

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**2019**

**Marcela Říhová**

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Vliv tréninkového zatížení na funkční kapacitu plic u  
gymnastů**  
Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:  
**Doc. Mgr. Michal Štefl Ph.D.**

Vypracovala:  
**Bc. Marcela Říhová**

Praha, prosinec 2019

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla 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 diplomanta

## Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce doc. Mgr. Michalovi Štefflovi, Ph.D za podporu, cenné připomínky a odborné vedení diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat všem účastníkům výzkumu za jejich ochotu, úsilí a spolupráci, a hlavně bych chtěla poděkovat svému manželovi, Mgr. Martinu Říhovi, za podporu, pomoc, trpělivost a péči.

## Abstrakt

**Název** Vliv tréninkového zatížení na funkční kapacitu plic u gymnastů

**Cíle:** Cíl práce je zjistit vliv gymnastického cvičení na usilovnou vitální kapacitu plic (FVC), tepovou frekvenci a hladinu krevního laktátu (LA).

**Metody:** Soubor se skládal z 9 děvčat na vrcholové úrovni sportovní gymnastiky. Skupina se pohybovala ve věku od 18-25 let. Byla měřena usilovná FVC pomocí osobního spirometru, srdeční frekvence pomocí sporttestru a hladina laktátu v krvi pomocí analyzátoru krevního laktátu

Statistické metody: ke zjištění vztahů námi mezi jednotlivými proměnnými byl použit Pearsonův korelační koeficient. K testování námi zvolených závisle proměnných jsme použili Shapiro-Wilkův test normality. Pro stanovení síly závislosti vybraných nezávisle proměnných na závisle proměnné jsme použili regresní model. Pro testování rozdílů mezi jednotlivými měřeními byl použit neparametrický Friedmanův test a pro post-hoc analýzu byl použit Wilcoxonův test

**Výsledky:** Po výkonu došlo ke statisticky významnému ( $p < 0,05$ ) nárůstu hladiny LA i tepové frekvence. Silná statisticky významná závislost ( $p < 0,05$ ) byla nalezena mezi klidovou hodnotou LA a průměrnými změnami FVC a LA po obou cvičeních.

**Klíčová slova:** spirometr, sporttestr, krevní laktát, burpee test, LA, sportovní gymnastika

## **Abstract**

**Title:** The effect of training exercise on lung functional capacity in gymnasts

**Objectives:** The objectives of this work is to find out the influence of gymnastic exercise on forced vital capacity (FVC), heart rate and blood LA.

**Methods:** Nine female top-level artistic gymnasts participated in the study. The age ranged between 18-25 years. FVC was measured by a personal spirometer, heart rate by a sporttester, and blood lactate level by a blood LA analyzer

Statistical analysis: Pearson correlation coefficient was used to determine the relationships between variables. The Shapiro-Wilk normality test was used to test normality in our dependent variables. Regression models were used to estimate associations between variables. Non-parametric Friedman test was used to test the differences between measurements and Wilcoxon test was used for post-hoc analysis.

**Results:** A statistically significant increasing ( $p < 0.05$ ) was found in the blood LA as well as in heart rate. A statistically significant relationship ( $p < 0.05$ ) was confirmed between resting LA level and percentage changes in FVC and LA.

**Keywords:** spirometer, sporttester, blood lactate, burpee test, LA, artistic gymnastics

# Obsah

Obsah .....	7
1 Úvod.....	- 10 -
2 Teoretická východiska práce .....	- 12 -
2.1 Sportovní gymnastika.....	- 12 -
2.1.1 Hodnocení.....	- 12 -
2.1.2 Výkon ve sportovní gymnastice .....	- 13 -
2.1.3 Fyziologické aspekty sportovní gymnastiky.....	- 14 -
2.1.4 Tréninkové zatížení.....	- 14 -
2.2 Mechanika dýchání .....	- 15 -
2.2.1 Dýchací svaly“ .....	- 15 -
2.2.2 Elastické vlastnosti plic .....	- 16 -
2.3 Dýchací systém v zátěži .....	- 17 -
2.4 Vitální kapacita plic .....	- 18 -
2.5 Spirometrie.....	- 18 -
2.6 Zatížení.....	- 19 -
2.6.1 Specifika zatížení ve sportovní gymnastice.....	- 19 -
2.6.2 Intenzita cvičení (Dovalil, 2012) .....	- 20 -
2.7 Tepová frekvence .....	- 21 -
2.7.1 Metody měření tepové frekvence .....	- 21 -
2.8 Krevní laktát.....	- 21 -
2.8.1 Krevní laktát a gymnastická cvičení (Jemni, 2016).....	- 22 -
2.9 Tepová frekvence a laktát .....	- 22 -
2.9.1 VO2 max ve sportovní gymnastice (Jemni, 2011) .....	- 22 -
2.10 Zátěžové testování .....	- 23 -
2.11 Burpee test.....	- 23 -

3	Cíle a úkoly práce, hypotézy.....	- 25 -
4	Metodika práce .....	- 26 -
4.1	Výzkumný soubor .....	- 26 -
4.2	Organizace výzkumu.....	- 26 -
4.3	Charakteristika výzkumu .....	- 26 -
4.3.1	Vstupní vyšetření – měření a vážení.....	- 26 -
4.3.2	Průběh experimentu .....	- 26 -
4.3.3	Spirometrie.....	- 27 -
4.3.4	Tepová frekvence.....	- 28 -
4.3.5	Laktát .....	- 29 -
4.4	Sběr dat.....	- 29 -
4.5	Analýza dat.....	- 30 -
4.5.1	Test normality dat .....	- 30 -
4.5.2	Průměr a směrodatná odchylka.....	- 31 -
4.5.3	Korelační analýza .....	- 31 -
4.6	Regresní analýza .....	- 32 -
4.6.1	Grafické znázornění.....	- 32 -
5	Výsledky .....	- 33 -
5.1	Vstupní údaje .....	- 33 -
5.2	Klidové hodnoty.....	- 34 -
5.3	Test akrobacie (90 s) .....	- 35 -
5.4	Burpee test.....	- 36 -
5.5	Porovnání obou testů.....	- 37 -
5.6	Průměrné procentuální změny hodnot po cvičení .....	- 37 -
5.7	Korelační analýza zátěžových ukazatelů .....	38
5.8	Průměrné změny po cvičení .....	40



5.9	Výsledky a hypotézy .....	47
6	Diskuse.....	48
6.1	Vliv tréninkového zatížení na hodnoty ukazatelů .....	49
6.2	Porovnání se současným výzkumem .....	50
7	Závěr .....	51
8	Seznam literatury .....	53
	Internetové zdroje .....	57
9	Seznam tabulek a obrázků .....	58
9.1	Seznam tabulek .....	58
9.2	Seznam obrázků .....	58
10	Přílohy.....	60
	Příloha č. 1- Vyjádření etické komise.....	60
	Příloha č. 2 – Informovaný souhlas .....	60

# 1 Úvod

Sportovní gymnastika je v programu novodobých olympijských her již od roku 1896. Právě ve sportovní gymnastice Československo získalo svoji první olympijskou medaili, v netradiční disciplíně šplhu na 8 metru dlouhém laně. Poslední olympijské medaile přivezly ženy z Mexika 1968. V kategorii mužů Jiří Tabák bronzovou medaili z Moskvy 1980. V současné době na posledních olympijských hrách 2016 v Riu de Janeru nebyla žádná česká reprezentantka. Důvodem, proč tomu tak je, může být problematika tělesné zdatnosti.

Jako každý sport i sportovní gymnastika se postupem času vyvíjí. Ať už se jedná o změnu pravidel či změnu náradí, stále je na gymnasty tlak zkoušet nové a těžší cviky nebo kombinace prvků velké obtížnosti, kde vzniká větší riziko zranění. Aby se tomu předcházelo, je třeba vytvořit sportovcům výbornou tělesnou zdatnost. O gymnastickém cvičení víme, že tepová frekvence se pohybuje od 80 % maxima na přeskočce až po téměř maximální tepovou frekvenci na prostných či že  $VO_2$  se pohybuje mezi 65–85% maximální spotřeby (Marinna, Rodriguez, 2014). Nicméně o vztahu mezi tréninkovým zatížením a FVC ve sportovní gymnastice žen tato problematika je málo rozebrána.

Diplomová práce je zaměřena na porovnání poměru vitální kapacity plic (FVC) s tepovou frekvencí a hladiny laktátu v krvi ve sportovní gymnastice žen před sestavou a po sestavě na prostných a před a po burpee testu. Dalšími dílčími cíli naší práce bude zjištění míry statistické významnosti jak mezi oběma testy, tak také u jednotlivých funkčních ukazatelů.

Navazuji na své téma v bakalářské práci, kde jsem měřila FVC u gymnastických dětí a porovnávala je s nesportující populací. V bakalářské práci jsem našla mimo jiné problematiku dýchání. Trenéři mládeže dávají přednost před fyzickým tréninkem než před tréninkem dýchačí gymnastiky. Proto bych v diplomové práci chtěla zjistit, jakou vitální kapacitu mají elitní české gymnastky s dalšími fyziologickými ukazateli jako je tepová frekvence a hladina laktátu v krvi.

Protože v České republice neregistrujeme vysoký počet elitních gymnastek, očekáváme přiblížení se ke statistické významnosti a přínos této práce k podpoření vědecké práce a rozšíření vědeckých poznatků ve sportovní gymnastice žen v ČR.

## **2 Teoretická východiska práce**

### **2.1 Sportovní gymnastika**

Dlouhou a bohatou historii sportovní gymnastiky, závodního odvětví zařazeného do programu olympijských her již na prvních hrách v roce 1896, dokumentuje její vývoj. Zpočátku byly do programu soutěží zařazovány i ne zcela typické disciplíny sportovní gymnastiky mužů a žen (šplh na laně, překážková dráha, hromadná cvičení prostná, cvičení na kruzích v hupu apod.), tak jak je známe ze současnosti. Ustálením obsahu soutěží ve sportovní gymnastice mužů (disciplíny – akrobacie, kůň na šíř, kruhy, přeskok, bradla, hrazda) a žen (disciplíny – přeskok, bradla, kladina, prostná) byly položeny základy pro její rozvoj. Za znaky vývoje můžeme považovat postupné zvyšování obtížnosti cvičebních tvarů, celkovou náročnost a obtížnost gymnastických sestav v jednotlivých disciplínách gymnastického víceboje mužů i žen, morfologické, strukturální a funkční změny organismu sledovaných gymnastů a gymnastek (Chrudimský, Šteffl, 2011)

Sportovní gymnastika se řadí mezi individuální sporty, ve kterých se klade velký důraz a nároky na prožívání, vnímání pohybových činností a jejich vzájemné koordinaci. Každé provedení pohybu musí mít estetický výraz, proto sportovní gymnastika patří mezi esteticko-koordinační sporty, ve kterých je nezbytný smysl pro rytmus, rovnováhu, orientaci v prostoru a čase, dále je nutná vysoká úroveň flexibility a výborná svalová koordinace. Celková hodnota gymnastické sestavy je tvořena hodnotou obsahovou, technickou a estetickou (Kubička, 1993).

Pohybový projev jedince ve sportovní gymnastice má převážně acyklický charakter, liší se mechanickými podmínkami jednotlivých disciplín. Co se týče obsahu, jsou zde zahrnuté činnosti statické, vedené a švihové. Gymnastický výkon závisí na technických, motoricko-funkčních předpokladech, somatických dispozicích, úrovni motorického učení, úrovni rozvoje koordinačních a silových schopností, flexibilitě, funkci analyzátorů, všeobecné kondici, psychických ukazatelů a dalších faktorech (Havlíčková, 2004).

#### **2.1.1 Hodnocení**

Díky výkonnostnímu růstu gymnastů, sporným situacím v průběhu soutěže, množství shodných výsledků, nárokům na práci rozhodčích i z hlediska diváků, přispěl složitý a nepřehledný způsob hodnocení gymnastického výkonu ke zrušení maximální známky

deset bodů podle pravidel platných od 1. 1. 2006. V souvislosti se zrušením maximální známky se zcela změnil způsob hodnocení závodních sestav. Byly zavedeny dvě oddělené hodnoty, a to známka za provedení a obtížnost sestavy (Chrudimský, 2014)

Konečné hodnocení na jednotlivých disciplínách gymnastického víceboje je dáno součtem známek rozhodčích panelu „D“ (obtížnost sestavy) a známky „E“ – provedení. Hodnocení provedení je založeno na systematickém přiřazování penalizací za všechna porušení pravidel týkající se techniky cvičení, gymnastického držení těla, plynulosti pohybu, dodržování požadovaných poloh těla a jeho částí ve statických polohách nebo ve švihových cvičebních tvarech zpravidla procházejících stojem na rukou a skladby sestavy. Všechny prohřešky v držení těla a v technice cvičení jsou hodnoceny sborem rozhodčích „E“ a podle velikosti chyby jsou přiřazovány příslušné srážky v desetinách bodu – malá chyba = 0,10 bodu; střední chyba = 0,3 bodu; velká chyba = 0,5 bodu a pád = 1,00 bodů (ČGF, 2017)

### **2.1.2 Výkon ve sportovní gymnastice**

Celkově se výkon ve sportovní gymnastice opírá o kombinaci krátkodobých a do značné míry dlouhodobých anaerobních energetických systémů s malým příspěvkem z aerobních mechanismů. (Breivik, 2007)

Odborná analýza uspořádání sportovního výkonu, vyčlenění komplexu limitujících faktorů sportovně-gymnastického výkonu a jejich odborné hodnocení je podstatným problémem tréninkového procesu ve všech etapách sportovní přípravy. V technicky obtížném sportu, jakým je sportovní gymnastika, je nezbytné dosáhnout dokonalé osvojení, zvládnutí racionální a rigorózně podložené techniky. Ta umožňuje efektivnější a ekonomičtější využití získaného multidimenzionálního pohybového potenciálu – kondičních a koordinačních schopností a osobnostních předpokladů ve sportovní přípravě gymnastů a gymnastek (Dračková, Monka, 2009).

