

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Porovnání vzestupu systolického krevního tlaku při polodřepech a  
legpressu s identickou hmotností

Bakalářská práce

Autor práce: **Barbora Mátlová**

Vedoucí práce: **doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.**

Oponent práce: **MUDr. Michal Procházka**

Rok obhajoby: 2020

**Bibliografická identifikace:** MÁTLOVÁ, Barbora. Porovnání vzestupu systolického krevního tlaku při polodřepch a legpressu s identickou hmotností. Praha 2020, 91s. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. 2. Lékařská fakulta. Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

**Jméno a příjmení autora:** Barbora Mátlová

**Název bakalářské práce:** Porovnání vzestupu systolického krevního tlaku při polodřepch a legpressu s identickou hmotností

**Pracoviště:** Klinika rehabilitace

**Vedoucí diplomové práce:** doc. MUDr. Jiří Radvanský CSc.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2020

## **Abstrakt**

V bakalářské práci se zabývám možnou provázaností odporového tréninku a krevního tlaku. V teoretické části se nachází poznatky ohledně cvičení proti odporu, vybrané fyziologické aspekty s nimi spojené a popisem dřepu či legpressu. Za tímto účelem byl zrealizován výzkum na 15 mladých a zdravých probandkách ve věku 20-25 let. Celkem se konaly 4 měřicí dny s odstupem přibližně 10 dnů. Zkoumanými prvky byly dva základní cviky: polodřep a legpress. Při každém měření byl zaznamenán klidový krevní tlak a srdeční frekvence probandky a poté stejné parametry i při cvičení polodřepu a legpressu, oboje po 3 sériích. Hlavní cíl práce spočívá ve zmapování vlivu vybraných cviků na systolický krevní tlak a zpracování teoretických poznatků na dané téma. Nulovou hypotézou byl předpoklad neprojevení rozdílů odpovědi systolického krevního tlaku a srdeční frekvence při zvolené zátěži. Nulová hypotéza byla zamítnuta se statistickou významností.

**Klíčová slova:** krevní tlak, odporový trénink, adaptace na zátěž, polodřep, legpress

**Bibliographic identification:** MÁTLOVÁ, Barbora. Comparison of the systolic blood pressure rise by semi-knee-bend and leg press with identical weight. Prague: Charles University. 2nd Faculty of Medicine. Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2020. 91p. Supervisor doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

**Author's first name and surname:** Barbora Mátlová

**Title of the bachelor thesis:** Comparison of the systolic blood pressure rise by semi-knee-bend and leg press with identical weight

**Department:** Department of physiotherapy Supervisor: doc. MUDr. Jiří Radvanský CSc.

**The year of presentation:** 2020

## **Abstract**

In this bachelor thesis I dealt with interconnection of resistance training and blood pressure. In the theoretic part there are findings about resistance training chosen by physiologic aspects connected and description of squad or legpress. For this purpose there was the research of 15 young and healthy probands in the age of 20-25 performed. There were 4 measuring days with 10 days interval within. The explored elements were two basic excercises: half-squad and legpress. The resting blood pressure and the heart frequency of probands were measuered for both excersise in 3 series. The main goal of the thesis is to map the influences of these chosen excercises on systolic blood pressure and processing of theoretic findings. The zero hypothesis was the assumption of no-showing differences of answers on systolic blood pressure and heart frequency with chosen weigh. The zero pressure was rejected with statical significance.

**Keywords:** blood pressure, resistance training, adaptation to exercise, half-squat, legpress

## **Zadávací protokol**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. MUDr. Jiřího Radvanského, CSc., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 17. 8. 2020

.....

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce doc. MUDr. Jiřímu Radvanskému, CSc. za vedení práce, cenné rady, investovaný čas a podporu během celého studia. Dále děkuji Lucii Fikarové za psychickou podporu a pomoc při záznamu měřených hodnot v praktické části bakalářské práce. Celému kolektivu pracujícím ve Fiala's gym za poskytnutí prostoru a ochoty, kterou vůči potřebám výzkumu prokázali. Za odborné rady v oblasti posilování panu Bc. Adamu Kameníkovi.

## Obsah

1. ÚVOD .....	9
2. SEZNAM ZKRATEK .....	10
3. PŘEHLED POZNATKŮ .....	11
3.1. FYZIOLOGIE OBĚHOVÉ SOUSTAVY .....	11
3.2. KREVŇÍ TLAK .....	13
3. 2. 1. Regulace krevního tlaku .....	15
3. 2. 2. Měření krevního tlaku .....	17
3. 2. 3. Krevní tlak v zátěži .....	20
3. 2. 4. Vliv polohy těla na krevní tlak .....	24
3. 2. 4. Patofyziologie krevního tlaku – hypertenze .....	25
3. 3. ZÁTĚŽ A ADAPTACE .....	27
3. 3. 1. Kardiovaskulární adaptace .....	28
3. 3. 2. Neurální adaptace .....	30
3. 3. 3. Adaptace svalových vláken při zátěži .....	31
3. 3. 4. Svalová plasticita .....	32
3. 3. 5. Zapojení jednotlivých typů svalových vláken během zátěže .....	33
3. 4. POHYBOVÁ AKTIVITA V PREVENCI .....	33
3. 5. SILOVÝ TRÉNINK A ODPOROVÝ TRÉNINK .....	35
3. 5. 1. Svalová hypertrofie .....	37
3. 6. POLODŘEP .....	38
3. 6. 1. Zapojení svalových skupin .....	38
3. 6. 2. Provedení .....	40
3. 6. 3. Druhy dřepu .....	41
3. 6. 4. Vybrané studie .....	42
3. 6. 5. Biomechanika .....	43
3. 7. LEGPRESS .....	46
3. 7. 1. Zapojení svalových skupin .....	47
3. 7. 2. Provedení .....	48
3. 7. 3. Vybrané studie .....	48
3. 8. POROVNÁNÍ LEGPRESSU A DŘEPU .....	50

4. PRAKTICKÁ ČÁST.....	51
4. 1. ÚVOD.....	51
4. 2. CÍL.....	51
4. 3. HYPOTÉZY .....	51
4. 4. METODIKA.....	51
4. 5. STATISTICKÉ METODY .....	53
5. VÝSLEDKY .....	54
6. DISKUZE.....	59
7. ZÁVĚR.....	62
8. REFERENČNÍ SEZNAM.....	64
9. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ A OBRÁZKŮ .....	75
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	77
10. 1. PŘÍLOHA Č. 1: IPAQ DOTAZNÍK .....	78
10. 2. PŘÍLOHA Č. 2: VÝSLEDKY IPAQ DOTAZNÍKU .....	79
10. 3. PŘÍLOHA Č. 3: INSTRUKTÁŽ CVIČENÍ.....	82
10. 4. PŘÍLOHA Č. 4: PÁROVÝ T-TEST NA POROVNÁNÍ NEJVYŠŠÍCH NAMĚŘENÝCH HODNOT SYSTOLICKÉHO KREVNIHO TLAKU PŘI LEGPRESSU A POLODŘEPU .....	83
10. 5. PŘÍLOHA Č. 5: VÝSLEDKY MĚŘENÍ SYSTOLICKÉHO KREVNIHO TLAKU U JEDNOTLIVÝCH ÚČASTNIC .....	85
10. 6. PŘÍLOHA Č. 6: FOTOGRAFICKÉ ZÁZNAMY .....	90
10. 7. PŘÍLOHA Č. 7. SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ TĚLESNÉ ZÁTĚŽE .....	91



## 1. ÚVOD

V dnešní době je pohybová aktivita součástí života většiny lidí. Na základě vlastního dlouholetého zájmu o problematiku odporového cvičení jsem se rozhodla pro toto téma bakalářské práce. Ještě stále se pletou pojmy silový a odporový trénink a panuje všeobecně názor, že cvičit proti odporu je rizikové a nebezpečné. Předpokládám, že tento názor plyne právě z nedostatku informací o benefitech odporového cvičení. Ráda bych v práci nabídla pohled na oba výše zmíněné pojmy a ukázala jaký je mezi nimi rozdíl a jaký přináší zdravotní přínos. Zároveň zmíním i rizika, která odporové cvičení přináší, pokud se nedodrží zásady pro tuto modalitu zátěže, ať už kvůli neadekvátně zvolené zátěži nebo nedostatečné přípravě na odporový trénink. Hlavním cílem práce je zaznamenat vliv zátěže v podobě legpressu a polodřepu na systolický krevní tlak.

Dále se již několik let věnuji trénování badmintonu a právě cvičení s odporem je součástí přípravy každého hráče, ať už pro nárůst svalové hmoty či zlepšení výbušné síly pro hru na kurtu. S badmintonem, samozřejmě jako s každým sportem, souvisí i úrazy, které hráče provází při rychlých a prudkých pohybech na tvrdém povrchu. Za dobu studia oboru fyzioterapie jsem se setkala se sportovci, kteří měli nestabilní kolenní či hlezenní klouby, ruptury či jinou patologii měkkých okolních tkání kloubů a zcela určitě stranové zatížení dominantní strany. Odporový trénink je variantou jednak prevence, ale také otázkou následné rehabilitace těchto patologií.

Odporové cvičení nabízí metodický přístup pro navýšení nárůstu svalové hmoty, zlepšení stability v daných segmentech, zvýšení síly, popřípadě zlepšení sportovního výkonu, dále je využíván pro prevenci pádů a zlomenin, zvýšení flexibility, podporu bazálního metabolismu, snížení kardiovaskulárního rizika a například redukce hmotnosti. Příliš dlouhá a neadekvátní zátěž může vést ke zvýšení úrazovosti a také může dojít k přetrénování (Egan, Zierath, 2013).

Polodřep se objevuje v běžných denních činnostech a je tedy pro lidi přirozenější než legpress. Do jisté míry je legpress nedoceněný stroj, ze kterého mají lidé respekt, protože na něj nejsou tak zvyklí jako na polodřep, případně dřep jako takový. Jako každé cvičení, tak i oba vybrané cviky by měly být prováděny pod dozorem zkušeného člověka.

## 2. SEZNAM ZKRATEK

a.	arteria
ACE	Angiotenzin konvertujícího enzymu
BMI	Body mass index
DCER	Dynamic constant external training
DF	Degrees of freedom
EKG	Elektrokardiografie
EMG	Elektromyografie
HIIT	High intensity interval training
ICHDK	Ischemická choroba dolních končetin
ICHS	Ischemická choroba srdeční
LCA	Ligamentum cruciatum anterius
LP	Legpress
LPH	High foot placement legpress
LPL	Low foot placement legpress
m.	Musculus
MHC	Myosin heavy chain
mm.	Musculi
mmHg	Milimetr rtuťového sloupce
MVC	Maximum voluntary contraction
PRE	Progressive resistance exercise
SA	Sinoatriální
SE	Standart error
TIA	Transitorní ischemické ataka
VO2 max	Volume oxygen maximum

### 3. PŘEHLED POZNATKŮ

#### 3.1. Fyziologie oběhové soustavy

V této kapitole se nachází okrajově zmíněné poznámky k fyziologii oběhové soustavy ve vztahu k odporovému tréninku. Jelikož se v práci nachází dva cviky z odporového tréninku, tato kapitola popisuje některé podstatné vztahy ovlivňující oběhové a další podstatné parametry tohoto typu cvičení a o některých důležitých pojmech z této oblasti.

Systolický objem je množství krve vypuzené jedním stahem komory. V průměru činí v poloze vleže 70ml (Ganong, 2011). Tento údaj se udává obecně a nezohledňuje například velikost člověka, jeho hmotnost či výšku. V literatuře může být uveden pod pojmem tepový objem. Ovlivňuje ho především předpětí srdečního svalu. Tento jev se nazývá Frank-Starlingův zákon. Díky němu se tepové objemy obou komor od sebe dlouhodobě neliší a nedojde tak k městnání krve v plicích ani v oběhu (Silbernagl, Despopoulos, 2016). Za fyziologických podmínek je na konci diastoly objem komory přibližně 130ml a tomu odpovídá právě průměrný tepový objem 70ml. Pokud se však například při nějaké situaci zvýší žilní návrat na 180ml, má to za následek zvýšení tepového objemu asi na hodnotu 90ml, tedy zhruba o čtvrtinu. Tento proces souvisí s krevním tlakem jen mírně. Řízení tlaku podléhá regulacím na více úrovních, jedná se o autoregulační schopnost srdce vyrovnat zvýšené plnění komory. Je to tedy závislost tepového objemu komory na enddiastolické náplni komory. Na úrovni svalového vlákna myokardu to znamená, že čím více se vlákno na začátku kontrakce protáhne (předepne), tím větší bude síla následné kontrakce. Regulace tepového objemu má v podstatě dvě možné cesty: jednak pomocí kontraktility (sympatikus) nebo s využitím předpětí (preload) (Kittnar, 2011). Jinými slovy, první možnost nezávisí na délce svalových vláken a nazývá se homeometrická regulace, druhá možnost závislá na výchozí délce vláken se pojmenovává heterometrická (Ganong, 2011).

Preload je užívaný výraz pro napětí ve vláknech myokardu v jediném momentu na konci diastoly. Pro jeho stanovení je třeba brát v úvahu tlak v komoře, její velikost a tloušťku stěny na konci diastoly (Ošťádal, Vízek, 2003).

Faktory, které obvykle prodlužují velikosti svalových vláken v komorách jsou následující: silnější stahy síní, zvýšený celkový objem krve, zvýšený žilní návrat, zvýšená aktivita kosterních svalů a zvýšená negativita nitrohruďního tlaku. Naopak zkrácení způsobuje vzpřímená poloha, vyšší tlak v intraperikardiální dutině (např. při Valsalvově manévru nebo při práci se zadržným dechem v nádechové poloze) a snížení poddajnosti komorové části myokardu (Ganong, 2011).

Dalším důležitým pojmem je srdeční výdej, který odpovídá přečerpané krvi za jednotku času a jeho průměrná hodnota je stanovena na 5l/ min (také v poloze vleže). Tato hodnota se však může zvýšit v případě potřeby organismu více než pětkrát a získáme ji z údajů systolického objemu vynásobeného srdeční frekvencí (Meek, 1924). Pro lepší srovnatelnost mezi jedinci s různou hmotností a výškou je zaveden tzv. srdeční index, který zahrnuje povrch těla jedince v m<sup>2</sup>. Takto získaná hodnota je definována především metabolickými nároky tkání. Nízká hodnota může být ukazatelem selhávání srdce, ale naopak vysoké hodnoty nejsou známkou dobrého prokrvení tkáně, protože při horečce (dále například při septickém šoku) se hodnoty zvedají také (Ošťádal, Vízek, 2003).

Na regulaci srdečního výdeje se podílí především systém nervový. Účinkem sympatiku se zvyšuje srdeční výdej, a naopak působením parasympatiku se snižuje. V situaci, kdy síla stahů roste i bez protažení srdečních vláken se systolou vypudí více množství krve, která jinak zůstává v komorách. Reakcí sympatiku se uvolňují katecholaminy, které způsobují zrychlení srdeční činnosti. Takový jen se nazývá chronotropní účinek. Vliv sympatické nervové dráhy na sílu stahu srdečního svalu se pojmenovává jako účinek inotropní (Ganong, 2011).

Za fyziologických podmínek je srdeční výdej v rovnováze se žilním návratem, který představuje objem krve, který do srdce naopak přiteče za jednotku času. Pokud je v nějaké oblasti větší žilní návrat než srdeční výdej komory, krev se městnává. Během několika málo systol v krátkodobém horizontu nemusí být výdej pravé a levé komory stejný. Při změně polohy těla se vlivem gravitace zvyšuje nebo snižuje žilní návrat z daného segmentu. Až o 400 ml se může zvýšit žilní návrat do pravé komory v poloze vleže, a pokud se přidá zvednutí dolních končetin, tak až o 700 ml. Takto zvýšený objem způsobí vazodilataci v plicním řečišti nebo otevření dosud zavřených cév. Ve stoji se děje proces opačný, krev se přesouvá do dolních končetin a zvyšuje se žilní návrat levé komory. Při patologickém stavu snížené koronární rezervy nebo poruchy řečiště snáší lidské tělo tyto objemové změny obtížně (Rokyta, 2015).

Již zmíněný žilní návrat zabezpečují kapacitní cévy (především žíly), které jsou značně roztažitelné a slouží jako rezervoár krve pro měnící se distribuci krve (Kittnar, 2011). Vlivy, které ovlivňují velikost žilního návratu jsou následující: zbylý krevní tlak v cévách po průchodu krve (asi 15 mmHg), sací mechanismus systoly, tlak vytvořený kontrakcí kosterních svalů (svalová pumpa), regulace dechu (při nádechu vzniká přetlak v břišní dutině a podtlak v hrudní dutině – vede k roztažení žil a nasátí krve) a naopak zpětnému toku krve brání žilní chlopně (Silbernagl, Despopoulos, 2016).

Srdeční frekvence vyjadřuje počet srdečních stahů za minutu. Její řízení je převážně nervové. SA-uzel je při fyziologické situaci zodpovědný za frekvenci a je pod neustálým vlivem vegetativního systému. Zvýší-li se tonus sympatiku, pak se zvýší i srdeční frekvence. Tento jev se nazývá pozitivně chronotropní. Naopak pod vlivem parasympatiku se tepová frekvence snižuje (negativní chronotropie). V klidu u zdravého jedince převažuje vliv parasympatiku a hodnoty jsou nižší, než by odpovídalo nastavení SA-uzlu (Kittnar, 2011). Hodnoty srdeční frekvence jsou v klidu u průměrného jedince v rozmezí 60-80/min. Při zátěži se hodnoty mohou zvětšit až několikanásobně. Trénovaný jedinec bude mít v klidu tepovou frekvenci nižší, a to přibližně 40-55/min (Silbernagl, Despopoulos, 2016).

### **3.2. Krevní tlak**

Důležitým faktorem, který zajišťuje dostatečný průtok krve tkáněmi je právě krevní tlak. Patří mezi základní ukazatele kardiovaskulárního systému a jeho chronické zvýšení, které se nazývá systémová arteriální hypertenze, je jeden z největších fenoménů dnešní moderní doby. Zároveň hypertenze představuje častý rizikový faktor pro vznik dalších onemocnění (Rudolf, 2012). Krevní tlak je výsledkem srdečního výdeje a periferní rezistence. Může být ovlivněn okolnostmi, které ovlivňují jednu či obě zmíněné položky (Ganong, 2011).

Odpor průtoku krve definuje tzv. Hagenův-Poiseuilleův zákon, který říká, že platí přímá úměra mezi délkou dutého orgánu a viskozitou kapaliny a nepřímá úměra mezi poloměrem dutého systému v jeho čtvrté mocnině. Znamená to, že jeden z největších vlivů na krevní tlak je změna průměru cévy (Astapenko, Černý, 2019).

Krevní tlak je regulován na určitém rozmezí, které můžeme nazvat normotenzí, ale i v ní mohou hodnoty kolísat v závislosti na dalším okolnostech (Vokurka, 2018). Rozlišujeme krevní tlak systolický, diastolický a střední. Naměřené hodnoty se udávají ve standartních jednotkách mmHg, tedy milimetru rtuťového sloupce, méně často v kPa. Systolický krevní tlak se udává v lékařské praxi v psané formě jako první číslo před závorkou a jeho norma je stanovena u průměrné zdravé dospělé populace na 120 mmHg. Odráží v sobě stah levé srdeční komory, při kterém dojde k vypuzení krve do velkého oběhu. Naproti tomu diastolický krevní tlak se zapisuje jako druhé číslo za lomítkem a jeho hodnota normy je stanovena na 80 mmHg. Diastolický krevní tlak je výsledkem odporu cévního řečiště (Widimský, Filipovský, Cífková, Ceral, Linhart, 2018). V mládí je elasticita tepen vyšší než v pozdějším věku a rozdíl mezi systolickým a diastolickým tlakem není tak velký jako například právě ve stáří. Při ztrátě pružnosti velkých tepen se ale tlaková amplituda zvětšuje a pro udržení stálého průtoku je potřeba zvýšení systolického krevního tlaku (Folsch, Schmidt, Kochsiek, 2003).

Efektivní tlak působící v arteriálním řečišti je integrálem aktuálního tepenného tlaku v čase a nazývá se střední arteriální tlak. Lze jej odhadnout z hodnot systolického a diastolického tlaku. Jeho norma je stanovena na 93 mmHg (Rokyta, 2015). Tato norma se liší věkem i pozicí těla. Nad 60 let života jedince se považuje za fyziologickou hodnotu systolického krevního tlaku do 160 mmHg (Silbernagl, Despopoulos, 2016).

Obecně lze říct, že vzestup srdečního výdeje zvýší systolický krevní tlak, kdežto vzestup periferní rezistence zvýší tlak diastolický (Ganong, 2011). Jedním z regulačních systémů jsou baroreceptory, tedy receptory na tlak. Nachází se v oblouku aorty a v karotickém sinu. Tzv. baroreceptorový reflex udržuje hodnoty tlaku krve každým tepem na stejné hladině pomocí rovnováhy mezi sympatikem a parasympatikem. Výsledkem je změna síly stahu, srdečního výdeje a periferního odporu (Rokyta, 2015).

Celkový periferní odpor je sumací odporu dohromady zapojených okruhů. Jednotlivé složky tvoří procentuální zastoupení v následujícím pořadí: rezistenční cévy (47 %), kapiláry (27 %), cévy pružníku (19 %) a kapacitní cévy (7 %). Odpor cév se může lišit v oblastech těla, proto je podíl srdečního výdeje také rozdílný dle orgánů (Kittnar, 2011).

Z fyzikálního hlediska je tlak síla působící na jednotku plochy. V krevním řečišti je tato síla měřena jako kolmice na stěnu cévy. Tlak, který působí podélně na stěnu cévy je nazýván jako smykové tření. To se může změnit na proudění turbulentní a poškozovat endotel. Pojmem tlaková amplituda se rozumí rozdíl mezi oběma tlaky (systolický a diastolický). Je funkcí tepového objemu a roztažitelnosti cév. Při stejném tepovém objemu a snížené roztažitelnosti cév stoupá systolický krevní tlak více než diastolický. Pokud stoupá periferní odpor a systolický (tepový) objem tak rychle jako předtím, stoupají hodnoty systolického a diastolického tlaku o stejnou hodnotu. Amplituda se nezmění (Silbernagl, Despopoulos, 2016).

### 3. 2. 1. Regulace krevního tlaku

Hlavním cílem regulačních mechanismů je udržení minutového srdečního objemu a tlakového gradientu v oběhu. Z toho důvodu se vyvinuly mechanismy jednak na úrovni lokální (místní), které mají za úkol přizpůsobovat průtok krve tepnou požadavkům organismu, a jednak globální, které se týkají celkové cirkulace (Kittnar, 2011). Dalším dělením výše zmíněných soustav jsou systémy okamžité, krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé regulace. Vzájemnou interakci zajišťuje autonomní nervový systém. Pokud se jedná o střednědobé (minuty až hodiny) a dlouhodobé regulace (hodiny až dny) dá se o nich tvrdit, že jsou méně přesné, ale více stabilní (Rudolf, 2012). Okamžité změny dále rozlišujeme dle působení na srdeční a cévní systémy. Srdeční systémy řídí krevní tlak změnou srdečního výdeje, který je přímo ovlivněn žilním návratem z periferních oblastí a náplní srdce (Ganong, 2011). Cévní systémy jsou závislé na několika faktorech, například na typu cévy. Největší podíl na krátkodobé regulaci krevního tlaku mají arterioly (Rudolf, 2012). Arterioly jsou místem pro působení tzv. myogenní regulace, jejíž podstata spočívá ve vlivu vysokého krevního tlaku na roztažení (dilataci) dané cévní stěny (Kittnar, 2011). Chronickým působením zvýšeného krevního tlaku dochází k nevrátne hypertrofii svalových buněk arteriol a následnému vzniku arteriální hypertenze. Reflexní oblouky zprostředkované autonomním systémem představují regulaci krátkodobou. Obecně zodpovídají za rychlé a přesné změny. Baroreceptory patří do skupiny mechanoreceptorů a dále je lze dělit na vysokotlakové (v sinu carotico a oblouku aorty) a nízkotlakové (v pravé srdeční síni a plicnici). Receptory vysokotlakové ovlivňuje převážně změna krevního tlaku, přičemž ty nízkotlakové více změny centrálního objemu krve. Zvýšením krevního tlaku a podrážděním vysokotlakových baroreceptorů je reflexně snížena aktivita sympatiku. Následná převažující aktivita parasympatiku vede ke snížení krevního tlaku poklesem periferní rezistence a srdeční frekvence (Joyner, 2006).

Okamžitým regulačním okruhem je výše zmíněný baroreceptorový reflex, který se uplatňuje při změnách polohy těla. Při takových situacích se mění vlivem gravitace žilní návrat a systém se musí s takovou změnou vypořádat. Z polohy lehu do stoje se sníží srdeční výdej, objem vypuzované krve a krevní tlak klesá. Baroreceptory se méně roztáhnou. Zároveň snižují aktivitu parasympatiku a zvyšují sympatikus. Reakcí je větší stah srdeční svaloviny a zvýšení periferního odporu. Může nastat situace, kdy tento reflex chybí nebo je zpomalený. Jedinec při změně polohy (například vstávání z postele) padá, objevuje se tzv. ortostatický kolaps (van Kleef, 2008). Mezi hodnotami 80 až 180 mmHg vysílají receptory, které se nachází v a. carotis a oblouku aorty, signály do centrální nervové soustavy se vzestupnou frekvencí. Na úrovni prodloužené míchy stimuly inhibují sympatickou dráhu

a aktivují dráhu parasymptiku. Za patologické situace se může stát, že jsou receptory více drážděny kvůli vápenatým plátům usazených na sobě a vytváří neadekvátní pokles krevního tlaku (Folsch, Schmidt, Kochsiek, 2003). Tato regulace však při dřepování či legpressu nefunguje, protože není stimulován parasymptikus.

Dlouhodobým okruhem regulace je cirkulující objem krve. Hodnota krevního tlaku je dlouhodobě udržována, ale aktuálně kolísá kolem konstantní hodnoty. Průtok krevním řečištěm také záleží na správné funkci ledvin a dalších orgánů regulující množství tekutin v těle. Zde se uplatňuje několik systémů, které spolu spolupracují na udržení homeostázy organismu (Kittnar, 2011).

