand, P.O. J.B. Wolffe Memorial Lecture. "Why exercise?". *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1992 Feb;24(2):153-62. Review.
- Balady, G.J., Arena, R., Sietsema, K. et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010 Jul 13;122(2):191-225.
- Baláš, J. *Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení*. Praha: Karolinum, 2016, 280s
- Bale, J. *Running Cultures – Racing in Time and Space*. London and New York: Routledge, 2004.
- Barnes, K.R., Hopkins, W.G., McGuigan, M.R., Northuis ME, Kilding AE. Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2013 Dec;45(12):2322-31.
- Barnes, K.R., Kilding, A.E. Strategies to improve running economy. *Sports Medicine*, 2015 Jan;45(1):37-56.

- Bassett, D. R. Jr, Howley, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000 Jan;32(1):70-84. Review.
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., Carson, B. P. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*. 2014 Jun;44(6):845-65. Review.
- Berryman, N.,Maurel, D. B., Bosquet, L. Effect of plyometric vs. Dynamic weight training on the energy cost of running. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010 Jul;24(7):1818-25.
- Bishop, D., Jenkins, D. G., Mackinnon, L. T., McEniery, M., Carey, M.F. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1999 Jun;31(6):886-91.
- Blagrove, R. C., Howatson, G., Hayes, P. R., Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 2018 May;48(5):1117-1149.
- Blahuš, P. *K systémovému pojetí statistických metod v metodologii empirického výzkumu chování: (vybrané kapitoly pro doktorandy)*. Praha: Karolinum, 1996.
- Blair, S. N., Cheng, Y., Holder, J. S. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001 Jun;33(6 Suppl):S379-99; discussion S419-20. Review.
- Blair, S. N., Lamonte, M., Nichman, M.Z. The evolution of physical activity recommendations : how much is enough. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004, vol. 79, no.5, s. 913-920.
- Bottinelli, R., Reggiani, C. Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. *Progress in Biophysics & Molecular Biology*. 2000;73(2-4):195-262. Review.
- Bouchard, C., Blair, S. N., Haskell, W.L. *Physical activity and health*. Champaign, IL: Human kinetics, 2007.
- Bramble, D. M, Lieberman, D. E. Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*. 2004, 432(7015), s. 345-352.
- Bredeweg, S. *Running related injuries : The effect of a preconditioning program and biomechanical risk factors*. University of Groningen. Dissertation [S.l.] : s.n., 2014.
- Bruce-Low, S., Smith, D. Explosive exercises in sports training: A critical review. *Journal of Exercise Physiology*. 2007;10:21-33.

- Buist, I., Bredeweg, S., Bessem, B., van Mechelen, W., Lemmink, K.A., Diercks, R.L. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. *British Journal of Sports Medicine*. 2010 Jun;44(8):598-604.
- Bunc, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha: Univerzita Karlova. 1990.
- Bunc, V. Pojetí tělesné zdatnosti a jejích složek. *Tělesná výchova a sport mládeže*. 1995, roč. 61. č.5 s. 6-9.
- Bunc, V. et. al. *Role pohybových aktivit v životě dětí a mládeže. Závěrečné zpráva VZ MSM 11500001*. 2004. Praha: UK FTVS.
- Bunc, V. Zvláštnosti kondiční přípravy žen. In Novotná V., Čechovská, I. Bunc, V. *Fit programy pro ženy*. Praha: Grada Publishing, 2006a.
- Bunc, V. Body Composition as a determinant factor of aerobic fitness and physical performance. *Isokinetics and Exercise Science*, 2006b,14(2), 142-143.
- Bunc, V. Tělesné složení u adolescentů jako indikátor aktivního životního stylu. *Česká kinantropologie*. 2009, roč. 13, 11-17.
- Bunc, V. Hodnocení tělesného zatížení v reálných podmínkách. In Hendl, J., Dobrý, L. et al. *Zdravotní benefity pohybových aktivit – monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum. 2011.
- Bunc, V. Kvantitativní a kvalitativní diagnostika ve hrách. In: *Hry 2012- Sborník příspěvků s tematikou her v programech telovýchovných procesu*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2012. s. 7-13.
- Bunc, V. Physical Activities as Obesity Prevention Tools. *Journal of Women's Health Care*, 2016, 5: e121.
- Bunc, V., Skalská, M. Jsou předpoklady pro pohybové zatížení u osob s nadváhou nebo obezitou odlišné než u osob s normální hmotností? *Česká kinantropologie* - 2011, 15, č. 3, 55 -63.
- Burton, N.W., Turrell G. Occupation, hours worked, and leisure-time physical activity. *Preventive Medicine*. 2000; 31: 673-681.
- Cacek, J.,Grasgruber, P. Souběžný vytrvalostní a silový trénink. *Atletika*, 2008, roč. 60, č. 3, s. 23-25.
- Carrier, D., Kapoor, A., Kimura, T., Nickels, M., Satwanti, Scott, E., Trinkaus, E. The Energetic Paradox of Human Running and Hominid Evolution [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 1984, 25(4), 483-495.

- Cicchetti, D. V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment*. 1994. 6 (4): 284–290.
- Corbin, C. B., Lindsey, R. Fitness for life in SUCHOMEL, A. *Tělesně nezdatné děti školního věku (motorické hodnocení, hlavní činitele výskytu, kondiční programy)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2006.
- Čapková, N., Lustigová, M., Kratěnová, J., Žejglicová, K. *Zdravotní stav české populace*. Praha: Státní zdravotní ústav. 2016.
- Damasceno, M.V., Lima-Silva, A.E., Pasqua, L.A., Tricoli, V., Duarte, M., Bishop, D.J., Bertuzzi, R. Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. *European Journal of Applied Physiology*. 2015 Jul;115(7):1513-22.
- Denadai, B. S., de Aguiar, R.A., de Lima, L.C., Greco, C.C., Caputo, F. Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2017 Mar;47(3):545-554.
- Dicharry, J. *Anatomy for runners. 1 edition*. NY: Skyhorse Publishing. 2012.
- Dobry, L., Čechovská, I., Zdravotní benefity pohybové aktivity a behaviorální intervence In Hendl, J., Dobry, L. et al. *Zdravotní benefity pohybových aktivit – monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum. 2011.
- Dolezal, B. A., Potteiger, J. A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *Journal Of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. 1998;85:695-700.
- Doma, K., Deakin, G. B. The effects of strength training and endurance training order on running economy and performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013 Jun;38(6):651-6.
- Dorling, J., Broom, D. R., Burns, S. F., Clayton, D.J., Deighton, K., James, L.J., King, J.A., Miyashita, M., Thackray, A.E., Batterham, R.L., Stensel, D.J., Acute and Chronic Effects of Exercise on Appetite, Energy Intake, and Appetite-Related Hormones: The Modulating Effect of Adiposity, Sex, and Habitual Physical Activity. *Nutrients*. 2018 Aug 22;10(9).
- Dornbush, S., Aeddula, N. R. *Physiology, Leptin*. 2019 Jan 4. StatPearls Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; [online]. 2018. [cit.2019-02-03] Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537038>.