Narůstající nároky na úroveň produkce výkonů ve sportovní gymnastice se projevují v požadavcích na kultivaci a aktuální stav funkční připravenosti organismu a jeho soustav. Funkční kapacitu organismu sportovce můžeme považovat za základní podmínku pro učení se, realizaci a interpretaci gymnastických dovedností. Morfologické, strukturální a z nich vyplývající změny funkčních předpokladů jako výsledek adaptace organismu, jsou přímo závislé na úrovni a intenzitě stresových podnětů. Vytváření stresových situací a manipulace s nimi se primárně odehrává v jednotlivých složkách

sportovního tréninku. Různé metody, techniky a procedury pak vyvolávají rozličné odezvy v organismu sportovce (Chrudimský, Šteffl, 2011).

### 2.1.3 Fyziologické aspekty sportovní gymnastiky

Ve sportovní gymnastice mužů a žen se délka výkonu pohybuje od 5 s na přeskoku až do 30–90 s na ostatních disciplínách. Maximální hodnota laktátu ( $L_{MAX}$ ) je 8–11  $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ . U sportovních gymnastů podporují představu o dominanci anaerobní glykolýzy při výkonu ve sportovní gymnastice (Goswami, Gupta, 1998). Co se týče energetické úhrady, jedná se o ATP-CP systém, anaerobní glykolýzu, u déle trvajících výkonů o aerobní fosforylaci. Seliga a kol. (1991) provedli měření energetického výdeje při gymnastických disciplínách žen (tab. 1).

*Tabulka 1 - Funkční odezva a energetický výdej v gymnastických disciplínách žen v různých obdobích tréninkové přípravy a v závodě.*

Sportovní gymnastika	SF ( $\text{min}^{-1}$ )	La ( $\text{mmol}^{-1}$ )	Nál BM (%)	Výdej E ( $\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
Přeskok	177	6,4	8360	6,1
Bradla	178	10,3	4200	3,1
Kladina	179	8,6	3000	2,2
Prostná	188	11,6	3000	2,2

### 2.1.4 Tréninkové zatížení

Sportovní příprava ve sportovní gymnastice se vyznačuje vyšším objem tréninkového zatížení, hodnoceno prostřednictvím tréninkových hodin a různou intenzitou zatížení. Proměnlivost intenzity se odvíjí podle tréninkového období. Zatímco v přípravném období je intenzita (hodnoceno prostřednictvím „čistého cvičebního“ tréninkového času) nižší, směrem k období závodnímu se intenzita zatížení zvyšuje a snižuje se počet tréninkových jednotek. Celkové tréninkové zatížení se rovněž liší i u různých věkových a výkonnostních kategorií. Vliv intenzivní sportovní přípravy v prepubertálním a pubertálním období dokumentují některé studie. Výsledky naznačují, že intenzivní tréninkové zatížení na úrovni 15 až 18 hodin týdně před a během puberty může zbrzdit

růst, což může mít za důsledek snížení konečné výšky (Burt; Naughton; Higham; Landeo 2010). Na druhou stranu tělesná výška gymnastek je podmíněna geneticky (Caine; Lewis; O'Connor; Howe; Bass 2001)

## 2.2 Mechanika dýchání

### 2.2.1 Dýchací svaly

Nádech je při normálním klidovém dýchání dějem aktivním, výdech dějem pasivním. Inspirační svaly vychylují systém plic – hrudník z rovnovážné polohy. Rovnovážného stavu systému plic – hrudník je dosaženo tehdy, je-li plicní objem rovný funkční reziduální kapacitě (FRC). Této objemové hodnoty je dosaženo na konci klidového výdechu. Pokud se zvyšuje dechové úsilí (například při námaze nebo při patologické obstrukci dýchacích cest), je i expirium dějem aktivním. Mezi hlavními inspiračními svaly patří bránice a zevní mezižební svaly. Pomocnými dýchacími svaly jsou musculus sternocleidomastoideus a skupina skalenových svalů. Při kontrakci bránice se stlačuje břišní obsah kaudálně, žebra se pohybují směrem nahoru a zevně rotují, zvětší se tak objem i předozadní rozměr hrudníku. Při klidovém dýchání jsou exkurze 1–2 cm, při usilovném až 10 cm. Při usilovném dýchání jsou zapojeny i zevní mezižební svaly, čímž se zvětšuje předozadní průměr hrudníku. Při extrémním úsilí jsou zapojeny ještě pomocné dýchací svaly, které zvedají sternum a 1. a 2. žebro. Na konci klidového výdechu je objem plic roven hodnotě FRC. Alveolární tlak je na konci klidového výdechu roven tlaku atmosférickému, v dýchacích cestách proto neproudí plyn. V této chvíli jsou vyrovnány retrakční (smršivé) síly plic a rozpínavé svaly hrudníku (které působí opačným směrem). Výsledkem je negativní tlak v pohrudničním prostoru – 5 cm H<sub>2</sub>O. Jde o průměrnou hodnotu, přičemž je důležité vědět, že velikost inter pleurálního tlaku vstojě činí na úrovni báze plic jen -0,5 a v oblasti apexu plic -0,75 H<sub>2</sub>O. Tento vertikální gradient intra pleurálního tlaku činící 7 cm H<sub>2</sub>O (tj. -7,5 minus -0,5 = 7) je ve vzpřímené poloze konstantní ve všech dechových fázích, tj. jak v klidové výdechové poloze, tak při maximálním nádechu i maximálním výdechu. Gradient je způsoben hmotností samostatných plic a jeho vznik si lze představit jako efekt pístu klesajícího ke dnu uzavřeného válce, přičemž nad pístem vzniká podtlak. Tento gradient je též příčinou nerovnoměrné ventilace v plicích. Při klidovém nádechu se zapojí inspirační svaly, to vede ke zvětšení objemu hrudníku, inter pleurální tlak klesá na -8 cm H<sub>2</sub>O. Návazně vzniká negativní alveolární tlak (při klidovém dýchání -2 cm H<sub>2</sub>O). Při maximálním nádechu je však intra pleurální tlak -35 cm H<sub>2</sub>O (při bázi -33 cm H<sub>2</sub>O, v oblasti apexu -

40 H<sub>2</sub>O). Vzniká tedy tlakový gradient mezi alveolárním a atmosférickým tlakem, vzduch začíná proudit dýchacími cestami do plic a zvětšuje se i objem plic. Na konci klidového nádechu při relaxaci inspiračních svalů se zmenší objem plic, neboť převládne jejich smrštivost. Alveolární tlak se stane pozitivní vzhledem k atmosférickému a plyn z plic proudí ven – nastává výdech (Rokyta, 2000).

### 2.2.2 Elastické vlastnosti plic

Plíce jsou pružný orgán, který má tendenci se smršťovat. Tuto jejich vlastnost nazýváme elasticitou  $\epsilon$ . Jde o retrakční, smrštivou sílu plic neboli elastický odpor plic, kterou během nádechu překonávají inspirační svaly. V průběhu výdechu tato síla vrací respirační systém plíce – hrudník do klidové polohy. Tuto retrakční sílu určujeme buď v absolutní hodnotě (tj. v cm H<sub>2</sub>O na jednotlivých objemových úrovních plic), nebo vyjádřenou jako plicní Compliance (poddajnost) – značena C. Compliance plic je převrácená hodnota plicní elasticity ( $C = 1/E$ ) a popisuje, jaká velikost transpulmonálního tlaku ( $\Delta P$ ) je nutná pro změnu plicního objemu ( $\Delta V$ ):

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

Čím je tedy hodnota C vyšší, tím jsou plíce více poddajné (emfyzematické), a čím je hodnota C nižší, tím jsou plíce více tuhé (fibrotické). Tlakové změny, které sledujeme při měření plicní C, jsou změny transpulmonálního tlaku (rozdíl mezi inter pleurálním a ústním tlakem). Pro měření transpulmonálního tlaku nelze měřit skutečný intra pleurální tlak. Bylo však prokázáno, že stejné hodnoty má tlak měřená v dolní třetině jícnu. Proto se při měření pružných vlastností plic (plicní Compliance a retrakčních tlaků plic) používá jícnové balonkové sondy. Výsledná křivka plicní pružnosti není lineární. V krajních polohách, tj. ke konci maximálního nádechu a výdechu, je na danou změnu objemu nutná větší tlakový rozdíl (je tedy nutné vykonat větší svalovou práci pro dosažení patřičných objemových změn). Naopak strmý průběh (přímkovou závislost má tlakové-objemová křivka (PVC) ve střední části. Po proložení přímkou touto částí PVC je právě ze sklonu této přímky možno vypočítat plicní Compliance (Rokyta, 2000).



### 2.3 Dýchací systém v zátěži

Během pohybové aktivity dochází také ke změnám v mechanice dýchání. Při stupňované zátěži se pozoruje transport dýchání do inspirační polohy a do určité dechové frekvence (asi kolem 40 dechů za minutu) se nemusí používat výdechové svalstvo. Dýchání probíhá tak, jako v klidových podmínkách s minimálními energetickými požadavky, kdy vdech je aktivní a výdech pasivní. Při dosažení určitého stupně intenzity zatížení se dechový objem musí zvyšovat a vydechovaný objem musí být v kratší době. To je možné ze vzduchu, který v plicích zůstává, tedy z expiračního rezervního objemu. Do činnosti se tak musí zapojit i výdechové svalstvo (vnitřní mezižeberní svaly a svaly břišní), jeho zapojení vyžaduje větší spotřebu energie. Energeticky výhodnější je prohloubené dýchání s nižší dechovou frekvencí. Při tělesné práci se zlepšuje průchodnost dýchacích cest, což souvisí s vyšší aktivitou sympatiku, který snižuje napětí hladkých svalů dýchacích cest. U osoby dýchající dechovou frekvencí 40–50 dechů za minutu pozorujeme dýchání otevřenými ústy, to usnadňuje práci dýchacích svalů, ale vdechovaný vzduch není upraven pro vstup do alveolárního prostoru. V tomto případě se neuplatňuje funkce nosní sliznice, která má funkci filtru. (Havličková et al., 2006).

Změny reaktivní lze rozdělit na reakce na dynamickou zátěž stupňované intenzity, kdy při stupňované intenzitě zátěže zpočátku stoupají hodnoty minutové ventilace a výdeje oxidu uhličitého téměř lineárně. Na úrovni 60–70 %  $VO_{2max}$  dochází k určitému zlomu a oba parametry začínají nabývat větších hodnot rychleji než příjem kyslíku. Zároveň dochází k vzestupu ventilačního ekvivalentu pro kyslík, krevního laktátu a poměru respirační výměny. Tato oblast odpovídá ventilačnímu anaerobnímu prahu. Další reaktivní dynamickou modifikací je zátěž konstantní intenzity, která probíhá ve čtyřech fázích. První fáze se nazývá fáze iniciální (počáteční), trvá do 45 s, během ní dochází k prudkému vzestupu hodnot. Druhá fáze je fáze přechodná, trvá 2–3 min, závisí na intenzitě zátěže a výkonnosti jedince, je doprovázena nadcházejícím, méně prudkým vzestupem. Třetí fáze je fáze homeostatická, může trvat i desítky minut, pokud je transportním systémem dodáváno dostatečné množství kyslíku, který zajišťuje zachování rovnováhy mezi aerobními (oxidačními) ději ve tkáních. Tento vyrovnaný stav se nazývá rovnovážný a při vyšších zatíženích není tento stav vůbec dosažen. Čtvrtá fáze je fáze zotavení po ukončení zátěže, která je charakterizována pozvolným poklesem hodnot a může trvat desítky minut (Dobšák, 2009).

## 2.4 Vitální kapacita plic

Dle Bartůňkové (2010) vitální kapacita plic (VC) je množství vzduchu vydechnutého s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu. Je součtem dechového, inspiračního a expiračního rezervního objemu

$$VC = VT + IRV + ERV$$

Muži mají 4,5 – 5,0 l,

sportovci (zejména vytrvalci) 6,0 – 8,0 l,

Ženy 3,0 – 4,0 l, sportovkyně 4,0 – 4,5 l.

