

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Katedra sportovních her

**Vliv modifikací zátěžových parametrů silového tréninku na  
hodnoty krevního tlaku během a po skončení tréninkové jednotky**

Autoreferát disertační práce

Školitel:

**doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.**

Vypracoval:

**Mgr. Roman Juřík**

Praha, říjen 2023

Titul a jméno autora: Mgr. Roman Juřík

Instituce: Univerzita Karlova v Praze  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Katedra sportovních her  
José Martího 269/31, Praha 6, 162 52

Studijní program: Kinantropologie

Název práce: Vliv modifikací zátěžových parametrů silového tréninku na hodnoty krevního tlaku během a po skončení tréninkové jednotky.

Vedoucí práce: doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

Rok obhajoby: 2023

Klíčová slova: vysoký krevní tlak, hypotenze, silový trénink, odporový trénink, kardiovaskulární onemocnění

## **Abstrakt**

**Autor:** Mgr. Roman Juřík

**Název:** Vliv modifikací zátěžových parametrů silového tréninku na hodnoty krevního tlaku během a po skončení tréninkové jednotky.

**Cíl:** Cílem práce je zhodnocení jednorázového efektu jednotlivých variant antagonistického a agonistického tréninku na vybrané kardiovaskulární parametry u jedinců s normotenzí a hypertenzí I. stupně.

**Metody:** Výzkumná práce má charakter jednoduše zaslepené, kontrolované studie. Na základě literární rešerše byly sestaveny specializované tréninkové jednotky silového a aerobního tréninku. Délka programu je čtyři týdny a zahrnuje fázi familiarizace, která trvala jeden týden. Před začátkem průřezových studií byla provedena antropometrická měření, odběry biochemických vzorků, testování svalové síly a tělesné zdatnosti a subjektivní hodnocení intenzity silového tréninku dle Borga. Studie se skládala ze čtyř silových a jednoho aerobního tréninku. Silové tréninky byly rozděleny dle metody na antagonistický a tradiční (agonistický) trénink a dále dle procvičovaných partií (horní a dolní polovina těla). Tréninkové proměnné byly definovány následovně: velikost odporu 75 % 1RM, interval odpočinku mezi cviky a sériemi 90 s, 3 série, 8 cviků. Byly analyzovány rozdíly mezi fyzicky aktivními jedinci s normotenzí a hypertenzí a se sedavým zaměstnáním, jejichž věkové rozmezí bylo 40-63 let ( $50,2 \pm 6,3$  let) a BMI:  $26,4 \pm 4,2$  kg/m<sup>2</sup>. Pro posouzení rozdílů mezi výchozími hodnotami a hodnotami získanými během jednotlivých průřezových studií byla provedena ANOVA pro opakovaná měření. V případech, kdy byl porušen předpoklad sféricity, byla použita Greenhouseova-Geisserova korekce. Následně byly provedeny post-hoc Tukeyho testy pro určení konkrétních rozdílů.

**Výsledky:** Analýza prokázala statisticky významné rozdíly mezi oběma skupinami ve výsledném efektu jednotlivých variant tréninku. U jedinců s hypertenzí byla prokázána potréningová hypotenze v prvních dvaceti minutách po skončení tréninkové jednotky, avšak bez signifikantních rozdílů mezi jednotkami. Komplexnost cviků byla rozhodující parametr vedoucí k akutnímu zvýšení hodnot krevního tlaku, zvláště potom cviky na dolní končetiny

vyvolávaly u obou skupin nejvyšší průměrný nárůst. U hodnot aortální pulzní vlny nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi výchozími a potréinkovými hodnotami, naopak augmentační index aortální a brachiální se ve fázi odpočinku zlepšil.