Regulační mechanismy z pohledu časové jednotky se odehrávají v pořadí okamžitý účinek zajišťují systémy srdeční a cévní, krátkodobé pak reflexní oblouky, humorální změny probíhají za středně dlouhou dobu, dlouhodobé působení zabezpečuje tlaková natriuréza a poté můžeme zmínit také systémy vyššího řádu jako jsou cirkadiánní a ontogenetické regulace krevního tlaku (Rudolf, 2012).

### **3. 2. 1. 1 Hormonální regulace**

Hormonální regulační mechanismy jsou pomalejší než okamžité baroreceptorové dráhy, ale jsou pro kontrolu tlaku také důležité. Jejich působení je v řádu minut až hodin. Tři základní hormonální regulační systémy jsou sympatikus a katecholaminy, renin-angiotenzinový a vazopresinový systém (Folsch, Schmidt, Kochsiek, 2003).

Sekrece mediátorů katecholaminů probíhá dvojitou cestou. Podnětem může být hypoglykémie, na kterou reagují receptory v centrální nervové soustavě, ale také mohou být aktivovány při stresové (zátěžové) situaci cestou sympatiku. Hlavní účinky katecholaminů (adrenalin, noradrenalin) jsou na různých úrovních. Kardiovaskulární rovina zahrnuje zvýšení síly stahu myokardu, srdeční frekvence a síňokomorového přenosu. Působí vazodilatačně na arterioly ve svalech a vazokonstrikčně v kůži a splachnické oblasti. Dále navozují rozšíření průdušek a zvyšují glykogenolýzu a glukoneogenezi v játrech (Kittnar, 2011).

Druhým majoritním hormonálním regulátorem je systém angiotenzinový. V játrech se z angiotenzinogenu odštěpuje angiotenzin I pomocí reninu a poté se v plicích prostřednictvím angiotenzin konvertujícího enzymu (ACE) odlučují dvě aminokyseliny a vzniká angiotenzin II, jako konečný produkt. Angiotenzin II vzniká přibližně za 30 až 60 minut po snížení krevního tlaku a obecně způsobuje vazokonstrikci v cílové tkáni. Cílem je podpora vzestupu krevního tlaku na původní hodnotu, který poté inhibuje sekreci reninu a tím se hladina tlaku krve normalizuje. Druhým efektoem je aldosteron, jehož produkci stimuluje angiotenzin II v kůře nadledvin. Aldosteron



podmiňuje zpětnou resorpci  $\text{Na}^+$  iontů a vody v ledvinných tubulech z primární moči a tím zvyšuje objem plazmy. Tedy stimulací pro tuto regulační skupinu je pokles krevního tlaku a objemu plazmy (Silbernagl, Despopoulos, 2016).

Ze zadního laloku hypofýzy se při větším poklesu tlaku nebo při ztrátě objemu krve uvolňuje vazopresin. Jeho reakcí je především zpětné vstřebávání vody v ledvinách, konkrétně v proximální části sběracího kanálku a distální části ledvinového tubulu (Folsch, Schmidt, Kochsiek, 2003).

Hormony, které ovlivňují cévní systém přímo působí také na regulaci krevního tlaku. Můžeme je obecně rozdělit na vazodilatační (rozšiřující cévy) a vazokonstrikční (zúžující cévy). Do první skupiny spadají například atriální natriuretický peptid, vazoaktivní intestinální peptid a kininy. Oproti tomu můžeme zařadit vazopresin, noradrenalin, adrenalin a angiotenzin II (Ganong, 2011).

### **3. 2. 2. Měření krevního tlaku**

#### **3. 2. 2. 1 Úvod**

O historicky první pokus měření krevního tlaku se zasloužil Stephen Hales, který v roce 1773 zdokumentoval intaarteriálně měřený krevní tlak u koně pomocí skleněné trubice (Lewis, Hales, 1994). V 19. století Jean-Léonard-Marie Poiseuille přispěl vynalezením rtuťového manometru (trubice tvaru U) a v roce 1860 Etienne Jules Marey zkonstruoval první přenosný manometr k zaznamenávání tlaku v čase v rámci jednoho pulzu. Rtuťový sfygmomanometr, který byl představen Scipionim Riva-Roccim, se příliš nelišil od současných přístrojů a přiblížil se ke klinické praxi dnešní doby. Ruský chirurg Korotkov doplnil na počátku 20 století samotné měření o tzv. Korotkovy fenomény (Linhart, Ceral, Filipovský, 2016).

Hodnoty krevního tlaku jsou do jisté míry považovány za proměnlivé. Můžeme mluvit o tzv. diurnální variabilitě, tedy kolísání krevního tlaku během jednoho dne. Aktivitou vegetativního nervstva dochází k rannímu vzestupu hodnot, konkrétně vlivem sympatiku. Naopak parasympatikus vyvolává noční pokles krevního tlaku (Němcová, 2007).

Při fyzické aktivitě můžeme zaznamenat vzrůst, a naopak po jídle sestup tlaku krve. Dále jsou například o volných dnech hodnoty tlaku nižší než v těch pracovních. Po abusu alkoholu může krevní tlak druhý den stoupat (Linhart, Ceral, Filipovský, 2016).

### 3. 2. 2. 2. Metody základní rozdělení

Existuje několik měřících metod, které můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin - přímé (invazivní) a nepřímé (neinvazivní). Přímé měření využívá pružný, např. teflonový katetr, v jehož hrotu je umístěn snímač tlaku. Zavádí se nejčastěji do a. radialis, a. ulnaris nebo a. brachialis na horní končetině a do a. femoralis na končetině dolní. Tato metoda se užívá na jednotkách intenzivní péče nebo na operačním sále, pro ambulantní měření je zcela nevhodná a nepoužívá se (Němcová, 2007).

Většina klinických metod je založena na okluzi (uzavření) některé z tepen natlakovanou manžetou na hodnotu vyšší, než je systolický tlak krve. Vypouštěním dojde k obnovení toku krve tepnou, systolický tlak přesáhne tlak v manžetě. Tento proces je doprovázen některým z fenoménu jako jsou například palpační jev, Korotkovy ozvy, oscilace tlaku v manžetě či Dopplerovým prouděním.

Naměřené hodnoty jsou ovlivněny metodou, metodikou, místem měření a parametry přístroje či lidským faktorem (Rudolf, 2012)

### 3. 2. 2. 3. Nepřímé metody

V této kapitole se nachází výběr nepřímých metod, přičemž pro bakalářskou práci je nejdůležitější metoda auskultační a její věnována větší pozornost.

Za zlatý standard pro klinické měření se považuje tzv. auskultační metoda, která používá fonendoskop a tonometr (přiměřeně zvolenou manžetu a manometr). Základy pro metodu položil v roce 1905 ruský lékař Korotkov, který pojmenoval poslechové ozvy. Definoval 5 fází, kdy při proudění krve tepnou vznikají tóny o různé hlasitosti a kvalitě. V 1. ozvě se odečítá tlak systolický a v 5. tlak diastolický. Existují situace, kdy je diastolický krevní tlak odečítán ve 4. fázi, kdy slyšíme oslabení tónů. Bývá to u jedinců s hyperkinetickou cirkulací a vysokým minutovým objemem, například u těhotných žen, u dětí do 13 let, u dosud neléčené tyreotoxikózy, u arteriovenózní píštěle, hemodynamicky významné aortální insuficience a při měření krevního tlaku v dynamické zátěži. (Němcová, 2007). Principem této metody je okluze (uzavření) tepny (nejčastěji a. brachialis) pomocí vhodně zvolené manžety. Tlak v manžetě převyšuje tlak systolický (doporučeno o cca 30 mmHg). Následně snižujeme tlak v manžetě rychlostí 2-3 mmHg/s a tím se průtok začne obnovovat. Přes membránu ve fonendoskopu slyšíme Korotkovy ozvy. Při postupném snižování tlaku se turbulentní proudění v tepně pomalu mění v laminární (Ganong, 2011). V okamžiku, kdy vymizí turbulentní proudění, tak vymizí i Korotkovy fenomény a tlak v manžetě je roven diastolickému tlaku (Penhaker, Imramovský, Tiefenbach, Kobza, 2004).

Nutno podotknout, že tato metoda není spolehlivá pro měření diastolického krevního tlaku (Máček, Vávra, 1988).

V klinické praxi u nás se nejčastěji používá rtuťový tonometr, jehož výhodou je odolnost vůči kalibrační chybě. V roce 2009 vydala Evropská komise zákaz používání rtuťových měřičů s výjimkou vztahující se na tonometry (Linhart, Ceral, Filipovský, 2016). Je třeba zmínit, že rtuťový tonometr je považován za jednu z nejpresnějších metod, avšak to platí pouze pro měření v ordinaci. Pro domácí měření krevního tlaku již tak vhodný není, neboť klade relativně velké nároky na osobu provádějící měření a vyžaduje důkladné zacvičení (Peleška, 2006). Palpační měření je účinné pro záznam systolického tlaku při obnovení průtoku například v a. brachialis v loketní jámě pod natlakovanou manžetou. Tato metoda má tendenci hodnoty systolického tlaku krve podhodnocovat přibližně o 5–6 mmHg (Hoeven, Van Den Born, Montfrans, 2011). V některých zemích se rtuťové sfygmomanometry (tonometry) vzhledem k zakazu používání rtuti používají stále s klesající tendencí. V ordinaci lze užívat validované digitální auskultační tonometry bez rtuti. Aneroidní tlakoměry jsou považovány za náchylné k poškození a za méně přesné (Widimský, Filipovský, Cífková, Ceral, Linhart, 2018).

I při měření tlaku auskultační metodou se doporučuje palpat tlak na a. radialis. Někdy se objevuje tzv. auskultační pauza, kdy fenomén doprovázející diastolický tlak vymizí dříve, než by odpovídal skutečnosti a pak se znovu objeví (Ganong, 2011)

Metoda založená na detekci amplitudy změn tlaku vzduchu v manžetě se nazývá oscilometrická. Největší amplituda odpovídá střednímu arteriálnímu tlaku, ze kterého je krevní tlak systolický i diastolický odhadován. Když tlak v manžetě klesne pod úroveň tlaku systolického, stěny tepny začnou vytvářet jemné vibrace a proudění krve se stává více turbulentní než laminární. Je známo, že tato metoda podhodnocuje systolický krevní tlak asi o 5 až 8 mmHg, naopak nadhodnocuje diastolický krevní tlak o přibližně 3 až 7 mmHg. Dopplerovské měření (neboli ultrazvukové), využívá pro detekci obnovení toku tepnou právě Dopplerův jev. Metoda je založena na změně signálu, která vyvolá pohyb stlačené tepny. Pro klinické použití je metoda značně nepřesná a dnes se nepoužívá (Linhart, Ceral, Filipovský, 2016).

### 3. 2. 3. Krevní tlak v zátěži

Zátěž představuje pro organismus mnoho změn, se kterými se musí vypořádat. Bez pochyby záleží na mnoha aspektech zvolené zátěže (druh, frekvence, intenzita, opakování). Co je ovšem společným jmenovatelem pro všechny modalities je fakt, že zátěž představuje pro tělo určitou formu stresu.

Stres vyznačuje určitý stav vnitřního napětí v organismu a je vyvoláván zátěžovým faktorem, který nazýváme stresorem. Stresor může vzniknout z vnitřního i vnějšího prostředí. Reakce organismu je prakticky jednoduše neurohumorální odpověď. Stres můžeme rozdělit do několika na sebe navazujících fází: poplachová, rezistentní a fáze vyčerpání. Ve fázi poplachu dochází například ke vzestupu katecholaminů, glykogenolýze, proteokatabolismu a lipolýze. Je to okamžitá reakce organismu na počínající stresovou situaci. Čím více postupuje daný proces, tím dříve dochází k vyčerpání rezerv organismu a kumulaci metabolických produktů, se kterými se tělo musí vypořádat. (Nečas, 2009).

Při zátěži se zvětšuje se systolický výdej, který je nutný při vysoké tepové frekvenci jakožto hlavní složce minutového srdečního výdeje, tedy je hlavní příčinou vzestupu systolického krevního tlaku. Oproti tomu se snižuje periferní cévní odpor, což umožňuje únik krve z pružníku a ovlivňuje diastolický krevní tlak, který se při dynamické svalové činnosti z důvodu zapojení velkých svalových skupin do zátěže příliš nemění (Máček, Vávra, 1988).

Dále také stoupá srdeční výdej na základě zvýšené aktivity svalů, které působí jako tzv. svalová pumpa a navyšují žilní návrat do srdce. Příčinou je Starlingův zákon, který způsobí zvýšení srdečního výdeje a vypudí během systoly větší objem krve. Následně dojde ke zvýšení minutového výdeje. Vzestup středního arteriálního tlaku přetrvává i po skončení zátěže. Vysvětlení je přítomnost metaboreceptorů, které registrují zvýšenou koncentraci draslíku a dalších produktů ve svalech. Posílají impulzy do vazomotorického centra, které je uloženo v prodloužené míše a cestou sympatiku se zvyšuje krevní tlak i po skončení zátěže (Kittnar, 2011). Při vysoké intenzitě zátěže může vzrůst minutový srdeční výdej z 20 % klidového průtoku až na 80 %. Nastává redistribuce krevního zásobení, kdy se upřednostňují pracující oblasti před těmi méně aktivními. Průtok krve pracujícími svaly se může zvýšit až na dvacetinásobnou hodnotu vlivem vazodilatace arteriol (Máček, Vávra, 1988).

Organismus odpovídá jinak na statickou a dynamickou zátěž. Při zátěži kratší doby a vyšší intenzitou (tedy spíše statické) se v pracujícím svalu zvyšuje napětí, ale nedochází v něm většinou ke zkracování vláken (izometrie). Srdeční frekvence nemá podstatný vliv na prokrvení. V dynamické

zátěži se napětí svalu nemění, délka se rytmicky prodlužuje (či zkracuje) a průtok pracujícím svalem výrazně stoupá. Stoupá systolický krevní tlak a srdeční frekvence (Ošťádal, Vízek, 2003)

Na počátku zátěže se průtok krve a tzv. shear stress (smykové napětí) v cévách výrazně zvyšují v závislosti na intenzitě cvičení, tak aby se uspokojila zvýšená metabolická poptávka organismu. Lokální vazodilatační mechanismy spolu se zvýšením krevního tlaku a srdečního výdeje přispívá k hyperémii, která vede ke zvýšení shear stressu v cévách během cvičení (Green, Hopman, Padilla, Laughlin, Thijssen, 2017).

Při zátěži by mělo fyziologicky docházet k vzestupu hodnot systolického krevního tlaku, zatímco diastolický krevní tlak se nemění či může mírně klesat. Neadekvátně nadměrný vzestup systolického tlaku (nad 200 mmHg) naznačuje zvýšené riziko rozvoje hypertenze a současně zvýšené riziko kardiovaskulární příhody. Nepřítomnost vzestupu nebo poklesu systolického tlaku při zátěži může být známkou selhávání levé srdeční komory (Linhart, Ceral, Filipovský, 2016). Při maximální fyzické zátěži může dojít k poklesu cévní rezistence až o 80 %, aniž by to znamenalo velké výkyvy krevního tlaku. Příčinou jsou vzájemně propojené regulační mechanismy (Astapenko, Černý, 2019).

Systolický krevní tlak roste proto, aby zajistil dostatečné zásobení pro pracující svaly okysličenou krví. Obecně lze říct, že čím vyšší intenzita zátěže, tím více hodnoty rostou. V. Tuka a spol. zkoumali v roce 2015 hlavní determinanty ovlivňující krevní tlak za pomoci zátěžových testů na ergometru. Data ukázaly, že hlavní komponenty jsou krevní tlak v klidu a intenzita zátěže, a naopak BMI a věk jsou až vedlejšími faktory (Tuka et al., 2015). Diastolický krevní tlak by měl se zvyšující zátěží zůstat stejný nebo mírně klesat. Příčinu tohoto tvrzení lze hledat na periférii, kde klesá rezistence oběhu (Froelicher, Myers, 2006).

Dynamický aerobní trénink snižuje v delším horizontu hodnoty krevního tlaku. Účinek snižování krevního tlaku je výraznější u hypertoniků než u normotenzních jedinců (Fagard, 2001)

Při neinvazivním měření diastolického krevního tlaku v zátěži je nutno počítat se značnou chybou, hodnoty mohou být zavádějící. Pro nepřímé měření během cvičení je známo, že dochází k fyziologickým změnám v kardiovaskulárním systému, které mohou ovlivnit fyzikální vlastnosti a. brachialis, a tím i přesnost měření. Kaijser v roce 1987 provedl studii, ve které porovnával invazivní a neinvazivní měření krevního tlaku v klidu a v dynamické zátěži. Výsledky měření diastolického tlaku ukazovaly rozdílnost mezi metodami i mezi jednotlivci mezi sebou. Udává, že hodnoty diastolického krevního tlaku, které jsou získány pomocí neinvazivní (nepřímé) metody při zátěži by neměly být používány k vědeckým ani klinickým účelům (Kaijser, 1987).

Některé studie naznačily, že krevní tlak zaznamenaný během cvičení poskytuje prognosticky významnější informace ve srovnání se získanými klidovými hodnotami. Neadekvátně zvýšená odpověď krevního tlaku během zátěže může být ukazatelem případného kardiovaskulárního onemocnění, které může předpovídat budoucí nástup hypertenze, mrtvice a obecně zvýšenou kardiovaskulární mortalitu. Fyziologické procesy mohou souviset s tuhostí velkých tepen, které zvyšují odrazy tlakových vln a zvyšují zatížení levé komory během fyzické aktivity, a to dokonce i při intenzitách takových jako jsou intenzity běžných činností během dne (Sharman et al., 2006). Také fáze zotavení po fyzické aktivitě může být ukazatelem kardiovaskulárního rizika, pokud například hodnoty systolického krevního tlaku klesají nedostatečně (Singh et al., 1999). Byly prokázány významné korelace mezi krevním tlakem při zátěži a stavbou levé srdeční komory, a to více než s porovnáním klidových hodnot krevního tlaku (Mundal et al., 1996).

Při některých případech je třeba mít se obzvláště na pozoru při zátěžovém měření krevního tlaku. Mezi takové případy patří například těžce sportující, pacienti po proběhlé TIA (transitorní ischemická ataka), Marfanův syndrom a aneurysma. Důležité je sledovat nejen samotný vzestup, ale zároveň i průběh tlakové odpovědi. Pokud se stane, že krevní tlak přestane růst (či začne klesat) může to značit patologický proces, jako je například arytmie či "vyboulující se" - dyskinetická jizva po infarktu myokardu. Může to být ovšem známka neadekvátně nízké zvolení zátěže. Příliš nízká intenzita znamená, že na prvním, téměř nulovém stupni, klesne předstartovní stres a tlak se sníží zpět k hodnotě blízké klidovému systolickému tlaku (ústní sdělení, doc. Jiří Radvanský, FN Motol, 3/2020).

### **3. 2. 3. 1. Hypertonická reakce**

Odpověď krevního tlaku na pohybovou aktivitu je značně variabilní. Udává se, že u hypertoniků obvykle bývá vyšší než u normotoniků, hranice krevního tlaku, od které se dá odpověď považovat za abnormální, je těžko odhadnutelná. Při vyšetření na bicyklové ergometrii v běžné populaci představují hodnoty přibližně 220/120 mmHg již velké riziko a test se předčasně ukončí (Peleška, 2016). Jiné zdroje uvádějí, že za hypertonickou reakci se považuje vzestup systolického tlaku u mužů nad 210 mmHg a více, u žen nad 190 mmHg a více. Jiný zdroj říká, že vzestup na 230 mmHg a více znamená 2,5x vyšší riziko infarktu myokardu (Smejkal, 2009).

Vzestup krevního tlaku při zátěži přímo souvisí s několika atributy cvičení, například s intenzitou, druhem a trváním zátěže. Je tedy obtížné najít jasně definovanou hranici, kdy je vzestup fyziologický, a kdy už je reakce neadekvátní. Radvanský a spol. definují abnormální reakci krevního tlaku při dynamické zátěži jako vzestup systolického krevního tlaku o více než 30 mmHg na

1W/zátěže (Radvanský, Máček, 2011). Neadekvátní reakce je ukazatelem porušené regulace krevního tlaku v klidu i při zátěži. Jednou z možných příčin může být endoteliální dysfunkce, která se často u pacientů s arteriální hypertenzí (Higashi, Yoshizumi, 2004). Izometrická aktivita byla již dříve spojována s hypertenzní reakcí (Inder et al., 2016). Za zvýšenou reakci krevního tlaku při cvičení může být také zodpovědná neschopnost snížení celkové periferní rezistence během zátěže, tedy případná špatná arteriální compliance, která představuje tlakovou odpověď u subjektů s pokročilejšími arteriosklerotickými chorobami nebo strukturálními vaskulárními změnami. V praxi může neadekvátní reakce odhalit případné patologie a podněcovat k zahájení léčby, včetně medikamentů. Nutno brát hypertenzní reakci v zátěži jen jako pomocný, nikoliv rozhodující faktor pro nasazení hypertenzní léčby. Může být také nápomocný v posouzení hemodynamické významnosti reziduálního nálezu, například u insuficience aortální chlopně a koarktace aorty. Udává se, že odpověď krevního tlaku při zátěži je více prognosticky důležitým faktorem než nahodilé měření klidového krevního tlaku (Mundal et al., 1996).

### **3. 2. 3. 2. Regulace v zátěži**

Zátěž je pro tělo stresová situace, se kterou se musí vyrovnat a uzpůsobit jí i své regulační mechanismy. Zvýšený tonus sympatiku znamená obecně vazokonstrikci na několika úrovních, jako je kožní řečiště (začátek zátěže) a splanchnická oblast. Průtok krve centrální nervovou soustavou a srdcem je řízen autonomně podle jejich potřeb. Perfuze koronárním systémem je přímo úměrná svalové práci a vede ke zvýšení minutového srdečního výdeje. Oproti klidu zvýšená potřeba kyslíku myokardem je pokrytá zvýšenou perfuzí koronárními tepnami, a nikoliv zvýšenou extrakcí kyslíku z krve, která je při klidovém stavu už tak vysoká (Máček, Vávra, 1988). Průtok pracujícím svalem záleží také na intenzitě zátěže. Při nízké svalové práci roste průtok lineárně až do středně těžké zátěže, poté ale čím náročnější práci sval vykonává, tím více začíná průtok klesat a podmínky pro dodávku kyslíku se zhoršují. S tím souvisí i zhoršení odplavování metabolitů vzniklých při zátěži. Pracující sval má dvě možnosti, jak pokrýt zvýšené nároky na kyslík – jednak zvýšení perfuze v dané oblasti anebo zvýšení extrakce kyslíku z protékající krve. Nasycení žilní krve kyslíkem, která jde ze zatíženého svalu při zátěži může klesnout až na 2-3 % (Clausen, Lassen, 1971).

### 3. 2. 4. Vliv polohy těla na krevní tlak

V pozici ve stoje je obvyklou reakcí organismu mírný pokles systolického a mírný vzestup diastolického krevního tlaku. Jako významný pokles se udává 20 mmHg systolického krevního tlaku a více. Je však důležité zmínit, že dlouhodobá reprodukovatelnost tohoto vyšetření není dobrá, především protože u asymptomatických jedinců nepřináší cennou informaci pro léčbu, a naopak může vést k váhání při nastavování dostatečných dávek medikace. U pacientů, kteří mají symptomy s možnou ortostatickou hypotenzí je však takové vyšetření doporučováno (Linhart, Ceral, Filipovský, 2016).

Při pozici v sedě je krev vlivem gravitace nahromaděna v dolních končetinách. Přejít ze sedu do stoje je doprovázen snížením žilního návratu a poklesem perfuze mozkové tkáně. Snížení krevního tlaku aktivuje baroreceptory, které jsou lokalizované převážně v a. carotis a oblouku aorty. Tento proces vede ke snížení vlivu parasymptatiku a zvýšení tonu sympatiku cestou baroreceptorové regulace. Snížení aktivity parasymptatické dráhy vede k rychlé změně srdeční frekvence na vyšší hodnoty, zatímco aktivace sympatiku přináší pomalejší nárůst vaskulární rezistence a srdeční kontraktility. Mozková autoregulace současně vede k vyšší poptávce na vazodilataci mozkových arteriol (Olufsen et al., 2005). Sparrow (1984) a Pujitha (2014) například uvádí stejnou myšlenku, tedy že vzpřímená poloha je spojena s hromaděním krve v žilním systému a poklesem žilního návratu a tím i snížením srdečního výdeje. Pokles krevního tlaku má za následek relaxaci baroreceptorů a sympatickou stimulaci, která způsobuje vazokonstrikci sloužící ke stabilizaci srdečního výdeje. Celkový periferní odpor se zvyšuje dostatečně tak, aby udržel krevní tlak vůči sníženému srdečnímu výdeji. Obecně platí, že diastolický krevní tlak zůstává stejný nebo je jen mírně zvýšen a systolický je mírně snížen ve stoje oproti poloze vleže (Sparrow, 1984, Pujitha, 2014). Pro toto tvrzení existují dvě možná vysvětlení. Aktivita sympatického nervového systému představuje počáteční obranu krevního tlak. Hladiny katecholaminů měřené u stojících osob jsou obvykle téměř dvojnásobné. Tato hemodynamická rovnováha se stárnutím organismu snižuje a je spojena se zhoršenou schopností regulovat krevní tlak. Vyšší hodnoty krevního tlaku ve vyšším věku jsou také spojeny s tuhnutím cév a zhoršení jejich funkce elasticity. Posturální pokles z polohy vleže do polohy vestoje je výraznější u starších osob ve srovnání s mladšími, a to v důsledku snížené citlivosti baroreceptorů (Pujitha, Parvathi, Sekhar, 2014).