K posouzení zdatnosti dýchacího systému se používá poměr mezi naměřenou a náležitou hodnotou

$$VC (\% \text{ nál. VC} = \text{naměřená VC} \times 100 : \text{náležitá VC}).$$

Naměřená hodnota je hodnota individuálně zjištěná náležitá hodnota je hodnota vypočítaná podle tabulek z odpovídající výšky, hmotnosti, věku a pohlaví.

Usilovný výdech vitální kapacity (FVC), je časově rozepsaný výdech. Má větší výpovědní hodnotu než samotná VC. Používají se nejčastěji hodnoty usilovného výdech za 1 až 3 sekundy.

FEV<sub>1</sub> – výdech za 1 s (má činit u zdravého člověka 70–80 % VC)

FEV<sub>3</sub> – výdech za 3 s (85–95 % VC).

## 2.5 Spirometrie

Abychom získali korektivní obraz o funkci dýchání, výsledek spirometrických vyšetření musíme nejen korelovat, tedy dát do vzájemného vztahu s tělesnou hmotností a výškou, tedy přepočítat je na povrch těla (Palát, 1982).

K posouzení ventilace slouží měření některých plicních kapacit a statických a dynamických plicních objemů metodou spirometrie. Původní spirometry pracovaly na principu dvou válců z lehkého materiálu zasunutých do sebe, kdy vzduch vydechnutý ústy vyšetřovanou osobou (při uzavřeném nosním průduchu) vysunoval příslušný válec. Zapisovací zařízení umožnilo odečtení měřeného plicního objemu. Současné spirometry běžně měří jak objemové, tak průtokové změny při požadovaných dechových manévrech. Nejběžnější záznamem změn plicních kapacit a objemů je spirogram (křivka objem –

čas). Velice rozšířená je rovněž křivka průtok – objem (flow volume curve, FVC), která využívá možnosti současného měření a záznamu obou veličin (Rokyta, 2000).

## **2.6 Zatížení**

Dle Dovalila (2012) obecným požadavkem, podmiňujícím zvýšení výkonnosti ve sportu je dosažení řady adaptačních – biologických a psychosociálních změn. V souhrnu se jedná o změny trénovanosti, tj. úrovně dovedností, schopností, vědomostí, stavů, somatických předpokladů atd. Jejich nová úroveň je výrazem přizpůsobení se požadavkům vnějšího prostředí – v tomto případě pohybové činnosti. Otázka zní, čím a jak těchto změn dosáhnout, jak je vyvolat? Ve sportovní praxi spočívá základní možnost ve vědomě řízeném zatěžování, tj. v systematickém opakované zatížení. To má rozhodující roli jako adaptační podnět, při jeho vhodné aplikaci se dá očekávat kumulativní tréninkový efekt. Dosahování efektu má jisté obecné rysy a vztahy mezi zatížením, adaptací, růstem výkonnosti byly definovány jako zákonité.

Dle Wassermana (2012) tělesná zátěž znamená pro řídicí centra potřebu sladit funkce především dvou systémů – kardiovaskulárního a respiračního. Tyto dva systémy se během zátěže musí chovat tak, aby byly schopné pokrýt zvýšenou potřebu výměny plynů na buněčné úrovni pracujících svalů. Oba systémy tak musí kooperovat tak, aby pokryly zvýšenou potřebu příjmu kyslíku a zároveň stíhaly ventilovat oxid uhličitý jako metabolický produkt pryč z těla. Díky sledování vnějších respiračních změn se tak dá celkem dobře posuzovat zdraví nebo funkční kapacita obou systémů v jejich pokrytí respiračních nároků a potřeb od buněčné po zevní respiraci.

### **2.6.1 Specifika zatížení ve sportovní gymnastice**

Podle Jemni (2017) se ventilace gymnastů liší, zejména v určitých situacích, jako je například stoj na ruce, kdy je dýchání obtížnější vzhledem k vyššímu tlaku orgánu dutiny břišní, jako jsou játra, žaludek, střeva na bránici. Cvičení gymnastiky, jako jakékoli jiné pravidelné fyzické aktivity, vyvolává některé kardiovaskulární adaptace; mezi ně patří normální hypertrofie myokardu, snížená srdeční frekvence v klidu a zvýšený ejekční objem systolického systému. Podle M. Potiron-Josse a. Bourdona (1989) zvyšuje pravidelné cvičení rozměr aktivní dutiny srdce o 30 % u aktivních dospělých ve srovnání s nespportující populací. Dalším ukazatelem je rychlejší obnovení klidových hodnot krevního řečiště po cvičení.

### 2.6.2 Intenzita cvičení (Dovalil, 2012)

Každé cvičení, ať už je jeho pohybová struktura jakákoliv, může být v zásadě prováděno s různým stupněm úsilí. Stupeň úsilí ve sportu charakterizuje důležitý aspekt zatížení – jeho intenzitu. Navenek se často projevuje jako rychlost pohybu, frekvence pohybů, distanční parametry pohybu (výška, délka), vztahuje se k velikosti překonávaného odporu.

Fyziologický základ intenzity primárně souvisí s energetickým zabezpečením cvičení. Na buněčné úrovni se stupeň úsilí projevuje energetickým výdejem. Čím je intenzita cvičení vyšší, tím vyšší musí být intenzita energetického výdeje (množství výdeje na jednotku času, KJ za sekundu).

Poznatky o energetice pohybové činnosti umožňují stanovit racionální škálu pro posouzení intenzity. Z biochemických a fyziologických poznatků vyplývá, že zdroj energie, jejich průběžná resyntéza a způsob uvolňování se odlišují podle stupně aktuálního úsilí při cvičení (a tím také podle doby trvání). Zjednodušeně se hovoří o ATP-CP, LA a O<sub>2</sub> systému (alaktátová, laktátová a aerobní zóna energetického krytí). Převážná aktivace těchto systémů, tedy jejich účast na příslušné pohybové činnosti, určuje intenzitu metabolismu, která odpovídá intenzitě cvičení

Kvantitativně lze rozlišit nízkou až maximální intenzitu cvičení, což odpovídá i energetickému krytí činnosti:

- a) maximální intenzita = anaerobní alaktátové krytí (ATP-CP)
- b) submaximální intenzita = anaerobní alaktátové krytí (LA)
- c) střední intenzita = aerobně-anaerobní krytí (LA-O<sub>2</sub>)
- d) nízká intenzita = aerobní krytí.

## 2.7 Tepová frekvence

Tabulka 2 - Tepová frekvence a převážná aktivizace energetických systémů (Dovalil, 2012)

<i>Tepová frekvence (tepů za minutu)</i>	<i>Energetický systém</i>
Do 150	O <sub>2</sub>
150–180	LA – O <sub>2</sub> (ANP)
Přes 180	LA
---	ATP-CP

### 2.7.1 Metody měření tepové frekvence

Měření tepové frekvence a její znalost je důležitá pro získání základní informace o činnosti srdce a patří k základním ukazatelům při posuzování stavu organismu v klidu, při zátěži nebo náhlých poruchách srdce.

## 2.8 Krevní laktát

U některých, ne však u všech typů a intenzit cvičení, se laktát hromadí v krvi a ve svalech zapojených do cvičení. Velká pozornost byla věnována snaze porozumět dynamice produkce a odstraňování laktátu na počátku cvičení, během cvičení a během procesu zotavení po cvičení. Je třeba zdůraznit, že mnoho podmínek ovlivňuje rychlost a velikost akumulace laktátu v krvi a svalech. Zahrnuty jsou strava, stav tělesné zdatnosti a druh a trvání cvičení. (Gollnick, 1986)

Experimentální, klinické a epidemiologické studie v oblasti zdraví i nemoci ukazují, že příznivé účinky tréninku zatížení záleží na intenzitě, při které se tréninkové zatížení provádí. Intenzita, při které se začíná hromadit laktát v kosterním svalstvu je střední až submaximální. Důvod pro akumulaci laktátu je to, že více pyruvátu se převede na laktát laktátdehydrogenázy, primárně jako výsledek změny v intramuskulárním redoxním stavu, a protože oxidace přebytku laktátu se spoléhá na přerozdělení krve do jiných svalů, srdce a jater (Menzies, 2010).

### **2.8.1 Krevní laktát a gymnastická cvičení (Jemni, 2016)**

Moderní víceboj žen vyžaduje vyvíjet sílu především při cvičení na akrobacii a na přeskoku a zároveň klade důraz na technické provedení spojené s choreografií při cvičení na bradlech a kladině. Každá ze čtyř disciplín vyžaduje co nejvyšší stupeň provedení, koncentraci a koordinaci pohybu spojenou s odlišnými nároky na fyzickou kondici a energetické zásoby závodnice.

Při cvičení na přeskoku byly zjištěny hodnoty krevního laktátu mezi 2,4 -3,1+- mmol/l. U sestavy na bradlech dosahovali hodnoty 7,4 – 9,5 mmol/l. Na kladině 4,3 – 10,2 mmol/l a na prostných 7,0 – 8,5 mmol/l.

## **2.9 Tepová frekvence a laktát**

Kardiovaskulární zátěž v různých gymnastických sestavách je výrazně menší než běh maximální intenzitou. Přepětí tepové frekvence je běžné na konci všech pánských gymnastických sestav; hodnocení tréninku nebo hodnocení výkonu v gymnastice srdeční frekvencí by mělo tuto skutečnost vzít v úvahu, aby nedošlo k nesprávné interpretaci; kůň na šíř je fyziologicky nejméně náročný, zatímco cvičení na akrobacii a kruzích jsou nejvíce náročná; opakování gymnastických cviků s krátkou přestávkou může vést k tomu, že se gymnasta přiblíží ke své laktátové toleranci. (Goswami, Gupta, 1998)

### **2.9.1 VO<sub>2</sub> max ve sportovní gymnastice (Jemni, 2011)**

Konvenční moudrost by naznačovala, že elitní skupina by měla mít velkou aerobní kapacitu kvůli vyšším objemům tréninku, i když na rozdíl od jiných sportů jakou je například plavání či cyklistika, VO<sub>2</sub> max v sportovní gymnastice přímo nesouvisí s výkonnostními parametry. Bylo zjištěno, že maximální hodnoty VO<sub>2</sub> gymnastek jsou výrazně nižší než hodnoty sportovců, účastnících se krátkých intenzivních aktivit, jako jsou sprinty na vysoké úrovni. Některé zprávy naznačují, že jsou srovnatelné s hodnotami sedavé „populace“

Mnoho trenérů stále pobízí gymnastky, aby rozvíjeli své VO<sub>2</sub> max zařazováním joggingových tréninků nebo dlouhotrvajícími aktivitami, jako je jízda na kole nebo na posilovacích ergometrech. Zdůvodňují toto tvrzení tím, že je důležité mít vyšší úroveň funkčních ukazatelů, které urychlují zotavení během tréninku s vysokou intenzitou.

Ostatní trenéři stále věří, že dlouhými „vytrvalostní“ tréninky pomáhají kontrolovat hmotnost, zejména u ženských gymnastek.

Existují důkazy, že aerobní vytrvalostní trénink může narušovat silové schopnosti. Tato část jasně ukazuje, že hodnoty VO<sub>2</sub> max u gymnastů, se za posledních pět desetiletí výrazně nezměnily, zatímco gymnastický výkon se výrazně zvýšil. Toto zjištění poskytuje silný důkaz, že není nutné rozvíjet VO<sub>2</sub> max u gymnastů.

VO<sub>2</sub> max u gymnastek na mezinárodní úrovni se pohybuje za posledních 40 let kolem 50 ml / kg / min. i když u amerických elitních gymnastek byla hlášena vyšší hodnota (kolem 60 ml / kg / min) Využití kyslíku je spojeno s rychlým odstraněním laktátu a aerobním tréninkem.

## **2.10 Zátěžové testování**

Zvolená pohybová činnost by měla být co nejbližší přirozenému pohybu, bez velkých nároků na obratnost nebo specializované pohybové dovednosti. Toto doporučení neplatí v případě vrcholových sportovců, kdy volíme zátěž takovou, aby se co nejvíce přiblížila jejich specializaci. Dalším kritériem, které by měla zvolená činnost splňovat, je bezpečnost, tedy aby při zátěžovém testování hrozilo minimální riziko úrazu, pádu nebo jiných nebezpečí. Kromě toho by samotná činnost neměla omezovat sledování nejrůznějších parametrů při zátěži a měla by umožňovat kvantifikovat výkon nebo celkovou vykonanou práci v běžných fyzikálních jednotkách. (Máček, Vávra, 1988, str. 236–237)

Dle Simonianové (2018) Zátěžové testování je velmi rozšířený a poměrně levný diagnostický nástroj, který nám umožňuje objektivizovat tělesnou zdatnost.