- Dovalil, J. et al. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002.
- Eckel, R.H., Jakicic, J.M., Ard, J.D. et al. 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014 Jul 1;63(25 Pt B):2960-84.
- Eimer, M., Sawyer, N., Harvey, J.T., Casey, M. M., Westerbeek, H., Payne, W.R. Integrating public health and sport management: SPORT participation trends 2001±2010. *Sport Manag Rev. Sport Management Association of Australia and New Zealand*; 2015; 18(2):207±17.
- Engberg, E., Alen, M., Kukkonen-Harjula, K., Peltonen, J.E., Tikkanen, H.O., Pekkarinen, H. Life events and change in leisure time physical activity: a systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*.2012;42:433-447.
- Enoka, R. M., Duchateau, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology-London*, 2008, 586(1), 11-23.
- EU Physical Activity Guidelines. Recommended Policy Actions in Support of Health-Enhancing Physical Activity [online], 2008 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/sport/library/documents/c1/eu-physical-activity-guidelines-2008_en.pdf.
- Eurofit: handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. 2nd ed. Strasbourg;: Sports Division Strasbourg, Council of Europe Publishing and Documentation Service; 1993.
- Ferguson, C.J. An Effect Size Primer: A Guide for Clinicians and Researchers. *Professional Psychology-Research and Practice*.2009;40:532-538.
- Ferrauti, A., Bergermann, M., Fernandes-Fernandes, J. Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24.10: 2770-2778.
- Folland, J. P., Allen, S. J., Black, M. I., et al. Running technique is an important component of running economy and performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2017;49(7):1412–23.
- Fleck, S. J., Falkel, J. F. Value of resistance training for the reduction of sports injuries. *Sports Medicine*, 1986, 3.1: 61-68.
- Fredricson, M., Misra, A.K. Epidemiology and aetiology of marathon running injuries. *Sports Medicine*. 2007;37:437-439.

- Friel, J. *The triathlete's training bible*. Boulder, CO: Velo Press, 2009.
- Fyle, J. J., Bishop, D.J, Stepto, N.K. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 2014, 44.6: 743-762.
- Garber, G. C. et al. (ACSM) Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2011 - Volume 43 - Issue 7 - pp 1334-1359.
- Gettman, L.R., Pollock, M.L. Circuit Weight Training: A Critical Review of Its Physiological Benefits. *Phys Sportsmed*. 1981 Jan;9(1):44-60.
- Goodpaster, B. H., He, J., Watkins, S., Kelley, D. E. Skeletal muscle lipid content and insulin resistance: evidence for a paradox in endurance-trained athletes. *The journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2001; 86:5755-5761.
- Goss, D. L., Gross, M. T. A review of mechanics and injury trends among various running styles. *U. S. Army Medical Department Journal*. 2012, 20(3), 61, 62-71.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L.M., Bull, F.C. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1,9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018 Oct;6(10):e1077-e1086.
- Hainer, V. et al. *Základy klinické obezitologie, 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada. 2011.
- Hallmann, K., Wicker, P. Consumer profiles of runners at marathon races. *International Journal of Event and Festival Management*. 2012; 3(2):171–87.
- Harcourt-Smith, W. E. The First Hominins and the Origins of Bipedalism. *Evolution: Education and Outreach*. 2010, roč. 3, s. 333 - 340.
- Hasegawa, H., Dziados, J., Newton, R.U., Fry, A.C., Kraemer, W.J., Hakkinen, K. *Periodized training programmes for athletes - Handbook of Sports Medicine and Science: Strength training for sports* Oxford: Blackwell Science; 2002.
- Haskell, W.L., Lee, I.M., Pate, R.R. et al. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39:1423-1434.

- Havelková, A., Rezaninová, J., Pochmonová, J., Fiser, B., Pohanka, M., Placheta, Z., Dobsák, P., Siegelová, J. Efekt kombinovaného aerobního a odporového tréninku u pacientů s ischemickou chorobou srdeční. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca* . 2010, Vol. 19 Issue 1, p41-46.
- Hawley, J. A. Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2002 Mar;29(3):218-22. Review.
- Heller, J. *Fyziologie tělesné zátěže: II. Speciální část - 3. díl*. 1. vyd. Praha: 69 Karolinum, 1996.
- Hendl, J., *Behaviorální intervence: plánování, implementace, evaluace*. In Hendl, J., Dobrý, L. et al. *Zdravotní benefity pohybových aktivit – monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum. 2011.
- Hickson, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1980;45(2-3):255-63.
- Hickson, R. C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E. M., Kurowski, T.T., Foster, C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*. 1988 Nov;65(5):2285-90.
- Hoff, J., Tjønnå, A. E., Steinshamn, S., Høydal, M., Richardson, R. S., Helgerud, J. Maximal strength training of the legs in COPD: a therapy for mechanical inefficiency. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007 Feb;39(2):220-6.
- Hoffman, J. R. *Physiological Aspects of Sport Training and Performance 2st Edition*, Champaign, IL: Human Kinetics, 2014.
- Hoffman, J. R., Klafeld, S. The effect of resistance training on injury rate and performance in self-defence instructors course for woman. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 1998. 12(1):52-56.
- Heljac, A. Impact and overuse injuries in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004; 36:845-849.
- Hurych, E. *Spiritualita pohybových aktivit*, Edition: 1., Chapter: Spiritualita poutníků, poslů a běžců [Spirituality of Pilgrims, Messengers and Runners], Brno: Masarykova univerzita, 2013, p.70-94.
- Chakravarty, E. F., Hubert, H. B., Lingala, V. B., Fries, J. F. Reduced Disability and Mortality among Aging Runners: a 21-year Longitudinal Study. *Archives of Internal Medicine*, 2008, 168(15), 1638–1646.