**Klíčová slova:** vysoký krevní tlak, hypotenze, silový trénink, odporový trénink, kardiovaskulární onemocnění

## Seznam zkratek

ACSM	American College of Sport Medicine
Aix	Augmentační index
BMI	Index tělesné hmotnosti (anglicky: body mass index)
CPMPK	Centrum pohybové medicíny Pavla Koláře
DNS	Dynamická neuromuskulární stabilizace
DTK	Diastolický tlak krve
FTVS UK	Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy
HDL	Vysokodenzitní lipoprotein (anglicky: high-density lipoprotein)
KV	Kardiovaskulární
KVO	Kardiovaskulární onemocnění
LDL	Nízkodenzitní lipoprotein (anglicky: low density lipoprotein)
PWV	Rychlost šíření pulzní vlny (anglicky: pulse wave velocity)
PWV <sub>ao</sub>	Rychlost šíření aortální pulzní vlny
RM	Opakovací maximum (anglicky: repetition maximum)
RPE	Subjektivní hodnocení intenzity zátěže (anglicky: rating of perceived exertion)
SF	Srdeční frekvence
STK	Systolický tlak krve
TK	Tlak krve

# Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2 CÍL, ÚKOLY A HYPOTÉZY PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
2.1 CÍL .....	10
2.2 ÚKOLY .....	10
2.3 HYPOTÉZY .....	10
<b>3 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>12</b>
3.1 ZPŮSOB ŘEŠENÍ .....	12
3.2 ANALÝZA DAT .....	12
3.3 INFORMACE O ŽADATELI A ZAŘÍZENÍ .....	13
3.4 FINANCOVÁNÍ .....	13
3.5 SOUHLAS ETICKÉ KOMISE .....	13
3.6 REGISTRACE KLINICKÉ STUDIE .....	14
3.7 VÝZKUMNÝ SOUBOR .....	14
3.7.1 Experimentální skupina I. – normotenze .....	14
3.7.2 Experimentální skupina II. – hypertenze I. stupně .....	14
3.7.3 Kritéria pro vyřazení ze studie .....	15
3.8 EXPERIMENTÁLNÍ PROGRAM .....	15
3.8.1 Familiarizace (1 týden, 2 tréninkové jednotky) .....	15
3.8.2 Průřezové studie – silový trénink .....	15
3.8.3 Průřezová studie – kontrolní (aerobní) trénink .....	17
3.9 VYŠETŘENÍ .....	18
3.9.1 Základní statistika výzkumného souboru .....	19
3.9.2 Antropometrická měření .....	19
3.9.3 Biochemická vyšetření .....	19
3.9.4 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti .....	20
3.9.5 Měření kardiovaskulárních parametrů .....	21
3.9.6 Ostatní testy – Borgova škála .....	22
<b>4 VÝSLEDKOVÁ ČÁST</b> .....	<b>23</b>
4.1 STATISTIKA EXPERIMENTÁLNÍCH SKUPIN .....	23
4.1.1 Měření tělesného složení .....	23
4.1.2 Biochemická vyšetření .....	26
4.1.3 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti .....	28
4.1.4 Analýza výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů .....	33
4.1.5 Borgova škála vnímaného úsilí .....	35
4.2 EFEKT JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZOVÝCH STUDIÍ NA VYBRANÉ KARDIOVASKULÁRNÍ PARAMETRY .....	37
4.2.1 Akutní změny hodnot krevního tlaku vyvolané jednotlivými variantami průřezových studií po skončení tréninkové jednotky .....	37
4.2.2 Akutní potréningové změny hodnot kardiovaskulárních parametrů u jedinců s normotenzí .....	38
4.2.3 Akutní potréningové změny kardiovaskulárních parametrů u jedinců s hypertenzí .....	41
4.2.4 Shrnutí vlivu jednotlivých průřezových studií na změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny po skončení tréninkové jednotky .....	41
4.2.5 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty systolického tlaku krve v průběhu tréninkové jednotky .....	42
4.2.6 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty diastolického tlaku krve v průběhu tréninkové jednotky .....	43
4.2.7 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty rychlosti šíření aortální pulzní vlny v průběhu tréninkové jednotky .....	44
<b>5 DISKUSE</b> .....	<b>45</b>
5.1 STANOVENÍ OPTIMÁLNÍCH PARAMETRŮ SILOVÉHO TRÉNINKU VE VZTAHU K VÝŠÍ KREVNÍHO TLAKU .....	45
5.2 AKUTNÍ ZMĚNY SYSTOLICKÉHO A DIASTOLICKÉHO TLAKU KRVE V PRŮBĚHU TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU .....	47
5.2.1 Vyjádření k hypotéze $H_{03}$ .....	48
5.3 AKUTNÍ ZMĚNY RYCHLOSTI ŠÍŘENÍ AORTÁLNÍ PULZNÍ VLNY V PRŮBĚHU TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU .....	49
5.3.1 Vyjádření k hypotéze $H_{02}$ .....	49

