

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

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

Autoreferát disertační práce

Vypracoval:	Mgr. Michal Štohanzl
Školitel:	prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Vědní obor:	kinantropologie
Školící pracoviště:	Laboratoř sportovní motoriky

Praha, květen 2019

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Cíle.....	5
3	Hypotézy	5
4	Úkoly práce.....	6
5	Metody a organizace sběru dat.....	6
5.1	Typ studie, proměnné.....	6
5.2	Charakteristika výzkumného souboru.....	7
5.3	Organizace výzkumu.....	7
5.4	Realizace měření	8
5.5	Tréninkový program.....	10
5.6	Etika výzkumu	12
5.7	Statistická analýza dat.....	12
6	Výsledky	14
6.1	Test normality dat	14
6.2	Tělesné složení.....	15
6.3	Funkční parametry	16
6.4	Technika běhu	19
7	Diskuze.....	20
8	Závěr	32
9	Použitá literatura	33

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 navrhuji 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 běžkyne. 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 směrnicích 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 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 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.

4 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. Sjednání praktických doporučení pro tréninkovou praxi, formulace závěrů.

5 Metody a organizace sběru dat

5.1 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, $\dot{V}O_2\text{max}$ a čas do subjektivního vyčerpání při zátěžovém testu na běhacím koberci.

5.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se účastnilo čtyřicet jedna žen. Charakteristiku souboru je možno vidět v tabulce 1. Všechny účastnice můžeme zařadit podle Barnes & Kilding (2015) či Denadai et al., (2017) mezi rekreační běžkyně. 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 běžkyněmi. Probandky se účastnily výzkum bez nároků na odměnu za absolvování studie.

Tab. 1: 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

5.3 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. Běžecký trénink sestával z vytrvalostního běhu v intenzitě pod ventilační anaerobním prahem. Tato hodnota byla stanovena při vstupním

měřením. Probandky při vytrvalostním tréninku využívaly sporttesty 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.

5.4 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.

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. Tělesné složení bylo zjišťováno pomocí celotělového multifrekvenčního bioimpedančního analyzátoru B.I.A 2000M (Data Input, Darmstadt, Germany) s použitím tetrapolárních elektrod umístěných na paži a noze na pravé straně těla v poloze na zádech.

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.

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 km.h⁻¹ a 9 km.h⁻¹ s nulovým sklonem. Probandky běžely čtyři minuty na každé rychlosti. Ekonomika běhu byla vyhodnocena z poslední minuty spotřeby kyslíku na každé rychlosti. Maximální aerobní kapacita byla měřena pomocí spiroergometrického stupňovaného zátěžového testu do maxima. Probandky začínali běžet rychlostí 9 km.h⁻¹ se sklonem běhacího koberce 5% do kopce. Tato rychlost byla zvyšována o 1 km.h⁻¹ každou minutu testu. Spotřeba kyslíku a

produkce oxidu uhličitého byly monitorovány metabolickým analyzérem dech po dechu (Metalyzer 3B, Cortex Biophysic, Germany). Ventilační práh byl určen ve stejném testu využitím koeficientu RER - poměr vydaného CO₂ a přijatého O₂ (Balady et al., 2010). Srdeční tep byl monitorován průběžně během celého testu pomocí hrudního pásu Polar (Polar Electro OY, Finland).

Hodnocení úrovně běžecké techniky probíhalo u probandek při zátěžovém testu na běhacím koberci při rychlosti 9 km.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 běžeckého 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 2 zobrazuje hodnoty ICC pro jednotlivé uzlové body běžecké 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. 2: 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.

5.5 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 předchozí studií 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 3 ukazuje souhrn počtu sérií a opakování pro každé cvičení.

Tab. 3: 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 stop, 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 tréninkového 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.

5.6 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 ujištěny o ochraně osobních údajů. Celý výzkum byl schválen etickou komisí FTVS UK.

5.7 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,

kteřý normalitu posuzuje pomocí výsledné hodnoty p na hladině významnosti 0,05. Je-li p -hodnota větší než 0,05 normalita se nezamítá.

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).

6 Výsledky

6.1 Test normality dat

Posouzení normality dat za pomoci Shapiro-Wilkova testu (tabulka 4) ukázalo, že na hladině významnosti 0,05 nemůžeme normalitu zamítnout a to u všech sledovaných parametrů.

Tab. 4: 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*
$\dot{V}O_2$ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,063*
	postest	0,279*
$\dot{V}O_2$ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,224*
	postest	0,075*
$\dot{V}O_2$ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	pretest	0,124*
	postest	0,142*
$\dot{V}O_{2max}$ (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

6.2 Tělesné složení

Změny v parametrech tělesného složení u jednotlivých skupin jsou vyjádřeny v tabulce 5. 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 6).