## **2.11 Burpee test**

Cvičení bylo ve 30. letech pojmenováno po americkém fyziologovi Royal H. Burpee, který vyvinul test burpee. Získal titul Ph.D. v aplikované fyziologii na Teachers College, Columbiské Univerzitě v roce 1940 a vytvořil cvičení „burpee“ jako součást své Ph.D. práce jako rychlý a jednoduchý způsob, jak posoudit kondici. (Wikipedie)

Cvičení bylo navrženo k měření obratnosti, koordinace, pohyblivosti, koordinace a popularizováno v době, kdy USA vstoupilo do druhé světové války, když jej americké ozbrojené služby přijaly jako způsob posouzení úrovně způsobilosti rekrutů,

Existuje mnoho druhů toho testu. Přibližně kolem 20 způsobu provedení. Skládá se z řady cvičení prováděných v rychlém sledu. Původní cvičení bylo jednoduché:

- Stoj
- vzpor dřepmo
- vzpor ležmo
- vzpor dřepmo
- stoj.

Před a po provedení 4x burpee Royal H. Burpee provedl pět různých měření srdeční frekvence a přišel s rovnicí, která přesně vyhodnotila účinnost srdce při čerpání krve – dobrá míra celkové kondice. (Tamarkin, 2017)



### **3 Cíle a úkoly práce, hypotézy**

#### **Cíle práce**

Cílem této práce bylo zjistit vliv sportovního tréninku ve sportovní gymnastice žen na usilovnou vitální kapacitu (FVC), tepovou frekvenci a hladinu laktátu v krvi.

#### **Úkoly práce**

- 1) literární rešerše
- 2) souhlas etické komise
- 3) vypůjčení přístrojů
- 4) měření
- 5) vyhodnocení výsledků
- 6) vyvození závěru

#### **Hypotézy**

- 1) Po cvičení dojde ke statisticky významné změně FVC (neprokázáno)
- 2) Po cvičení dojde ke statisticky významné změně LA (prokázána)
- 3) Po cvičení dojde ke statisticky významné změně TF (prokázala)
- 4) Mezi jednotlivými proměnnými budou statisticky významné vztahy (korelace)
- 5) Procentuální změny FVC budou závislé na klidových hodnotách FVC a LA (prokázalo) (TF se neprokázala)
- 6) Po modifikované sestavě bude naměřená FVC větší, než před jejím provedením

## **4 Metodika práce**

### **4.1 Výzkumný soubor**

Celkem se studii zúčastnilo 9 žen ve věku od osmnácti do dvaceti pěti let. Rodičům či zákonným zástupcům byl po seznámení s metodami měření předložen k podpisu informovaný souhlas, studie byla realizována se souhlasem Etické komise UK FTVS pod jednacím číslem: 180/2019

### **4.2 Organizace výzkumu**

Realizace měření proběhla 14.9. 2019 v prostorách tělocvičny SK Hradčany. Tento termín byl zvolen záměrně, jelikož měsíc září je vrcholem gymnastické sezóny. Všechny probandky by se tedy teoreticky měly nacházet na vrcholu trénovanosti.

### **4.3 Charakteristika výzkumu**

Diplomová práce je realizována jako kvazi-experiment. Experimentální soubor byl vybrán záměrně a jednotlivé probandky cvičily modifikovanou sestavu. Do výzkumného souboru byly zahrnuty současné elitní české gymnastky.

#### **4.3.1 Vstupní vyšetření – měření a vážení**

U všech účastnic výzkumu byla zjištěna tělesná výška, tělesná hmotnost a kalendářní věk.

#### **4.3.2 Průběh experimentu**

Probandky přišly na měření do gymnastické tělocvičny SK Hradčany, kde jim bylo vysvětleno, jak celé měření bude probíhat, následně jim byla změřena klidová tepová frekvence, usilovná vitální kapacita plic a hladina krevního laktátu. Po měření se šly dívky rozcvičit a následně se po jedné střídaly na prostných, kde cvičily modifikovanou sestavu, která trvala 1 minutu a 30 sekund. Sestava neobsahovala prvky obtížnějšího charakteru, aby se předešlo zranění. Volba cviků zůstala probandkám, tak aby byla dodržena relativní intenzita dle 70 % jejich subjektivního maxima. Cvičení probíhalo po diagonále závodního čtverce, kdy se začínalo akrobatickou řadou a návrat zpět do rohu byl klusem či gymnastickými skoky. Cvičení trvalo minutu a 30 sekund. Následně byla změřena FVC a byla zaznamenána tepová frekvence. Po 5 minutách od docvičení byla měřena hladina laktátu z krve. Po dostatečně dlouhé pauze, následoval další test. Další položkou byl tzv. Burpee test, který byl vykonáván po jednu minutu. Probandky začínaly ve stoji a

pokračovaly do vzporu dřepmo, skokem do vzporu ležmo, následoval klik, vzpor ležmo, skokem zpět vzpor dřepmo a končil zpět ve stoji. Po docvičení byla opět změřena FVC, tepová frekvence a po 5. minutě od docvičení hladina laktátu.

### 4.3.3 Spirometrie

Usilovná vitální kapacita (FVC) byla měřena pomocí osobního spirometru MicroPlus (Micro Medical Ltd, Velká Británie). Probandky byly instruovány dle návodu k použití, aby se několikrát zhluboka nadechly a poté plynule a s co největším úsilím vydechly do spirometru objem vzduchu z plic. Při měření měly gymnastky nosní dírky sevřené klipsem tak, aby nemohl při usilovném výdechu unikat vzduch nosem. Každý pokus byl zopakován 3x. Zaznamenan byl vždy nejlepší výkon.



*Obrázek 1- spirometr*

#### 4.3.4 Tepová frekvence

Pro analýzu hodnot tepové frekvence jsme použili sporttester RS800CX značky Polar



*Obrázek 2- sporttester*

#### 4.3.5 Laktát

Měření laktátu jsme prováděli u každé ženy celkem 3krát. Poprvé v klidu, po druhé a po třetí vždy v 5. minutě po ukončení zátěže. Laktát byl analyzován přístrojem Lactate Pro 2 z kapky krve probanda, která byla odebrána na Lactate Pro 2 test Strip proužek, který byl zasunut v přístroji.



*Obrázek 3- laktátometr*

#### 4.4 Sběr dat

Ke sběru dat bylo ve všech případech použito kalibrovaných přístrojů. Výsledky byly dále zpracovány do přehledných protokolů.

## **4.5 Analýza dat**

V naší práci používáme kvantitativní výzkum. K analýze dat jsme použili statistických metod, které rozvádíme níže.

### **4.5.1 Test normality dat**

Celá řada statistických metod (např. Studentův t-test) pracuje s předpokladem, že základní soubor má normální rozdělení. Není-li tento předpoklad splněn, nelze danou metodu použít. K určení, zda je možné rozdělení dat považovat za normální, slouží testy normality (např. Shapirův-Wilkův test, Kolmogorovův – Smirnovův test). Většina statistického softwaru implementuje nějakou formu testů normality (Wikiscrypt, 2018).

V případě nenormálního rozdělení může být ze statistického hlediska například značně zkreslující i použití průměru a je vhodné jej nahradit, nebo alespoň doplnit, mediánem. Pro normální rozdělení svědčí zhruba distribuce četnosti, jež vytváří přibližný tvar Gaussovy křivky. Normalitu naměřených dat je zapotřebí ověřit výpočtem (Kasal, 1995). Pro toto ověření jsme zvolili Shapirův-Wilkův test, který je zcela obecný pro jakýkoliv typ rozdělení dat (Hendl, 2012).

Test normality dat jsme použili k testování námi zvolených závisle proměných (průměrné změny).

#### 4.5.1.1 Gaussova křivka

Gaussova křivka neboli ukazatel hustoty pravděpodobnosti, je vlastně funkcí o dvou parametrech: střední hodnoty  $\mu$  a rozptylu  $\sigma^2$ . Gaussova křivka je symetrická, střední hodnota  $\mu$  leží právě pod jejím vrcholem. Tvar křivky s extrémem v místě střední hodnoty vlastně říká to, že při opakování náhodného pokusu řídicího se normálním rozdělením budou nejčastěji vycházet hodnoty v okolí střední hodnoty. Symetrie křivky pak říká to, že výsledky vychýlené nad i pod střední hodnotu budou vycházet zhruba stejně často. Parametr  $\sigma^2$  určuje, jak těsně se křivka přimyká střední hodnotě; čím nižší je tento parametr, tím je graf „ostřejší“. V praxi se často používá tzv. pravidlo tří sigma, někdy i dvou nebo jednoho sigma. Platí totiž, že výsledek náhodného pokusu s rozdělením  $N(\mu, \sigma^2)$  leží v intervalu (Wikiscrypt, 2018):

- $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$  s pravděpodobností 68,27 %
- $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$  s pravděpodobností 95,45 %
- $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$  s pravděpodobností 99,73 %.

#### 4.5.2 Průměr a směrodatná odchylka

Průměr je definován jako součet všech naměřených údajů vydělený jejich počtem. Aritmetický průměr je zřejmě nejpoužívanější statistický pojem, a může být často chybně využit nebo poskytovat iluzorní údaje o skutečnosti. Výsledná hodnota průměru totiž může být velmi silně ovlivněna odlehlými hodnotami. S průměrem bývá zobrazována směrodatná odchylka (Hendl, 2004).

##### 4.5.2.1 Friedmanův test

Pro testování rozdílů mezi jednotlivými měřeními byl použit neparametrický Friedmanův test a pro post-hoc analýzu byl použit Wilcoxonův test. Neparametrické metody byly zvoleny proto, že soubor čísel byl malý a pro soubory tohoto typu jsou neparametrické metody účinnější. (Hendl, 2004).

#### 4.5.3 Korelační analýza

Proměnné jsou korelované (resp. asociované), jestliže hodnoty jedné proměnné mají tendenci se vyskytovat společně s určitými hodnotami druhé proměnné. Míra této tendence může sahát od neexistence korelace (všechny hodnoty proměnné Y se vyskytují

stejně pravděpodobně s každou hodnotou proměnné  $X$ ) až po absolutní korelaci (s danou hodnotou proměnné  $X$  se vyskytuje právě jedna hodnota proměnné  $Y$ ). Obecně pak platí, je-li hodnota koeficientu menší než  $|0,3|$ , je závislost proměnných malá. Je-li hodnota vyšší než  $|0,7|$ , závislost proměnných je velká. Pokud se hodnota koeficientu nalézá v rozmezí hodnot  $0,3$  až  $0,7$  nebo od  $-0,3$  do  $-0,7$ , jedná se o středně silnou závislost proměnných (Hendl, 2012).

#### **4.5.3.1 Pearsonův korelační koeficient**

Pro zjištění závislosti bylo ve všech měření použito Pearsonova korelačního koeficientu. Pearsonův korelační koeficient  $r$  zůstává nejdůležitější mírou síly vztahu dvou náhodných spojitých proměnných  $X$  a  $Y$ . Počítáme jej z  $n$  párových hodnot změřených na  $n$  jednotkách. Důležité vlastnosti Pearsonova korelačního koeficientu a podmínky jeho použití lze shrnout pomocí několika tvrzení. Tento koeficient ovšem není vhodné použít v případě nelineárních vztahů protože je špatně měří (Hendl, 2012). Můžeme tedy říci, že čím početnější výzkumný soubor máme tím přesnějšího výsledku můžeme dosáhnout.

Pearsonův korelační koeficient byl použit ke zjištění vztahů námi vybranými závislými proměnnými (% změny jednotlivých ukazatelů)

### **4.6 Regresní analýza**

Pro zjištění síly závislosti vybraných nezávisle proměnných na závisle proměnné jsme použili regresní model. Konkrétně byl použit generalizovaný lineární model pro data s gama distribucí pro data, u kterých byla zamítnuta hypotéza o normálním rozdělení. U ostatních dat byl použit model s normální lineární distribucí.

#### **4.6.1 Grafické znázornění**

Pro lepší přehlednost byly rovněž vytvořeny grafy jednotlivých závislostí, tak jak byly závislosti modelovány v regresních modelech

Data byla analyzována statistickým programem IBM SPSS Statistics 24



## 5 Výsledky

Na základě výsledků testů linearity dat pomocí Kolomogorova – Smirnovova testu, který je obecný pro jakýkoliv typ rozložení dat (Hendl, 2012), jsme zjistili, že naše data jsou normálního rozdělení. K testování hypotéz jsme tedy mohli použít parametrické metody.