5.4 EFEKT JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZOVÝCH STUDIÍ NA HODNOTY KARDIOVASKULÁRNÍCH PARAMETRŮ PO SKONČENÍ TRÉNINKOVÉ JEDNOTKY .....	50
5.4.1 Vyjádření k hypotéze $H_{01}$ .....	52
5.4.2 Vyjádření k hypotéze $H_{04}$ .....	53
<b>6 ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
<b>7 ZDROJE.....</b>	<b>56</b>
<b>8 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
8.1 SEZNAM TABULEK .....	63
8.2 SEZNAM OBRÁZKŮ .....	63

# 1 ÚVOD

Pravidelná pohybová aktivita přináší řadu významných benefitů z hlediska zdraví a duševní pohody. Především však prostřednictvím pohybových aktivit ovlivňujeme klíčové mechanismy související s prevencí a léčbou kardiovaskulárních onemocnění a metabolických poruch. Tyto pozitivní změny jsou pozorovatelné na krevních lipidech, krevním tlaku, koncentraci glukózy v séru atd. [1]. Ades (2001) [2] zdůrazňuje význam pohybových aktivit, jakožto účinného nefarmakologického prostředku primární a sekundární prevence kardiovaskulárních onemocnění. Odborná lékařská komunita, publikující mezinárodní doporučení již třicet let, zdůrazňuje význam kombinování silového a aerobního tréninku z pohledu prevence a léčby [3-5]. Tento komplexní přístup k aerobnímu a silovému tréninku, který je v současné době prezentován, má řadu benefitů z pohledu kardiovaskulárního zdraví.

Aerobní trénink byl dlouhou dobu preferovanou volbou ve snaze snižování krevního tlaku z několika důvodů [6-10]. Prvním z nich byla jeho relativní jednoduchost a snadná proveditelnost. Aerobní aktivity, jako je chůze, běh, plavání nebo jízda na kole, jsou často přístupné a mohou být prováděny bez potřeby speciálního vybavení nebo zařízení. To znamená, že jedinci s ním mohou začít poměrně snadno a bez velkého investování do cvičebního vybavení. Dalším důležitým faktorem je menší potřeba odborného dohledu. Lze ho provádět bezpečně i bez přítomnosti odborníka a může být poměrně jednoduše adaptován k individuálním potřebám každého jedince. Právě z těchto důvodů je aerobní trénink velmi dobře probádán a prokázalo se v mnoha studiích, že pozitivně ovlivňuje hodnoty krevního tlaku a to jak u jedinců normotenzní [11] tak hypertenzní [12].