- Chorles, J. N., Cianca, J.C., Divine, J.G., Hew, T.D. Baseline injury risk factors for runners starting a marathon training program. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2002; 12:18-23.
- Chick, G. „Leisure and Culture: Issues for an Anthropology of Leisure.“ *Leisure Sciences*. 1998. 20 (2): 111-133.
- Chilibeck, D., Syrotuik, D. G., Bell, G. J. The effect of concurrent endurance and strength training on quantitative estimates of subsarcolemmal and intermyofibrillar mitochondria. *International Journal of Sports Medicine*. 2002 Jan;23(1):33-9.
- Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G.P., Amri, M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine*. 2005 Aug;39(8):555-60.
- Issurin, V. B. Training transfer: scientific background and insights for practical application. *Sports Medicine*. 2013 Aug;43(8):675-94.
- Jakicic, J. M., Otto, A.D. Physical activity considerations for the treatment and prevention of obesity. *The American journal of clinical nutrition*. 2005 Jul;82:226-229.
- Janssen, M., Scheerder, J., Thibaut, E., Brombacher, A., Vos, S. Who uses running apps and sports watches? Determinants and consumer profiles of event runners' usage of running-related smartphone applications and sports watches. *PLoS One*. 2017;12(7):e0181167.
- Johnston, C.A., Taunton, J.E., Lloyd-Smith, D.R., McKenzie, D.C. Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. *Canadian Family Physician*. 2003 Sep;49:1101-9. Review.
- Johnston, R.E., Quinn, T. J., Kertzer, R., Vroman, N.B. Strength training in female distance runners: impact on running economy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 1997, 11.4: 224-229.
- Jones, A.M., Carter, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*. 2000, 29.6: 373-386.
- Jones, D.A., Rutherford, O.M., Parker, D.F. Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Quarterly journal of experimental physiology*. 1989 May;74(3):233-56. Review.
- Jones, P.A., Bampoutas, T. Resistance Training for Distance Running: A Brief Update. *Strength & Conditioning Journal*, 2007, 29.1: 28-35.

- Jones, E.K., Johnson, R.K., Harvey-Berino, J.R. Is losing sleep making us obese? *Nutrition bulletin*. 2008, vol. 33, p. 272-278.
- Jung, A.P. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*, 2003, 33.7: 539-552.
- Kalak, N., Gerber, M., Kirov, R., Mikoteit, T., Yordanova, J., Pühse, U., Holsboer-Trachsler, E., Brand, S. Daily morning running for 3 weeks improved sleep and psychological functioning in healthy adolescents compared with controls. *Journal of Adolescent Health*. 2012 Dec;51(6):615-22.
- Kelly, CH. M., Burnett, A.F., Newton, M.J. The effect of strength training on three-kilometer performance in recreational women endurance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2008, 22.2: 396-403.
- Kiell, P. J. "Slow vs. fast running and longevity." *AMAA Journal*, Winter-Spring 2015, p. 5+.
- King, J.A., Wasse, L. K., Stensel, D. J., Nimmo, M.A. Exercise and ghrelin. A narrative overview of research. *Appetite*. 2013 Sep;68:83-91.
- Kirkendall, D. T., Garrett, W. E. The effects of aging and training on skeletal muscle. *American Journal of Sports Medicine*. 1998 Jul-Aug;26(4):598-602. Review.
- Klok, M. D., Jakobsdottir, S., Drent, M.L. The role of leptin and ghrelin in the regulation of food intake and body weight in humans: a review. *Obesity Reviews*. 2007 Jan;8(1):21-34. Review.
- Kössel, J., Štumbauer, J., Waic, M. *Vybrané kapitoly z dějin tělesné kultury*. Praha: Karolinum, 2006
- Krejčí, M. Podpora zdraví v adekvátních pohybových režimech. In Hendl, J., Dobrý, L. et al. *Zdravotní benefity pohybových aktivit – monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum. 2011.
- Kučera, M., Dylevský, I. *Sportovní medicína*. Praha: Grada, 1999.
- Kučera, V., Truksa, Z. *Běhy na střední a dlouhé tratě*. 1. vyd., Praha: Olympia. 2000.
- Kyröläinen, H., Pullinen, T., Candau, R., Avela, J., Huttunen, P, Komi, P. V. Effects of marathon running on running economy and kinematics. *European Journal of Applied Physiology*. 2000 Jul;82(4):297-304.
- Latham, A. The history of a habit: jogging as a palliative to sedentariness in 1960s America. *Cultural geographies*. 2015. 22, 1, 103-126.

- Larisova, V. Does Resistance Training Improve Running Economy and Distance Running Performance?: Literature Review and Practical Applications. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 2014, 22: 56-62.
- Layne, J. E., Nelson, M. E. The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1999 Jan;31(1):25-30. Review.
- Lee, D. C., Pate, R.R., Lavie, C.J., Sui, X., Church, T.S., Blair, S.N. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014 Aug 5;64(5):472-81.
- Leveritt, M. et al. Concurrent strength and endurance training. *Sports medicine*, 1999, 28.6: 413-427.
- Lieberman, D. E. et al. The evolution of endurance running and the tyranny of ethnography: A reply to Pickering and Bunn. *Journal of Human Evolution*. 2007, 53(4), 439-442.
- Lun, V., Meeuwisse, W. H., Stergiou, P., Stefanyshyn, D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *British Journal of Sports Medicine*. 2004, 38:576-580.
- McArdle, V. D., Katch, F. I., Katch, V. L. *Exercise Physiology: : energy, nutrition, and human performance*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- Máček, M., Radvanský, J. et al. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* Praha: Galén, 2011.
- Malina, M. R., Bouchard, C. Bar-Or, O. *Growth, maturation and physical activity*. 2nd ed. Champaign. IL : Human Kinetics. 2004.
- Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., Hurley, B. F. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 1991, 23.6: 739-743.
- Marti, B. Health effects of recreational running in women. Some epidemiological and preventive aspects. *Sports Medicine*. 1991 Jan;11(1):20-51. Review.
- Měkota, K., Cuberek, R. *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*. Univerzita Palackého. Olomouc. 2007.
- Měkota, K., Novosad, J. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc, 2005.
- Methenutis, S. A Brief Review on Concurrent Training: From Laboratory to the Field. *Sports (Basel)*. 2018 Oct 24;6(4).
- Miessner, W. *Richtig Hanteltraining*. München:BLV Verlagsgesellschaft, 2006.