Tab. 5: Změny v parametrech tělesného složení u skupiny V, (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) mezi pretestem a posttestem.

V (n=11)	Pretest (průměr ± SO)	Posttest (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. 6: 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

6.3 Funkční parametry

Změny ve funkčních parametrech u jednotlivých skupin jsou vyjádřeny v tabulce 7. 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 8). 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 $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, $\dot{V}\text{O}_2$ při $7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ došlo u experimentálních skupin k statisticky významnému zlepšení mezi pretestem a postestem – tabulka 7. Změny hodnot mimo $\dot{V}\text{O}_2$ 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 8).

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

Tab. 7: 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. 8: 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	p hodnota	p (po Bonferroniho k.)
$\dot{V}O_2$ 7 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	2,493	1,246	0,419	0,662	n/a
$\dot{V}O_2$ 9 km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	3,011	1,506	0,481	0,623	n/a
$\dot{V}O_2$ VAT (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	3,289	1,646	0,589	0,713	n/a
$\dot{V}O_{2max}$ (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

6.4 Technika běhu

Změny techniky běhu podle vybraných uzlových bodů jsou vyjádřeny v tabulce 9. 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. 9: Změny v uzlových bodech techniky běhu u skupiny V, (n=11), VR30 (n=11), VR60 (n=9) mezi pretestem a posttestem.

V (n=11)	Pretest (průměr ± SO)	Posttest (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 $d > 0,41$

7 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 $45 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (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 běžkyním 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 $28,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (20-29 let) či $24,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (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 pohybového 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; Muneke 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.

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 výraznějšímu 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 studiemi 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 zvýšení aktivity anaerobních enzymů a zvýšení 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 studiemi 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; Munekeani & 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 rozporupnější 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.

8 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 $\dot{V}O_{2max}$ 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.

9 Použitá literatura

- Ackland, T. R., Elliott, B.C., Broomsfield, 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.
- Anderson, T. Biomechanics and running economy. *Sports Medicine Arizona State University*, 1996; 22 (2): 76-89.
- 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.
- Barnes, K.R., Kilding, A.E. Strategies to improve running economy. *Sports Medicine*, 2015 Jan;45(1):37-56.
- 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.
- 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., 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.
- 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. et. al. *Role pohybových aktivit v životě dětí a mládeže*. Závěrečné zpráva VZ MSM 11500001. 2004. Praha: UK FTVS.
- 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 procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2012. s. 7-13.
- 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.
- 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.
- 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.
- Dovalil, J. et al. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002.
- 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.
- 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/cl/eu-physical-activity-guidelines-2008_en.pdf.
- 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.
- 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.
- Hainer, V. et al. *Základy klinické obezitologie, 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada. 2011.
- Haskel, 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.
- Heller, J. *Fyziologie tělesné zátěže: II. Speciální část - 3. díl*. 1. vyd. Praha: 69 Karolinum, 1996.
- Hoffman, J. R. *Physiological Aspects of Sport Training and Performance 2st Edition*, Champaign, IL: Human Kinetics, 2014.
- Issurin, V. B. Training transfer: scientific background and insights for practical application. *Sports Medicine*. 2013 Aug;43(8):675-94.

- 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, P.A., Bampoutas, T. Resistance Training for Distance Running: A Brief Update. *Strength & Conditioning Journal*, 2007, 29.1: 28-35.
- Jung, A.P. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*, 2003, 33.7: 539-552.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Měkota, K., Cuberek, R. *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*. Univerzita Palackého. Olomouc. 2007.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Novotný, J., Novotná, M. Fyziologické principy tréninku a testy běžců. *Atletika* ročník 60, 2008, číslo 11. 28-42.
- 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., Härmäläinen, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Prentice, W. E. *Rehabilitation Techniques for Sports Medicine and Athletic Training*. 2004, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Psotta, R., Bunc, V. Mahrová, A. Netscher, J. Nováková, H. *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada Publishing, 2006.
- Sale, D. G. Neural adaptation to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1988 Oct;20(5 Suppl):S135-45. Review. PubMed PMID: 3057313.
- 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.
- Scheerder, J., Breedveld, K., Borgers, J. *Running across Europe- The Rise and Size of one of the Largest Sport Markets*. 2015 London: Palgrave Macmillan.
- Schutzer, K. A., Graves, B. S. Barriers and motivations to exercise in older adults. *Preventive Medicine*. 2004;39:1056-1061.
- 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.
- 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.
- Szabo, A., Abraham, J. The psychological benefits of recreational running: A field study. *Psychology, health & medicine*, 2013, 18.3: 251-261.
- 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.
- 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.
- Vikmoen, O., Raastad, T., Seynnes, O., Bergstrøm, 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)
- Williams, K. R., Cavanagh, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*. 1987;63(3):1236–45.
- 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.