O silovém tréninku je naopak obecně známo, že pomáhá zvyšovat podíl svalové a kostní hmoty [13] a zároveň podporuje správné držení těla [14], což má významný vliv na pohybový aparát. Nicméně vzhledem k možným kontraindikacím a bezpečnostním faktorům byl dlouhou dobu upozadován. Nejnovější výzkumy však ukázaly, že nejen aerobní, ale také silový trénink představuje účinný způsob, jak snížit krevní tlak jednak krátkodobě formou potréinkové hypotenze, která však trvá v rádech minut, tak i dlouhodobě. Na dlouhodobém snížení se podílí specificky sestavený silový trénink respektující jednak zdravotní stav jedince, tak jeho možnosti [15]. Při tvorbě tréninkového programu je třeba zohlednit několik proměnných, jako je počet sérií, cviků, pořadí cviků, délka odpočinku, rychlost provedení, velikost odporu a další [16-21]. Mezi odborníky historicky panovala neshoda ohledně toho, zda by silový trénink měly vykonávat osoby se zdravotními omezeními, protože některé fyziologické hodnoty během tréninku mohou překročit bezpečnou hranici. To může mít dopad i na kardiovaskulární systém



[22-27]. Běžně dochází při silovém tréninku ke zvýšení hodnot systolického a diastolického krevního tlaku [24, 28-30]. Toto zvýšení je především důsledkem intenzity a objemu samotného tréninku [30, 31]. Po výzkumech, které byly nejprve provedeny na jedincích s normotenzí [32] se postupně začal aplikovat u jedinců s vysokým krevním tlakem [33]. V současné době je silový trénink stále více doporučován a akceptován jako součást léčebných a preventivních programů u jedinců trpících hypertenzí [34]. Pečlivě navržený a prováděný silový trénink může být bezpečný a naopak významně prospěšný [35]. Nová data poukazují na to, že může dokonce dojít ke zlepšení elasticity cév, což v konečném důsledku povede ke snížení celkového odporu v cévách a krevního tlaku. Zároveň snížení tuhosti ve velkých arteriích má významný dopad na morbiditu, mortalitu a kvalitu života. Zlepšením elasticity cév může snížit riziko aterosklerózy a hypertenze a současně předcházet kardiovaskulárním onemocnění, jako je srdeční infarkt a cévní mozková příhoda [36, 37].

Výše zmíněné poznatky naznačují, že právě zátěžové parametry silového tréninku sehrávají klíčovou roli a mohou minimalizovat riziko nadměrného zvýšení krevního tlaku během tréninku. Dle American College of Sport Medicine [15] by hodnoty krevního tlaku během cvičení u jedinců s hypertenzí neměly překročit 220/105 mmHg. Toto je limitní hodnota, kterou by jedinci s hypertenzí měli dodržovat, aby minimalizovali riziko komplikací během tréninku. Dále, několik studií, jako například Lauer a kol. (1995) [38], Manolio a kol. (1994)[39] a Mottram a kol. (2004) [40], doporučují sestavit tréninkový program tak aby nedocházelo ke zvýšení systolického a diastolického krevního tlaku nad 210/110 mmHg u mužů a nad 190/110 mmHg u žen. Tato doporučení slouží jako další opatření pro ochranu zdraví jedinců s hypertenzí během fyzické aktivity. Důležité je také zohlednit individuální zdravotní stav a úroveň fyzické zdatnosti jedince při sestavování tréninkového programu. Osoby s hypertenzí by měly cvičit pod dohledem kvalifikovaného trenéra nebo lékaře, aby se zajistilo, že tréninkové parametry jsou přizpůsobeny jejich potřebám a omezením. Není tedy pochyb, že by pravidelná a vyvážená kombinace silového a aerobního tréninku nehrála klíčovou roli v prevenci a zlepšení kvality života jedinců trpících nejen hypertenzí, ale obecně kardiovaskulárními onemocněními [41, 42].

V této disertační práci se opíráme o pečlivě analyzovaná vědecká data a zkoumáme dosud nedostatečně prozkoumané metody a parametry silového tréninku, které by mohly mít pozitivní efekt na hodnoty krevního tlaku a rychlost šíření pulzní vlny.