- Ministerstvo zdravotnictví ČR *Zdraví 2020 Národní strategie ochrany a podpory zdraví a prevence nemocí - Akční plán č. 1: Podpora pohybové aktivity na období 2015-2020*. [online] 2015 [online citováno dne 20.8.2018]. Dostupné z: <http://www.mzcr.cz/verejne/dokumenty>
- Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., Häkkinen, K. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine*. 2007 Jul;28(7):602-11. Epub 2007 Mar 20.
- Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Hakkinen, K., Nummela, A. Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29:1359-1371.
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F., Candau, R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002;34:1351-1359.
- Midgley, A.W., McNaughton, L.R., Jones, A.M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Medicine*. 2007;37(10):857-80. Review.
- Moore, I. S., Jones, A. M., Dixon, S.J. Mechanisms for improved running economy in beginner runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012 Sep;44(9):1756-63.
- Munekani, I., Ellapen, T. J. Does concurrent strength and endurance training improve endurance running? A systematic review: sport science. *African Journal for Physical Health Education, Recreation and Dance*, 2015, 21.1.1: 46-58.
- Murphey, E. Lee, W. "Factors Leading to Increased Marathon Participation & Use of Social Media" Tourism Travel and Research Association: Advancing Tourism Research Globally. [online]. 2016 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.csts.cz/clanky/dance/lit.htm>.
- Murphy, K., Curry, E. J., Matzkin, E. G. Barefoot running: does it prevent injuries? *Sports Medicine*. 2013, 43(11), s. 1131-1138.
- Mužik, V., Vlček, P. *Škola, pohyb, zdraví*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2010.
- Müllerová, D., Hainerová, I. A., Fried, M., Honnerová, M., Kunešová, M. et al. *Obezita – prevence a léčba*. Praha: Mladá fronta. 2008.

- Neumann, G., Pfützner, A., Berbalk, A. *Successful endurance training*. Meyer & Meyer Verlag, 2000.
- Noakes, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the Adaptations that predictor enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2000 Jun;10(3):123-45. Review.
- Nomaguchi, K.M., Bianchi, S.M. Exercise Time: Gender Differences in the Effects of Marriage, Parenthood, and Employment. *Journal of Marriage & Family*. 2004;66:413-430.
- Novák, J. Prevence a léčba obezity fyzickou aktivitou. In MÜLLEROVÁ, D. et al. *Obezita – prevence a léčba*. Praha: Mladá fronta. 2009.
- Novotný, J., Novotná, M. Fyziologické principy tréninku a testy běžců. *Atletika* ročník 60, 2008, číslo 11. 28-42.
- O'Donghue, P. *Research methods for sports performance analysis*. New York: Routledge, 2010.
- Ortega FB, Ruiz JR, Labayen I, Lavie CJ, Blair SN. The Fat but Fit paradox: what we know and don't know about it. *British Journal of Sports Medicine*. 2018 Feb;52(3):151-153.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., Rusko, H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 1999, 86.5: 1527-1533.
- Pasman, W., Westerterp-Plantenga, M., Saris, W. The effect of exercise training on leptin levels in obese males. *American Journal of Physiology*. 1998 Feb;274(2 Pt 1):E280-6.
- Patočková, V. *Volný čas jako kulturní fenomén*. Praha 2014. Disertační práce. Filozofická fakulta Univerity Karlova. Vedoucí práce Martin Matějů.
- Pauline, G. Women's Participation in Endurance Events: An Example of How Far We Have Come. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 2014, 85.1: 4-6.
- Pedersen, B. K., Saltin, B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2015 Dec;25 Suppl 3:1-72.
- Perič, T., Dovalil, J. *Sportovní trénink*. Grada. Praha 2010.

- Pellegrino, J., Ruby, B. C., Dumke, C. L. Effect of Plyometrics on the Energy Cost of Running and MHC and Titin Isoforms. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2016 Jan;48(1):49-56.
- Piacentini, M. F., DeIoannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., La Torre, A. Concurrent strength and endurance training effects on running economy in masterendurance runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013 Aug;27(8):2295-303.
- Physical Activity Guidelines for Americans. United States Department of Health and Human Services Union. [online], 2008 [cit. 20-08-2018]. Dostupné z: <https://health.gov/paguidelines/guidelines>.
- Plowman, S. A., Smith, D. L. *Exercise physiology for health, fitness, and performance*. 2011. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S.M., Olson, R.D. The Physical Activity Guidelines for Americans. *The Journal of the American Medical Association*. 2018 Nov 20;320(19):2020-2028.
- Powell, K. E., Pratt, M. Physical activity and health. *BMJ (Clinical Research Ed.)*. 1996;313:126-127.
- Prentice, W. E. *Rehabilitation Techniques for Sports Medicine and Athletic Training*. 2004, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Prudký, L et al. *Inventura hodnot: výsledky sociologických výzkumů hodnot ve společnosti České republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2009.
- Psotta, R., Bunc, V. Mahrová, A. Netscher, J. Nováková, H. *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada Publishing, 2006.
- Racil, G., Zouhal, H., Elmontassar, W., Ben Abderrahmane, A., DeSousa, M. V., Chamari, K., Amri, M., Coquart, J.B. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016 Jan;41(1):103-9.
- Running USA. *State of the Sport—Part II: Running Industry Report*. Basingstoke: Palgrave Macmillan; 2016.
- Rychtecký, A. (Ed) et al. *Monitorování účasti mládeže ve sportu a pohybové aktivitě v České republice*. Monografie. 2006. Praha: Universita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.