### 3. 2. 4. Patofyziologie krevního tlaku – hypertenze

Nejméně čtvrtina všech úmrtí v populaci vyspělých zemí u jedinců nad 40 let je přímo či nepřímo způsobena vysokým krevním tlakem (Rudolf, 2012). Hypertenze je stavem označovaným za patologii, kdy u klidného sedícího člověka je naměřen třikrát tlak krve vyšších hodnot než 140/90 mmHg. Představuje jedno z nejzávažnějších onemocnění se zásadním vlivem na zdravotní stav dnešní populace i ekonomiku hospodářsky vyspělých zemí. Riziko představuje nejen pro zvýšení systémového krevního tlaku, ale také pro celkové změny v regulačních mechanismech a narušení rovnováhy v organismu (Kára, Souček, 2002). Pro diagnostiku je důležité tlak měřit opakovaně, aby se vyloučil vliv činnosti, nálady, zdravotního stavu a polohy těla jedince na výsledky vyšetření. Jedno z možných rozdělení této patologie je na primární (esenciální) a sekundární. Esenciální hypertenze zaujímá až 90 % případů. Přesto, že příčina bývá multifaktoriální, dva časté mechanismy jsou buď zvětšený objem cirkulující tekutiny nebo vazodilatace v krevním řečišti. Chronicky vysoký krevní tlak je spojován také se změnami endoteliální funkce zprostředkované sníženou dostupností oxidu dusnatého. Endoteliální dysfunkce je často spojena s aterosklerózou a vaskulárními chorobami u lidí. Ukazuje se, že fyzická aktivita může mít pozitivní vliv na tuto problematiku tím, že zvyšuje produkci oxidu dusnatého. Patologický proces je však nevratný (Higashi, Yoshizumi, 2004). Cvičení může změnit rychlost a zvýšit smykové napětí na endoteliálních buňkách, což podporuje endoteliální expresi syntázy a snižuje vychytávání oxidu dusnatého. Tím se zvyšuje vazodilatace a vazomotorická funkce zprostředkovaná oxidem dusnatým (Cheng, 2003)

Evropské a severoamerické léčebné směrnice pro primární a sekundární prevenci hypertenze doporučují nefarmakologické změny životního stylu jako první volbu terapie, včetně zvyšování fyzické aktivity. Nedávné analýzy naznačují, že izometrické cvičení může snižovat krevní tlak více, než je tomu tak u dynamického aerobního a odporového cvičení (Inder et al., 2016)

Hypertenze je spojena se zvýšeným výskytem těchto onemocnění: mozková mrtvice, srdečního selhání, selhání ledvin a infarkt myokardu. Fyzická aktivita je vedle medikace, úpravy stravy a redukce hmotnosti důležitá součást léčby hypertenze (Pescatello, Fargo, Leach, Scherzer, 1991).

Primární hypertenze je součástí široce rozšířeného metabolického syndromu. Výskyt je tedy mnohem pravděpodobnější u androidně obézních a dyslipidemických pacientů, dále také s prediabetem, diabetem druhého typu, s ICHS a se všemi ostatními stavy s pokročilou aterosklerózou. Zátěžový nadměrný vzestup tlaku je samostatným rizikem kardiovaskulárních chorob. Potenciálně

nebezpečné navýšení oběhové hemodynamiky zvyšuje riziko nežádoucích srdečních a cerebrovaskulárních procesů během nebo bezprostředně po zátěži.

Sekundární hypertenze představuje přibližně 10% z celkového počtu výskytu chronického vysokého krevního tlaku. Je známá příčina, která má za důsledek právě vznik sekundární hypertenze. Příkladem takových příčin jsou například: renovaskulární hypertenze, renální hypertenze, endokrinní hypertenze a hypertenze vyvolaná lékem. Nejčastější skupinou jsou hypertenze renovaskulárního původu způsobené aterosklerotickými změnami na a. renalis. Pokud je postižena některá část ledviny, dochází k ischemii tkáně a zvyšuje se sekrece reninu pro udržení průtoku krve daným úsekem. Za základě regulačního mechanismu renin-angiotenzinového systému dochází k vazokonstikci a zvýšení krevního tlaku (Ošťádal, Vízek, 2003).

Zvýšená tuhost tepen je jedním ze základních příčin vzniku kardiovaskulárních onemocnění. Krevní tlak můžeme rozdělit na dvě základní složky. První z nich je složka stálá, která je přímo závislá na srdečním výdeji a periferní rezistenci a je rovna střednímu arteriálnímu tlaku. Druhou částí je pulzativní složka. Právě ta odpovídá poddajnosti velkých cév. Arteriální poddajnosti je vlastností aorty a jejích velkých větví. Další souvislostí je rychlost tlakové pulzové vlny. Krev vypuzená do aorty se šíří menšími elastickými tepnami až do místa přechodu svalových tepen, kde se vlna odráží zpátky. Pokud je tuhost tepen nízká (v mládí nebo v cévě nepostižené aterosklerózou), odráží se zpět a dojde k srdci v okamžiku diastoly, kdy pomáhá diastolickému plnění koronárních tepen. Pokud je tuhost zvýšená nastává jev, kdy se vlna šíří rychleji a její odraz narazí na kořen aorty v okamžiku ještě probíhající systoly. To dále zvyšuje krevní tlak a zatěžuje levou komoru. V extrémních situacích může tuhá cévní stěna s neléčenou hypertenzí končit až srdečním selháním. Roztažitelnost velkých tepen je však určována nejen pasivními vlastnostmi, ale také změnami cévního napětí pod vlivem autonomního systému. Akutní zvýšení průměru cévy je možné zaznamenat během hyperemie vyvolaného zvýšení průtoku krve u fyziologických subjektů, ale nikoli u pacientů se srdečním selháním nebo diabetem, kde je narušena vazodilatace zprostředkovaná endotelem (Naka et al., 2003).

Oproti ateroskleróze je proces tuhnutí cév difúzní. Hlavní ovlivňující faktory jsou zejména stáří, hodnoty krevního tlaku, genetické zatížení a přívod soli. Za fyziologické situace jsou v cévách elastická vlákna rovnoměrně uspořádána, při výše popisované situaci jsou vlákna dezorganizována. Roste také podíl kolagenu, který do sebe ukládá více vápníku (Thiebaud, Fahs, Rossow, 2016).

### 3. 3. Zátěž a adaptace

Zátěží rozumíme jakési zatížení organismu vnější či vnitřní silou na kterou organismus reaguje. Je potřeba rozlišit pojmy „reakce na zátěž“ a „adaptace na zátěž“. Adaptace je proces přizpůsobování organismu určitým opakujícím se podmínkám a stimulům. Je to komplexní děj, který se odehrává na několika systémech, které spolu interagují. Reakcí organismu se myslí okamžitá bezprostřední odpověď na podnět, která je vždy stejná (Vávra, Máček, 1988).

Selye a Fortier (1950) píšou o obecném adaptačním syndromu jako o reakčním vzorci, který je pořád stejný a jeho narušení nazývá jako onemocnění adaptační funkce. Tvrdí, že se dají sledovat určité fáze adaptačního syndromu, jelikož zpočátku organismus většinou reaguje nepřiměřeně a více než by bylo k situaci adekvátní. Čím více se stimul opakuje, tím více se specializují reakční systémy v těle až vzniká účelná a adekvátní odpověď (Selye, Fortier, 1950). Charvát zmiňuje pojem „adaptační syndrom“ pro základní reakci organismu na kterém teprve následným opakováním vzniká adaptace jako taková (Charvát, 1973).

Vytvořená adaptace není trvalá, dojde-li k oslabení či eliminaci podnětu můžou tak získané změny opět vymizet. Nejrychleji mizí změny na buněčné úrovni, a to v rámci dnů. Naopak nejdéle přetrvávají naučené pohybové vzorce (Vávra, Máček, 1988).

Fyzická aktivita představuje potenciální narušení homeostázy organismu prostřednictvím svalové aktivity. Vzniká reakce na více systémech najednou a o výsledné změně rozhoduje několik faktorů, mezi něž spadá i druh aktivity, tedy zkráceně jestli převahuje aktivita aerobní či odporová (popřípadě silová). Z obou uvedených modalit vyplývá zdravotní zisk, jen každá z nich má pro sebe specifické účinky na organismus.

Následující obrázky (Obrázek 1, Obrázek 2) shrnují účinky pro jednotlivou formu cvičení. Zde můžete vidět, že aerobní cvičení má oproti odporovému o něco větší vliv na větší kapilarizaci tkáně, vzestup hustoty mitochondrií, pokles procentuálního zastoupení tuku v těle, snížení zánětlivých ukazatelů, pokles klidové tepové frekvence, snížení a kardiovaskulárního rizika. Oproti tomu trénink odporový přináší zisk na úrovni zvýšení svalové hmoty, zvýšení síly a velikosti svalových vláken, a navýšení syntézy myofibril. Obě možnosti fyzické aktivity příznivě působí na kostní hustotu, citlivost inzulínové signální dráhy a flexibilitu (Egan, Zierath, 2013).

**Table 2. Adaptations and Health Benefits of Aerobic Compared to Resistance Exercise**

	Aerobic (Endurance)	Resistance (Strength)
<b>Skeletal Muscle Morphology and Exercise Performance</b>		
Muscle hypertrophy	↔	↑ ↑ ↑
Muscle strength and power	↔ ↓	↑ ↑ ↑
Muscle fiber size	↔ ↑	↑ ↑ ↑
Neural adaptations	↔ ↑	↑ ↑ ↑
Anaerobic capacity	↑	↑ ↑
Myofibrillar protein synthesis	↔ ↑	↑ ↑ ↑
Mitochondrial protein synthesis	↑ ↑	↔ ↑
Lactate tolerance	↑ ↑	↔ ↑
Capillarisation	↑ ↑	↔
Mitochondrial density and oxidative function	↑ ↑ ↑	↔ ↑
Endurance capacity	↑ ↑ ↑	↔ ↑

**Obrázek 1: Adaptace a zdravotní výhody aerobního a odporového tréninku část 1 (Egan, Zierath, 2013)**

**Whole-Body and Metabolic Health**

Bone mineral density	↑ ↑	↑ ↑
<b>Body composition</b>		
Percent body fat	↓ ↓	↓
Lean body mass	↔	↑ ↑
<b>Glucose metabolism</b>		
Resting insulin levels	↓	↓
Insulin response to glucose challenge	↓ ↓	↓ ↓
Insulin sensitivity	↑ ↑	↑ ↑
Inflammatory markers	↓ ↓	↓
Resting heart rate	↓ ↓	↔
Stroke volume, resting and maximal	↑ ↑	↔
<b>Blood pressure at rest</b>		
Systolic	↔ ↓	↔
Diastolic	↔ ↓	↔ ↓
Cardiovascular risk profile	↓ ↓ ↓	↓
Basal metabolic rate	↑	↑ ↑
Flexibility	↑	↑
Posture	↔	↑
Ability in activities of daily living	↔ ↑	↑ ↑

**Obrázek 2: Adaptace a zdravotní výhody aerobního a odporového tréninku část 2 (Egan, Zierath, 2013)**

### 3.3.1. Kardiovaskulární adaptace

Cvičení má přímé účinky na cévní systém vlivem opakovaného hemodynamického podnětu, jako je například smykové tření či tlak vyvolaný na stěnu cévy. Clausen (1977) poznamenal, že trénink zlepšuje absorpci kyslíku a srdeční výdej během maximálního cvičení, zatímco střední arteriální tlak zůstává nezměněn (Clausen, 1977). V kardiovaskulárním systému je patrné několik změn. Opakované cvičení prokazatelně zlepšuje endoteliální funkci cév a dostupnost oxidu dusnatého. Během cvičení roste kožní vazodilatace lineárně se zvyšováním tělesné teploty. Při opakovaném tréninku se tato reakce upravuje. Vazodilatace nastává dříve a zvyšuje se prokrvení kůže pro vyšší odvod tepla (Green et al., 2017). Morganroth a spol. (1975) zmiňují, že pravidelný trénink zahrnuje také hemodynamické stimuly pro remodelaci myokardu. Koronární tepny jsou schopny větší extrakce kyslíku z krve a nastává postupná hypertrofie srdečního svalu. Obecně se uvádí, že cévní stěna reaguje vazodilatací na podnět shear stressu, který se snaží regulovat (Morganroth, Maron, Henry, Epstein, 1975).

Další modalitou je tzv. HIIT, intervalový trénink s vysokou intenzitou, který je charakterizován jako opakovaný trénink v krátkých intervalech v submaximální intenzitě (Green et al., 2017). Studie naznačují potenciálně lepší účinky ve srovnání s tradičním vytrvalostním cvičením (Ramos, Dalleck, Tjonna, Beetham, Coombes, 2015).

Dobře pozorovatelným parametrem je změna srdeční frekvence. Je dána tím, že organismus potřebuje rychlejší přísun kyslíku a živin pro vlastní metabolismus a tvorbu energie. Nižší srdeční

frekvenci je možné zaznamenat již po několika týdnech po započetí pravidelné fyzické aktivity. Vysvětlení takového tvrzení je možné najít na periférii, kde je pracující sval. Sval totiž díky pohybu zlepšuje svůj stav, především svou funkci svalové pumpy. Je schopen zvýšit podporu žilního návratu a zlepšit plnění srdce, respektive zvýšit tepový objem. Nastává situace, kdy při stejné potřebě minutového srdečního výdeje stačí nižší srdeční frekvence (Máček, Radvanský, 2011).

Adaptace nenastává pouze na periférii, ale také na myokardu a ve stěnách cév zatížených cvičením. Navýšení hodnot  $\dot{V}O_2$  a srdečního výdeje může také souviset se zvýšením maximální rychlosti plnění srdeční komory. Srdeční sval se stává účinnějším při vypuzování krve z komory, zatímco sval kosterní se stává účinnějším při přenosu sil přes šlachy na kosti. Šlachy se přizpůsobí většímu napětí a zpevní se. Vlivem tělesného tréninku se zvyšuje ekonomizace srdeční práce. V cévní periférii se zlepšuje kapilární perfuze a je omezen zkratový průtok. Svalstvu tak stačí nižší průtok krve ke stejné aktivitě (Hernandez, Krawitz, 2003).

Nastává redistribuce krve, tzn. že se procentuálnělepší prokrvení jiných částí organismu než doposud. Fyziologicky sympatikus odvádí krev z gastrointestinálního traktu a kůže, a naopak přivádí více krve do svalů, plic a srdce. Díky zvýšené vagové aktivitě má srdce zvýšenou negativní dromotropní a chronotropní funkci. Výsledkem je klidová bradykardie, tedy snížená tepová frekvence. Na křivce EKG je patrný prodloužený úsek P-Q, což odpovídá počátku impulsu v SA-uzlu v převodním srdečním systému až po depolarizaci komor. Dále je zde přítomna vyšší ejekční frakce a menší reziduální objem krve v komoře (Máček, Radvanský, 2011).

Kosterní sval je největším orgánem pro uložení glykogenu a má až čtyřikrát větší kapacitu než játra. Je prokázáno, že již po prvním cvičení se zvyšuje citlivost na inzulín v celém těle (Mikines, Sonne, Farrell, Tronier, Galbo, 1988). Transport glukózy svalem je ovlivněn inzulinem, kontrakcemi a hypoxií, z čehož vyplývá, že svalová kontrakce přímo ovlivňuje homeostázu glukózy (Lee, Hansen, Holloszy, 1995).

Hlavními metabolickými změnami na vytrvalostní zátěž je pomalejší využití svalového glykogenu a glukózy v krvi, větší využití oxidace tuků menší produkce laktátu během cvičení dané intenzity (Holloszy, Coyle, 1984).

### 3. 3. 2. Neurální adaptace

Změny na úrovni nervové pomáhají aktivovat hlavní svalové skupiny při specifických pohybech a lépe koordinovat aktivaci všech příslušných svalů. Mohou také umožnit rychlejší vývoj síly a udržení maximální síly po delší časový úsek. Pokud je tedy aktivace motorických jednotek ve svalových skupinách spojena s adaptací na trénink, dá se usuzovat, že netrénovaní jedinci nemůžou plně aktivovat své motorické jednotky ve svalových vláknech, tak jako trénovaní. Dalším adaptačním mechanismem je zlepšení spolupráce antagonistů a agonistů, která může poskytnout lepší stabilizaci během pohybů. Snížení schopnosti aktivovat antagonisty zhoršuje schopnost plně aktivovat agonisty (Sale, 1988).

Adaptované svalstvo má výhodu předchozí zkušenosti, a tak dokáže požadovat po vazomotorickém centru v centrální nervové soustavě adekvátní stimulaci pro převodní systém srdce. Oproti tomu netrénovaný sval požaduje nepřiměřenou reakci na zvýšené nároky na bázi reflexního oblouku. Je nutné zmínit, že krátké zvýšené nároky na oběh podstatně neovlivní výkon srdečního svalu, jelikož je trénován neustále (Máček, Radvanský, 2011).

Další skupinou změn je rovnováha mezi autonomním nervovým systémem, kde se adaptací se v klidu zvýší vliv parasymptatiku oproti sympatiku. Nutno podotknout, že obě cesty jsou zvýšené, ale parasymptikus mnohem více. Fyzická aktivita spojena s vysokým svalovým napětím může vést ke zvýšení maximální kontraktilní svalové síly. Je však třeba si uvědomit, že například zvýšení maximální kontrakční síly nemusí být vysvětleno jen zvětšením plochy nebo objemu svalu. Navýšení nervových jednotek ve svalu přispívá k nárůstu maximální kontraktilní síly vyvolané cvičením, a to i v případě, že nedochází ke zvýšení velikosti svalů. Tedy roli hraje nejen typ svalu a jeho velikost, ale také nervová inervace (Aagaard et al., 2002). Schopnost reakce se zlepšuje i na úrovni smyslové, například zrakové. Vyšší zraková ostrost zlepšuje koordinaci okohybných svalů a ekonomiku celého pohybu (Radvanský, Máček, 2011). Zvýšený přívod kyslíku a živin do mozkové tkáně vede ke změně mikroskopické struktury buněk, ke zmnožení nervových spojení a krevních vlásečnic, lepšímu využívání energetických zdrojů, což se může také projevit lepší pamětí a získanou odolností vůči různým druhům stresu (Vondruška, Barták, 1999).

### 3. 3. 3. Adaptace svalových vláken při zátěži

U žen tvoří kosterní svalstvo přibližně 25-35 % a u mužů 40-45% tělesné hmotnosti. Sval se skládá z několika motorických jednotek, které jsou inervovány motoneuronem. Aktivním zapojením takových jednotek je ve výsledku stah, čili kontrakce. Podle aktuálních potřeb organismu se může zapojit různé množství svalových vláken (Radvanský, Máček, 2011).

Svalové vlákno tvoří tzv. svalovou jednotku a skládá se z funkčních celků, které se nazývají sarkomery. Uvnitř sarkomer dochází ke kontrakci kontraktálních elementů mezi myosinem a aktinem. Histologická stavba svalových vláken je stejná, liší se však některými vlastnostmi na úrovni biochemie, enzymové složky, nervovým i cévním zásobením (Vávra, Máček, 1988).

Každé svalové vlákno je spojeno s motoneuronem jednou nervově-svalovou ploténkou. Jejich presynaptické oblasti jsou konečné části axonální větve míšního motoneuronu lokalizovaném na předním rohu míšním. Podle typu a velikosti svalů se zapojuje na jeden motoneuron až stovky nervově-svalových plotének. Pojem motorická jednotka je spíše funkčně než anatomicky obrazem svazků o několika vláknech inervovaných jedním motoneuronem (Kittnar, 2011).

Obecně rozlišujeme dva krajní typy svalových vláken, mezi nimiž je mnoho přechodných úrovní. Vlákna červená jsou pojmenována podle vysokého obsahu krevního barviva hemoglobinu, dalšími názvy jsou také pomalá, oxidativní nebo typ I. Obsahují v sobě mnoho mitochondrií a méně glykogenu než druhý typ. Jejich ATPázová aktivita je nízká a zdrojem energie je převážně oxidativní fosforylace za adekvátního přísunu kyslíku. Druhým extrémem jsou vlákna bílá, zvaná také jako rychlá glykolytická nebo typ II, která mají vysokou aktivitu ATPázy a obsahují více glykogenu. Zdrojem energie bývá glykolytická fosforylace při nedostatečné dodávce kyslíku. Větší předpoklad pro vytrvalostní zátěž mají vlákna červená, která jsou méně náchylná k únavě. Naopak vlákna bílá se více uplatňují při práci kratšího a výbušnějšího charakteru (Edstrom, Kugelberg, 1968). S dalším zkoumáním svalových vláken se přidaly další podskupiny. Přechodná skupina, která má blíže k vláknům červeným se označuje jako IIA typ a vlákna mající vlastnosti podobnější glykolytickým se nazývají IIB typ. Hranice rozložení jednotlivých vláken ve svalech není jasná a je dána spíše geneticky (Vávra, Máček, 1988).

Pravidelné vytrvalostní cvičení vyvolává převážně adaptivní změny v aktivitě svalových enzymů spojené se schopností provádět dlouhé namáhavé cvičení (Hollooszy, Coyle, 1984).

Vlákna hybridní (přechodná) obsahují různě těžké řetězce myosinu a ukazuje se, že hrají významnou roli při stárnutí organismu. V dnešní době se také můžeme setkat s označením svalových vláken jako MHC-I, MHC-IIa a MHC-IIx, kdy zkratka MHC pochází z anglického „*myosin heavy*“

*chain*“ a vyjadřuje izoformy těžkého řetězce myosinu. Existuje však mnoho různých kombinovaných forem svalových vláken v seskupeních podle řetězce myosinu. Na základě různorodosti cvičících protokolů je obtížné jasně definovat adaptační mechanismus u konkrétního typu vlákna (Moreillon et al., 2019). Například studie z roku 2005 při zkoumání m. vastus lateralis u zdravých mladých mužů se sedavým zaměstnáním po dobu 8 týdnů tréninku sprintu neukázala změny v přechodných svalových vláknech (Parcell et al., 2005), zatímco u odporového tréninku u jiné studie byl zpozorován nárůst vláken typu IIa (Putman, Xu, Gillies, Maclean, Bell, 2004). Uvádí se, že vytrvalostní jedinci mají vyšší podíl vláken I a IIa oproti cvičencům preferující více trénink s odporem (Moreillon et al., 2019).

### **3. 3. 4. Svalová plasticita**

Vyzrálé svalové buňky jsou schopny tzv. svalové plasticity díky adaptaci na specifický trénink. Výše zmíněné izotypy myosinu obsahují tři dvojice řetězců: dva těžké, dva základní a dva lehké (regulační). Tyto řetězce se dále vyskytují v různých variantách, a tak složení páru může být nejrůznější. Svalová buňka má vysokou škálu možností adaptace na zátěž. Pokud je vlákno zatěžováno vytrvalostně začíná vyrábět jiné procentuální zastoupení izotypů těžkých řetězců myosinu. Satelitní buňky při tom intenzivně spolupracují (Radvanský, Máček, 2011).

Právě satelitní svalové buňky představují možnou rezervu kosterního svalu. Jsou výhodné pro svou funkci rychlého dělení (Dylevský, 2009). Tyto buňky se obvykle nacházejí v nečinném stavu a aktivují se pokud svalové vlákno obdrží jakoukoli formu poškození nebo zranění. Satelitní buňky se pak množí a jejich dceřiné buňky jsou přitahovány k místu poranění. Po připojení k vláknu mu darují jejich jádra a napomáhají k regeneraci svalu. Nejedná se však o vytvoření nových vláken, ale o zvýšení počtu kontraktilních proteinů (Hernandez, Kravitz, 2003).

Plastičnost kosterního svalu může být zaznamenána na úrovni metabolické, strukturální a molekulární remodelace při jednotlivých vláknech. Odporový a vytrvalostní trénink jsou rozdílné podněty, které se liší délkou a intenzitou kontrakce. Vyvolávají tak odlišné reakce organismu. Většina adaptivních změn je závislá na typu svalového vlákna (Qaisar, Bhaskaran, Van Remmen, 2016).



### 3. 3. 5. Zapojení jednotlivých typů svalových vláken během zátěže

Zapojení jednotlivých typů vláken závisí především na typu, délce a intenzitě zátěže. Při zátěži nízkointenzivní se nejprve (a výlučně) zapojují vlákna pomalá červená (typ I). Se vzrůstající námahou se přidávají i vlákna rychlá oxidační a při maximální intenzitě se zapojí rychlá glykolytická. Rychlá vlákna typu II se zapojují až při intenzivnějším výkonu, tedy zhruba nad 20 % maximální síly. Po 5 sériích (s 10 opakováními) s 30-45 % maximální síly je vyčerpání glykogenu pouze ve 40 % vláken typu IIa. Při stejném způsobu cvičení s 60 % síly dojde k vypotřebování glykogenu už v 70 % vláken IIa a 30 % vláken IIb. Vlákna typu Ia byla vyčerpána při všech zátěžích. K zapojení všech vláken dojde až při zdvihu zhruba 80% maximální váhy (Grasgruber, Cacek, 2008)

<i>Disciplína</i>	<b>Typ I (%)</b>	<b>Typy IIa a IIx (%)</b>
<i>Vytrvalostní běžci</i>	70-80	20-30
<i>Sprinteři</i>	25-30	70-75
<i>Nesportovci</i>	47-53	47-53

**Obrázek 1:** Podíl typů vláken na složení svalů elitních atletů (%) (Powers, Howley, 2007)

### 3. 4. Pohybová aktivita v prevenci

Pohybová aktivita a fyzická zdatnost jsou důležité pro udržení určité úrovně zdraví. U dospělých jedinců je vyšší aktivita spojena se sníženým výskytem onemocnění koronárních tepen, hypertenze, cukrovky bez závislosti na inzulínu, duševních poruch, nádorů tlustého střeva (dále: prsu, endometria, plic) a osteoporotických změn (Baranowski et al., 1992). Ischemická choroba srdeční a cévní mozková příhoda jsou dvě nejzastoupenější onemocnění kardiovaskulárního systému, které jsou nejčastějším příčinami úmrtnosti na celém světě. Fyzická aktivita pozitivně ovlivňuje rizikové faktory těchto onemocnění. Pohybová aktivita snižuje zánětlivé markery a zvyšuje endoteliální funkci (Cheng, 2003).