### 5.1 Vstupní údaje

Tabulka 3 - vstupní údaje

Proband	Věk	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)
1	25	172	62
2	20	165	70
3	19	166	52
4	16	161	53
5	20	166	71
6	19	168	68
7	19	164	60
8	20	157	52
9	25	160	48

Tabulka 4 - Základní informace o účastnících

	n = 9
Věk	20,3 ± 2,9
Tělesná výška (cm)	164,3 ± 4,5
Tělesná hmotnost (kg)	59,6 ± 8,7

## 5.2 Klidové hodnoty

V tabulce č. 5 jsme zaznamenali hodnoty naměřené před vlastním testováním

*Tabulka 5 - klidové hodnoty*

Proband	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)	FVC (l)	LA (mmol/l)	TF (tep/min)
1	172	62	3,96	1,9	68
2	165	70	3,77	2,1	73
3	166	52	3,33	2,4	70
4	161	53	3,73	1,0	72
5	166	71	3,44	1,1	80
6	168	68	3,73	1,7	80
7	164	60	3,03	1,7	112
8	157	52	4,46	2,1	84
9	160	48	2,34	2,4	98

### 5.3 Test akrobacie (90 s)

Proband	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)	FVC (l)	LA (mmol/l)	TF (tep/min)
1	172	62	3,95	9,4	157
2	165	70	3,76	11,8	181
3	166	52	4,08	3,6	168
4	161	53	3,37	13,7	181
5	166	71	3,13	16,1	179
6	168	68	3,58	11,6	163
7	164	60	2,74	7,9	169
8	157	52	4,03	7,9	159
9	160	48	2,7	7,6	176

*Tabulka 6 - Test akrobacie*

Komentář: Po modifikované sestavě na akrobacii ženy měly průměrnou FVC 3,48 l. Hladina krevního laktátu vzrostla z klidové hodnoty o 4,24 mmol/l na 9,95 mmol/l. TF se zvětšila z průměrné klidové hodnoty na 170,33 tepů/minutu

## 5.4 Burpee test

Tabulka 7 - Burpee test

Proband	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)	FVC (l)	LA (mmol/l)	TF (tep/min)
1	172	62	3,95	12,1	155
2	165	70	3,85	16,2	182
3	166	52	3,38	7,7	160
4	161	53	3,39	10,6	176
5	166	71	3,21	12,6	174
6	168	68	3,81	7,2	163
7	164	60	2,68	11,6	172
8	157	52	3,99	3,4	158
9	160	48	3,34	16,8	177

Komentář: V Tabulce č. 7 můžeme vidět, že po 1 minutě burpee testu FVC se od průměrné klidové hodnoty téměř nezměnila. Oproti krevnímu laktátu, který z 5,71 vzrostl na 10,91 a TF se zvětšila o 86,67 tep/min na 168,55 tep/min.

## 5.5 Porovnání obou testů

Tabulka 8 - hodnoty v jednotlivých měření

	Klidové hodnoty	Po akrobatickém cvičení	Po Burpee testu	p hodnota
FVC (l)	3,53 ± 0,6	3,48 ± 0,5	3,51 ± 0,4	0,293
Laktát (mmol/l)	1,7 ± 5,3	10,0 ± 3,8	11,5 ± 3,4	0,001 <sup>a, b</sup>
TF (tep/min)	81,9 ± 14,5	170,3 ± 9,4	168,6 ± 9,7	0,001 <sup>a, b</sup>

Komentář: hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka;

a) statisticky významný rozdíl mezi 1. a 2. měřením

b) statisticky významný rozdíl mezi 1. a 3. měřením

## 5.6 Průměrné procentuální změny hodnot po cvičení

Tabulka 9- Průměrné změny hodnot po cvičení

	Po akrobatickém cvičení	Po Burpee testu
FVC (%)	99,5 ± 11,8	101,2 ± 16,6
Laktát (%)	684,7 ± 446,9	715,6 ± 263,5
TF (%)	213,1 ± 34,4	210,4 ± 31,7

Poznámka: hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka.

## 5.7 Korelační analýza zátěžových ukazatelů

Tabulka 10 - Korelace mezi jednotlivými proměnnými

		Věk	Výška (cm)	Hmotnost (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	FVC (l) před	FVC (l) po akrobacii	FVC (l) po Burpee testu	Laktát (mmol/l) před	Laktát (mmol/l) po akrobacii	Laktát (mmol/l) po Burpee testu	TF (tep/min) před	TF (tep/min) po akrobacii	TF (tep/min) po Burpee testu
FVC rozdíl (%) po akrobacii	Pearson Correlation	0,388	0,106	-0,433	-0,552	-0,511	0,138	0,006	,862**	-,672*	0,121	-0,147	0,006	-0,101
	Sig. (2-tailed)	0,303	0,786	0,245	0,123	0,160	0,724	0,988	0,003	0,047	0,757	0,705	0,987	0,795
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
FVC rozdíl (%) po Burpee testu	Pearson Correlation	0,655	-0,126	-0,353	-0,359	-,696*	-0,364	0,025	,667*	-0,266	0,556	0,199	0,184	0,261
	Sig. (2-tailed)	0,055	0,747	0,352	0,342	0,037	0,335	0,949	0,050	0,489	0,120	0,607	0,636	0,497
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Laktát (mmol/l) rozdíl (%) po akrobacii	Pearson Correlation	-0,458	-0,097	0,354	0,444	0,272	-0,188	-0,091	-,867**	,895**	-0,024	-0,207	0,449	0,326
	Sig. (2- tailed)	0,215	0,804	0,349	0,231	0,479	0,628	0,815	0,002	0,001	0,950	0,593	0,225	0,392
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Laktát (mmol/l) rozdíl (%) po Burpee testu	Pearson Correlation	-0,184	-0,267	0,210	0,291	0,040	-0,399	-0,221	-,687*	,790*	0,426	0,011	0,620	0,571
	Sig. (2- tailed)	0,636	0,487	0,588	0,448	0,918	0,287	0,568	0,041	0,011	0,253	0,977	0,075	0,108
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TF (tep/min) rozdíl (%) po akrobacii	Pearson Correlation	-0,233	0,323	0,223	0,117	0,388	0,577	0,436	-0,057	0,322	-0,021	-,930**	0,312	0,055
	Sig. (2- tailed)	0,546	0,396	0,564	0,765	0,303	0,104	0,240	0,884	0,398	0,956	0,000	0,414	0,888
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TF (tep/min) rozdíl (%) po Burpee testu	Pearson Correlation	-0,206	0,330	0,272	0,172	0,401	0,565	0,478	-0,044	0,357	0,041	-,919**	0,325	0,101
	Sig. (2- tailed)	0,595	0,386	0,478	0,657	0,284	0,113	0,193	0,910	0,345	0,917	0,000	0,393	0,796
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

## 5.8 Průměrné změny po cvičení

Tabulka 11 - Průměrné změny po cvičení

	Po akrobatickém cvičení	Po Burpee testu
FVC (l)	99,5 ± 11,8	101,2 ± 16,6
Laktát (mmol/l)	684,7 ± 446,9	715,6 ± 263,5
TF (tep/min)	213,1 ± 34,4	210,4 ± 31,7

Poznámka: hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka.

Tabulka 12 - Test normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistika	df	p hodnota
FVC rozdíl (%) po akrobacii	0,792	9	0,016
FVC rozdíl (%) po Burpee testu	0,695	9	0,001
Laktát (mmol/l) rozdíl (%) po akrobacii	0,862	9	0,100
Laktát (mmol/l) rozdíl (%) po Burpee testu	0,934	9	0,518
TF (tep/min) rozdíl (%) po akrobacii	0,931	9	0,492
TF (tep/min) rozdíl (%) po Burpee testu	0,952	9	0,713



Tabulka 13 - Generalizované regresní modely

**Závisle proměnná**

**FVC rozdíl (%) po akrobacii**

	B	95% Wald Confidence Interval		p hodnota
		Lower	Upper	
FVC (l) před	-0,014	-0,083	0,056	0,700
Laktát (mmol/l) před	0,178	0,101	0,255	0,000

**FVC rozdíl (%) po Burpee testu**

Parameter	B	95% Wald Confidence Interval		Sig.
		Lower	Upper	
FVC (l) před	-0,110	-0,222	0,002	0,054
Laktát (mmol/l) před	0,128	-0,001	0,258	0,052

**Laktát (mmol/l) rozdíl (%) po akrobacii**

Parameter	B	95% Wald Confidence Interval		Sig.
		Lower	Upper	
Laktát (mmol/l) před	-	-	-	0,000
	406,013	602,761	209,265	

**Laktát (mmol/l) rozdíl (%) po Burpee testu**

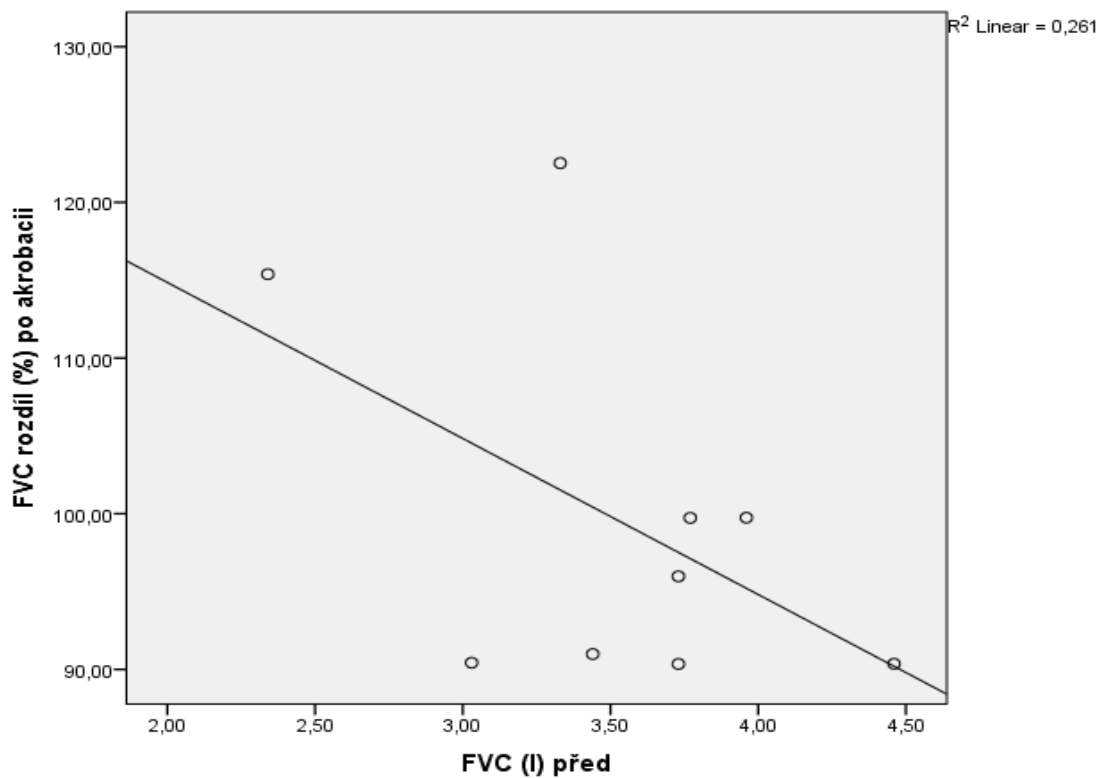
Parameter	B	95% Wald Confidence Interval		Sig.
		Lower	Upper	
Laktát (mmol/l) před	- 245,819	- 449,274	-42,365	0,018
TF (tep/min) po akrobacii	13,273	3,474	23,072	0,008

**TF (tep/min) rozdíl (%) po akrobacii**

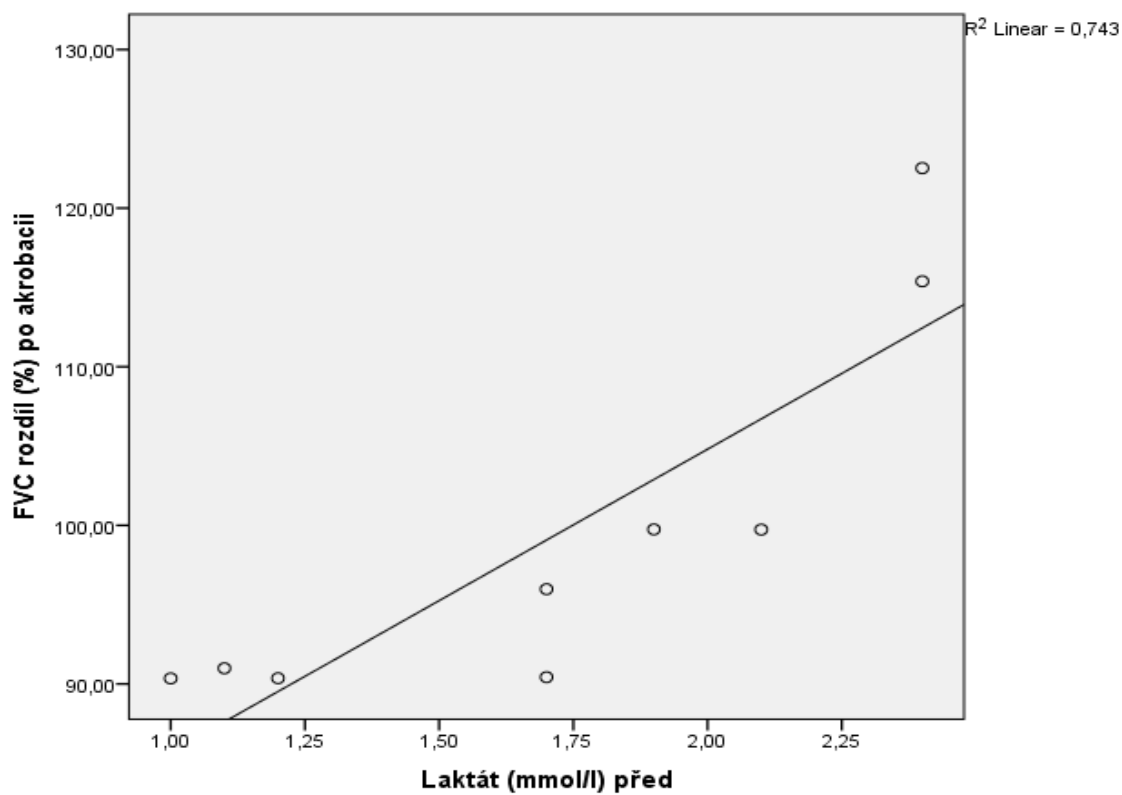
Parameter	B	95% Wald Confidence Interval		Sig.
		Lower	Upper	
TF (tep/min) před	-2,203	-2,773	-1,634	0,000