- Sale, D. G. Neural adaptation to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1988 Oct;20(5 Suppl):S135-45. Review. PubMed PMID: 3057313.
- Sale, D. S., MacDougall, J. D., Jacobs, I, Garner, S. Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*. 1990;68:260–70.
- Sandler, M., Lee, J. *Barefoot running: how to run light and free by getting in touch with the Earth*. 1. vyd. Boulder, CO: RunBare Pub, 2010.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., Hawley, J. A. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*. 2004;34:465-485.
- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J., Hawley, J. A. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006 Nov;20(4):947-54.
- Sedano, S., Marín, P. J., Cuadrado, G., Redondo, J. C. Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013 Sep;27(9):2433-43.
- Shephard, R. J., Bouchard, C. Principal components of fitness: relationship to physical activity and lifestyle. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 1994 Jun;19(2):200-14.
- Shaw, I., Shaw, B. S., Brown, G. A., Cilliers, J. F. Concurrent resistance and aerobic training as protection against heart disease. *Cardiovascular Journal of Africa*. 2010 Jul-Aug;21(4):196-9.
- Scheerder, J., Breedveld, K., Borgers, J. *Running across Europe- The Rise and Size of one of the Largest Sport Markets*. 2015 London: Palgrave Macmillan.
- Schnohr, P, O'Keefe, J. H., Marott, J. L., Lange, P., Jensen, G. B. Dose of Jogging and Long-Term Mortality *Journal of the American College of Cardiology* Feb 2015, 65 (5) 411-419.
- Schutzer, K. A., Graves, B. S. Barriers and motivations to exercise in older adults. *Preventive Medicine*. 2004;39:1056-1061.
- Schumann, M., Yli-Peltola, K., Abbiss, C. R., Häkkinen, K. Cardiorespiratory Adaptations during Concurrent Aerobic and Strength Training in Men and Women. *PLoS One*. 2015a Sep 29;10(9).

- Schumann, M., Mykkänen, O. P., Doma, K., Mazzolari, R., Nyman, K., Häkkinen, K. Effects of endurance training only versus same-session combined endurance and strength training on physical performance and serum hormone concentrations in recreational endurance runners. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2015b Jan;40(1):28-36.
- Sigmund, E., Sigmundová, D., Badura, P., Kalman, M., Hamrik, Z., Pavelka, J. Temporal Trends in Overweight and Obesity, Physical Activity and Screen Time among Czech Adolescents from 2002 to 2014: A National Health Behaviour in School-Aged Children Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015 12(9), 11848–11868.
- Sinclair, A. R., Leakey, M.D., Norton-Griffiths, M. Migration and hominid bipedalism. *Nature*. 1986, 324(6095), 307-308.
- Slepičková, I. *Sport a volný čas*. Praha: Karolinum. 2005.
- Slepičková, I., Slepička, P. Kde hledat počátky moderního sportu. *Geografické rozhledy*. 2012, 4, 11-12, 2-5.
- Sloan, R. P., Shapiro, P. A., DeMeersman, R. E. Impact of aerobic training on cardiovascular reactivity to and recovery from challenge. *Psychosomatic Medicine*. 2011;73:134-141.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., Watsford, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. *European journal of applied physiology*, 2003, 89.1: 1-7.
- Stejskal, P. *Proč a jak se zdravě hýbat*. Břeclav: Presstempus, 2004.
- Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., Hoff, J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 2008, 40.6: 1087.
- Suchomel, A. *Tělesně nezdatné děti školního věku (motorické hodnocení, hlavní činitelé výskytu, kondiční programy)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2006.
- Szabo, A., Abraham, J. The psychological benefits of recreational running: A field study. *Psychology, health & medicine*, 2013, 18.3: 251-261.
- Štich, V. Pohybová aktivita v prevenci a léčbě obezity. In Hainer, V. et al. *Základy klinické obezitologie, 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada, 2011.
- Štich, V., Berlan, M. Physiological regulation of NEFA availability: lipolysis pathway. *The Proceedings of the Nutrition Society*. 2004; 63: 369-374.
- Štohanzl, M. Benefity silového tréninku pro rekreační běžce. *Logos Polytechnikos*. 2016. 7(2), 174 - 185.

- Štohanzl, M., Baláš, J., Draper, N. Effects of minimal dose of strength training on running performance in female recreational runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2018. Sep;58(9):1211-1217.
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A, et al. Strength training in endurance runners. *International Journal Of Sports Medicine*.2010;31:468-476.
- Talluri, T., Lietdke, R.J., Evangelisti, A. *Fat-free mass qualitative assessment with bioelectric impedance analysis*. In Riu, P.J., Rossel, J. Gragos, R., Casas, O.(eds): *Electrical bioimpedance methods*. Ann NY Acad Sci, 1999. 873, s. 94-98.
- Tanaka, H., Seals, D. R. Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *The Journal of Physiology*, 2018, 586(Pt 1), 55–63.
- Tanaka, H., Swensen, T. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports Medicine*. 1998 Mar;25(3):191-200. Review.
- Tonoli, C., Cumps, E. Aerts, I., Verhagen, E. Incidence, risk factors and prevention of running related injuries in long-distance running: a systematic review. *Sport & Geneeskunde*, 2010, 43.5.
- Turner, A. M., Owings, M., Schwane, J. A. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2003, 17.1: 60-67.
- Tvrzník, A., Soumar, L., Saoulek, I. *Běhání*. Praha:Grada, 2004.
- Van Dyck, D., Cardon, G., de Bourdeaudhuij, I., de Ridder, L., Willem, A. Who Participates in Running Events? Socio-Demographic Characteristics, Psychosocial Factors and Barriers as Correlates of Non-Participation—A Pilot Study in Belgium. Tchounwou PB, ed. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(11):1315.
- Van Gent, R.N., Siem, D., Van Middelkoop, M., Van Os, A.G., Bierma-Zeinstra, S.M., Koes, B.W. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2007 Aug;41(8):469-80; discussion 480. Epub 2007 May 1. Review.
- Van der Worp, M.P., Ten Haaf, D.S., van Cingel, R., De Wijer, A., Nijhuis-van der Sanden MW, Staal JB. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One*. 2015 Feb 23;10(2).