Fyzická neaktivita je známý rizikový faktor, který má vliv na vznik onemocnění spojených se životním stylem (Booth, Laye, Spangenburg, 2010). Při nedostatku pohybové aktivity vzniká tzv. hypokinetický syndrom. Jedním z jeho projevů je metabolický syndrom, který se dále podílí na vzniku mnoha onemocnění a jejich komplikací, například na diabetes mellitus 2. typu (Barták, Radvanský, 2009).

Svalová slabost a atrofie přibývá s věkem. Je charakterizována ztrátou svalové hmoty a maximální síly. Odhaduje se, že v průměru 5 % svalové hmoty je ztraceno za 10 let po 40. roku života. Tento pokles může být ještě rychlejší po věku 65 let. Svalová atrofie se objevuje v důsledku

stárnutí, zejména pokud je osoba neaktivní. Mnoho mladých jedinců se současným poklesem pohybové aktivity a špatným životním stylem má nízkou svalovou hmotu, což snižuje jejich schopnost zapojit se do mnoha běžných činností. Kosterní sval vysokou kapacitu pro růst vyvolaný kontraktilní aktivitou. Zejména odporový trénink má příznivé účinky na velikost kosterních svalů, složení těla, fyzickou zdatnost, prevenci a rehabilitaci zranění (Hulmi, 2009).

### 3. 5. Silový trénink a odporový trénink

Pokusy o rozvoj svalové síly jsou zaznamenány již od dávné historie lidstva. V Egyptě zvedali lidé pytle s pískem, aby měli dostatek síly na lov a souboje. Zápisy jsou také z Číny, kde vojáci 700 let př.n.l. využívali silového tréninku jako součást výcviku na svých základnách. Řečtí sportovci zvedali těžké kameny jednak pro zvýšení svalové hmoty, ale také pro získání úcty ve společnosti. Právě Řecko je považováno za území, které dalo vzniku silovému tréninku, kde byli uctíváni muži s výraznou muskulaturou (Stoppani, 2016).

Trénink je definován jako plánovaná, strukturovaná a opakující se fyzická aktivita, jejímž cílem je zlepšit nebo udržet fyzickou kondici (Cheng, 2003).

Srdeční sval lépe zvládá zatížení objemové než tlakové. Dynamickou zátěž člověk vnímá jako přirozenější a pro tělo prospěšnější. Práce proti odporu s sebou nese několik benefitů, včetně adaptace organismu na ni. Práce se statickým charakterem není pro člověka nová, ale patří také do běžného života. Příkladem je nošení tašek z nákupu či práce s rukama nad hlavou, kdy je ve statické kontrakci svalstvo ramenního pletence (Vávra, Máček, 1988).

Schopnosti silového charakteru jsou definovány jako překonávání či udržování vnějšího odporu svalovou kontrakcí. Příklady sportů, ve kterých se tento odpor využívá zahrnují odpor náčiní (vzpěr, hody, vrhy...), odpor vlastního těla (gymnastika, skoky...), aktivní odpor soupeře nebo odpor prostředí (veslování, plavání, lyžování, ...). Silové prvky by měly být v každém sportu obsaženy dle individuální potřeby. Od základních všeobecných schopností až po konkrétní silovou složku (Perič, Dovalil, 2010). Silové schopnosti se obecně dají rozdělit na sílu absolutní, rychlou, výbušnou a vytrvalostní (Dovalil, Choutka, 2012). Cvičení proti odporu představuje pohyb proti působící síle kladoucí odpor. Mohou se využít volné zátěže (činky, gumy, pytle písku), tlak proti hydraulickému stroji nebo běh do vyvýšeného terénu. (Stoppani, 2016).

Pojem silový trénink má v literatuře či na internetu několik mylně používaných slovních zastoupení. První, a zároveň nejvíce zaměňovaným, pojmem je odporové cvičení, které tvoří jen část většího celku. Klasický silový trénink obsahuje podstatnou, pro hypertrofii svalu účinnou, složku izometrické kontrakce, kterou odporové cvičení nemá. Silové cvičení bývá v literatuře spojováno především s rizikem pro kardiovaskulární systém, zejména pro excesivní hypertonickou reakci, a to zejména v případě, pokud je izometrická kontrakce dlouhá, kontinuální, a navíc se zadržením dechu. Dalším pojmem je cvičení se závažím nebo s vlastní vahou těla, což ovšem je obecný pojem a neříká nic o provedení samotného cvičení. Pokud se v pohybu zastavíme a setrváme tak určitou časovou jednotku, jde o silový trénink, avšak pokud se snažíme provádět cvik plynuje bez většího zastavení,

cvičíme odporově. Ukázalo se, že odporové cvičení vyvolává významnou akutní hormonální reakci. Má rozhodující vliv na tkáňový růst, a to více než na změnu koncentrací hladin hormonů naměřených po cvičení. Zároveň bylo prokázáno, že anabolické hormony, jako jsou například testosteron a růstový hormon, jsou zvýšeny během 15–30 minut po cvičení proti odporu za předpokladu, že je přítomen adekvátní stimul. Jiné anabolické hormony, jako je insulin a růstový faktor-1 mají rozhodující vliv na růst kosterních svalů (Kraemer, Ratamess, 2005)

Základním principem je specifická cvičení, která slouží pro správný výběr programu a vede ke specifickým výsledkům. Pokud například chceme zlepšit sportovní výkon, měly by vybrané cviky imitovat daný pohyb ve sportu, a to co nejlépe a nejpřesněji. Díky adaptaci svalových vláken na danou zátěž se uplatňuje další princip, a tím je postupné zvyšování zátěže. Představuje postupné zvyšování velikosti zatížení tak, jak se svalová vlákna postupně přizpůsobují dané velikosti zatížení. Navýšit můžeme hmotnosti břemene, počty opakování nebo zkrácení odpočinku mezi jednotlivými sériemi (Dovalil, Choutka, 2012).

Klasický silový trénink využíval spíše prudké zvyšování hmotnosti, kdežto odporový trénink jde cestou napřed zvýšit počet opakování a teprve potom zvýšit hmotnost (a dočasně snížit počet opakování). Toto je základní rozdíl mezi strategií silového a odporového tréninku. Silový trénink je často spojován s myšlenkou následného poškození svalů po zátěži. Nicméně, poškození svalů nemusí být nutnou odpovědí po excentrických kontrakcích. Ve skutečnosti schopnost vyrábět vysoké svalové napětí by mělo být vnímáno spíše jako adaptace svalu a stimul pro prospěšné reakce svalů (a šlach), spíše než jako běžná příčina poškození. Dále je třeba zmínit, že silový trénink ve své klasické podobě má mnohem vyšší metabolické nároky na tkáň než trénink odporový (LaStayo et al., 2017).

Pastucha et al. rozdělují odporový trénink do několika forem: pomalé kontrakce (v intenzitě 70 % MVC), kruhový trénink (v intenzitě přibližně 40 % MVC), izometrický trénink, izokinetický trénink a progresivní odporové cvičení (používá tři stupně intenzity a slouží především ke svalové hypertrofii).

Pokud se zaměříme například na hmotnost závaží při cvičení, dá se říct, že odporový trénink má také několik podkategorií. V případě, že váha je konstantní, tedy při cvičení se nemění, tak se jedná o tzv. *dynamic constant external training* (DCER). Při kterém obecně platí zlepšení dle úrovně jedince, průměrně o 40 % pro netréňované, o 20 % pro středně trénované, 10 % pro pokročilé sportovce a pouze 2% u elitních sportovců, kteří dosahují vysoké úrovně konkurenčního úspěchu. Váha pro cvičení může být progresivní (v ang. *progressive resistance exercise* – PRE). Takový

koncept se uplatňoval v rehabilitačních zařízeních po druhé světové válce pro znovu navrácení vojáků do jejich normálního života (McArdle et al., 2015)

V roce 2004 Americká vysoká škola sportu a lékařství doporučila, aby cvičení s odporem bylo doprovázeno aerobním cvičením (Pescatello et al., 2004).

### **3. 5. 1. Svalová hypertrofie**

Pojmem svalová hypertrofie je myšlen nárůst svalové hmoty a zvýšení plochy průřezu svalu. Je prokázáno, že odporový trénink zvětšuje průřezovou plochu svalu a zlepšuje maximální volní sílu. Tento proces je více patrný u netrénovaných jedinců. Poměr nekontraktilních a kontraktilních tkání a počet svalových vláken nemusí být nutně spojen s odporovým tréninkem vedoucí k hypertrofii. Svalová vlákna typu II jsou více náchylná k hypertrofii než vlákna typu I. Kosterní sval je tkáň s vysokou schopností přizpůsobení se. Svalová hypertrofie se proto vyskytuje v důsledku vyšší rychlosti syntézy proteinu, než degradace proteinu, což nakonec vede ke zvýšení celkového objemu svalu (Hulmi, 2009).

Zvětšení plochy je způsobeno zvětšením velikosti (nikoli délky) jednotlivých vláken. Je to proces, ve kterém se sval přizpůsobuje zatížení, které překračuje dříve vytvořenou kapacitu svalových vláken. Srdeční sval se snaží kompenzovat nároky, které jsou na něj vytvářeny. Můžeme rozlišit hypertrofii koncentrickou a excentrickou. Koncentrická hypertrofie může dokonce zlepšit kontraktilitu svalu a vzniká na podkladě tlakového zatížení myokardu. Excentrická hypertrofie snižuje objem krve v srdečním svaly a je možným ukazatelem selhávání srdce (Hernandez, Kravitz, 2003). Tyto změny mohou podpořit sportovní výkon, ale také zlepšit zdraví související s pohybovými funkcemi a kompenzovat úbytek svalových vláken a síly v patologických situacích či v období stárnutí (Macaluso, De Vito, 2004).

Při rozvoji tzv. sportovního srdce se dříve myslelo, že příčinou je fyziologická regulační hypertrofie či myogenní dilatace. Nyní se přiklání k teorii rovnoměrné dilatace všech čtyř částí srdce, tedy mírně se ztlušťuje srdeční stěna především v oblasti komor a septa (Radvanský, Máček, 2011). Ve studii z roku 1984 byl zmíněn rozdíl mezi srdcem vytrvalostních sportovců a jedinců se zaměřením více na silové schopnosti při sportu. Tloušťka levé komory byla větší u silovějších sportovců (Fagard et al., 1984).

Hypertrofie je multidimenzionální proces, který také zahrnuje působení růstových faktorů, anabolických steroidů, různých hormonů, imunitního systému a satelitních buněk, což je velmi často zneužíváno v oblastech sportu v podobě zakázaného dopingu (Grasgruber, Cacek, 2008)

### 3. 6. Polodřep

Polodřep je jednou z forem klasického dřepu. Dřep (anglicky *squat*) je součástí naší pohybové aktivity od útlého dětství. V ontogenetickém vývoji se začíná objevovat v 10. až 12. měsíci života. Dřep je spojen s vertikalizací do stoje ve 4. trimenonu. Jedna dolní končetina se unožuje a dítě se dostává do pozice tzv. trojnožky s postupnou flekční složkou s oporou o chodidlo. Následuje opora o dlaně a přední stranu chodidel, která předchází hlubokému dřepu. Jedinec může zvolit jinou cestu, a to přes šikmý sed (Kolář, 2009).

V dnešní době širokého výběru cviků patří mezi nejvíce využívané a oblíbené právě squat. Squat představuje jedno z nejpůvodnějších cvičení na posílení svalů dolních končetin. Jednak je součástí soutěží zahrnutých v kategorii například ve vzpírání, ale také se hojně využívá i při rehabilitaci po prodělaném poranění především v oblasti kolenního kloubu. Příkladem rehabilitace u zranění předního zkříženého vazů v kolenu se obvykle „*minisquaty*“ v rozsahu flexe v kolenním kloubu od 0° do 50°, protože v tomto rozsahu smykové kompresní síly (tibiofemorální a patelofemorální) klesají v souvislosti s větším úhlem ohybu (Braidot, Brusa, Lestussi, Parera, 2007). Poškození předního zkříženého vazů (LCA) bylo označeno jako jedno nejzávažnějších zranění na konci sezóny ve všech sportech (Horschig, Sonthana, Neff, 2017).

Jedinci při provádění dřepu jsou schopni vycvičit hned několik svalových skupin. Cílem dřepu je jednat vycvičit svaly v oblasti kolenního a kyčelního kloubu, ale také zaujmout svalstvo zádové a v oblasti přední části trupu (Gullet, Tillman, Gutierrez, Chow, 2009).

Značnou výhodou je nenáročnost prostředí a pomůcek. Pro výkon není nutné žádné speciální vybavení či prostor. Navíc se cvičení podobá plnění některých každodenních úkolů (Almosnino, Kingston, Graham, 2013).

#### 3. 6. 1. Zapojení svalových skupin

Squat je cvikem pro posílení především svalů dolních končetin, zádových i částečně břišních svalů. Pokud se podíváme na aktivaci svalů mm. vasti tak jejich největší aktivace je při 60° flexe v kolenním kloubu (Tang et al., 2001).

Aktivitu svalů ovlivňuje nejen zvolená hloubka dřepu, ale také podmínky země, na které jedinec cvičí. Lim (2016) ve svém výzkumu porovnával dřepování (úhel 60°) na tvrdé zemi a na vzduchových polštářích různých tlaků. Výsledkem bylo, že svalová aktivita mm. vasti, m. gluteus maximus a m. biceps femoris vzrostla na vzduchových polštářích (Lim et al., 2016).

Pokud úhel flexe v kolenním kloubu překročí hranici 90°, tak se aktivita mm. vasti a m. rectus femoris snižuje (Park, Choi, Kim, 2013). Studie z roku 2017, ve které se pomocí EMG měřila příslušná zapojení svalů a jejíž výsledky byly odlišné. Závěry této studie naznačují, že svalová aktivita m. vastus medialis byla vyšší při 90° a 100° než při 70°. V případě m. gastrocnemius nebyl žádný signifikantní rozdíl v aktivaci svalů podle změny úhlu kolenního kloubu. Autoři zároveň nabízí fyzikální vysvětlení principem páky pro své výsledky. Moment síly je popsán jako velikost síly vynásobená vzdáleností od linie působení síly k ose pohybu. Pokud je úhel ohybu kolena 90°, je vzdálenost od osy pohybu k linii působení nejdelší, což vede k maximálnímu momentu síly (Han, Nam, Song, Lee, Kang, 2017).

Ve studii míry zapojení jednotlivých svalů v různých úhlech (20, 90, 140) z roku 2016 při *back squatu* se závažím došli autoři k závěru, že m. vastus lateralis, m. vastus medialis a m. rectus femoris byly nejvíce aktivní při úhlu 90°, m. biceps femoris při 140° avšak oproti ostatním sledovaným svalům vcelku zanedbatelně a m. gluteus maximus také při 90° produkoval nejvíce aktivity (Marchetti et al., 2016).

Nejen zvolená hloubka dřepu a povrch ovlivňuje aktivitu svalů, dalším faktorem je fáze cviku, respektive pokud jde cvičenec dolů (excentrická fáze) nebo nahoru (koncentrická fáze) v prováděném cviku. Na tuto problematiku poukazuje studie (viz níže) z roku 2002 autorů Caterisano, Moos at all. Opět zkoumali také hloubku dřepu (partial, parallel, full squat).

Při koncentrické fázi vykazoval největší aktivitu m. gluteus maximus, a to konkrétně v hlubokém dřepu. Proti němu m. vastus lateralis měl nejvyšší naměřenou aktivitu v polodřepu. M. vastus medialis měl také nejvyšší aktivitu v polodřepu, avšak o něco nižší než m. vastus lateralis. Excentrická fáze (pohyb zhora dolů) vykazovala největší aktivitu pro mm. vasti, konkrétně v pozici paralelního dřepu. Výsledky této studie ukazují, že m. biceps femoris není více aktivní s narůstající hloubkou dřepu, to spíše platí pro m. gluteus maximus.

Z vybraných studií vyplívá, že hlavními faktory ovlivňující produkci síly svalovými vlákny je jednak hloubka, ale také povrch a fáze cviku.

Krátké shrnutí pro sledované svaly: M. gluteus maximus je více aktivnější ve fázi koncentrické (zdola nahoru) a pro jeho posilování je vhodný dřep od přibližně 90° po 100° (tedy nejbližší k hlubokému dřepu). Mm. vasti jsou společně aktivnější ve fázi excentrické (zhora dolů) a vhodná hloubka je blízká polodřepu až paralelního dřepu (tzn do 90°). Pro svalovou skupinu zadní strany stehů, tedy hamstringy, platí, že ve fázi koncentrické jsou více aktivní v paralelním dřepu a ve fázi excentrické více v hlubokém dřepu (avšak obecně méně než ve fázi koncentrické). Nabízí se možným

vysvětlení, tedy že při paralelním dřepu musí tyto svaly více stabilizovat kolenní kloub než při dřepu hlubokém.

### 3. 6. 2. Provedení

Nezávisle na antropometrických parametrech, předchozích zkušenostech nebo sportovním cílem musí dřep obsahovat následující kritéria (autorem označovány jako absolutnosti), které popsal ve své knize *The Squat Bible* právě autor Aaron Horschig v roce 2017. Základním a prvním parametrem je nastavení, čili šíře chodidel. Cílem je umístit nohy do polohy, která umožní plný hluboký dřep s pocitem úplného komfortu. Pro většinu cvičenců je na začátek vhodná pozice „na šířku ramen“. Dalším důležitým parametrem je tzv. tříbodová opora končetiny (*the tripod foot*). Je důležitá pro udržení stability a maximalizace rozložení váhy na tyto body. Mluvíme o hrbole patní kosti, hlavičce 1. metatarsu (bod pod palcem) a hlavičce 5. metatarsu (bod pod malíkem). Pokud máme správné nastavení pro cvik, můžeme se zaobírat přímo pohybem, který začíná pohybem v kyčelních kloubech. Pohybem kyčelních kloubů směrem dozadu a hrudního spojení směrem dopředu by správně měl dřep začínat. Měli bychom být schopni zajistit, aby se při pohybu kolena nevtáčela dovnitř a my je aktivně drželi stále ve stejné pozici, či je lehce tlačili do vnější strany. Navazující parametry jsou kupříkladu zajištění osy koleno – 2. metatarz, kolena nesmí přejít přes špičky, neutrální postavení krční páteře, rovná záda, pozice holenních kostí ve svislé pozici, co nejvíce to lze a až poté pohyb koleny vpřed. Pokud například se kolena začnou pohybovat vpřed dříve, ztrácí cvičenec stabilitu a tlaková síla na klouby je větší, než by měla být. Při pohybu zpět je nutná dbát na stejnou rychlost pohybu boků a hrudníku. Musíme vyloučit zvedání švihem (Horschig, Sonthana, Neff, 2017).

Autoři Donnelly, Berg a Fiske v roce 2006 zkoumali význam pohledu cvičence při dřepu s vlivem na krční páteř a celkové nastavení páteřních segmentů. Tato studie odhalila celkovou podobnost při provádění cvičení pomocí 3 různých směrů pohledu: nahoru, rovně a dolů. Nedokázala rozlišit mezi přímými a vzestupnými pohledy. Naopak poukazuje na fakt, že pohled směrem dolů zvyšuje rozsah flexe v kyčelním kloubu. Jelikož nadměrná flexe v těchto oblastech je kontraindikována, zdá se být nutností pohlídat, aby pohled cvičenců nemířil pod neutrální rovinu pohledu (Donnelly, Berg, Fiske, 2006).



### 3. 6. 3. Druhy dřepu

Rozhodující volbou varianty dřepu by měl být jeho cíl, tedy proč chceme vybranou variantu cvičit. Dále by cvičenec měl přihlédnout ke svým možnostem pohybu. Pokud má omezený rozsah v hlezenních kloubech (například zkrácením m. triceps surae), pak mu bude hluboký dřep nepohodlný a technika nebude správně dodržena. Nastane tedy situace, že tlak na klouby bude vyšší a riziko poranění také.

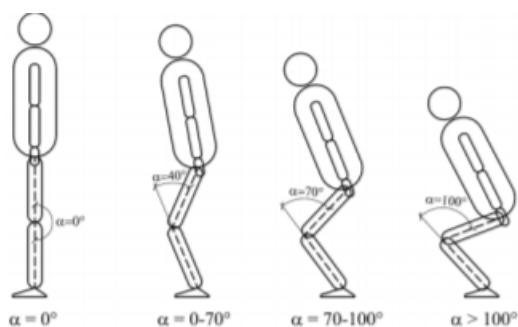
Tzv. *back squat*, českým překladem také zadní dřep, je nejčastější volbou při touze uzvednutí největší zátěže a za cílem posílení především m. quadriceps femoris a mm. glutei. Cvičenec provádí hluboký dřep s činkou umístěnou na ramenou za hlavou (Králová, Gasior, Hammerová, Švecová, 2019). Co se týká hloubky dřepu, tak nejsou potvrzené signifikantní rozdíly v aktivaci m. vastus lateralis a medialis při porovnání variant polodřep, paralelní a hluboký dřep. Výjimku tvoří pouze velký sval hýžd'ový, ten se více zapojuje v rostoucí hloubkou dřepu (Caterisano et al., 2002). Svaly pomocné jako jsou m. gracilis, m. tensor fasciae latae, m. biceps femoris a m. triceps surae zajišťují především stabilitu proti gravitaci v prostoru a jsou také posilovány, avšak nedá se jejich aktivace srovnat s m. quadriceps femoris a tak se neberou jako dostatečný stimul pro trénink při takovéto zátěži (Králová et al., 2019).

Pokud činku přesuneme na oblast hrudi a provádíme hluboký dřep, nazývá se tento cvik *front squat*, neboli přední dřep. Oproti zadnímu dřepu při této variantě jedinec uzvedne menší váhu závaží. Zapojení svalových skupin je však téměř totožné, což potvrdila studie Contreras a kolektiv autorů z roku 2016. Cvik představuje menší zatížení pro páteř a je volen více lidmi, kteří mají jakékoliv vertebrogenní potíže. Změnou pozice činky se mění těžiště. Jedinec cvičící front squat více aktivuje břišní svalstvo, aby udržel rovnováhu (Contreras et al., 2016).

*Half-Squat* je jednou z oblíbených provedení základní formy dřepu. V cizojazyčné literatuře se někdy pletou názvy half-squat, partial squat a parralel squat. Zdroje ohledně hloubky provedení cviku half-squat se rozcházejí. Vzhledem ke flexi v kolenním kloubu Silverberg, Caterisano udávají 120-135° a dále například Dongwook, Han mezi 70-100°. Obecně lze říct, že polodřep je něco mezi neutrální pozicí a paralelním dřepem. V praxi se používají další podkategorie polodřepu, buď tradiční dřep, ve kterém jsou chodidla vždy v kontaktu s podložkou nebo balistický dřep (nebo skok dřep). Výhoda balistického dřepu je vyšší rozvoj síly a rychlosti v případném sportu (Castilla et al., 2017).

Schoenfeld (2010) definuje velikost flexe při následujících cvicích takto: partial squat (0-40°), parallel squat (70-100°) a deep squat (nad 100°) (Schoenfeld, 2012). Což potvrzuje i Pantak, který ve své publikaci zmiňuje stejné rozdělení. Je třeba upozornit, že jisté neshody o rozdělení podle úhlů

vzniká nejspíše z toho, jaký úhel autoři popisují. Následující obrázek (Obrázek 4) přejatý z publikace Marka Pantaka totiž popisuje úhel mezi prodlouženou osou holenních kostí a stehem (Pantak, 2017).



**Obrázek 2: Vybrané typy dřepů: a) úhel flexe kolene při částečném, polovičním a hlubokém dřepu**

Správné provedení vychází z napřímeného postavení páteře a držení hlavy v prodloužení páteře, což je společným znakem všech squatů. Dále v kolenních kloubech je nastavení flexe v rozmezí 70-100° a stehna jsou udržovány souběžně s podložkou. Čím větší úhel stehenními a holeními kostmi, tím větší je zatížení zapojených kloubů. Pro rehabilitaci a trénink se využívá právě half-squat. Skládá se ze dvou na sebe navazujících fází. První je fáze sestupná, při které probíhá flexe kolenních, kyčelních a hlezenních kloubů až do okamžiku, kdy se stehna dostanou do paralelního postavení vůči zemi. Druhá fáze je vzestupná a probíhá v opačném pořadí. Díky současné aktivaci antagonistů a agonistů se m. gluteus maximus a skupina svalů zadní strany stehna excentricky protahují. Změna délky hamstringů je rozporuplná. Obecně se přiklání k teorii, že tato skupina svalů se při fázi sestupné aktivuje excentricky a při fázi vzestupné zase koncentricky. Někteří autoři poukazují na rozdílnou schopnost protažení u kolenního a kyčelního kloubu. Větší zapojení hamstringů se nachází ve fázi vzhůru, a to až o desítky procent. Zároveň je známo, že laterální část vykazuje vyšší aktivitu než mediální (Contreras et al, 2014)

### **3. 6. 4. Vybrané studie**

Autoři Caterisano, Moos at all., kteří se zaměřili na aktivitu m. vastus medialis, m. vastus lateralis, m. biceps femoris a m. gluteus maximus ve třech různých hloubkách dřepu (částečný, paralelní a hluboký). Paralelní dřepy jsou charakteristické pro rovnoběžnou pozici stehen vůči podlaze, pokud se jde hlouběji již se jedná o dřep hluboký. Dřep částečný, též nazývaný jako polodřep, se vyznačuje flexí v kolenních kloubech o rozsahu 120-135°. Zaznamenali značný rozdíl v aktivitě m. gluteus maximus v koncentrické fázi (pohyb zdola nahoru) ve všech třech pozicích. Naopak ostatní sledované

svaly nevykazovaly signifikantní rozdíly závislé na zvoleném způsobu. Dále zkoumaly svalovou aktivitu v koncentrické a excentrické fázi dřepu. Při koncentrické fázi vykazoval největší aktivitu m. gluteus maximus, a to konkrétně v hlubokém dřepu. Proti němu m. vastus lateralis měl nejvyšší naměřenou aktivitu v polodřepu. M. vastus medialis měl také nejvyšší aktivitu v polodřepu, avšak o něco nižší než m. vastus lateralis. Excentrická fáze (pohyb zhora dolů) vykazovala největší aktivitu pro mm. vasti, konkrétně v pozici paralelního dřepu. Výsledky této studie ukazují, že m. biceps femoris není více aktivní s narůstající hloubkou dřepu, to spíše platí pro m. gluteus maximus. Ve studii byly použity submaximální hmotnosti (Caterisano, Moss, 2002).