**TF (tep/min) rozdíl (%) po Burpee testu**

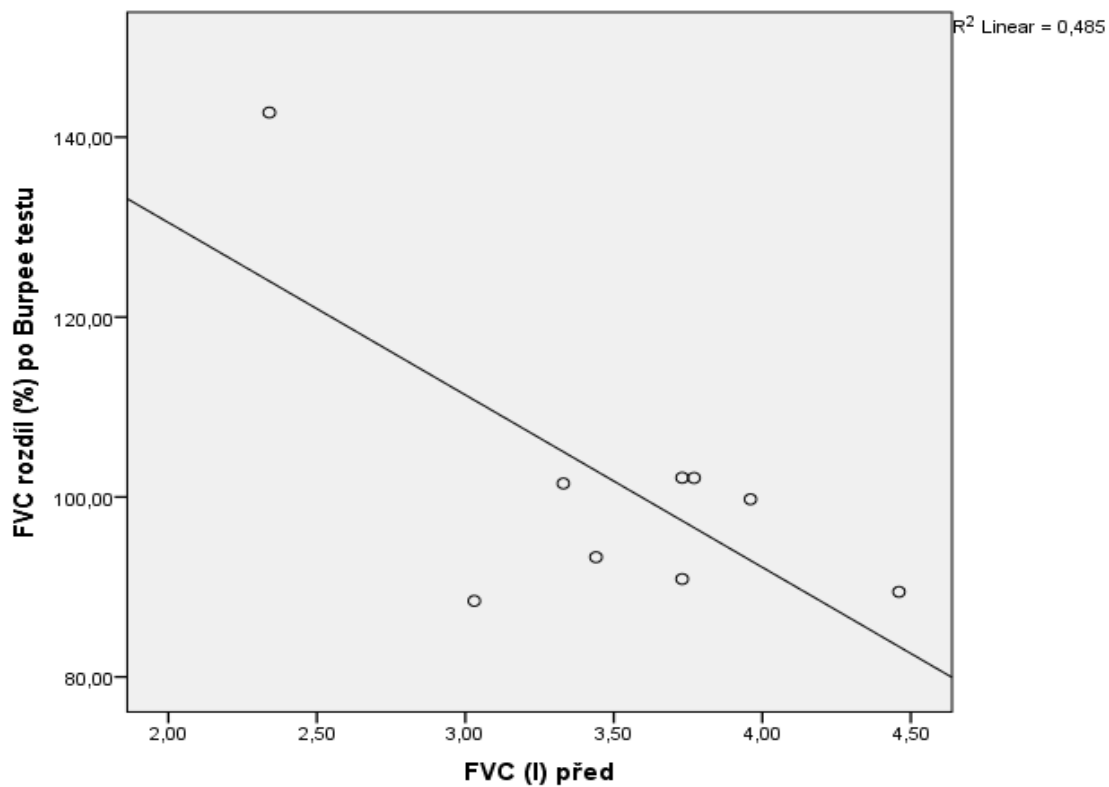
Parameter	B	95% Wald Confidence Interval		Sig.
		Lower	Upper	
TF (tep/min) před	-2,002	-2,564	-1,440	0,000



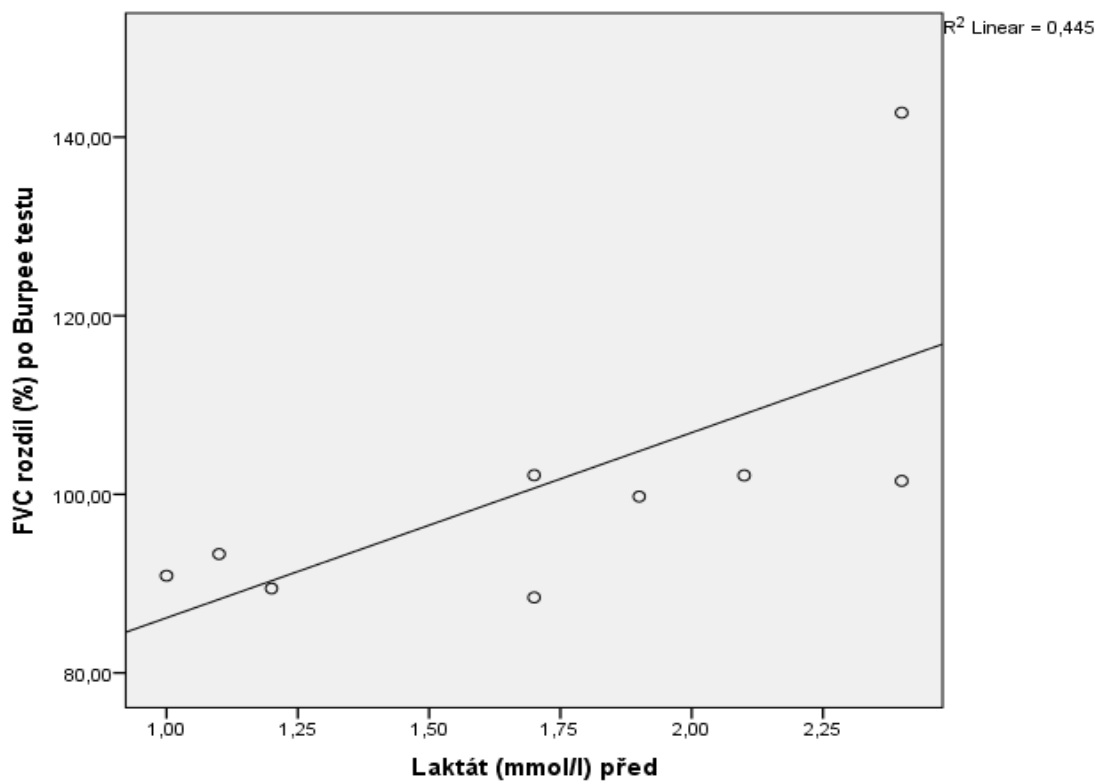
Obrázek 4 -Závislost % změny FVC na klidových hodnotách FVC před akrobacií



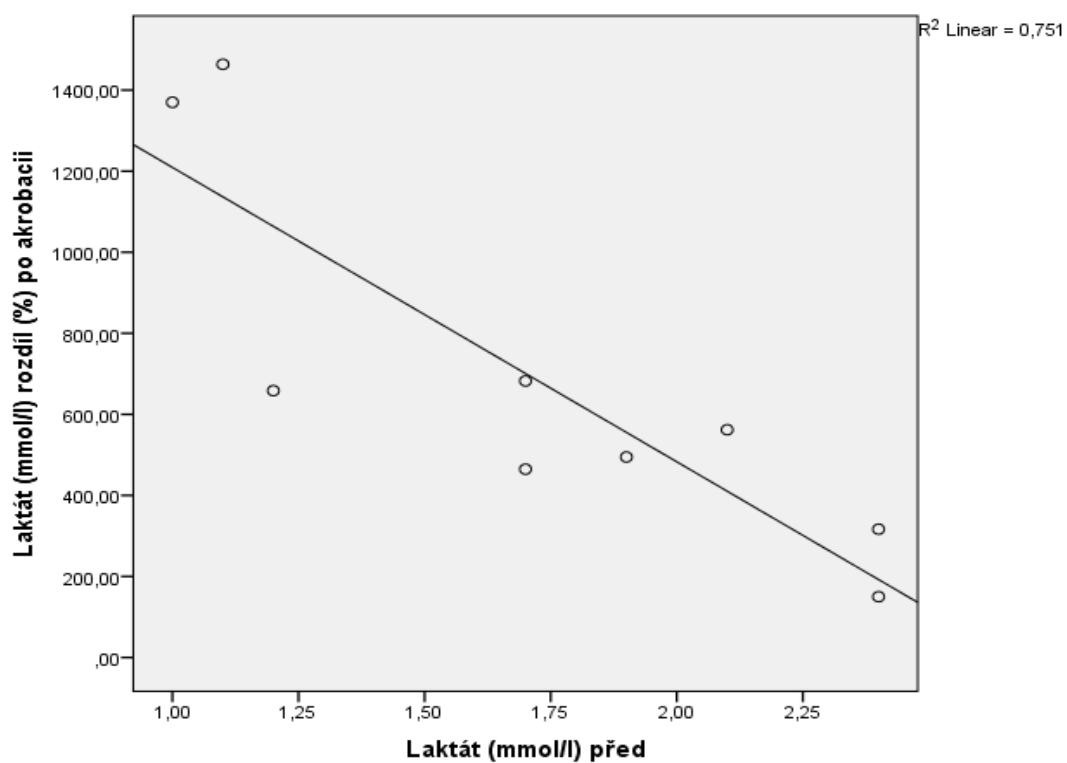
Obrázek 5 – Závislost % změny FVC na klidové hodnoty LA



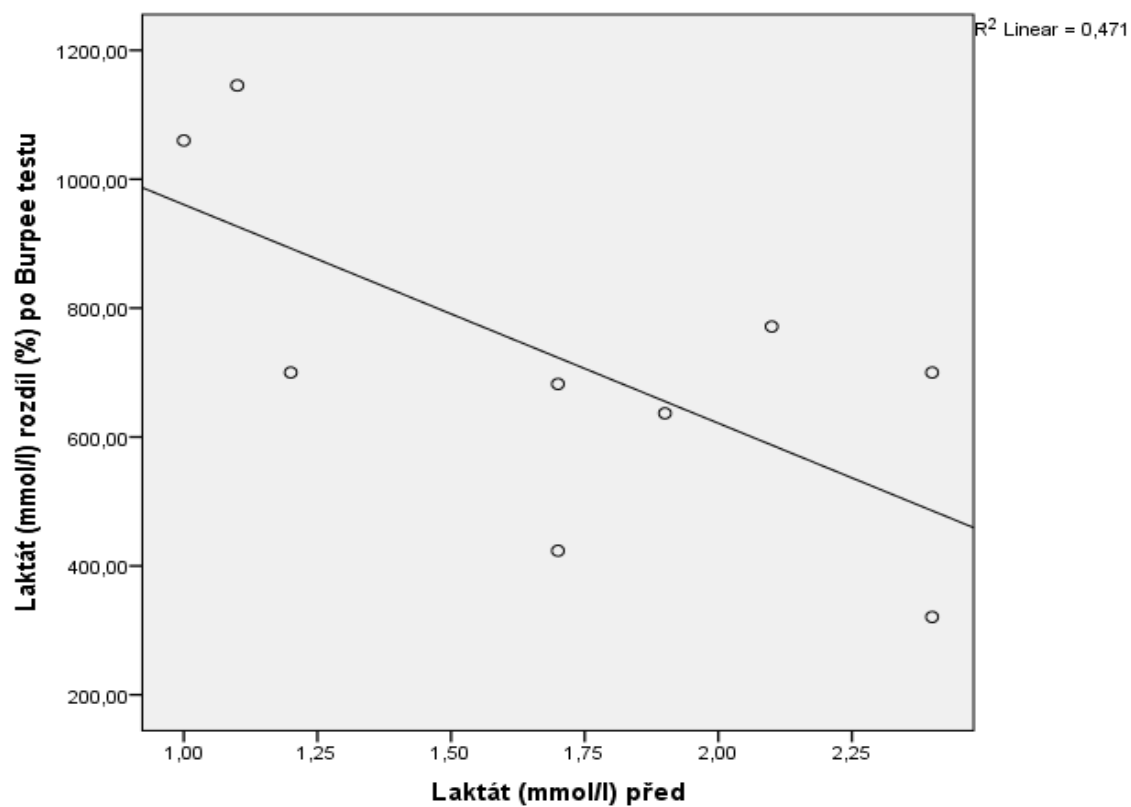
Obrázek 6 - Závislost % změny FVC po Burpee testu na klidových hodnotách FVC před Burpee testem