- Vikmoen, O., Raastad, T., Seynnes, O., Bergström, K., Ellefsen, S., Rønnestad, B. R. Effects of Heavy Strength Training on Running Performance and Determinants of Running Performance in Female Endurance Athletes. *PLoS One*. 2016 Mar 8;11(3)
- Vilaca, J., Bottaro, M., Santos, C.. Energy Expenditure Combining Strength and Aerobic Training. *Journal of Human Kinetics*. 2011;29A:21-25.
- Vilikus, Z. *Funkční diagnostika*. Praha: Palestra, 2012.
- Walther, M., Reuter, I., Leonhard, T., Engelhardt, M. Verletzungen und überlastungsreaktionen im lafsport. *Orthopäde* 2005. 34: 3999.
- Wang, Z. M., Pierson, R. N. Jr, Heymsfield, S. B. The five-level model: a new approach to organizing body composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1992 56, 19-28.
- Warburton, D.E., Nicol, C.W., Bredin, S.S. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ: Canadian Medical Association*.2006;174:801-809.
- Wen, C. P., Wai, J.P., Tsai, M. K., Yang, Y. C., Cheng, T. Y., Lee, M. C., Chan, H. T., Tsao, C. K., Tsai, S. P., Wu, X. Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet*. 2011 Oct 1;378(9798):1244-53.
- Williams, K. R., Cavanagh, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*. 1987;63(3):1236-45.
- Williamson, D. L., Gallagher, P. M., Carroll, C. C., Raue, U., Trappe, S. W. Reduction in hybrid single muscle fiber proportions with resistance training in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2001 Nov;91(5):1955-61.
- Wilsom, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., Anderson, J. C. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012 Aug;26(8):2293-307.
- World Health Organisation *WHO Global strategy on diet, physical activity and health: European regional consultation meeting report*. Copenhagen. 2003.
- Young, W. B. Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2006 Jun;1(2):74-83. Review.

Yumuk, V., Tsigos, C., Fried, M., Schindler, K., Busetto, L., Micic, D., Toplak, H. Obesity Management Task Force of the European Association for the Study of Obesity. European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obesity Facts*. 2015;8(6):402-24.

Zinner, CH., Sperlich, B. *Marathon Running: Physiology, Psychology, Nutrition and Training Aspects*. Springer International Publishing. 2016.

8 Přílohy

Příloha 1: Vyjádření etické komise FTVS

Příloha 2: Vzor informovaného souhlasu

Příloha 3: Rezistentní trénink – popis jednotlivých cviků

Příloha 4: Umístění elektrod přístroje BIA 2000 na ruce a noze

Příloha 5: Provedení testu: Skok do dálky z místa snožmo

8.1 Příloha č. 1

Vyjádření etické komise FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce, zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Effects of minimal dose of strength training on running performance in female recreational runners

Forma projektu: výzkumná práce

Období realizace: říjen-listopad 2016

Předkladatel: Mgr. Michal Štohanzl

Hlavní řešitel: Mgr. Michal Štohanzl

Spolurešitel(é): Mgr. Jiří Baláš, Ph.D., Professor Nick Draper, Ph.D. (School of Sport and Physical Education, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand)

Název grantu: Programme for the Development of Fields of Study at Charles University, No.P38 *Biological aspects of the investigation of human movement.*

Popis projektu: Výzkum ověřuje efekt souběžného silového a vytrvalostního tréninku na tělesné složení, ekonomiku běhu a běžecký výkon u skupiny rekreačních běžkyň. Program sestává z kombinace vytrvalostního a silového tréninku. Délka programu je deset týdnů. Ženy, které se do studie dobrovolně přihlásily, podstoupí úvodní měření – analýzu tělesného složení a běžecký zátěžový test. Následně bude aplikován tréninkový program pod vedením zkušeného trenéra a v odstavu deseti týdnů bude opět provedeno vyšetření v laboratoři.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky: Veškerá vyšetření v laboratoři jsou neinvazivní a probíhají pod vedením vyskoleného pracovníka z katedry Laboratoře sportovní motoriky UK FTVS v Praze. Probandi mají platnou lékařskou prohlídku. Rizika prováděného testování nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u tohoto typu testování.

Etické aspekty výzkumu: Studie se účastní pouze zletilé ženy. Osobní data budou anonymizovaná, zúčastněné vystupují ve studii pod číselným kódem. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Informovaný souhlas: příložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne 6.10.2016

Podpis předkladatele: 

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 140/2016

dne: 10. 10. 2016

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.



podpis předsedkyně EK UK FTVS

razítko UK FTVS
UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6
- 13 -

8.2 Příloha č. 2

Vzor informovaného souhlasu

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu s názvem Efekt souhlasného silového a vytrvalostního tréninku na tělesné složení, ekonomiku běhu a běžecký výkon prováděné při Laboratoři sportovní motoriky UK FTVS.

Studie probíhá ve spolupráci s Laboratoří sportovní motoriky při UK FTVS a ověřuje efekt souhlasného silového a vytrvalostního tréninku na tělesné složení, ekonomiku běhu, běžecký výkon a hmotnosti u skupiny žen, které se věnují rekreačnímu běhu, bez pohybového omezení a bez přidružených zdravotních komplikací. Proto je třeba, abyste měl/a lékařskou prohlídku. Předmětem a cílem studie je zjištění, jaké množství objemu silového tréninku v kombinaci s vytrvalostním tréninkem povede k pozitivní změně ve sledovaných parametrech běžeckého výkonu či tělesného složení.

Trvání tohoto programu je deset týdnů, během kterých je třeba sledovat svůj pohybový režim a účastnit se všech tréninkových jednotek s běžeckým trenérem, které budou probíhat dvakrát týdně.

Pro účast ve studii je nezbytné absolvovat dvě vyšetření na začátku a konci programu. Vyšetření bude prováděno v Laboratoři sportovní motoriky na UK FTVS pod dohledem vyškoleného pracovníka. Vyšetření obsahuje měření antropometrických parametrů, analýzu tělesného složení a spiroergometrické vyšetření na běhátku. Při vyšetření nebudou používány žádné invazivní metody. Rizika prováděného testování nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u tohoto typu testování.

Účastník studie nemá nárok na odměnu za účast ve studii.

Získaná data budou užita výhradně pro potřeby studie. Získaná data budou zpracována a uchována v anonymní podobě a publikována v odborných člancích. Účastníkům bude umožněno seznámení s vlastními dílčími i celkovými výsledky.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele projektu *Michal Štohanzl*

Podpis:

Jméno a příjmení hlavního řešitele a spoluřešitelů *Michal Štohanzl, Jiří Baláš, Nick Draper*

Osoba, která provedla poučení:.....