### 3. 6. 5. Biomechanika

Jestliže je koleno v neutrální pozici (není uzamčeno) jsou zevní i vnitřní vazy napnuté a brání otáčivému pohybu. Pokud však dochází ke flexi, vazy se uvolňují a stabilitu zajišťují především okolní svaly. Při ohybu a rotaci kolene se meniskus posouvá směrem dopředu a při jeho zpětnému pohybu je třeba dbát na správnou techniku, aby nebyl meniskus poškozen (Králová et al, 2019). Během dřepu se na kolenní klouby vyvíjejí dva druhy sil – smyková, kompresní. Smyková síla je udávána mírou skluzu stehenní kosti a lýtkové kosti proti sobě v opačném směru, čím je větší tím představuje vyšší riziko pro přední a zadní zkřížený vaz v kolenním kloubu. Tlaková síla je výsledkem množství tlaku ze dvou různých segmentů, které se ovlivňují navzájem. Vazivové chrupavky (zvané menisky) absorbují tlak mezi holenní kosti a stehenní kosti. Taková síla se nachází také mezi zadní stranou patelly (kolenním kloubem) a stehenní kosti. Při ohybu kolenního kloubu se patella dotýká stehenní kosti v závislosti na úhlu ohybu. Jak se koleno během dřepu ohýbá, patella se dotýká stehenní kosti. Tyto dvě síly na sebe nejsou přímo závislé. Když se koleno ohýbá během dřepu, tak se kompresivní síla zvětšuje, zatímco smyková se zmenšuje (Horschig, Sonthana, Neff, 2017).

Dřep má největší účinek na svalstvo dolních končetin v oblasti kyčelních kloubů, a také na svalstvo zádové. Tento cvik se vyskytuje nejen ve fitness centrech při individuálních trénincích, ale také v plánech pro sporty, které využívají především běh a skoky. Biomechanicky jeho provedení komplexně působí na kyčelní, kolenní a hlezenní klouby. Zvyšuje svalovou sílu především v m. quadriceps femoris, m. triceps surae a ve skupině zadních svalů stehna, tzn. hamstringů. Obecně platí, že progresse svalové aktivity se zvětšuje s flexí kolenního kloubu, a naopak klesá s extenzí kolenního kloubu. Existuje několik forem squatu. Jednak se může přidat ke cvičení zátěž, zvýšit počet opakování a cviků, nestabilní podložku, širší opěrnou bázi. Jednou užívanou možností je tzv. half-squat, který především slouží pro posílení extenzorů kyčelního a kolenního kloubu a plantárních flexorů hlezna.

Jakou formu cvičenec zvolí záleží na tom, jaký si stanoví cíl cvičení. Například pro zvýšení aktivity m. triceps surae se používá stoj o úzké bázi, a naopak pro adduktory a extenzory kyčelního kloubu stoj o bázi široké. Velkou výhodou je prevence dysbalancí pohybového aparátu, a to z důvodu trénování agonistických a antagonistických svalových skupin zároveň. Uvádí se, že zařazením squatu do cvičební jednotky minimalizuje možnost zranění, patří do primární prevence u sportovců (Satrapová, 2017).



### 3. 7. Legpress

Legpress je strojem (popřípadě přímo cvikem), který je v dnešní době v posilovnách alespoň v nějaké formě přítomný. Můžeme se setkat s vertikálním, horizontálním, kladkovým, pákovým a pod různými úhly skloněným. Oproti dřepům je vhodnější volbou pro začátečníky, kteří chtějí posílit svaly dolních končetin, protože je technicky méně náročný a lépe se při něm dodržuje správná technika. Pokud má jedinec problémy v oblasti bederní páteře, nestabilní kolenní klouby či jiné omezující potíže, může legpressem kvalitně dřepování nahradit. Jedinci, kteří jsou vysocí a jejich dolní končetiny jsou dlouhé, volí tlak nohou do desky hlavně z důvodů možnosti dosažení většího rozsahu v kloubech oproti dřepu, ve kterém se cítí nestabilně. Díky sedačce je tělo bezpečně zafixováno a nevyžaduje takové vyrovnávací schopnosti jako dřep. Další výhodou je počet opakování, které je při legpressu bezpochyby vyšší pro pohodlnou polohu, kterou jedinec zaujímá při cvičení. Další výhodou je možnost cvičit jen jednu dolní končetinu, nabízí tedy unilaterální cvičební jednotku pro dolní končetiny, kterých není moc a používají se převážně k posílení mm. glutei. Nevýhodou může být právě fakt, že legpress je na provedení lehčím cvikem a spousta nezalých cvičenců si dávají neadekvátní váhy a svaly přetěžují (Vacek, 2020). Další možnou nevýhodu představuje pro lidi, kteří mají nepoměr svalové síly m. vastus medialis et lateralis. Mohlo by se tedy stát, že při nesprávně zvolené modifikaci cviku by docházelo k lateralizaci česky, zvýšení rizika poškozování předního zkríženého vazů a narušení biomechaniky v kolenním kloubu.

Legpress vykazuje méně požadavků na vyvážení váhy, a to přispívá ke stabilizaci pohybových segmentů ve srovnání s dřepem. To bývá často důvodem častější volby opakování cvičení na stroji, než v postoji s vlastní či přidanou vahou. Dalším rozdílem je poloha těla, kdy dřep se vykonává ve svislé rovině, kdežto legpress většinou v horizontální. Pohybový směr do extenze v kyčelním kloubu je při legpressu více kontrolován ve srovnání se dřepem (Wirth, Hagen, 2016). Tedy cvičení na legpressu by mohlo více vyhovovat lidem, kteří mají nestabilní kolenní klouby oproti cvičení dřepem, které je biomechanicky více náročné.

Využívá se při rehabilitaci po plastice LCA a představuje uzavřený kinematický řetězec, který je vhodnější pro ochranu štěpu oproti řetězci otevřenému. Po rekonstrukci vazů je běžně čtyřhlavý sval stehenní oslaben a doporučuje se odporový trénink na jeho posílení a pro navrácení jedince k běžným sportovním aktivitám, na které byl zvyklý před úrazem (Shanbehzadeh et al., 2014)

### 3. 7. 1. Zapojení svalových skupin

Během koncentrické fáze legpressu při narůstající extenzi v kyčelních a kolenních kloubech se aktivují velké svalové skupiny dolních končetin. Tato aktivace se využívá pro zlepšení výkonu v mnoha oblastech sportu, například běh, skok, zvedání břemen, fotbal a atletika (Da Silva et al, 2008).

Nejen formou legpressu se dá cvičení modifikovat, ale také samotné postavení chodidel na desce hraje významnou roli. Obecně čím výše položíme nohy, tím více se aktivují hýžd'ové a zadní stehenní svaly, naopak méně pracují čtyřhlavé stehenní svaly. Dále můžeme upravit šíři opěrné báze, čím širší báze, tím více se zapojí vnitřní oblast stehen a hýždě (ústní sdělení Bc. Adam Kameník, Vrané nad Vltavou, 7/2020).

Stoppani tvrdí, že při legpressu se aktivuje nejvíce vnitřní část svalu, tedy m. vastus medialis. Možnou modifikací je změna šíře postavení nohou. Oproti tomu dřepy o stoji šíře ramen zatěžují především vnější hlavu čtyřhlavého stehenního svalu, tedy m. vastus lateralis. Pokud je stoj širší zvyšuje se podíl zapojení vnitřní hlavy čtyřhlavého stehenního svalu. Aktivita svalů zadní strany stehna je při legpressu minimalizována společně s velkým hýžd'ovým svalem. Naopak při cvičení dřepu se jejich zapojení nedá vyloučit. Čím více dopředu budou nohy postaveny, tím více se budou tzv. hamstringy zapojovat (Stoppani, 2016).

Je nutné znát různé modifikace obou cviků, aby si jedinec mohl vždy vybrat pro něj nejvíce vyhovující variantu. U cvičení legpressu se můžeme zaměřit na hmotnost váhy, postavení nohou nebo sklon opěrky. První variantou opory nohou je tzn. high feet leg press, neboli vysoké postavení. Zde se maximalizuje aktivita hamstringů a hýžd'ových svalů, ve které většina lidí zvedne nejvyšší váhu. Druhou možností je tzn. low feet leg press, neboli nízké postavení. Umístěním opory níže na podložku přenastaví zatížení svalstva a je vhodnou náhradou za dřepy, avšak není vhodná pro jedince s problémy kolenních kloubů. Třetí modifikací je široká opora, tzn. wide feet leg press. Odpovídá širokému (sumo) dřepu, při kterém se přesune zátěž na vnitřní stranu stehenního svalu. Čtvrtou variantou je úzká báze, tzn. narrow feet leg press. Ta zatíží nejvíce vnější stranu stehenního svalu a zvýrazní se, pokud se opora posune ještě více dolů (ústní sdělení Bc. Adam Kameník, Vrané nad Vltavou, 7/2020).

### 3. 7. 2. Provedení

Jako každé cvičení, tak i legpress má určitá pravidla a nejčastější chyby, které jedinci provádějí. Přesto, že je legpress méně náročný na techniku než dřepování, tak je třeba zdůraznit jeho provedení. Zdá by měla být volně přiložena k opěrně v celém rozsahu páteře včetně bederní části. Po celou dobu cvičení by se toto nastavení nemělo měnit. Častou chybou je neadekvátně zvolený úhel flexe v kolenních kloubech a přetěžování bederní páteře (odlepování od podložky). Vzdálenost opěrky od desky je daná především výškou jedince a měla by být nastavena tak, aby při nastavení těla do pozice k cvičení byl úhel v kolenou přibližně 90 °. Ať už jedinec zvolí podle vlastní preference postavení chodidel jakékoliv, musí být celými chodidly na desce. Chybou bývá položení části pat mimo podložku. Kolenní klouby po celou dobu cvičení dodržují osu pohybu společně s kyčelními a hlezenními klouby. Vnitřní rotace kolen je chybou, které se cvičenec musí vyvarovat. S tím souvisí i maximální rozsah pohybu. Neprovádí se uzamčení kolene a dodržuje se určitá semiflexe, tak aby měkké tkáně nebyly nijak poškozovány (Coombes, Skinner, 2014).

Doba trvání cviku se liší podle požadavků jedince. Ve fitness centrech se pod dohledem trenéra většinou cvičí výbušná varianta legpressu, tedy na 2 doby přitah kolen a na 1 dobu prudké vykopnutí desky. Pro začátečníky se toto pravidlo nedoporučuje a je vhodnější si určit obě doby fází stejné (ústní sdělení Bc. Adam Kameník, Vrané nad Vltavou, 7/2020).

### 3. 7. 3. Vybrané studie

Autoři Escamilla et al. (1998) porovnávali biomechaniku v kolenním kloubu při cvičení v uzavřeném (dřep a legpress) a otevřeném kinematickém řetězci (extenze) s využitím elektromyografie. Výsledky jejich výzkumu ukázaly, že při provedení dřepu byla síla generalizována hamstringy až dvakrát větší, než u legpressu a extenze. Svalová aktivita čtyřhlavého svalu byla největší v uzavřeném kinematickém řetězci při téměř plné flexi a v otevřeném kinematickém řetězci, když byl kolenní kloub téměř plně extendován. Příčný sval stehenní produkoval více síly při volné extenzi a naopak mm. vasti produkovaly více aktivity při legpressu/dřepu. Dalším sledovaným parametrem bylo napětí zkřížených vazů při pohybu. Největší napětí v zadním zkříženém vazy bylo přítomno v uzavřeném kinematickém řetězci, a to přibližně dvakrát větší a zvýšilo se s flexí kolen. Přední zkřížený vaz vykazoval napětí především pouze ve volné extenzi. Závěrem autoři zmiňují také rozdílné působení sil v jednotlivých cvicích v uzavřeném kinematickém řetězci, tedy je třeba brát ohled i na zvolený cvik, nikoliv pouze na kinematický řetězec.



Wirth, Hagen et Hartman (2016) zkoumali studenty rozdělené do dvou hlavních skupin (dřep a legpress) vůči kontrolní skupině. Porovnávali jednak nárůst svalové síly (koncept 1RM), a jednak také rychlost a sílu skoku. V kategorii svalové síly nejefektivnější volbou byl legpress, avšak v rychlosti a síly skoku dřep. Závěrem autoři upozorňují na zajímavý poznatek, tedy pokud jedinec chce zvýšit svou výkonnosti především z hlediska rychlosti – vhodnějším výběrem cviku je dřep oproti legpressu. Dále nabádají na důležitost vybírání pozorovaných parametrů v podobných výzkumech, hlavně na vztah působení izometrické a dynamické složky pohybu na sval v určitém úhlovém nastavení (Wirth, Hagen, Hartman, 2016).

Autoři Da Silva, Brentano at all. zkoumali svalovou aktivitu během různých forem legpressu na submaximální úrovni intenzity. Ve své studii se zaměřili na měření zapojení svalových skupin jejich síly ve třech variantách. Použili následující varianty: leg press 45, vysoké postavení nohou (high leg press - LPH) a nízké postavení nohou (low leg press - LPL) v 40 % a 80 % 1RM konceptu. Leg press 45 se provádí se sklopením trupu vůči zemi právě o 45°. Vysoké a nízké postavení nohou bylo prováděno ve vertikální pozici trupu. Pomocí povrchové EMG zkoumali aktivitu m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. biceps femoris, mm. gastrocnemii a m. gluteus maximus. Při nižší intenzitě m. rectus femoris a mm. gastrocnemii produkovaly svaly více síly v LP 45 a LPL než v LPH. Při vyšší intenzitě m. rectus femoris a m. vastus lateralis byly více aktivovány v pozici nízkého postavení nohou (LPL) než v pozici vyšší. Studie tedy poukazuje nejen na rozdílnou svalovou aktivaci podle formy zvoleného cvičení legpressu, ale také klade důraz na zvolenou intenzitu cvičení. Závěrem shrnuje, že pro zvýšení aktivity m. rectus femoris a m. vastus lateralis je nejvhodnější volbou nízké postavení nohou (LPL) a naopak pro m. gluteus maximus je efektivnější vysoké postavení nohou na legpressu (LPH). Z uvedených informací vyplývá, že z vysokého postavení nohou je největším ziskem trénink hýžd'ových svalů a nikoliv stehenních svalů, což preferuje většina žen (Da Silva et all., 2008).

### **3. 8. Porovnání legpressu a dřepu**

Cvičení na legpressu a dřepování jsou v praxi často používanými metodami k posílení svalů dolních končetin. Ve studii z roku 2019 porovnávali pomocí EMG aktivitu m. vastus medialis při cvičení squatu a legpressu. Výsledky naznačují, že pro posílení m. vastus medialis je vhodnější volbou legpress (SHayesteh, Farahpour, Jafarnezhadgero, 2019). Bezpochybnou výhodou legpressu je menší náročnost na udržení stability, takže menší procento svalové síly je nutné pro stabilitu pohybu. Zároveň je to pravděpodobně důvod, proč jedinci na tomto cviku vykazují vyšší procento opakování v 1 RM konceptu oproti cvičení s vlastní váhou. Navzdory maximální produkci síly prostřednictvím aktivity stejných svalů se cvičení dřepu a legpressu výrazně liší. Způsobují různé specifické neuromuskulární adaptace kvůli různým pohybovým vzorcům. Dřepování probíhá ve svislé pozici a legpress většinou v horizontální. Důsledkem toho je menší zapojení extenzerů kyčelních kloubů při cvičení na legpressu. První důležitou kategorií je vliv gravitace při cvičení squatu a legpressu. Momenty sil vyvolané na hlezenní a kyčelní klouby a bederní páteř je u legpresu větší. Síly působící na kolenní klouby jsou podobné. Gravitace zvyšuje kompresní síly na kolenní kloub při dřepu více než při legpressu (Sjoberg et al, 2019).

## **4. PRAKTICKÁ ČÁST**

### **4. 1. Úvod**

Tato práce se zabývá srovnáním vzestupu systolického krevního tlaku při cvičení vstoje (polodřep) a v horizontální poloze (legpress) s obdobným zatížením. Oba zmíněné cviky jsou v dnešní době populární pro posilování a pro tuto práci standardizované. Práce neobsahuje měření diastolického tlaku na základě studie z roku 1987, kdy Kaijser nedoporučuje měření diastolického tlaku při zátěži využívat k vědeckým účelům.

### **4. 2. Cíl**

Cílem práce je srovnat vzestup krevního tlaku za situace se sníženým preloadem (vstoje) a při biomechanicky obdobném cvičení v pololeže se zlepšeným žilním návratem, tedy větším preloadem. Součástí práce je subjektivní vnímání zátěže a porovnání vzestupu tepové frekvence při biomechanicky obdobném cvičení. K porovnání takového vjemu jsem zvolila Borgovu škálu, která se skládá z 15 bodů od 6 do 20 se slovním popisem. Výsledky během týdnů opakovaného měření pro zjištění variability výsledků u skupiny 15 žen ve věku 20-25 let jsou statisticky porovnány párovým t testem za pomoci programu jamovi.

### **4. 3. Hypotézy**

1. zátěž vyvolá při legpressu větší vzestup systolického tlaku než při polodřepu
2. zátěž vyvolá při legpressu menší vzestup tepové frekvence než při polodřepu
3. polodřep bude pro cvičenky subjektivně menší zátěží než legpress na Borgově škále

### **4. 4. Metodika**

Jedná se o empirický výzkum. Bylo vybráno 15 probandek ve věku 20-25 let ( $M=22,7$ ,  $SD=1,123$ ), bez zdravotních problémů, které se měření zúčastnily celkem čtyřikrát. Měření proběhlo v prostorách Fiala's gym na Praze 4. Zvolenými cviky byly polodřep a legpress. První dvě měření probíhaly nejprve tak, že první cvikem byl polodřep a poté legpress, třetí a čtvrté bylo v opačném pořadí. Zvolila jsem polodřep do  $100^\circ$  (nikoliv klasický dřep), protože z hlediska načtených informací o biomechanice cviku vyplývá, že při flexi v kolenou při dřepu  $90$  a více stupňů je tlak na menisky a okolní struktury největší a riziko úrazu je zde vyšší než u half-squatů. A také proto, že poloviční dřep zřejmě zajistí dostatečný vzestup objemu hýžďových svalů, aniž by ohrožoval právě menisky a okolní struktury účastnic. V neposlední řadě na základě pilotních studií jsem zjistila, že s ohledem na

individuální antropometrické parametry každé z probandek je polodřep nejvíce technicky přijatelný. Neomezuje je totiž například zkrácení m. soleus či jiné morfologické odlišnosti mezi vybranou skupinou. Pro oba cviky zvolila stejné tempo, tedy 2 doby dolů a 2 doby nahoru, které bylo zajištěno mnou namluvenou zvukovou nahrávkou.

Cvičební jednotka se skládala nejprve z instruktáže každé z probandek o správné technice provedení cviků. Byly upozorněny na nejčastější chyby (instruktáž v příloze č. 3). Každá z dívek také obdržela mezinárodní dotazník IPAQ – v krátké verzi. Všem byl nejprve měřen krevní tlak a srdeční frekvence ve 3 pozicích (v sedě, ve stoje, v pololeže). Krevní tlak byl měřen pomocí rtuťového tonometru (MPT M02901 SM), jednohadičkové textilní zavinovací manžety (šířka 10,5 cm a délka v rozvinutém stavu 67 cm) a srdeční frekvence sporttestrem (polar RS800cx C842R10118305 a hrudní snímač polar wearlink CR2025). Manžeta byla umístěna na pravé paži.

U polodřepu byla zdůrazněna tzv. trojí opora o chodilo a správné nastavení do pozice, včetně širší opěrné báze na šířku ramen individuálně podle účastnice. Poté jim byl naměřen systolický krevní tlak a srdeční frekvence v sedě a ve stoje. Zvolený úhel flexe v kolenních kloubech (přibližně 100°) jsem nejprve naměřila pomocí goniometru s přiložením na vnější stranu kolenního kloubu. Tento úhel jsem zvolila na základě teoretických zjištění z literatury, viz výše. Úhel byl kontrolován i během cvičení a probandky na něj byly upozorňovány. Dále byla vysvětlena trojí opora chodidla a praktické vyzkoušení. Polodřepy byly prováděny v botech na tvrdém povrchu. Krevní tlak byl měřen při desátém polodřepu ve fázi nahoru společně se srdeční frekvencí pomocí sporttestru. Další sérii jsme zahájila až tehdy, pokud tepová frekvence klesla na původní naměřenou hodnotu s odchylkou do 10 tepů. Takto byly provedeny 3 série po 10 opakováních. Po provedení poslední série dostaly probandy k subjektivnímu zhodnocení Borgovu škálu, na které měly vybrat odpovídající číslo k právě proběhlé zátěži.

Druhým cvikem byl horizontální legpress. Zvolená hmotnost pro tento stroj korelovala s váhou probandky. Pozice uložení chodidel na desku byla vybrána neutrální, na šířku ramen dané dívky. Opět mým cílem nebylo cílit více či méně na určité svalové skupiny, ale změření tlakové odpovědi. Z pilotních studií také vyplývá, že tato pozice je dívkám nejvíce pohodlná. Cvičení bylo obdobné jako předchozí polodřep, tedy 3 série po 10 opakováních. Krevní tlak a srdeční frekvence byly odečítány ve fázi vytlačení desky od sebe při desátém provedení cviku. Poté se opět čekalo na ustálení tepové frekvence na hodnotu v klidu s odchylkou 10 tepů. Po skončení poslední ze tří sérií měla opět účastnice určit intenzitu zátěže na Borgově škále.

## 4. 5. Statistické metody

Pro zpracování výsledků byl použit párový t-test v programu jamovi. Párový t-test porovnává data, která tvoří spárované variační řady, tzn. že pocházejí ze subjektů, které byly podrobeny dvěma měřeními. Využívá se porovnání dvou vzorků, přičemž vzorky z jedné skupiny mohou být spárovány se vzorky z druhého skupiny. Párový t-test je statický test k testování hypotéz. Hypotézou je myšlen výrok, o jehož pravdivosti chceme rozhodnout. Hypotézy jsou dvojího typu: nulová a alternativní. Nulovou hypotézou v této práci je tvrzení, že mezi cvičením legpressu a polodřepu není rozdílná odpověď systolického krevního tlaku a srdeční frekvence. Alternativní hypotézou je potom výrok, který se snažíme prokázat. Tedy předpokládáme rozdílnou tlakovou odpověď na dva typy cviků. Hodnota p se nazývá jako dosažená hladina významnosti. Udává pravděpodobnost, že získáme stejné nebo extrémnější testové kritérium, než je vypočítané. Podle p hodnoty můžeme zamítnout či nezamítnout nulovou hypotézu. Dále nám ukazuje, zda zvolené množství respondentů je statisticky dostatečné pro vyvracení či potvrzení daných hypotéz (<https://mathstat.econ.muni.cz/media/12568/unpairedtest.pdf>). V následující tabulce (Tabulka 1) je charakteristika zkoumaného souboru, včetně počtu (N=15), výšky (M=167,9, SD=7,59), váhy (M=67,32, SD=10,31) a věku (M=22,73, SD=1,12).

N	výška	váha	věk
15	167,9 ± 7,59	67,32 ± 10,31	22,73 ± 1,12

Tabulka 1: charakteristika skupiny probandek

Překlad z anglického jazyka k praktické části a vysvětlení pojmů:

(<http://www.csic.cornell.edu/Elrod/t-test/reporting-t-test.html>)

Paired Samples T-Test	párový T- test	
Statistic	statistická hodnota	
df	degrees of freedom	stupně volnosti (N-1)
p	probability of obtaining test	pravděpodobnost získání testu
Mean difference	střední rozdíl (hodnota)	
SE difference	standard error	rozdíl standardních chyb
Measure	hypotéza	
Descriptives	popisy	
N	number	počet vzorků
Mean	průměr vzorku	
Median	medián	
SD	standard deviation	směrodatná odchylka
SE	standart error	standartní odchylka

## 5. VÝSLEDKY

1) Hypotéza: zátěž vyvolá při legpressu větší vzestup systolického krevního tlaku než při polodřepu

Párový T-Test: porovnání průměrného vzestupu systolického krevního tlaku při polodřepu a legpressu. Párový T-test (Tabulka 2) naznačuje, že průměrný rozdíl krevních tlaků u cvičení polodřepů (M=11,9) je statisticky signifikantně nižší než cvičení legpressu (M=20,4). Testovaná hypotéza byla potvrzena se signifikantním hodnotou <0.001, počet stupňů volnosti 14, průměrný rozdíl spočítaných vzestupů krevních tlaků je 8,55 a standartní chyba je stanovena na 0,816. Průměrný vzestup krevního tlaku u legpressu je 20,4 torrů, medián 20, směrodatná odchylka 3,03 a standartní chyba 0,781. U polodřepu je průměrný vzestup 11,9 torrů, medián 11,7, směrodatná odchylka 11,7 a chyba 0,666.