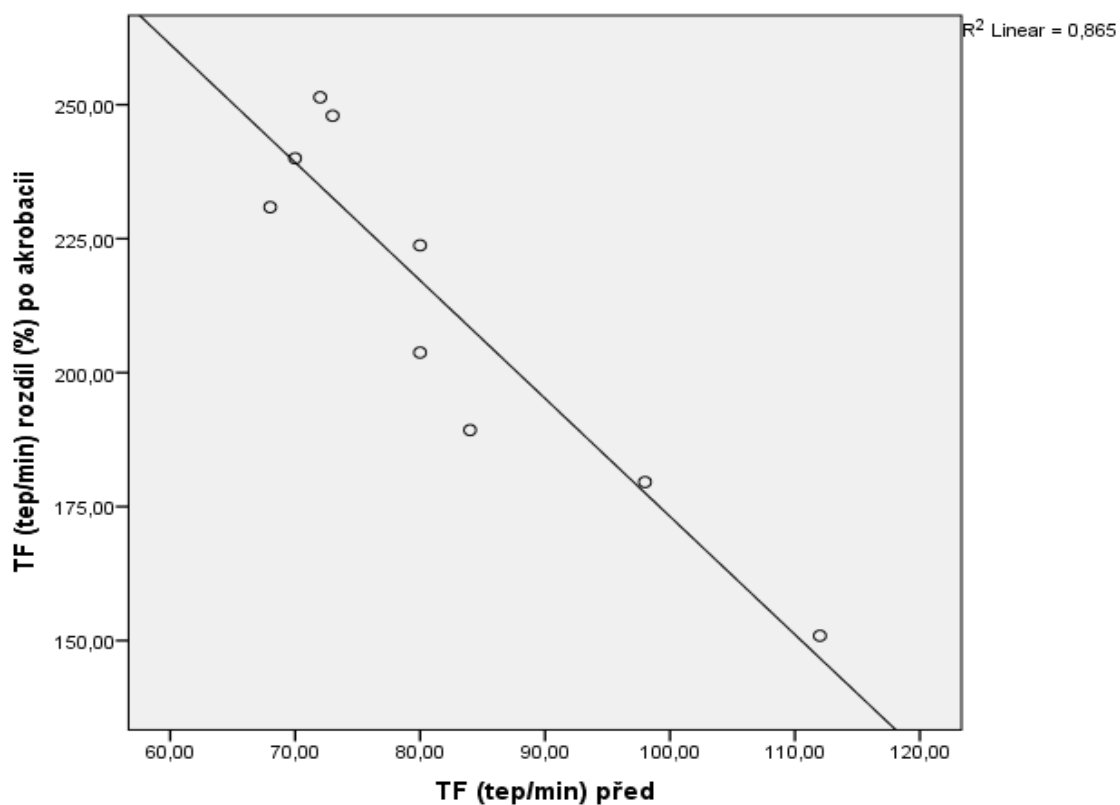
Obrázek 7 - Závislost % změny FVC na klidové hodnoty LA



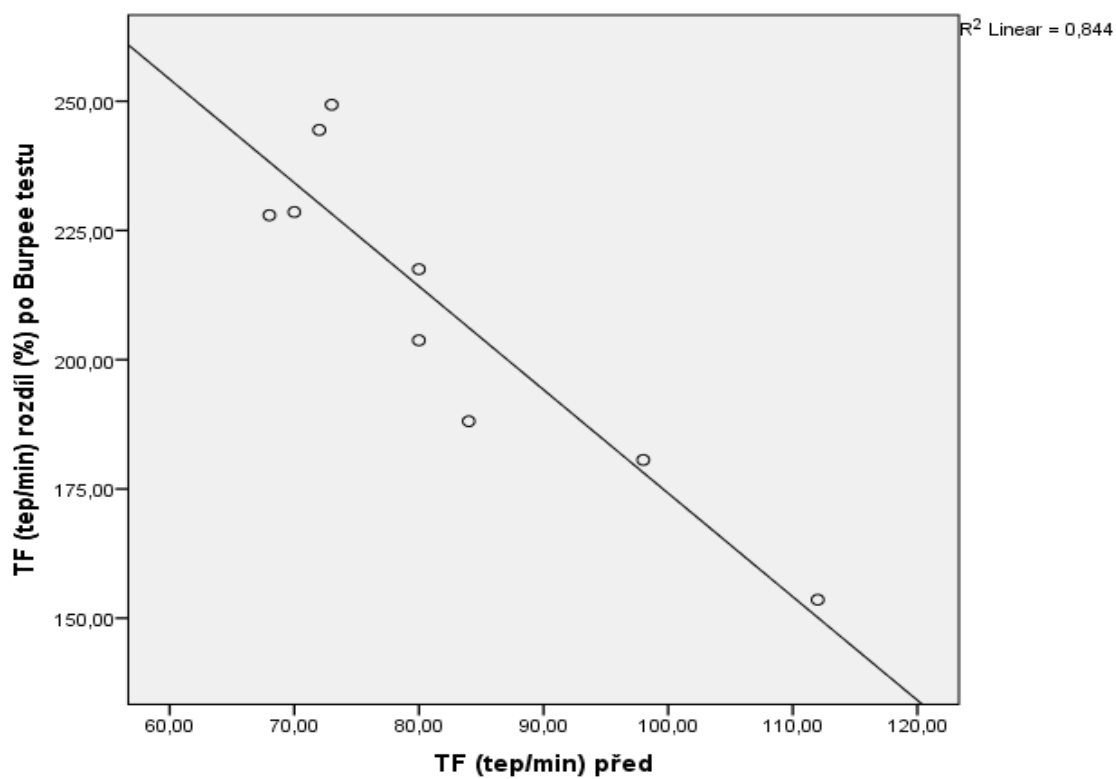
Obrázek 8 – Závislost % změny LA po akrobacii na klidových hodnotách LA



Obrázek 9 - Závislost % změny LA po Burpee testu na klidových hodnotách LA



Obrázek 10 – Závislost % změny TF po akrobacii na klidových hodnotách TF



Obrázek 11 - Závislost % změny TF po Burpee testu na klidových hodnotách TF

## 5.9 Výsledky a hypotézy

V naší práci se nám potvrdily 3 ze 6 stanovených hypotéz.

1) Po cvičení dojde ke statisticky významné změně FVC.

Předpoklad nebyl potvrzen, jelikož nebyl prokázán statisticky významný vztah ( $p > 0,05$ )

2) Po cvičení dojde ke statisticky významné změně LA.

Předpoklad byl potvrzen, jelikož byl prokázán statisticky významný vztah ( $p < 0,05$ )

3) Po cvičení dojde ke statisticky významné změně TF.

Předpoklad byl potvrzen, jelikož byl prokázán statisticky významný vztah ( $p < 0,05$ )

4) Mezi jednotlivými proměnnými budou statisticky významné vztahy (korelace)

- Čím vyšší byla hladina LA před výkonem, tím vyšší byl nárůst FVC (%) rozdíl po výkonu
- Čím vyšší byla hladina LA před výkonem, tím nižší byl nárůst LA po výkonu
- Čím vyšší byla TF před výkonem, tím nižší byl její nárůst po výkonu

5) Předpokládáme statisticky významný vztah ( $p < 0,05$ ) mezi procentuální změnami FVC a klidovými hodnotami FVC a LA.

Hypotéza byla částečně potvrzena, jelikož hodnota korelačního koeficientu mezi procentuálními změnami FVC a klidovými hodnotami FVC a LA byla ( $r = 0,69$ ;  $p < 0,05$ ). Ovšem nebylo prokázáno, že FVC bude závislá na klidových hodnotách LA.

6) Po modifikované sestavě bude naměřená FVC větší než před jejím provedením.

Tato hypotéza nebyla potvrzena, jelikož jsme po zátěži naměřili menší FVC, než byla klidová hodnota.

## 6 Diskuse

Tato práce měla jako cíl zjistit vliv sportovního tréninku ve sportovní gymnastice žen na usilovnou vitální kapacitu (FVC), tepovou frekvenci (TF) a hladinu laktátu v krvi (LA).

Domnívám se, že měřením vitální kapacity plic ve sportovní gymnastice žen a její porovnání s hladinou TF a hladinou LA se zabývalo dosud málo autorů. Sportovní gymnastika, jakožto esteticko – koordinační sport, kde sestava trvá maximálně 1 minutu a 30 sekund, tedy dojde ke střednědobému zatížení za přítomnosti aerobní a anaerobní glykolýzy.

Je třeba podotknout, že měření byla uskutečněna v terénních podmínkách za pomoci přenosného spirometru a laktátometru. Proto může být terénní testování zatíženo větší náhodnou chybou měření.

Čím vyšší byla hladina LA před výkonem na prostných či před Burpee testem, tím vyšší byl nárůst FVC (%) rozdíl po výkonu. Domníváme se, že tento rozdíl by mohl být do jisté míry ovlivněn individuální mírou trénovanosti probandek, jelikož sportovci s velmi slabou anaerobní kapacitou budou mít potíž vytvářet laktát, což je charakteristické pro vytrvalostní sporty.

Po modifikované sestavě byla naměřena FVC nižší než před jejím provedením, tím byla naše hypotéza vyvrácena. Důvodů může být hned několik, například zvýšená fyzická aktivita vyžaduje vyšší přísun kyslíků do tkání, zvyšuje se dechový objem, dochází nejen ke zrychlení, ale i k prohloubení dýchání. Předpokládáme, že námi zjištěné hodnoty by mohly souviset s neschopností probandek maximálního nádechu a následně maximálního výdechu, jelikož svaly po zatížení vyžadují zvýšený přísun kyslíku.

Po zátěži střední a vysoké intenzity, která trvá 40-60 sekund, se dostaví tzv. mrtvý bod, což je nouze o dech, dušnost, svalová ztuhlost, pokles výkonu a však při dobré trénovanosti nemusí k mrtvému bodu dojít. Po odeznění mrtvého bude, nastává tzv. druhý dech, tedy zvýšení výkonu, prohloubení dýchání a snížení tepové frekvence. Avšak u výkonů, kde se pohybuje TF nad 180 tep/min se druhý dech neobjeví (Sapss, ©2019). Toto může být jedna z příčin, která nám nepotvrdila naši hypotézu a to, že nedošlo ke statisticky k významné změně, jelikož Burpee test trval 60 sekund, mohla dojít u



probandek k mrtvému bodu. Po absolvování testu pro některé bylo obtížně zhluboka se nadechnout.

Předpoklad statisticky významného vztahu mezi procentuálními změnami FVC a klidovými hodnotami FVC a LA byl částečně potvrzen, jelikož hodnota korelačního koeficientu mezi těmito hodnotami byla ( $r = 0,69$ ). Ovšem nebylo prokázáno, že FVC bude závislá na klidových hodnotách LA. Domníváme se, že čím vyšší klidové hodnoty FVC jsou, tím více může být poskytnuto kyslíku svalům a tkáním a tím je vyšší pravděpodobnost okysličení svalu respektive. zachování homeostazi.

Průměrné funkčních hodnoty

### **6.1 Vliv tréninkového zatížení na hodnoty ukazatelů**

Podle Dovalila (2012) ukazatelé zatížení poskytují informace o stavu organismu v průběhu tréninkové činnosti. Jsou velmi senzitivní na změnu intenzity zatížení. Laktát se v lidském těle vyskytuje neustále v koncentraci 0,5-2,2 mmol/l. Tvorba laktátu je vždy známkou přetížení aerobního získávání energie a nástupu anaerobního metabolismu. Nadbytek vzniká při pohybové činnosti maximální nebo submaximální intenzity. Zvýšená úroveň laktátu se začíná projevovat na úrovni 50% až 60% maximální spotřeby kyslíku. U netrénovaných jedinců a na úrovni 70% až 80% u trénovaných sportovců. Podle množství laktátu v krvi v závislosti na intenzitě pohybové činnosti lze orientačně odhadnout převládající systém úhrady energie.

< 2 mmol/l aerobní (pomalá glykolýza, oxidativní systém)

3 – 7 mmol/l aerobně-anaerobní (pomalá glykolýza, rychlá glykolýza)

> 7 mmol/l anaerobní (rychlá glykolýza, glykogenový systém)

Probandky účastníci se naší studie dosahovaly průměrných hodnot hladiny laktátů na akrobacii 9,95 mmol/l a po Burpee testu 10,51 mmol/l. Jelikož měření bylo realizováno na konci závodního období lze konstatovat, že se námi měřené probandky nacházely na vrcholu trénovanosti

Domníváme se, že vztah FVC a trénovanosti je velmi obtížné statisticky vyjádřit, jelikož pro stanovení tohoto vztahu se spíše používá hodnoty  $VO_{2max}$  a podobně.

Náš výzkumný soubor tvořilo 9 vrcholových gymnastek (n=9). Námi sledované gymnastky dosahovaly průměrných hodnot (TF) 170,33 tepů u testu akrobacie a 168,55 při provádění Burpee testu. Hladina krevního laktátu (LA) byla zjištěna 9,95 u akrobacie a 10,91 u Burpee testu. Průměrné hodnoty vitální kapacity plic FVC byly zjištěny 3,48 l u akrobacie a 3,51 l při Burpee testu.