Podpis osoby, která provedla poučení:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl (a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl (a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníkaPodpis:

8.3 Příloha č. 3

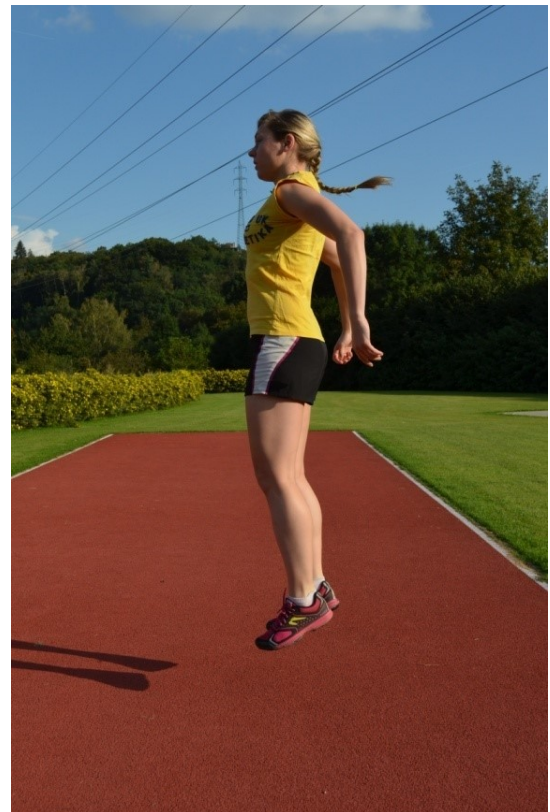
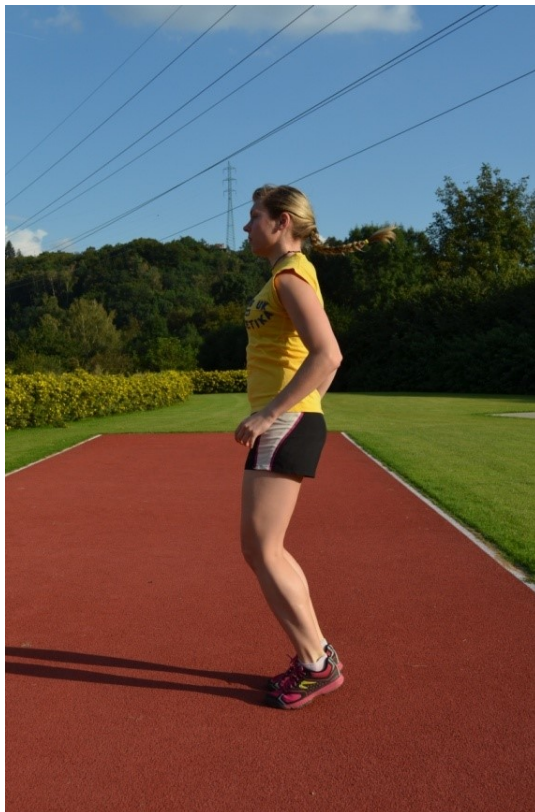
Rezistentní trénink – popis jednotlivých cviků

Před tréninkem je nutné provést úvodní rozvíření formou dynamického strečinku a běžeckého cvičení podle trenéra v časové dotaci přibližně 5 minut.

Po tréninku provádíme statický strečink na zemi pod dohledem trenéra.

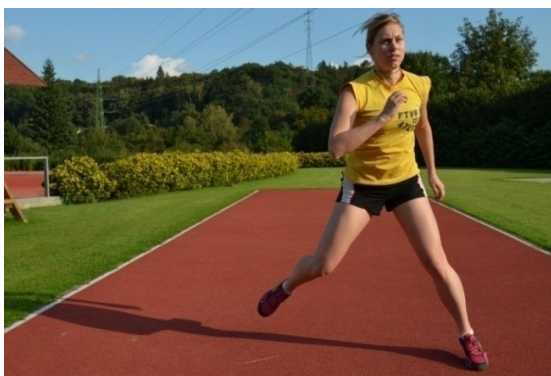
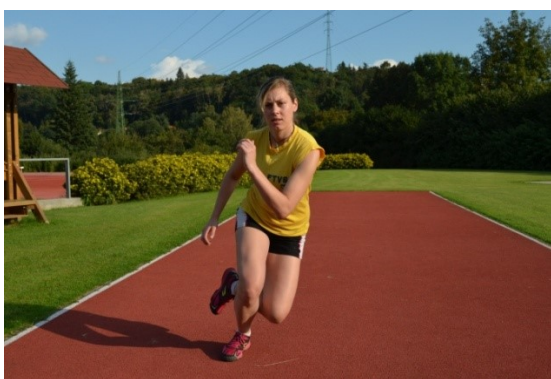
1. Snožné poskoky na místě

Provedení: Cvik se provádí ve stoji na místě. Provádíte opakované poskoky, stejně, jako kdybyste skákaly přes švihadlo. Odraz provádíte ze střední části chodidla, výška poskoků je cca 10cm. Důležité je udržet zpevněnou horní polovinu těla, a udržet po celou dobu cvičení podsazenou pánev a tedy zamezit prohýbání v bedrech. Pozice paží je libovolná, jak komu vyhovuje. Mohou být volně a kmity pomáhat udržovat balanc, nebo je spojte za tělem či dejte v bok.



2. Metcalfové poskoky na místě

Provedení: Představuje široký přeskok z jedné nohy na druhou, klade si vyšší nároky na rovnováhu oproti jiným cvikům. Začínáte ze stoje odrazem levé nohy do strany (doprava) s dopadem na pravou nohu, která, aby poskok vyrovnala, jde do podřepu, je třeba trochu rovnováhy k vyrovnání se v této pozici. Levá noha nedokračuje na zem. Poté opět odrazem z pravé, právě teď zatížené nohy provedete přeskok opět na levou. Vzdálenost dopadů obou noh je ideálně co největší, aspoň 150 cm. Chodidla nohou vždy směřují 90° oproti směru pohybu.



3. Kliky o lavičku

Provedení: Pro klik využijeme lavičku, aby pro vás byly kliky jednodušší, samozřejmě pokud to vaše výkonnost dovolí, není problém dělat kliky na zemi. Cvik začínáme ve vzporu, ruce opřené na lavičce, pravý úhel mezi pažemi a tělem. S nádechem povolím ruce v loktech, provedu klik v rozsahu, kdy nadloktí a předloktí svírá pravý úhel a s výdechem se zdvihám do původní polohy. Celou dobu cvičení udržuji podsazenou pánev, stažené břišní a hýžděové svaly. Hlava je v prodloužení páteře, pozor na záklon hlavy a její souhyby při cvičení.