### Paired Samples T-Test

			statistic	df	p	Mean difference	SE difference
legpress	polodrep	Student's t	10.5	14.0	<.001	8.55	0.816

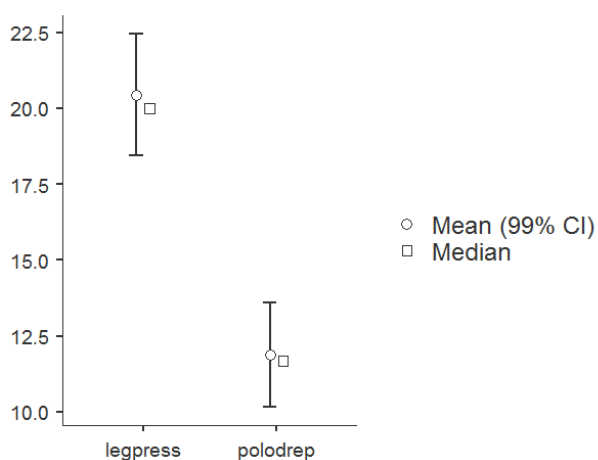
Note. H<sub>a</sub> Measure 1 > Measure 2

Tabulka 2: párový t-test pro hypotézu 1

### Descriptives

	N	Mean	Median	SD	SE
legpress	15	20.4	20.0	3.03	0.781
polodrep	15	11.9	11.7	2.58	0.666

Tabulka 3: popisná statistika



Obrázek 3: porovnání průměrných vzestupů systolického krevního tlaku

2) Hypotéza: zátěž vyvolá při legpressu menší vzestup tepové frekvence než při polodřepu

Párový T-Test: porovnání průměrného vzestupu srdeční frekvence při polodřepu a legpressu. Párový T-test (Tabulka 4) naznačuje, že průměrný rozdíl vzestupu frekvence při cvičení polodřepů (M=24,2) je statisticky signifikantně vyšší než cvičení legpressu (M=21,2). Testovaná hypotéza byla potvrzena se signifikantní hodnotou <0.015, počet stupňů volnosti 14, průměrný rozdíl spočítaných vzestupů srdeční frekvence je 2,98 a standartní chyba je stanovena na 1,23. Průměrný vzestup u polodřepu je 24,2, medián 23,6 směrodatná odchylka 4,15 a standartní chyba 1,07. U legpressu je průměrný vzestup 21,2, medián 19,4, směrodatná odchylka 5,13 a chyba 1,32.

Paired Samples T-Test

			statistic	df	p	Mean difference	SE difference
polodrep	legpress	Student's t	2.43	14.0	0.015	2.98	1.23

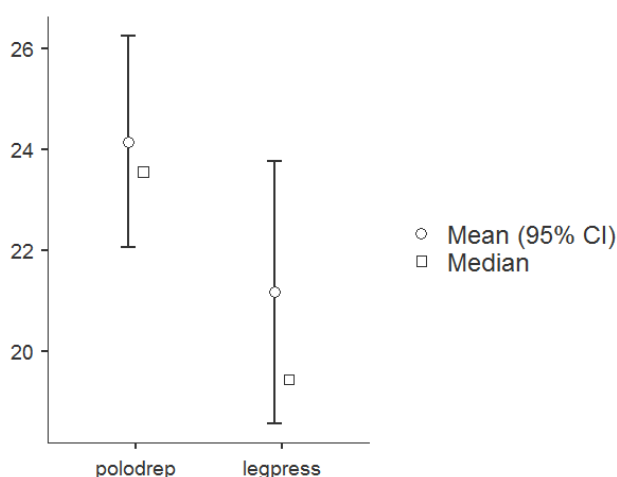
Note. H<sub>a</sub> Measure 1 > Measure 2

**Tabulka 4: párový t-test pro hypotézu 2**

Descriptives

	N	Mean	Median	SD	SE
polodrep	15	24.2	23.6	4.15	1.07
legpress	15	21.2	19.4	5.13	1.32

**Tabulka 5: popisná statistika**



**Obrázek 4: porovnání průměrných vzestupů srdeční frekvence**

3) Hypotéza: polodřep bude pro cvičenky subjektivně menší zátěží než legpress na Borgově škále

Párový T-Test, porovnání průměrných subjektivních vnímání zátěží podle Borgovy škály. Test naznačuje, že v průměru všech měření byl legpress pro účastnice subjektivně vyšší zátěží (M=11,13) než zátěž spojená s polodřepem (M 7,67). Testovaná hypotéza byla potvrzena se signifikantní hodnotou <0.001, počet stupňů volnosti 14, rozdíl průměrů subjektivního hodnocení je 3, 47 stupně a standartní chyba je stanovena na 0,336. Průměrné hodnocení zátěže u polodřepu je 7,67, medián 7, směrodatná odchylka 1,18 a standartní chyba 0,303. U legpressu je průměrně subjektivní hodnota 11,13, medián 11, směrodatná odchylka 1,25 a chyba 0,322.

#### Paired Samples T-Test

		statistic	df	p	Mean difference	SE difference	
legpress	polodřep	Student's t	10.3	14.0	< .001	3.47	0.336

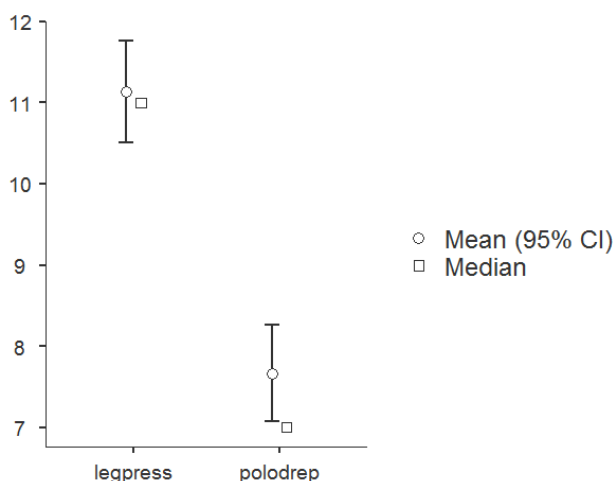
Note. H<sub>a</sub> Measure 1 > Measure 2

**Tabulka 6: párový t-test pro hypotézu 3**

#### Descriptives

	N	Mean	Median	SD	SE
legpress	15	11.13	11	1.25	0.322
polodřep	15	7.67	7	1.18	0.303

**Tabulka 7: popisná statistika**



**Obrázek 5: porovnání průměrného subjektivního hodnocení zátěží**



## Grafické znázornění průměrných hodnot systolického krevního tlaku

Následující graf (Graf 1) je vyhotoven ze všech 4 proběhlých měření, ve kterých byly výsledky zprůměrovány podle počtu účastnic. Obecně klidový systolický krevní tlak byl v poloze pololeže vyšší než při stoji a hodnoty naměřené při obou cvikách měly vzestupnou tendenci podle počtu sérií.

Při cvičení polodřepu po první sérii byla průměrná hodnota stanovena na 130 mmHg. Následující vzestup po druhé sérii vykazoval hodnotu 135 mmHg v průměru. Po dokončení poslední série byla průměrná hodnota 140 mmHg. Tedy jedná se o vzestupnost hodnot s každou přibývajícím sérií.

Legpress vyvolal tlakovou odpověď po první provedené sérii v průměru 133,17 mmHg. Další navýšení nastalo po druhé sérii, a to v průměru na hodnotu 140,17 mmHg. Poslední série ukázala v průměru hodnotu 144,75 mmHg. Opět se jedná o vzestupnou tendenci v přímé návaznosti na počet sérií.



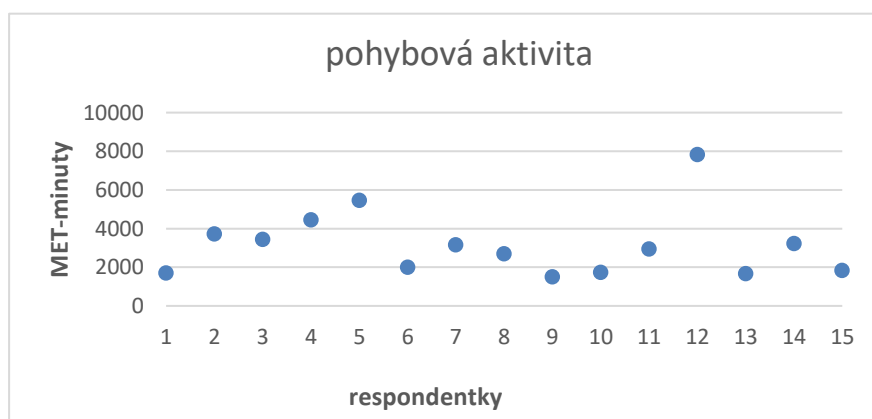
**Graf 1:průměrné výsledky systolického krevního tlaku všech měření**

## Výsledky pohybové aktivity

Pomocí dotazníku IPAQ byly shromážděny data o pohybové aktivitě každé ze cvičenek. Dle aktivity v předešlých 7 dnech od vyplnění měly odpovídat na sadu 7 otázek. Následné vyhodnocení proběhlo za pomoci skórovacího protokolu, dostupného online, a vzniklo skóre, které participantky rozřadilo do 2 skupin. Oficiálně se dá rozřadit podle tohoto dotazníku do 3 skupin dle pohybové aktivity na nízkou (low), průměrnou (moderate) a vysokou (high), avšak v první kategorii se žádná s nich nenacházela. Výsledky byly vyhotoveny pomocí skórovacího protokolu na oficiálních stránkách pro IPAQ, viz příloha 2.

<https://sites.google.com/site/theipaq/>

Podle kategorií vychází, že ve skupině s nízkou pohybovou aktivitou se nachází 0, ve druhé skupině s průměrnou pohybovou aktivitou 7 a ve třetí skupině s vysokou pohybovou aktivitou se nachází 8 respondentek. Nejvyšších hodnot MET-minut dosáhla respondentka číslo 12 a to 7839, naopak nejnižší hodnoty má respondentka číslo 9 a tedy 1516.



Graf 2: výsledky pohybové aktivity

1	1710	moderate
2	3732	high
3	3452	high
4	4452	high
5	5466	high
6	2000	moderate
7	3172	high
8	2700	moderate
9	1516	moderate
10	1746	moderate
11	2952	high
12	7839	high
13	1668	moderate
14	3228	high
15	1832	moderate

Tabulka 8: rozdělení respondentek dle pohybové aktivity

## 6. DISKUZE

První místo v příčinách úmrtí ve vyspělých státech zaujímají kardiovaskulární choroby. To je jeden z důvodů, proč se měření krevního tlaku bere jako běžné vyšetření. Vysoký krevní tlak patří mezi rizikové faktory vzniku několika onemocnění, jako je například diabetes mellitus 2. typu, ICHS, ICHDK, mozková mrtvice a další. Ambulantní měření krevního tlaku může být zatíženo značnou chybou z několika důvodů. Prvním důvodem je tzv. syndrom bílého pláště, kdy dochází ke zvýšení hodnot krevního tlaku z důsledku stresu z lékařského prostředí. Regulační mechanismy krevního tlaku jsou citlivé na změny a proto jakýkoliv stres, úzkost, únava, rozrušení a jiné emoční děje, mohou mít vliv na naměřené hodnoty (Rudolf, 2012). Nadměrná reakce krevního tlaku během fyzické aktivity může být je indikátorem kardiovaskulárního onemocnění, které může predikovat právě hypertenzi, ale také další kardiovaskulární mortality. I z tohoto důvodu je kladem důraz na zaznamenávání hodnot krevního tlaku při zátěžových vyšetřeních (Sharman et al., 2006).

Výzkumná otázka pro tuto práci zní: *bude reakce systolického krevního tlaku na odporový trénink v podobě legpressu a dřepu rozdílná?.* Dále pracuje s následujícími hypotézami: *„Předpokládám, že mnou navržená intervence se projeví na hodnotách systolického krevního tlaku tak, že zátěž vyvolá při legpressu větší vzestup systolického krevního tlaku než při polodřepu a na hodnotách srdeční frekvence tak, že zátěž vyvolá při legpressu menší vzestup tepové frekvence než při polodřepu. Dále předpokládám, že a polodřep bude pro cvičenky subjektivně menší zátěží než legpress na Borgově škále.“.*

Při každém měření byl kladen důraz na zachování konstantních experimentálních podmínek. Jako jsou desetidenní pauzy mezi měřeními, časový harmonogram, neměnné prostředí, redukce rušivých elementů (hluk, přelidněnost) a jiné. Případné zkreslení výsledků mohly zapříčinit například následující parametry: věk, pohlaví a psychické naladění zkoumaných osob, nereprezentativnost vybraného vzorku, den měření, čas měření, zvolený úhel flexe kolenou pro cvičení, nízký počet probandek vzhledem k použité statistické metodě, předešlé zkušenosti s odporovým tréninkem a zvolené pořadí cviků. Pro měření byl použit rtuťový tonometr pro dosažení, co největší přesnosti. Avšak faktor lidské chyby není nikdy možné zcela eliminovat.

Vědomosti z této bakalářské práce by mohly více prohloubit znalosti o odporovém tréninku a jeho výhodách či nevýhodách. Nabízí pohled na krevní tlak v zátěži a jeho samotnou regulaci vůči klidu. Práce zároveň klade důraz na důležitost sledování neadekvátní reakce krevního tlaku při zátěži a upozorňuje na případné rizikové faktory s ní spojených. Přílišný vzestup krevního tlaku proti klidu zatěžuje endotel, zvyšuje nadměrně nároky na srdeční práci a proto není vhodný u pacientů se sníženou koronární rezervou ani u pacientů se zvýšeným rizikem cévní mozkové příhody.

Legpress by mohl získat větší pozornost odborné veřejnosti pro výhody, které jsou v práci nastíněné. Díky několika vybraným modifikacím každého cviku by si každý mohl vybrat individuálně vhodné provedení. Dále dává podnět pro využití odporového tréninku v rehabilitační péči, například po plastice LCA či při léčbě patelofemorálního bolestivého syndromu. Práce dále nabízí přehled adaptací na pohybovou aktivitu a porovnání biomechanických zákonitostí u obou cviků. Dále může sloužit jako pilotní studie pro další výzkumy, které by se měli podle mého názoru zaměřit na detailnější prozkoumání vlivu odporového tréninku na krevní oběh při různých intenzitách zátěže.

Z teoretických poznatků plyne, že legpress je užitečnou metodou pro jedince s oslabeným m. vastus medialis. Takové oslabení může vést k rozvoji svalové dysbalance, kdy silnější m. vastus lateralis přetahuje česku laterálním směrem a vzniká tzv. lateralizace česky. Tím se narušuje celková biomechanika kloubu, potažmo až pohybu. Autoři Song, Y. F. Lin, Wei, D. H. Lin, Yen et Jan zmiňují ve své publikaci důležitou roli odporového tréninku m. vastus medialis při rehabilitaci patelofemorálního bolestivého syndromu pro zlepšení mechaniky kolenního kloubu a snížení bolesti (Song at all., 2009). Legpress nabízí modalitu odporového cvičení pro tuto patologii. Dále poskytuje možnost alternativu při zlepšení poměru m. vastus medialis a lateralis. Byl prokázán také pozitivní vliv legpressu na poměr mm. vasti u vysokoškolských studentů, kdy posílením m. vastus medialis se zlepšila koordinace pohybů (Peng, Kernozek, Song, 2012). V dnešní době se o legpressu také mluví v souvislosti rehabilitace jedinců na vozíku. Shryack (2019) se zabýval pohybovou terapií pacientů s nekompletním poranění míchy a srovnával právě dřepování a legpress. Závěrem zhodnotil, že legpress je užitečnou variantou pro tyto pacienty pro udržení či navýšení svalové hmoty a zároveň zachování bezpečnosti při cvičení na vozíku (Shryack, 2019).

Cílem práce bylo především porovnat odpověď krevního tlaku na dva biomechanicky podobné cviky, zmapovat problematiku odporového tréninku a podat výčet poznatků ohledně jeho vlivu na lidský organismus. Dále shromáždit informace o krevním tlaku a jeho chování v zátěži a v neposlední řadě rozebrat biomechaniku polodřepu a legpressu. Zrealizovat experiment pro navrženou metodiku a uceleně podat zprávu o výsledcích tohoto výzkumu. Během zpracovávání bakalářské práce byl limitujícím faktorem nedostatek literárních zdrojů s problematikou rozdílu silového a odporového tréninku a jejich vlivem na krevní tlak. Diplomová práce z roku 2010 (Bc. Zdeňka Chmelová) zpracovala pohled na krevní tlak v různých polohách těla, kde srovnávala přechod mezi stojem a lehem. Výsledky ukázaly vyšší hodnoty krevního tlaku vleže oproti stoje. Dále porovnávala ve stejných pozicích srdeční frekvenci, kdy vyšší hodnoty byly naměřeny ve stoje. Nutno ukázat na rozdílnosti, především na použité metodě, kdy v diplomové práci byl použit elektronický tonometr a rozdílný výběrový soubor participantů experimentu z hlediska věku.

Případné navazující studie by se mohly zaměřit na odpověď krevního tlaku na odporové cvičení při vyšší intenzitě a porovnat měření s výsledky této práce, zda by vyšší intenzita vyvolala rozdílnou odpověď krevního tlaku. Následně další varianty navazující na tuto bakalářskou práci je zvolit stejnou zátěž, ale jiné postavení dolních končetin (širší či užší báze) a opět porovnat výsledky.

## 7. ZÁVĚR

Odporový trénink představuje sportovní odvětví, které nese méně rizik než trénink čistě silový. Obecně se dá říct, že snížením poměru statické složky svalové práce se snižuje tlak vyvíjený na stěny cév, a tedy i riziko jejich poškození. Stále panuje názor, že odporový trénink se nemá doporučovat lidem, kteří mají kardiovaskulární riziko. Je tedy třeba zdůraznit rozdíl mezi tréninkem proti odporu a tréninkem silovým. Silový trénink je předchůdcem a v dnešní praxi už moc nevyužíván není. Pro zvýšení nárůstu svalové hmoty ho efektivně nahrazuje bezpečnější odporový trénink. Ten má mnoho dalších výhod jako jsou například prevence osteoporózy a sarkopenie, vzestup hustoty mitochondrií, zcitlivění inzulínové dráhy, zvýšení syntézy myofibril, pokles klidového krevního tlaku, zlepšení výkonnosti a především snížení kardiovaskulárního rizika. Zmíněna by měla být také rizika spojená s cvičením proti odporu. Když pomíneme obecná rizika jakéhokoliv cvičení, tak zde jsou to především tlakové nároky na srdeční sval. Dřep a legpress jsou biomechanicky podobné cviky. Při každodenních činnostech se dřep v jakékoliv jeho modifikaci vyskytuje hojně, ale povědomí o stroji na legpress již tolik lidí nemá.

Provedené výzkumné šetření potvrdilo hypotézy stanovené pro tuto bakalářskou práci. Průměrný vzestup systolického krevního tlaku (mmHg) byl u legpressu vyšší ( $M=20,4$ ) než u polodřepu ( $M=11,9$ ). Také byla prokázána jeho obecně vzestupná tendence během jednotlivých sérií cviku. Tedy, že nárůst byl vždy vzestupný nebo v několika případech stagnoval na stejné hodnotě jako byla naměřena v sérii před. Tepová frekvence (tepů/min) dosahovala v průměru vyšších hodnot u polodřepu ( $M=24,2$ ) než u legpressu ( $M=21,2$ ). Legpress byl vnímán v průměru subjektivně jako vyšší zátěž ( $M=11,3$ ) u každé z probandek oproti hodnocení polodřepu ( $M=7,67$ ). Dá se tedy usuzovat, že poloha ve které probandka cvičila měla vliv na výsledky tlakové odpovědi. Na vybraném vzorku participantek poloha ve stoje se sníženým preloadem pravděpodobně ovlivnila vyšší růst tepové frekvence oproti poloze v pololeže se zvýšených žilním návratem a naopak menší vzestup systolického krevního tlaku.

Výsledky této práce naznačují, že cvičení legpressu není vždy výhodnější oproti dřepování, když při menší práci (vyjádřeno tepovou frekvencí) nám systolický krevní tlak stoupá více. Má avšak spousty jiných výhod, pro které je do jisté míry nedoceněný. Legpress s adekvátním zatížením má několik předností, pro které si zaslouží být více diskutovaným cvičením. Pro začátečníky v odporovém tréninku je jistě výhodou snadné provedení, které se naučí díky několika opakováním. Posílení svalů dolních končetin ocení obě pohlaví, avšak pomocí různých modifikací se dá preferovaná oblast přesněji zacílit. Například vysoké postavení chodidel na desce více cílí na hýžďové svaly, což preferuje většina žen. U polodřepu ve stoje máme menší preload než při legpressu, takže i

menší systolický objem. Při nižším objemu musíme na stejný srdeční výdej využít kompenzace sympatikem a tím i vyšší tepovou frekvencí. V klidu má člověk více tepů také ve stoje. Výsledky práce nasvědčují tomu, že tento mechanismus platí i v zátěži v podobě polodřep a legpressu.

Zátěž v podobě legpressu vykazuje výhodné podmínky pro zvýšený preload a srdeční výdej, tedy že na vyšší vzestup krevního tlaku je potřeba menší vzestup tepové frekvence. Představuje však jisté nebezpečí pro hypertonického pacienta a jedince s endoteliální dysfunkcí. Dalším rizikem může být špatně zvolená zátěž, například vyšší než je vlastní váha člověka, která může představovat neadekvátní intenzitu zátěže. Legress by mohli ocenit méně zdatní jedinci s tachykardií a se sníženým srdečním výdejem. Příčiny sníženého srdečního výdeje mohou být například změny srdeční frekvence nebo rytmu. Polodřep vykazuje vyšší zátěžový stimul v podobě zvýšené srdeční frekvence a představuje pravděpodobněji bezpečnější formu cvičení vzhledem ke kardiovaskulárnímu riziku.

Musíme však zmínit, že polodřep je náročnější na správné provedení a eliminaci chybných stereotypů. Pokud tedy jedinec není schopen zajistit správné provedení cviku, mohl by pro něj být polodřep více nebezpečný než právě zmíněný legpress, který nemá tak vysoké nároky na technické provedení.

## 8. REFERENČNÍ SEZNAM

- AAGAARD, Per, Erik B. SIMONSEN, Jesper L. ANDERSEN, Peter MAGNUSSON a Poul DYHRE-POULSEN. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2002, **92**(6), 2309-2318 [cit. 2020-07-13]. DOI: 10.1152/jappphysiol.01185.2001. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01185.2001>
- ALMOSNINO, S., KINGSTON, D., GRAHAM, RB. Three-dimensional knee joint moments during performance of the bodyweight squat: effects of stance width and foot rotation. *Journal of Applied Biomechanics*. 2013, **29**(1): 33-43. DOI:10.1123/jab.29.1.33
- ASTAPENKO, D. a V. ČERNÝ. Krevní tlak – fyzika a fyziologie. *Anesteziologie a intenzivní medicína*. 2019, (5). ISSN 1214-2158.
- BARANOWSKI, Tom, BOUCHARD, Claude, BAR-OR, Oder, BRICKER, Timothy, HEATH, Gregory, KIMM, Sue Y. S., MALINA, Robert, OBARZANEK, Eva, PATE, Russell, STRONG, William B., TRUMAN, Benedict, WASHINGTON, Reginald. Assessment, prevalence, and cardiovascular benefits of physical activity and fitness in youth. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1992, **24**(6). DOI: 10.1249/00005768-199206001-00006. ISSN 0195-9131. Dostupné také z: <http://journals.lww.com/00005768-199206001-00006>
- BARTÁK, K. a J. RADVANSKÝ. Pohybová aktivita v prevenci cévních komplikací a diabetes [online]. *Vnitřní Lékařství*. 2010, **56**(4): 292-294 [cit. 2020-08-17].
- BOOTH, F.W., LAYE, M.J., SPANGENBURG, E.E. Gold standards for scientists who are conducting animal-based exercise studies. *Journal of Applied Physiology*. 2010, **108**(1):219-221. DOI:10.1152/jappphysiol.00125.2009
- BRAIDOT, A. A, BRUSA, M. H., LESTUSSI, F. E., PARERA, G. P. Biomechanics of front and back squat exercises. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2007, 90 [cit. 2020-07-11]. DOI: 10.1088/1742-6596/90/1/012009. ISSN 1742-6596. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/90/1/012009>
- CASTILLA, A., RAMOS, A., PADIAL, P., MORALES-ARTACHO A.J., FERICHE, B.: Load-Velocity Relationship in Variations of the Half-Squat Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2017, **34**(4), 1024-1031 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002072. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://journals.lww.com/10.1519/JSC.0000000000002072>



- CATERISANO, A., MOSS, R. F., PELLINGER, T. K., WOODRUFF, K., LEWIS, V. C., BOOTH, W., KHADRA, T. The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2002, **16**(3):428–432.
- CLAUSEN, J. P., LASSEN, N. A. Muscle blood flow during exercise in normal man studied by the <sup>133</sup>Xenon clearance method. *Cardiovascular Research*. 1971, **5**(2), 245-254. DOI: 10.1093/cvr/5.2.245. ISSN 0008-6363. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/cardiovasces/article-lookup/doi/10.1093/cvr/5.2.245>
- CLAUSEN, J.P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol Rev* 57. 1977, 779 – 815. DOI: 10.1152/physrev.1977.57.4.779
- CONTRERAS, B. Posilování: na anatomických základech. Praha: Grada, 2014. Sport extra. ISBN 978-80-247-5075-0.
- CONTRERAS, B., VIGOTSKY, A. D., SCHOENFELD, B. J., BEARDSLEY, C., CRONIN, J. A. Comparison of Gluteus Maximus, Biceps Femoris, and Vastus Lateralis Electromyography Amplitude in the Parallel, Full, and Front Squat Variations in Resistance-Trained Females. *Journal of Applied Biomechanics*. 2016, **32**(1), 16-22. DOI: 10.1123/jab.2015-0113. Dostupné také z: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/32/1/article-p16.xml>
- COOMBES, J., SKINNER. T., ESSA's Student Manual for Health, Exercise and Sport Assessment. *Elsevier*. 2014, s. 480. ISBN 9780729586566.
- DA SILVA, E. M., BRENTANO, M. A., CADORE, E.L., DE ALMEIDA, A.P., KRUEL, E. L. Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008, **22**(4):1059-1065. DOI:10.1519/JSC.0b013e3181739445
- DONNELLY, D., BERG, V., FISKE, W.P., The effect of the direction of gaze on the kinematics of the squat exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006, vol. 20, iss 1, p. 145. ISSN 1533-4287.
- DOVALIL, J., CHOUTKA, M. Výkon a trénink ve sportu. 4. vyd. Praha [i.e. Velké Přílepy]: Olympia, 2012. 331 s. ISBN 9788073763268.
- DYLEVSKÝ, I.: *Funkční anatomie*. 2009. DOI: 978-80-247-3240-4.
- EDSTROM, L., KUGELBERG, E. Histochemical composition, distribution of fibres and fatiguability of single motor units. Anterior tibial muscle of the rat. 1968, **31**(5), 424-433. DOI: 10.1136/jnnp.31.5.424. ISSN 0022-3050. Dostupné také z: <http://jnnp.bmj.com/cgi/doi/10.1136/jnnp.31.5.424>