## **6.2 Porovnání se současným výzkumem**

Jemni (2000) prováděl simulaci soutěže u elitních francouzských gymnastek v modifikovaném víceboji. Srdeční frekvence (HR) byla měřena kontinuální metodou a koncentrace laktátu v krvi (BL) byla měřena před a 2, 5 a 10 minutou po každé gymnastické disciplíně. Průměrná doba cvičení na prosných, koni, kruzích a paralelních bradlech byla  $34,70 \pm 5,00$  s, s výjimkou přeskoků, který trvala  $5,16 \pm 0,40$  s. Vysoce trénované gymnastky vykazovaly velmi vysoké hodnoty tepové frekvence ( $179,49 \pm 10,39$  tepů.min<sup>-1</sup>) během velmi krátké doby. Každá disciplína vyžadovala specifický rozsah srdeční frekvence. Průměrná maximální hodnota krevního laktátu byla 5,07 mmol/l na pěti náradích.

Maximální hodnota akumulace laktátu po cvičení ve víceboji ( $7,97 \pm 2,02$  mmol/l) pro gymnastky potvrzuje také Dallas (2013). Tyto hodnoty jsou srovnatelné s hodnotami zjištěnými po zátěžových testech na běžeckém pásu ( $8,40 \pm 2,50$  mmol/l) a bicyklovém ergometru (8,7 mmol/l). Naopak nižší hodnoty ( $\pm 2,9$  mmol/l) byly zjištěny při klikové ergometrii horních končetin (Dassonville et al, 1998). Rozpětí 6-8 mmol/l maximálních hodnot laktátu bylo také popsáno u dobře trénovaných horolezců (Grassi et al, 1999).

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit vliv sportovního tréninku ve sportovní gymnastice žen na usilovnou vitální kapacitu (FVC), tepovou frekvenci a hladinu laktátu v krvi. Probandky absolvovaly dva zátěžové protokoly. Po modifikované sestavě na akrobacii probandky dosahovaly průměrných hodnot FVC 3,48 l. Hladina krevního laktátu vzrostla z klidové hodnoty o 4,24 mmol/l na 9,95 mmol/l. TF se zvětšila z průměrné klidové hodnoty na 170,33 tepů/minutu. Výsledky měření burpee testu nezaznamenaly výrazný nárůst FVC od průměrné klidové hodnoty. Naproti tomu hladina krevnímu laktátu vzrostla z klidových 5,71 na 10,91 mmol a TF se zvětšila o 86,67 tep/min na 168,55 tep/min. Dále jsme pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Jsme potvrdily 3 ze 6 námi stanovených hypotéz. Statisticky významný vztah ( $p < 0,05$ ) byl potvrzen jak u předpokladu zvýšení hodnot krevního laktátu v obou testech, tak u nárůstu tepové frekvence. Statisticky významný vztah ( $p < 0,05$ ) byl také potvrzen mezi procentuální změnami FVC a klidovými hodnotami FVC a LA. Ostatní hypotézy nebyly potvrzeny.

Dalším cílem bylo zjistit vliv sportovního tréninku na usilovnou vitální kapacitu plic (FVC). Jelikož u 7 z 9 testovaných probandek byl zaznamenán pokles hodnot FVC po absolvování testu, lze konstatovat, že závodnice ve sportovní gymnastice po zátěži mají problém hlubokého dýchání a tím pádem u nich může docházet k pomalejšímu okysličování svalů a obecně k nedokonalému zotavení. Tento fakt by dále mohl být ovlivňován celkovým zpevněním těla gymnastky v průběhu cvičení. To znemožňuje správné zapojování nádechových a výdechových svalů, a to především bránice a mezižeberních svalů. V tomto smyslu je však třeba konstatovat, že sportovní gymnastika je esteticko – koordinačním sportem, a je to právě držení těla, které výrazně ovlivňuje celkový estetický dojem.

Závěrem v mé diplomové práci bych chtěla zmínit, že toto téma jsem si vybrala proto, protože si myslím, že je důležité, aby trenér věděl fyziologické ukazatele svěřence. Výsledky trenérům poskytují cenné informace o kondičních parametrech a pomáhají navrhovat tréninkové plány pro každého jednotlivce a zároveň hodnotit reakci na tréninkové podněty se záměrem maximalizovat adaptaci na tréninkovou jednotku a specifický provedení události.

Současné vrcholové pojetí sportovní gymnastiky klade obrovské nároky na fyzickou připravenost závodnic. Je proto nezbytné, aby se trenéři našich vrcholových gymnastek zajímali i o aspekty, které s gymnastickým výkonem souvisí na první pohled jen vzdáleně. Důležité je zařazování dechových cvičení do tréninkového procesu, která jsou podle mého názoru v tréninku opomíjena.

## 8 Seznam literatury

BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1817-3.

BREIVIK, S.L. *Sport and Exercise Physiology Testing: Artistic Gymnastics*. London: Tylor & Francis, 2007. ISBN 0-203-96684-8.

BURT, L.A.; NAUGHTON, G.A.; HIGHAM, D.G.; LANDEO, R. *Training load in pre-pubertal female artistic gymnastics*. Science of Gymnastics Journal, 2010, roč. 2, č. 3, s. 5–14.

CAINE, D.; LEWIS, R.; O'CONNOR, P.; HOWE, W.; BASS, S. *Does gymnastics training inhibit growth of females?* Clin J Sport Med, 2001, roč. 11, č. 4, s. 260–70.

ČGF – Česká gymnastická federace. 2017. *Pravidla sportovní gymnastiky žen*. Praha: ČGF.

DASSONVILLE, J. a kol. *Blood lactate concentrations during exercise: effect of sampling site and exercise mode*. J Sports med phys Fitness. 1998, (38), 39-46.

DOBŠÁK, P. *Klinická fyziologie tělesné zátěže: vybrané kapitoly pro bakalářské studium fyzioterapie*. 2009, Brno: Masarykova univerzita.

DOVALIL, J. a M. CHOUTKA. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha [i.e. Velké Přílepy]: Olympia, 2012. ISBN 978-80-7376-326-8.

DRAČKOVÁ, D., MONKA, P. *Nové přístupy vo výučbe športovej gymnastiky*. In *Trendy ve vzdělávání 2009. Technika, materiály, technologie a didaktika*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009.

GOLLNICK, P. D., BAVLY, W. M., & HODGSON, D. R. *Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood*. 1986, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18, 334–340

GOSWAMI A., S. GUPTA. *Cardiovascular stress and lactate formation during gymnastic routines*. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 1998, **38**(4):317-22.

HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže*. Praha: II. Karolinum, 2004. 203 s. ISBN 80-7184-875-1.

HAVLÍČKOVÁ, L., BARTŮŇKOVÁ, S., DLOUHÁ, R., MELICHNA, J., Šrámek, P., & Vránová, J. 2006. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. Praha: Karolinum.

HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1

HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2012. ISBN 978-80-262-0200-4.

CHRUDIMSKÝ, J. *Objektivita hodnocení gymnastických výkonů ve vztahu ke změnám pravidel sportovní gymnastiky mužů*. Praha, 2014. Autoreferát disertační práce. UK FTVS.

CHRUDIMSKÝ, J. a M. ŠTEFFL. *Vybrané charakteristiky výkonu ve sportovní gymnastice a jejich diagnostika*. *Studia Sportiva*. 2011, **5**(2), 29-36

JEMNI, M., W. SANDS, F. FRIEMEL, M. STONE a C. COOKE. *Any effect of gymnastics training on upperbody and lower – body aerobic and power components in national and international male gymnasts?* Journal of Strength and Conditioning Research. 2006, 20(4), 899-907.

JEMNI, M. *The Science of Gymnastics: Advanced concepts*. London: Routledge, 2011. ISBN 978-0415549912.

JEMNI, M. *The Science of Gymnastics: Advanced concepts*. 2. London: Routledge, 2017. ISBN 978-1138701939.

KUBIČKA, J. *Vybrané kapitoly z teorie gymnastiky*. Praha: Karolinum, 1993. ISBN 80-7066-721-4.

MARINA, M. a F. RODRÍGUEZ. *Physiological demands of young women's competitive gymnastic routines*. Biology of sport. 2014, 3(31), 217-222. DOI: 10.5604/20831862.1111849. ISBN 10.5604/20831862.1111849.

MÁČEK, M. aj. VÁVRA. *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. 2. vyd. Praha: Avicenum, 1988.

MENZIES, P., C. MENZIES, L. MCINTYRA, P. PATERSON, J. WILSON a O. KEMI. *Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery*. Journal of Sports Sciences. 2010, 28(9), 975-982.

MOLÁČKOVÁ, M. *Vitální kapacita plic ve sportovní gymnastice u staršího žactva*. Praha, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Fyziologie. Vedoucí práce Šteffl, Michal.

PALÁT, M. *Dýchacia gymnastika*. Martin: Osveta, 1982.

POTIRON-JOSE, M., BOURDON A. *Le geos ceur do sportif*. 1989, *Science & Sport* 4(4), 305–316

ROKYTA, R. *Fyziologie*. Praha: ISV, 2000. ISBN 80-85866-45-5.

SELIGA, R., BHATTACHARYA, A., SUCCOP, P., WICKSTROM, R., SMITH, D., WILLEKE, K. *Effect of work load and respirator wear on postural stability, heart rate, and perceived exertion*. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1991, 52, s. 417–422.

SIMONIANOVÁ, L. *Srovnání zátěžových protokolů*. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2018. 81 s., přílohy. Vedoucí diplomové práce MUDr. Michal Procházka.

WASSERMAN, K. *Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams, c2012. ISBN 978-160-9138-998.



## Internetové zdroje

Burpee (exercise). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Burpee\\_\(exercise\)#cite\\_note-Columbia-2](https://en.wikipedia.org/wiki/Burpee_(exercise)#cite_note-Columbia-2)

*Sapss v Plzni: Fyziologie – dýchací systém v zátěži* [online]. Plzeň: Galileo Corporation s.r.o., ©2019 [cit. 2019-12-07]. Dostupné z: [https://www.sapss-plzen.cz/modules/file\\_storage/download.php?file=c3ced3da%7C118](https://www.sapss-plzen.cz/modules/file_storage/download.php?file=c3ced3da%7C118)

TAMARKIN, S. A Brief History Of The Burpee. *Huffpost* [online]. 2017 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: [https://www.huffpost.com/entry/burpee-history\\_n\\_5248575?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAABtFu2Zzwm8x-wuKolRU5eE\\_Q8CG06\\_A-m1sgYYbo371bBVzh4N0Dq91ikUbApUbVBA29skcWc464YKVsEdhB8bnC635BjAr6uuu5OAobWIiinWz\\_XPILdC3m9S9py92D-T3I0kES1i2aKUrQ-jDRqL26M5rNSgd4q6x1g15wQa](https://www.huffpost.com/entry/burpee-history_n_5248575?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAABtFu2Zzwm8x-wuKolRU5eE_Q8CG06_A-m1sgYYbo371bBVzh4N0Dq91ikUbApUbVBA29skcWc464YKVsEdhB8bnC635BjAr6uuu5OAobWIiinWz_XPILdC3m9S9py92D-T3I0kES1i2aKUrQ-jDRqL26M5rNSgd4q6x1g15wQa)

## 9 Seznam tabulek a obrázků

### 9.1 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Funkční odezva a energetický výdej v gymnastických disciplínách žen v různých obdobích tréninkové přípravy a v závodě.....	- 14 -
<i>Tabulka 2 - Tepová frekvence a převážná aktivizace energetických systémů (Dovalil, 2012) .....</i>	<i>- 21 -</i>
Tabulka 3 - vstupní údaje.....	- 33 -
Tabulka 4 - <i>Základní informace o účastnících .....</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Tabulka 5 - klidové hodnoty.....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Tabulka 6 - Test akrobacie .....</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Tabulka 7 - Burpee test.....</i>	<i>- 36 -</i>
Tabulka 8 - <i>hodnoty v jednotlivých měření.....</i>	<i>- 37 -</i>
Tabulka 9- Průměrné změny hodnot po cvičení .....	- 37 -
Tabulka 10 - Korelace mezi jednotlivými proměnnými.....	38
Tabulka 11 - <i>Průměrné změny po cvičení.....</i>	<i>40</i>
Tabulka 12 - <i>Test normality.....</i>	<i>40</i>
Tabulka 13 - Generalizované regresní modely .....	41

### 9.2 Seznam obrázků

Obrázek 1- spirometr .....	- 27 -
Obrázek 2- sporttestr.....	- 28 -
Obrázek 3- laktátometr .....	- 29 -
Obrázek 4 -Závislost % změny FVC na klidových hodnotách FVC před akrobacii.....	43
Obrázek 5 – Závislost % změny FVC na klidové hodnoty LA .....	43
Obrázek 6 - Závislost % změny FVC po Burpee testu na klidových hodnotách FVC před Burpee testem .....	44

Obrázek 7 - Závislost % změny FVC na klidové hodnoty LA.....	44
Obrázek 8 – Závislost % změny LA po akrobacii na klidových hodnotách LA .....	45
Obrázek 9 - Závislost % změny LA po Burpee testu na klidových hodnotách LA.....	45
Obrázek 10 – Závislost % změny TF po akrobacii na klidových hodnotách TF.....	46
Obrázek 11 - Závislost % změny TF po Burpee testu na klidových hodnotách TF .....	46

## **10 Přílohy**

**Příloha č. 1- Vyjádření etické komise**

**Příloha č. 2 – Informovaný souhlas**