4. Výskok z podřepu

Provedení: Cvik začínáte na místě ze stoje. Provedete mírný podřep, tj. kolena s lýtky svírají přibližně pravý úhel. Z této pozice se odrazíte vší silou vzhůru do napnutých nohou do maximální výšky nad podložku. Při doskoku cíleně tlumíte dopad do pokrčených nohou, po kterém následuje další odraz. Pohyb a následné opakované výskoky by měly být plynulé. Pozice paží je libovolná, je možno je mít po celou dobu cviku v bok, nebo volně a pomáhat si jejich švihem při výskoku.



5. Výpady

Provedení: Cvik začínáme ve stoji. Zdvihem nohy provedeme výkrok vpřed, snaha o plný pohyb, koleno se dostává nahoru, nohu nesuneme po podložce. Dokrok na plné chodidlo, snižujeme těžiště přibližně do takové hloubky, že zadní noha se kolenem dostává těsně nad podložku. Hlídáme si, aby se koleno přední nohy nedostalo před špičku chodidla, udržujeme celou dobu podsazenou pánev a napřímenou horní část těla. Z této pozice se vracíme do stoje. Stejný pohyb se opakuje na druhou nohu. Ruce dejte v bok, nebo mohou pracovat proti nohám a ulehčují tak držení rovnováhy.



6. Zkracovačky

Provedení: Základní poloha je v lehu na zádech pokrčmo, ruce v týl, nebo zkřížené a dlaně jsou položeny na lopatky. S výdechem se zvedáme lehce vzhůru, stačí, když se zdvihnou ramena z podložky, bedra celou dobu cviku tlačíme do podložky, s nádechem se vracím do původní polohy a cvik opakují.



7. Zdvih jednož bokem na lavičku

Provedení: Ke cviku potřebujete nízkou lavičku, vyšší schod, pevnou židli apod. ideální výška lavičky je do úrovně kolene. Postavíte se k ní bokem, jedna noha na lavičce, druhá na zemi. Pohyb začínám odrazem nohy, která je na zemi a přes dopnutí nohy, která je na lavičce se dostávám do stoje. Noha, která byla na zemi, se zvedne až tak, že koleno se dostává na úroveň pasu. Poté nohu opět spouštím, země se dotkne přední část chodidla a následuje další zdvih. Cvik provádíme poměrně dynamicky, při horní poloze je celé tělo propnuté (nesedíme v tom). Ruce v ideálním případě pracují proti nohám a usnadňují tak rovnováhu. (pozor na bezpečnost, aby se pod Vámi lavička nepřetočila, nebo Vám neuklouzla noha)



8. Výdrž v podporu

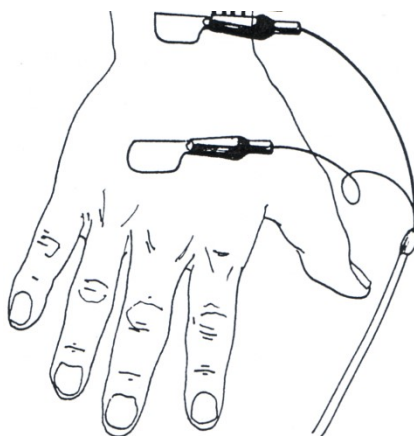
Provedení: Zaujmete pozici podporu na předloktí, tedy předloktí je na podložce. Mezi nadloktím a předloktím je pravý úhel a mezi nadloktím a zbytkem těla také. Hlava je v prodloužení páteře, pohled směřuje mezi ruce (nezaklánět hlavu). Máte stáhnuté hýžděové svaly, stejně jako zpevněné břicho a podsazenou pánev.



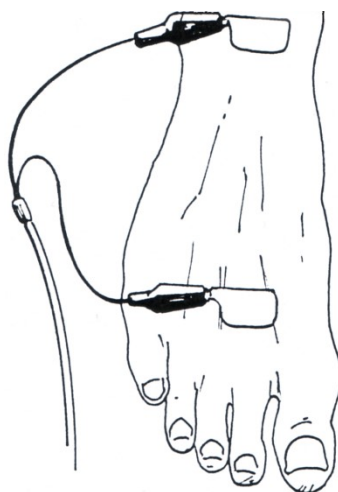
8.4 Příloha č. 4

Umístění elektrod přístroje BIA 2000 na ruce a noze

Umístění elektrod přístroje BIA 2000 – M na ruce



Umístění elektrod přístroje BIA 2000 – M na noze



8.5 Příloha č. 5

Provední testu: Skok do dálky z místa snožmo (Eurofit, 1993)

Standing Long Jump Test (Broad Jump)

The Standing long jump, also called the Broad Jump, is a common and easy to administer test of explosive leg power.

purpose: to measure the explosive power of the legs

equipment required: tape measure to measure distance jumped, non-slip floor for takeoff, and soft landing area preferred.

pre-test: Explain the test procedures to the subject. Perform screening of health risks and obtain informed consent. Prepare forms and record basic information such as age, height, body weight, gender and test conditions. Check and calibrate equipment if required. Perform a standard warm-up. The take off line should be clearly marked.

procedure: The athlete stands behind a line marked on the ground with feet slightly apart. A two foot take-off and landing is used, with swinging of the arms and bending of the knees to provide forward drive. The subject attempts to jump as far as possible, landing on both feet without falling backwards. Three attempts are allowed.

scoring: The measurement is taken from take-off line to the nearest point of contact on the landing (back of the heels). Record the longest distance jumped, the best of three attempts. The table below gives a rating scale for the standing long jump test for adults, based on personal experiences.

rating	males		females	
	(cm)	(feet, inches)	(cm)	(feet, inches)
excellent	> 250	> 8' 2.5"	> 200	> 6' 6.5"
very good	241-250	7' 11" — 8' 2.5"	191-200	6' 3" — 6' 6.5"
above average	231-240	7' 7" — 7' 10.5"	181-190	5' 11.5" — 6' 2.5"
average	221-230	7' 3" — 7' 6.5"	171-180	5' 7.5" — 5' 11"
below average	211-220	6' 11" — 7' 2.5"	161-170	5' 3.5" — 5' 7"
poor	191-210	6' 3" — 6' 10.5"	141-160	4' 7.5" — 5' 2.5"
very poor	< 191	6' 3"	< 141	< 4' 7.5"