- EGAN, B., ZIERATH, J.R. Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metabolism*, (2013), 17, s.162 – 184. DOI: 10.1016/j.cmet.2012.12.012. ISSN 15504131. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1550413112005037>
- ELROD, Doug. *Theory Behind the t-Test Talk: Reporting the result of a t-test* [online]. [cit. 2020-08-16]. Dostupné z: <http://www.csic.cornell.edu/Elrod/t-test/reporting-t-test.html>
- ESCAMILLA, R. F., FLEISIG, G. S., ZHENG, N., BARRENTINE, S. W., WILK, K. E., ANDREWS, J. R. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises, *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1998. **30** (4). s 556-569
- European Journal of Applied Physiology* [online]. 2004, **92**(4-5) [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1007/s00421-004-1104-7. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-004-1104-7>
- FAGARD, R, A AUBERT, J STAESSEN, E V EYNDE, L VANHEES a A AMERY. Cardiac structure and function in cyclists and runners. Comparative echocardiographic study. *Heart*. 1984, **52**(2), 124-129. DOI: 10.1136/hrt.52.2.124. ISSN 1355-6037. Dostupné také z: <http://heart.bmj.com/cgi/doi/10.1136/hrt.52.2.124>
- FAGARD, R. H. Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001. **33**(6). s 484-492.
- FÖLSCH, U. R., SCHMIDT R. F., KOCHSIEK, K. *Patologická fyziologie*. Vyd. 1. české. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0319-X.
- FROELICHER, J., MYERS, J.: Exercise and the Heart. *Saunders Elsevier*, Philadelphia, 2006.
- GRASGRUBER, P., CACEK, J. *Sportovní geny*. 1. vyd. Brno: Computer press, 2008. 480 s. *Sport a fitness 1*. ISBN 978-80-251-1873-3.
- GREEN, D. J., HOPMAN, M. T. E., PADILLA, J., LAUGHLIN, M. H., THIJSSSEN, D. H. J. Vascular Adaptation to Exercise in Humans: Role of Hemodynamic Stimuli. *Physiological Reviews*. 2017, **97**(2), 495-528. DOI: 10.1152/physrev.00014.2016. ISSN 0031-9333. Dostupné také z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/physrev.00014.2016>
- GULLETT, J., TILLMAN, M., GUTIERREZ, G., CHOW, J. A Biomechanical Comparison of Back and Front Squats in Healthy Trained Individuals. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2008. **23**. 284-92. 10.1519/JSC.0b013e31818546bb.
- HAN, D., NAM, S., SONG, J., LEE, W., KANG, T. The effect of knee flexion angles and ground conditions on the muscle activation of the lower extremity in the squat position. *Journal of*

- Physical Therapy Science*. 2017, 29(10), 1852-1855. DOI: 10.1589/jpts.29.1852. ISSN 0915-5287. Dostupné také z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/29/10/29\\_jpts-2017-209/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/29/10/29_jpts-2017-209/_article)
- HERNANDEZ, R. J., KRAVITZ, L. The Mystery of Skeletal Muscle Hypertrophy. *ACSM'S Health & Fitness Journal* [online]. 2003, 18-22 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <http://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/hypertrophy.html>
- HIGASHI, M., YOSHIZUMI, M. Exercise and endothelial function: role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacology & Therapeutics*. 2004, 102
- HOEVEN, N., VAN DEN BORN, B. J., MONTFRANS, G. Reliability of palpation of the radial artery compared with auscultation of the brachial artery in measuring SBP. *Journal of hypertension*. 2011, 29, s.51-5. DOI: 10.1097/HJH.0b013e32833e0ffa.
- HOLLOSZY, J. O., COYLE, E. F. Adaptations of skeletal muscle endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*. 1984, 56. DOI: 10.1152/jappl.1984.56.4.831
- HORSCHIG, A., SONTHANA, K., NEFF, T.: The Squat Bible: The Ultimate Guide to Mastering the Squat and Finding Your True Strength. 1. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017, s. 141. ISBN 1540395421
- HULMI, J.: Molecular and Hormonal Responses and Adaptation to Resistance Exercise and Protein Nutrition in Young and Older Men. UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, 2009. ISBN 978-951-39-3524-5.
- CHARVÁT, Josef. Život, adaptace a stress. Avicenum, 1973. ISBN 08-006-73.
- CHENG, Y J. Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2003, 37(6), 521-528 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1136/bjism.37.6.521. ISSN 0306-3674. Dostupné z: <http://bjism.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjism.37.6.52>
- INDER, J. D., CARLSON, D. J., DIEBERG, G., MCFARLANE, J. R., HESS N. C. L., SMART, N. A. Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis to optimize benefit. *Hypertension Research*. 2016, 39(2), 88-94. DOI: 10.1038/hr.2015.111. ISSN 0916-9636. Dostupné také z: <http://www.nature.com/articles/hr2015111>
- JOYNER, M.J., Baroreceptor function during exercise: resetting the record. *Exp Physiol* .2006, 91(1): 27–36
- KAIJSER, L. The indirect method of recording blood pressure during exercise - can the diastolic pressure be measured? *Clinical Physiology*. 1987, 7(3), 175-179. DOI: 10.1111/j.1475-

- 097X.1987.tb00159.x. ISSN 0144-5979. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-097X.1987.tb00159.x>
- KÁRA, T., SOUČEK, M. Společné působení patofyziologických faktorů při vzniku esenciální arteriální hypertenze. In Souček M, Kára T a kol. *Klinická patofyziologie hypertenze*. Praha: Grada Publishing, 2002: 290–309.
- KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626571.
- KRAEMER, W.J., RATAMESS, N.A. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Med* 35. 2005, 339–361. DOI: 10.2165/00007256-200535040-00004
- KRÁLOVÁ, T., GASIOR, J., HAMMEROVÁ, T., ŠVECOVÁ, J. Metodika vzpírání: Dřep a jeho varianty [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2019 [cit. 2020-07-11]. ISSN 1802-128X. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/js18/metodika\\_vzpirani/web/pages/06-04-drep.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/js18/metodika_vzpirani/web/pages/06-04-drep.html)
- LASTAYO, P., MARCUS, M., DIBBLE, L., WONG, B., PEPPER, G.: Eccentric versus traditional resistance exercise for older adult fallers in the community: a randomized trial within a multi-component fall reduction program. *BMC Geriatrics*. 2017, 17(1). DOI: 10.1186/s12877-017-0539-8. ISSN 1471-2318. Dostupné také z: <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-017-0539-8>
- LEE A.D., HANSEN, P.A., HOLLOSZY, J.O. Wortmannin inhibits insulin-stimulated but not contraction-stimulated glucose transport activity in skeletal muscle. *FEBS Lett*. 1995, 361, 51–54.
- LEWIS, O., HALES, S. The measurement of blood pressure. *J Hum Hypertens*. 1994, 865-71
- LIM, K.K.: The effect of air pressure difference of an air cushion on muscular activation of the trunk and lower extremities during squat exercise. Graduate School of Rehabilitation Science Daegu University, Master's Thesis, 2016.
- LINHART, A., CERAL, J., FILIPOVSKÝ, Praktický postup České společnosti pro hypertenzi: Měření krevního tlaku. 1. část. Obecné principy. *Hypertenze & kardiovaskulární prevence* 2016; 5(2): 24–2
- MACALUSO, A., DE VITO, J.: Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2004, 91(4), 450-472 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1007/s00421-003-0991-3. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-003-0991-3>

- MARCHETTI, P.H., SILVA, J., SCHOENFELD, B., et al.: Muscle activation differs between three different knee joint-angle positions during a maximal isometric back squat exercise. *J Sports Med Hindawi Publ Corp*, 2016, 3846123
- MCARDLE, W., KATCH, F. VICTOR, L.: Exercise Physiology: Nutrition, Energy, And Human Performance. Baltimore, MD : Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- MEEK, Walter J. THE EFFECT OF CHANGES IN PULSE RATE ON DIASTOLIC HEART SIZE. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1924, 70(2), 385-393. DOI: 10.1152/ajplegacy.1924.70.2.385. ISSN 0002-9513. Dostupné také z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajplegacy.1924.70.2.385>
- MIKINES, K. J., SONNE, B., FARRELL, P. A., TRONIER, B., GALBO, H.: Effect of physical exercise on sensitivity and responsiveness to insulin in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 1988, **254**(3), E248-E259. DOI: 10.1152/ajpendo.1988.254.3.E248. ISSN 0193-1849. Dostupné také z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpendo.1988.254.3.E248>
- MOREILLON, M., CONDE ALONSO, S., BROSKEY, N. T., GREGGIO, Ch., BESSON, C., ROUSSON, V., AMATI, F.: Hybrid fiber alterations in exercising seniors suggest contribution to fast-to-slow muscle fiber shift. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* [online]. 2019, 10(3), 687-695 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1002/jcsm.12410. ISSN 2190-5991. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcsm.12410>
- MORGANROTH, J. MARON, B. J. HENRY, W. L., EPSTEIN, S. E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Internal Med* 82:1975, 521–524
- MUNDAL, Reidar, Sverre E. KJELDSEN, Leiv SANDVIK, Gunnar ERIKSEN, Erik THAULOW a Jan ERIKSEN. Exercise Blood Pressure Predicts Mortality From Myocardial Infarction. *Hypertension* [online]. 1996, **27**(3), 324-329 [cit. 2020-08-16]. DOI: 10.1161/01.HYP.27.3.324. ISSN 0194-911X. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.HYP.27.3.324>
- NAKA, Katerina K., Ann C. TWEDDEL, Dimitris PARTHIMOS, Andrew HENDERSON, Jonathan GOODFELLOW a Michael P. FRENNEAUX. Arterial distensibility: acute changes following dynamic exercise in normal subjects. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* [online]. 2003, **284**(3), H970-H978 [cit. 2020-08-16]. DOI: 10.1152/ajpheart.00529.2002. ISSN 0363-6135. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpheart.00529.2002>
- NEČAS, Emanuel. *Obecná patologická fyziologie*. 3. vyd. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1688-9.

- NĚMCOVÁ, H.: Měření krevního tlaku. *Medicína pro praxi* [online]. 2007, č. 1 [cit. 2020-07-21].  
Dostupné z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2006/09/07.pdf>
- NOHELOVÁ, Petra. Rehabilitace pacientů - mužů po infarktu myokardu: ambulantní arteriální index poddajnosti v závislosti na pohybové léčbě z 24hodinového monitorování krevního tlaku [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-08-13]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/s04gc8/> Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Alena Havelková, Ph.D..
- OLUFSEN, M. S., OTTESEN, J. T., TRAN, H. T., ELLWEIN, L. M., LIPSITZ, L. A., NOVAK, V.: Blood pressure and blood flow variation during postural change from sitting to standing: model development and validation. *J Appl Physiol.* 2005, **99**(4):1523-1537.  
doi:10.1152/jappphysiol.00177.2005
- OŠTÁDAL, B., VÍZEK, M.: *Patologická fyziologie srdce a cév*. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0597-X.
- PAŃTAK, Marek. MODELWANIE OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH W FORMIE PRZYSIADÓW NA KŁADKACH DLA PIESZYCH. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture* [online]. [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.7862/rb.2017.114. ISSN 23005130.  
Dostupné z: <http://doi.prz.edu.pl/pl/publ/biis/856>
- PAŃTAK, Marek. MODELWANIE OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH W FORMIE PRZYSIADÓW NA KŁADKACH DLA PIESZYCH. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*. DOI: 10.7862/rb.2017.114. ISSN 23005130. Dostupné také z: <http://doi.prz.edu.pl/pl/publ/biis/856>
- PARCELL, ALLEN C., ROBERT D. SAWYER, MICAH J. DRUMMOND, BROCK O'NEIL, NATHAN, MILLER, WOOLSTENHULME. *Single-Fiber MHC Polymorphic Expression Is Unaffected by Sprint Cycle Training* [online]. 2005, **37**(7), 1133-1137 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1249/01.mss.0000170123.27209.e1. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <http://journals.lww.com/00005768-200507000-00008>
- PARK, S.J., CHOI, G.R, KIM, C. K.: Comparison and analysis of muscle activities on angles of knee joint during squat exercise. *J Sport Leis Stud*, 2013, 53: 879–887.
- PELEŠKA, J.: Domácí měření krevního tlaku. *Med. praxi*, 2006, vol. 3, iss. 3, p. 111-114.
- PENG, Hsien-Te, Thomas W. KERNOZEK a Chen-Yi SONG. Muscle activation of vastus medialis obliquus and vastus lateralis during a dynamic leg press exercise with and without isometric hip adduction. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2013, **14**(1), 44-49 [cit. 2020-08-16]. DOI: 10.1016/j.ptsp.2012.02.006. ISSN 1466853X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X12000120>

- PENHAKER, M., IMRAMOVSKÝ, M., TIEFENBACH, P., KOBZA, F.: Lékařské diagnostické přístroje: učební texty. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0751-3.
- PERIČ, T., DOVALIL, J.: *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7.
- PESCATELLO, L. S., FARGO, A. E., LEACH, C. N., SCHERZER, H. H.: Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure. *Circulation*. 1991, **83**(5), 1557-1561. DOI: 10.1161/01.CIR.83.5.1557. ISSN 0009-7322. Dostupné také z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.83.5.1557>
- PESCATELLO, L. S., FRANKLIN, L. S., FAGARD, R., FARQUHAR, W. B., KELLEY, G. A., RAY, C. A.: American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004, **36**(3):533-53.
- PIÑA, Ileana L., Carl S. APSTEIN, Gary J. BALADY, et al. Exercise and Heart Failure. *Circulation*. 2003, 107(8), 1210-1225. DOI: 10.1161/01.CIR.0000055013.92097.40. ISSN 0009-7322. Dostupné také z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.0000055013.92097.40>
- PUJITHA, K., G. PARVATHI a K. MUNI SEKHAR. POSTURAL CHANGES IN HEART RATE AND BLOOD PRESSURE WITH AGEING. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2014, 2(6), 751-756. DOI: 10.16965/ijpr.2014.678. ISSN 23218975. Dostupné také z: <http://www.ijmhr.org/ijpr.2.6/IJPR.2014.678.html>
- PUTMAN, Ch., XU, X., GILLIES, E., MACLEAN, BELL., G.: Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans.
- QAISAR, R., BHASKARAN, S., VAN REMMEN, H.: Muscle fiber type diversification during exercise and regeneration. *Free Radical Biology and Medicine*. 2016, 98, 56-67. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.03.025. ISSN 08915849. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584916300041>
- RAMOS, J.S. DALLECK, L. C. TJONNA A. E., BEETHAM, K. S., COOMBES, J. S.: The impact of high intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 45: 2015, 679 – 692
- ROKYTA, R.: *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-802-4748-672.
- SALE, D. G.: Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1988, **20**(5): S135-45. DOI: 10.1249/00005768-198810001-00009.

- SATRAPOVÁ, Pavla. Zranění ACL u fotbalistek a možnost prevence. 2017. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Laboratoř sportovní motoriky. Vedoucí práce Bunc, Václav.
- SELYE, H., FORTIER, C. Adaptive Reaction to Stress. *Psychosomatic Medicine*. 1950, **12**(3), 149-157. DOI: 10.1097/00006842-195005000-00003. ISSN 0033-3174. Dostupné také z: <http://journals.lww.com/00006842-195005000-00003>
- SHANBEHZADEH, S., AMIRI, A., PIRALI, P., NASSADJ, G., YAZDI, H. R., JAMSHIDI, A. A.: Relative muscle contribution of lower extremity muscles during isokinetic single leg squat in patients following reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Isokinetics and Exercise Science*. 2014, **22**(4), 343-349. DOI: 10.3233/IES-140556. ISSN 18785913.
- SHARMAN, James E., Richard LIM, Ahmad M. QASEM, et al. Validation of a Generalized Transfer Function to Noninvasively Derive Central Blood Pressure During Exercise. *Hypertension* [online]. 2006, **47**(6), 1203-1208 [cit. 2020-08-16]. DOI: 10.1161/01.HYP.0000223013.60612.72. ISSN 0194-911X. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.HYP.0000223013.60612.72>
- SHAYESTEHEH, M. FARAHPOUR, N., JAFARNEZHADGERO, A. A.: Comparisons of the effects of squat and leg press exercises on the EMG activity of quadriceps femoris muscles during step ascending activity. 2019.
- SHRYACK, Megan. Physical Therapy Management and Individualized Rehabilitation of Patient with Incomplete Spinal Cord Injury: *A Case Report*. 2019.
- SCHOENFELD, B. J. Squatting Kinematics and Kinetics and Their Application to Exercise Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, **24**(12), 3497-3506 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181bac2d7. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://journals.lww.com/00124278-201012000-00040>
- SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A.: *Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání*. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.
- SILVERBERG, A.: Partial Squats: Benefits, Muscles Worked, Are They Safe? [online]. 28.2.2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://powerliftingtechnique.com/partial-squats/>
- SINGH, Jagmeet P., Martin G. LARSON, Teri A. MANOLIO, Christopher J. O'DONNELL, Michael LAUER, Jane C. EVANS a Daniel LEVY. Blood Pressure Response During Treadmill Testing as a Risk Factor for New-Onset Hypertension. *Circulation* [online]. 1999, **99**(14), 1831-1836 [cit. 2020-08-16]. DOI: 10.1161/01.CIR.99.14.1831. ISSN 0009-7322. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.99.14.1831>



- SJÖBERG, M., BERG, H. E., NORRBRAND, L., ANDERSEN, M. S., GUTIERREZ-FAREWIK, L. E., SUNDBLAD, P., EIKEN, O.: Influence of gravity on biomechanics in flywheel squat and leg press. *Sports Biomechanics* [online].1-17 [cit. 2020-08-17]. DOI: 10.1080/14763141.2020.1761993. ISSN 1476-3141. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2020.1761993>
- SJÖBERG, Maria, Hans E. BERG, Lena NORRBRAND, Michael S. ANDERSEN, Elena M. GUTIERREZ-FAREWIK, Patrik SUNDBLAD a Ola EIKEN. Influence of gravity on biomechanics in flywheel squat and leg press. *Sports Biomechanics*. 2019, , 1-17. DOI: 10.1080/14763141.2020.1761993. ISSN 1476-3141. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2020.1761993>
- SMEJKAL, J.: Paralelní nebo hluboké dřepy - nikdy nekončící dilema [online]. 29.09.2014 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://kulturistika.ronnie.cz/c-19902-paralelni-nebo-hlubo-ke-drepy-nikdy-nekoncici-dilema.html>
- SONG, Chen-Yi, Yeong-Fwu LIN, Tung-Ching WEI, Da-Hon LIN, Tzu-Yu YEN a Mei-Hwa JAN. Surplus Value of Hip Adduction in Leg-Press Exercise in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy* [online]. 2009, **89**(5), 409-418 [cit. 2020-08-16]. DOI: 10.2522/ptj.20080195. ISSN 0031-9023. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ptj/article/89/5/409/2737568>
- SPARROW, D, C P TIFFT, B ROSNER a S T WEISS. Postural changes in diastolic blood pressure and the risk of myocardial infarction: the Normative Aging Study. *Circulation*. 1984, 70(4), 533-537. DOI: 10.1161/01.CIR.70.4.533. ISSN 0009-7322. Dostupné také z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.70.4.533>
- STEJSKAL, M.: Preskripce pohybové aktivity, *Světová Medicína Stručně*, 2009, str. 3-11
- STOPPANI, J.. *Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 381 posilovacích cviků*. Druhé, přepracované a rozšíření vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. *Sport extra*. ISBN 978-80-247-5643-1.
- TANG, S.F., CHEN, C.K., HSU, R. et al. : Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain syndrome: an electromyographic study. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82: 1441–1445
- THIEBAUD, R. S., FAHS, CH. A., ROSSOW, L. M.: Effects of age on arterial stiffness and central blood pressure after an acute bout of resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2016, **116**(1), 39-48. DOI: 10.1007/s00421-015-3242-5. ISSN 1439-6319. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-015-3242-5>

- TUKA, V. et al.: The determinants of blood pressure response to exercise, *Cor et Vasa* 57 (2015) e163–e167, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010865015000375>
- VACEK, P. Bůh nám žehnej za legpress [online]. 2020. [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: <https://www.extrifit.cz/cs/blog/clanok/buh-nam-zehnej-za-legpress>
- VAN KLEEF, BATES, SPIERNING.: Endovascular Baroreflex Amplification for Resistant Hypertension. *Curr Hypertens Rep* 20, 46 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0840-8>
- VOKURKA, M. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. 4., upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-802-4635-637.
- VONDRUŠKA, V., BARTÁK, K. *Pohybová aktivita ve zdraví a v nemoci*. Hradec Králové: Klinika tělovýchovného lékařství FN a LFUK, 1999. Poradna zdravého životního stylu. ISBN 80-238-4536-5.
- WIDIMSKÝ, J., FILIPOVSKÝ, J., CERAL, J., CÍFKOVÁ, A., LINHART, A., Diagnostické a léčebné postupy u arteriální hypertenze - verze 2017. Doporučení České společnosti pro hypertenzi. *Hypertenze a kardiovaskulární prevence* [online]. 7. 2018 [cit. 2020-08-16]. ISSN 1805-4129.
- WIRTH, K., HAGEN, HARTMANN: THE IMPACT OF BACK SQUAT AND LEG-PRESS EXERCISES ON MAXIMAL STRENGTH AND SPEED-STRENGTH PARAMETERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016, (5), 8.
- The jamovi project (2019). *jamovi*. (Version 1.1) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Patterson, E., Hagströmer, M. (2013). *International physical activity questionnaire*. Retrieved 14. 8. 2020 from the World Wide Web: [sites.google.com/site/theipaq/home](https://sites.google.com/site/theipaq/home)

## 9. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ A OBRÁZKŮ

Tabulka 1: charakteristika skupiny probandek.....	53
Tabulka 2: párový t-test pro hypotézu 1 .....	54
Tabulka 3: popisná statistika .....	54
Tabulka 4: párový t-test pro hypotézu 2 .....	55
Tabulka 5: popisná statistika .....	55
Tabulka 6: párový t-test pro hypotézu 3 .....	56
Tabulka 7: popisná statistika .....	56
Tabulka 8: rozdělení respondentek dle pohybové aktivity.....	58
Tabulka 9: jednotlivé výsledky pohybové aktivity probandek .....	81
Tabulka 10: Borgova škála hodnocení zátěže.....	91
Graf 1:průměrné výsledky systolického krevního tlaku všech měření .....	57
Graf 2: výsledky měření probandky 1.....	85
Graf 3: výsledky měření probandky 2.....	85
Graf 4: výsledky měření probandky 3.....	85
Graf 5: výsledky měření probandky 4.....	86
Graf 6: výsledky měření probandky 5.....	86
Graf 7: výsledky měření probandky 6.....	86
Graf 8: výsledky měření probandky 7.....	87
Graf 9: výsledky měření probandky 8.....	87
Graf 10: výsledky měření probandky 9.....	87
Graf 11: výsledky měření probandky 10.....	88
Graf 12: výsledky měření probandky 11.....	88
Graf 13: výsledky měření probandky 12.....	88
Graf 14: výsledky měření probandky 13.....	89
Graf 15: výsledky měření probandky 14.....	89
Graf 16: výsledky měření probandky 15.....	89
Obrázek 1: Podíl typů vláken na složení svalů elitních atletů (%) (Powers, Howley, 2007).....	33
Obrázek 2: Vybrané typy dřepů: a) úhel flexe kolene při částečném, polovičním a hlubokém dřepu.....	42
Obrázek 3: porovnání průměrných vzestupů systolického krevního tlaku.....	54

<b>Obrázek 4: porovnání průměrných vzestupů srdeční frekvence.....</b>	<b>55</b>
<b>Obrázek 5: porovnání průměrného subjektivního hodnocení zátěží .....</b>	<b>56</b>
<b>Obrázek 6: porovnání nejvyšších průměrných hodnot systolického krevního tlaku .....</b>	<b>84</b>
<b>Obrázek 7: průběh měření při legpressu .....</b>	<b>90</b>
<b>Obrázek 8: nastavení pozice na legpressu.....</b>	<b>90</b>
<b>Obrázek 9: postavení chodidel na desce legpressu.....</b>	<b>90</b>

## **10. SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č. 1: IPAQ dotazník**

**Příloha č. 2: Výsledky IPAQ dotazníku**

**Příloha č. 3: Instrukce cvičení**

**Příloha č. 4: T-test na porovnání nejvyšších naměřených hodnot krevního tlaku při legpressu a polodřepu**

**Příloha č. 5: Výsledky měření systolického krevního tlaku u jednotlivých účastníků**

**Příloha č. 6: Fotografické záznamy**

**Příloha č. 7: Subjektivní hodnocení tělesné zátěže**

## 10. 1. Příloha č. 1: IPAQ dotazník

### MEZINÁRODNÍ DOTAZNÍK K POHYBOVÉ AKTIVITĚ

Zajímáme se o pohybovou aktivitu, kterou vykonáváte jako součást Vašeho každodenního života. V otázkách se Vás budeme ptát na čas, který jste strávili pohybovou aktivitou **v posledních 7 dnech**. Prosíme Vás o zodpovězení všech otázek, i když se nepovažujete za pohybově aktivního člověka. Zamyslete se prosím nad aktivitami, které provádíte v zaměstnání, jako součást domácích prací, na zahradě, při přemísťování se z místa na místo a ve vašem volném čase při rekreaci, cvičení či sportu.

Zamyslete se nad **intenzivní pohybovou aktivitou** (tělesně náročná), kterou jste prováděl/a **v posledních 7 dnech**. **Intenzivní pohybová aktivita** se vyznačuje těžkou tělesnou námahou a zadýcháním (výrazně rychlejší a těžší dýchání než normálně). Berte v úvahu pouze tu pohybovou aktivitu, která trvala nepřetržitě alespoň 10 minut.

1. V kolika dnech, během posledních 7 dnů, jste prováděl/a **intenzivní pohybovou aktivitu**, například zvedání těžkých břemen, kopání (rytí), aerobik nebo rychlou jízdu na kole?

\_\_\_\_\_ dnů v týdnu

Neprovádím žádnou intenzivní pohybovou aktivitu → **Přejděte k otázce 3**

2. Kolik času jste obvykle strávil/a při **intenzivní pohybové aktivitě** v jednom z těchto dnů (v průměru za jeden den)?

\_\_\_\_\_ hodin denně

\_\_\_\_\_ minut denně

Nevím/ Nejsem si jistý(á)

Zamyslete se nad veškerou **středně zatěžující pohybovou aktivitou**, kterou jste prováděl/a **v posledních 7 dnech**. **Středně zatěžující pohybová aktivita** se vyznačuje střední tělesnou námahou, při níž dýcháte trochu více než normálně. Berte v úvahu pouze tu pohybovou aktivitu, která trvala nepřetržitě alespoň 10 minut.

3. V kolika dnech, během **posledních 7 dnů**, jste prováděl/a **středně zatěžující pohybovou aktivitu**, například nošení lehčích břemen, jízdu na kole běžnou rychlostí nebo čtyřhru v tenise? Nezapomínejte chůzi.

\_\_\_\_\_ dnů v týdnu

Neprovádím žádnou středně zatěžující pohybovou aktivitu → **Přejděte k otázce 5**

4. Kolik času jste obvykle strávil/a při **středně zatěžující pohybové aktivitě** v jednom z těchto dnů (v průměru za jeden den)?

\_\_\_\_\_ hodin denně

\_\_\_\_\_ minut denně

Nevím/ Nejsem si jistý(á)

Zamyslete se nad časem, který jste za **posledních 7 dnů** strávil/a chůzí. Zahrňte chůzi v zaměstnání, v rámci školní docházky i doma, přesuny (cestování) chůzí z místa na místo, ale i jinou chůzi, kterou vykonáváte výhradně pro rekreaci, sport, cvičení nebo vyplnění volného času.

5. V kolika dnech, během **posledních 7 dnů**, jste **chodil/a** nepřetržitě alespoň 10 minut?

\_\_\_\_\_ dnů v týdnu

Nechodil(a) jsem → **Přejděte k otázce 7**

6. Kolik času jste obvykle strávil/a **chůzí** v jednom z těchto dnů (v průměru za jeden den)?

\_\_\_\_\_ hodin denně

\_\_\_\_\_ minut denně

Nevím/ Nejsem si jistý(á)

Poslední otázka této části se týká času, který jste strávil/a **sezením v pracovních dnech**, během **posledních 7 dnů**. Zahrňte čas strávený sezením v zaměstnání, v rámci školní docházky, doma, při plnění domácích úkolů a během volného času. Zahrňte také čas strávený sezením u stolu, na návštěvě přátel, u čtení nebo také sezením či ležením při sledování televize.

## 10. 2. Příloha č. 2: Výsledky IPAQ dotazníku

**IPAQ dotazník v krátké verzi:** (International physical activity questionnaire) Mezinárodní

dotazník pohybové aktivity je určen pro sledování činností a pro rozvoj v oblasti upevnování zdraví tělesnou aktivitou v různých životních oblastech. Dělí respondenty do 3 skupin dle pohybové aktivity: low (nízká), moderate (průměrná), high (vysoká). Dále hodnotí ve 3 kategoriích: walking (chůze), moderate physical activities (průměrná pohybová aktivita, střední intenzita) a vigorous physical activities (intenzivní aktivita) (Patterson, Hagströmer, 2013).

Metabolický ekvivalent (MET) je energetická jednotka klidového metabolismu, která je využívána pro hodnocení tělesné aktivity jako násobek klidové hodnoty metabolismu (Stejskal, 2009).

MET-minuta je jednotka užívaná při zpracovávání dat z Mezinárodního dotazníku pohybové aktivity (IPAQ), podle vzorce: trvání aktivity (v min) × frekvence za týden (počet) × intenzita aktivity (METs) (Frömel, Novosad, Svozil, 1999).

<b>ID 1</b>	moderate				
<b>Walking</b>			990	MET-min/week	
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week	
<b>Vigorous physical activities</b>			480	MET-min/week	
	<b>Total</b>		<b>1710</b>	MET-min/week	
<b>ID 2</b>	high				
<b>Walking</b>			2772	MET-min/week	
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week	
<b>Vigorous physical activities</b>			720	MET-min/week	
	<b>Total</b>		<b>3732</b>	MET-min/week	
<b>ID 3</b>	high				
<b>Walking</b>			2772	MET-min/week	
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week	
<b>Vigorous physical activities</b>			440	MET-min/week	
	<b>Total</b>		<b>3452</b>	MET-min/week	
<b>ID 4</b>	high				

<b>Walking</b>			2772	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			720	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			960	MET-min/week
	<b>Total</b>		4452	MET-min/week
<b>ID 5</b>	high			
<b>Walking</b>			1386	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			1200	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			2880	MET-min/week
	<b>Total</b>		5466	MET-min/week
<b>ID 6</b>	moderate			
<b>Walking</b>			1040	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			720	MET-min/week
	<b>Total</b>		2000	MET-min/week
<b>ID 7</b>	high			
<b>Walking</b>			2772	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			160	MET-min/week
	<b>Total</b>		3172	MET-min/week
<b>ID 8</b>	moderate			
<b>Walking</b>			1980	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			480	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			240	MET-min/week
	<b>Total</b>		2700	MET-min/week
<b>ID 9</b>	moderate			
<b>Walking</b>			396	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			960	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			160	MET-min/week
	<b>Total</b>		1516	MET-min/week
<b>ID 10</b>	moderate			



<b>Walking</b>			1386	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			120	MET-min/week
	<b>Total</b>		1746	MET-min/week
ID 11	high			
<b>Walking</b>			792	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			720	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			1440	MET-min/week
	<b>Total</b>		2952	MET-min/week
ID 12	high			
<b>Walking</b>			2079	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			720	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			5040	MET-min/week
	<b>Total</b>		7839	MET-min/week
ID 13	moderate			
<b>Walking</b>			1188	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			240	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			240	MET-min/week
	<b>Total</b>		1668	MET-min/week
ID 14	high			
<b>Walking</b>			1188	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			960	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			1080	MET-min/week
	<b>Total</b>		3228	MET-min/week
ID 15	moderate			
<b>Walking</b>			792	MET-min/week
<b>Moderate physical activities</b>			720	MET-min/week
<b>Vigorous physical activities</b>			320	MET-min/week
	<b>Total</b>		1832	MET-min/week

Tabulka 9: jednotlivé výsledky pohybové aktivity probandek

### 10. 3. Příloha č. 3: Instruktaž cvičení

Polodřep: Dívky byly instruovány o správné tříbodové opoře, tedy opoře o 1. a 5. hlavičku metatarsu a o patu, kterou si následně všechny vyzkoušely. Zvolený úhel 100 stupňů flexe byl naměřen pomocí goniometru a v celé cvičební jednotce hlídán. Byly zdůrazněny chyby jako je vnitřní rotace kolen, přesah kolenou přes špičky, nedodržování správné opory chodidla, zvýšená bederní a krční lordóza, nedodržení napřímění celé páteře a nedržení hlavy v neutrální pozici, změna zvoleného úhlu a jakékoliv zadržování či manipulace s dechem záměrně vůči cvičení.

Průběh cvičení: Po provedené instruktáži proběhlo první kolo 10 polodřepů a při posledním ve fázi nahoru byl změřen krevní tlak a odečtena tepová frekvence ze sporttestru. Poté se čekalo na zotavení dle tepové frekvence na hodnoty klidové + přibližně 10 tepů a zahájilo se druhé kolo. Proces se opakoval stejně až do třetího kola, kdy po něm následovalo zotavení. Rytmus cvičení byl podpořen zvukovou nahrávkou, která určovala 2 doby ve fázi dolu a 2 doby ve fázi nahoru, aby byl zajištěn pro dívky stále stejný rytmus.

Legpress: Dívky byly instruovány o správné tříbodové opoře, tedy opoře o 1. a 5. hlavičku metatarsu a o patu, kterou si následně všechny vyzkoušely. Zvolený úhel 100° flexe byl naměřen pomocí goniometru a v celé cvičební jednotce hlídán. Byly zdůrazněny chyby jako je vnitřní rotace kolen, přesah kolenou přes špičky, nedodržování správné opory chodidla, zvýšená bederní a krční lordóza, nedodržení napřímění celé páteře a nedržení hlavy v neutrální pozici, změna zvoleného úhlu a jakékoliv zadržování či manipulace s dechem záměrně vůči cvičení. Dále bylo zdůrazněno, aby se vyvarovali uzamčení kolen (plná extenze) pro ochranu měkkých tkání v oblasti kolenních kloubů.

Průběh cvičení: Po provedené instruktáži proběhlo první kolo 10 legpressů a při posledním ve fázi tlačení nohou od sebe byl změřen krevní tlak a odečtena tepová frekvence ze sporttestru. Poté se čekalo na zotavení dle tepové frekvence na hodnoty klidové + přibližně 10 tepů a zahájilo se druhé kolo. Proces se opakoval stejně až do třetího kola, kdy po něm následovalo zotavení. Rytmus byl podpořen zvukovou nahrávkou, která určovala 2 doby ve fázi dolu a 2 doby ve fázi nahoru, aby byl zajištěn pro dívky stále stejný rytmus.

Měření byly celkem čtyři a z toho první dvě byly v pořadí první polodřep a druhý legpress. Třetí a čtvrté byly v pořadí opačném pro vyloučení vlivu zvoleného pořadí na odpověď krevního tlaku a tepové frekvence.

#### 10. 4. Příloha č. 4: Párový T-test na porovnání nejvyšších naměřených hodnot systolického krevního tlaku při legpressu a polodřepu

Párový T-Test: porovnání průměrně nejvyšších naměřených systolických krevních tlaků při legpressu a polodřepu. Předpokládám, že hodnota systolického krevního tlaku bude v průměru vyšší u cvičení legpressu než u polodřepu. Test naznačuje, že v průměru všech měření byly systolické krevní tlaky při legpressu signifikantně vyšší (M=145) než u polodřepu (M=137). Testovaná hypotéza byla potvrzena se signifikantní hodnotou <0.001, počet stupňů volnosti 14, rozdíl nejvyšších naměřených hodnot v průměru byl 8,08 torů a standardní chyba byla stanovena na 1,10. subjektivního hodnocení je 3, 47 stupně a standardní chyba je stanovena na 0,336. V průměru nejvyšší hodnota systolického krevního tlaku u polodřepu byla 137 torů, medián 136, směrodatná odchylka 4,24 a chyba 1,09. U legpressu v průměru nejvyšší hodnota dosáhla 145 torů, medián 145, směrodatná odchylka 5,24 a chyba 1,35.

##### Paired Samples T-Test

			statistic	df	p	Mean difference	SE difference
legpress	polodrep	Student's t	7.32	14.0	<.001	8.08	1.10

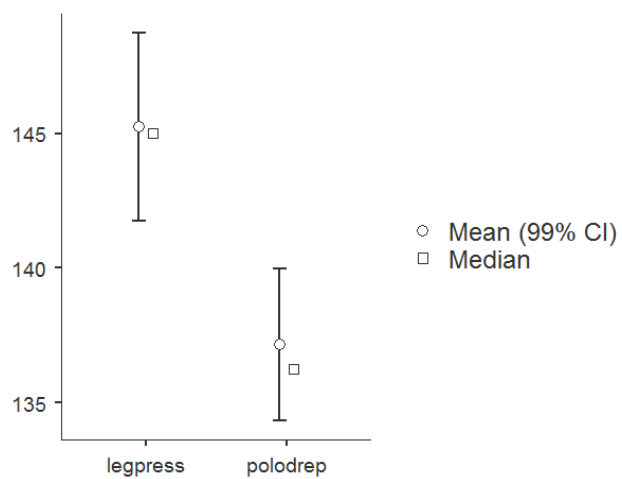
Note. H<sub>a</sub> Measure 1 > Measure 2

Tabulka 10: párový T-test pro porovnání nejvyšších hodnot krevního systolického tlaku

##### Descriptives

	N	Mean	Median	SD	SE
legpress	15	145	145	5.24	1.35
polodrep	15	137	136	4.24	1.09

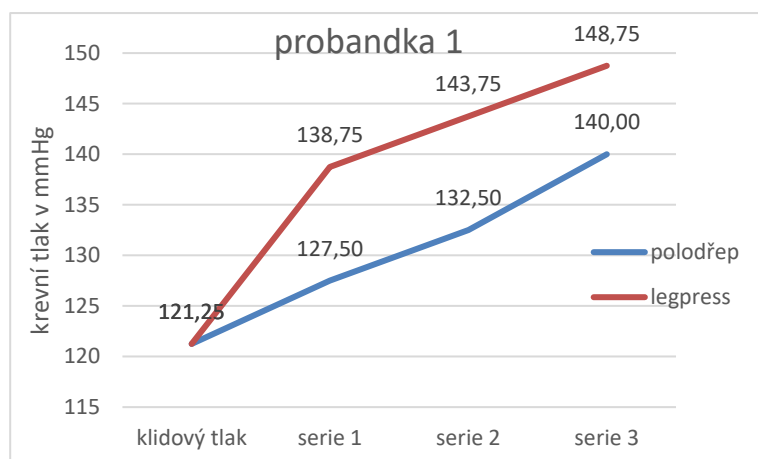
Tabulka 11: popisná statistika



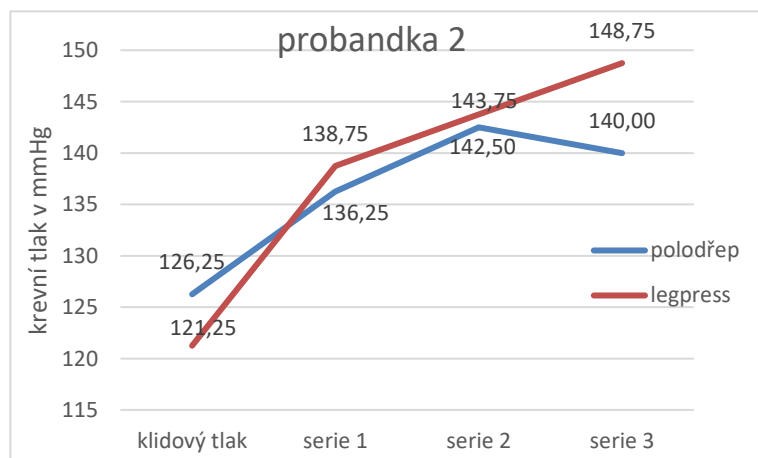
**Obrázek 6: porovnání nejvyšších průměrných hodnot systolického krevního tlaku**

## 10. 5. Příloha č. 5: Výsledky měření systolického krevního tlaku u jednotlivých účastnic

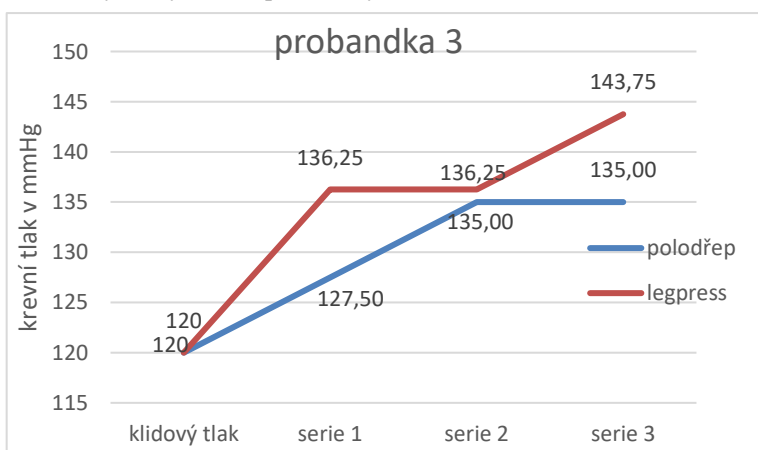
Grafické vyjádření odpovědi systolického krevního tlaku (v mmHg) v průměru všech čtyř měření po každé sérii cvičení (po 10 cvicích). V každém grafu je zaznamenán průměrný klidový systolický krevní tlak, průměrná hodnota systolického krevního tlaku po každé sérii a vyznačený trend vzestupu naměřených hodnot při polodřepu a legpressu.



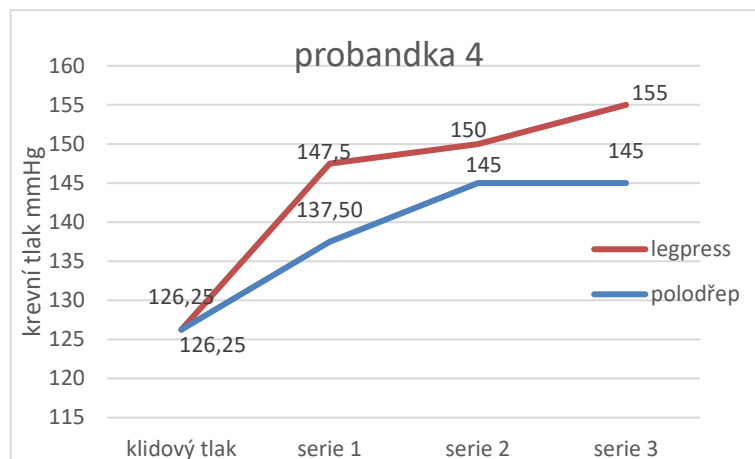
Graf 2: výsledky měření probandky 1



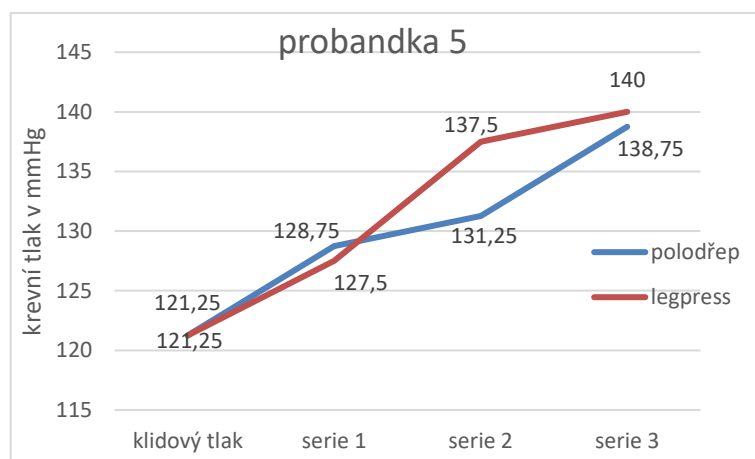
Graf 3: výsledky měření probandky 2



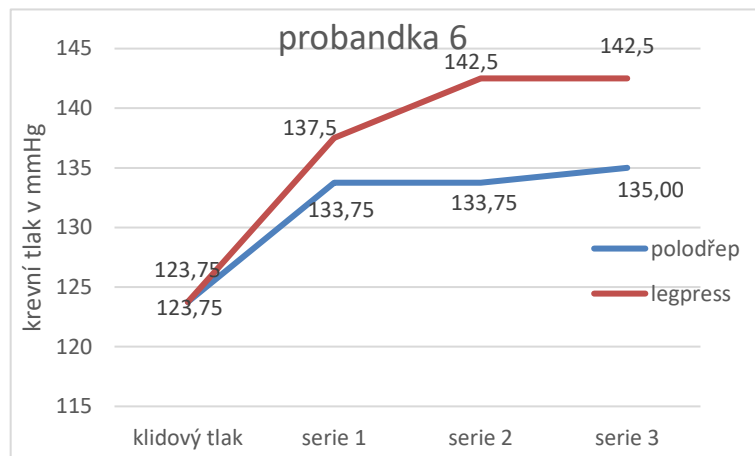
Graf 4: výsledky měření probandky 3



Graf 6: výsledky měření probandky 4



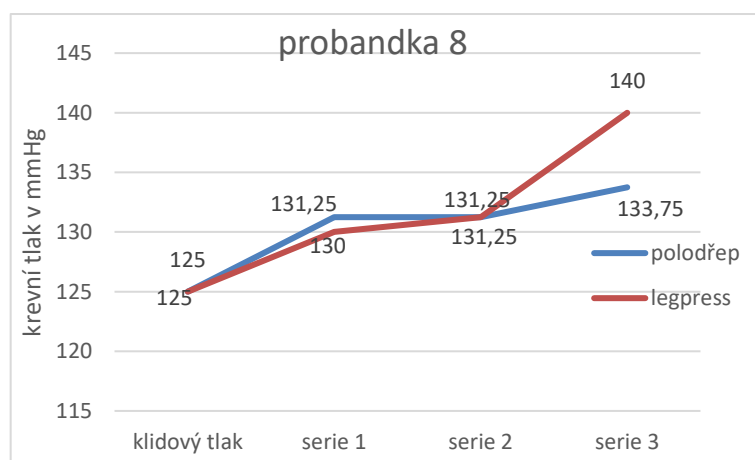
Graf 5: výsledky měření probandky 5



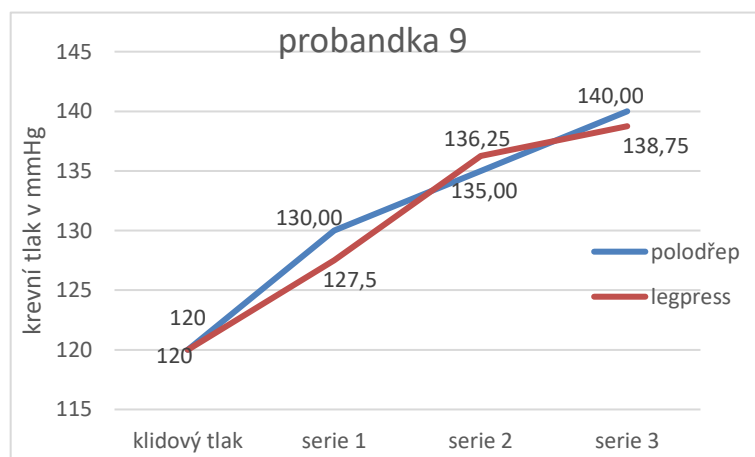
Graf 7: výsledky měření probandky 6



Graf 10: výsledky měření probandky 7



Graf 9: výsledky měření probandky 8



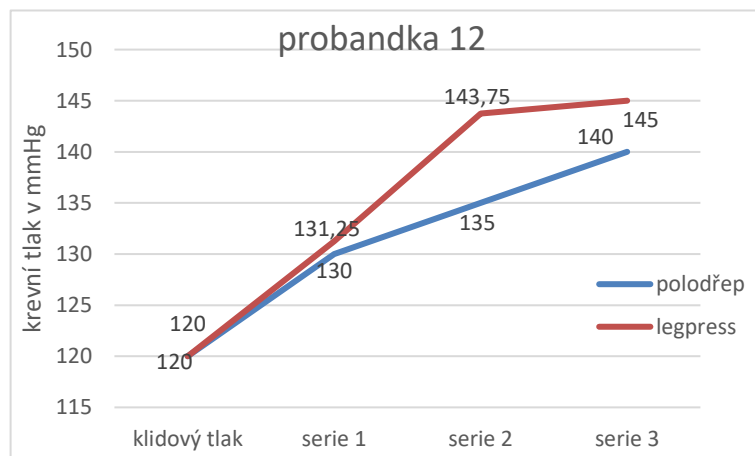
Graf 8: výsledky měření probandky 9



Graf 12: výsledky měření probandky 10



Graf 11: výsledky měření probandky 11

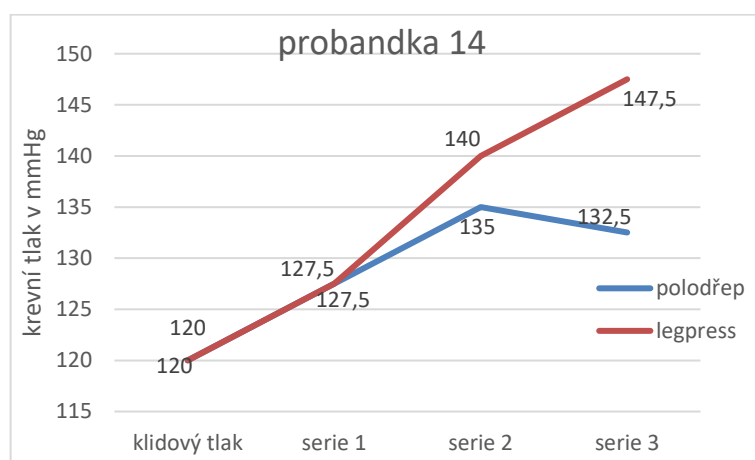


Graf 13: výsledky měření probandky 12

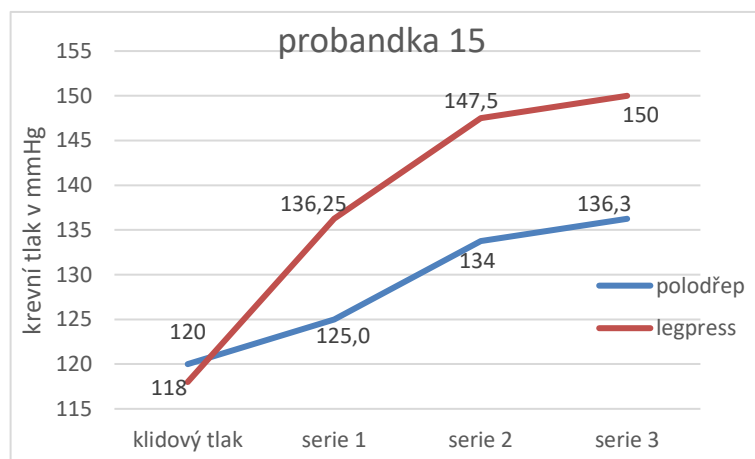




Graf 14: výsledky měření probandky 13



Graf 15: výsledky měření probandky 14



Graf 16: výsledky měření probandky 15

## 10. 6. Příloha č. 6: Fotografické záznamy



Obrázek 7: průběh měření při legpressu



Obrázek 8: nastavení pozice na legpressu



Obrázek 9: postavení chodidel na desce legpressu

## 10. 7. Příloha č. 7. Subjektivní hodnocení tělesné zátěže

### Borgova škála

číselná hodnota	slovní vyjádření
6	
7	velmi velmi lehká
8	
9	velmi lehká
10	
11	lehká
12	
13	poněkud namáhavá
14	
15	namáhavá
16	
17	velmi namáhavá
18	
19	velmi velmi namáhavá
<b>Tabulka 12:</b> Borgova škála hodnocení zátěže	
20	