## 2 Cíl, úkoly a hypotézy práce

### 2.1 Cíl

Cílem práce je zhodnocení efektu jednotlivých variant antagonistického a tradičního (agonistického) silového tréninku v sériích na hodnoty krevního tlaku a rychlost šíření pulzní vlny u jedinců s normotenzí a hypertenzí I. stupně.

### 2.2 Úkoly

- Studium a analýza tuzemské a zahraniční literatury relevantní k tématu disertační práce s cílem přesného stanovení a výběru zátěžových parametrů u metody antagonistické a tradiční metody v sériích u jedinců s normotenzí a hypertenzí I. stupně. Na základě určení těchto parametrů vytvořit podklady pro specializované průřezové studie, které sníží hodnoty systolického a diastolického krevního tlaku po skončení tréninkové jednotky. Zároveň nepovedou k nebezpečnému zvýšení systolického a diastolického krevního tlaku nad 210/110 mmHg u mužů a nad 190/110 mmHg u žen v průběhu tréninku
- Vytvoření experimentu a nábor výzkumného vzorku
- Uskutečnění vlastního experimentu s cílem získání dat
- Provedení statistické analýzy a vyhodnocení naměřených dat
- Interpretace, diskuse a konfrontace výsledků a hypotéz
- Komplexní zhodnocení experimentu a přenos do praxe

### 2.3 Hypotézy

H<sub>0</sub><sub>1</sub>: Antagonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vyvolá totožný pokles hodnot systolického a diastolického krevního tlaku po skončení tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$ , jako aerobní (kontrolní) trénink u jedinců s normotenzí a hypertenzí.

Alternativní hypotéza H<sub>1</sub>: Antagonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM povede k menšímu nárůstu hodnot systolického a diastolického krevního tlaku po skončení tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$ , ve srovnání s tradičním (agonistický) silovým tréninkem v sériích u jedinců s normotenzí a hypertenzí.

H0<sub>2</sub>: Antagonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vyvolá podobné zvýšení hodnot rychlosti šíření pulzní vlny v průběhu tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$  jako aerobní (kontrolní) trénink u jedinců s normotenzí a hypertenzí.

Alternativní hypotéza H<sub>2</sub>: Tradiční (agonistický) silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM povede ke statisticky významně vyššímu nárůstu hodnot rychlosti šíření pulzní vlny v průběhu tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$  ve srovnání s antagonistickým silovým tréninkem v sériích u jedinců s normotenzí a hypertenzí.

H0<sub>3</sub>: Izolované cviky vyvolají podobný nárůst hodnot systolického a diastolického krevního tlaku v průběhu cvičení u jedinců s normotenzí a hypertenzí jako aerobní (kontrolní) trénink.

Alternativní hypotéza H<sub>3</sub>: Komplexní/vícekloubové cviky povedou ke statisticky významně vyššímu nárůstu hodnot systolického a diastolického krevního tlaku u jedinců s normotenzí a hypertenzí ve srovnání s izolovanými cviky.

H0<sub>4</sub>: Experimentální skupina s hypertenzí I. stupně zaznamená statisticky významný pokles hodnot systolického a diastolického krevního tlaku na hladině  $p < 0,05$  ve všech průřezových studiích po skončení tréninkové jednotky v porovnání s normotenzí skupinou.

Alternativní H<sub>4</sub>: Jednotlivé průřezové studie nevyvolají statisticky významný rozdíl poklesu hodnot systolického a diastolického krevního tlaku na hladině  $p < 0,05$ , v 10 a 20 minutě po skončení jednotky mezi oběma experimentálními skupinami.

## 3 Metodika práce

### 3.1 Způsob řešení

Výzkumná práce je založena na teoreticko-empirických základech, vycházejících z kvantitativní metody výzkumu. Práce má charakter jednoduše zaslepené, kontrolované studie. Na základě literární rešerše byly sestaveny specializované tréninkové jednotky silového tréninku, které byly experimentálně srovnávány. Jedinci byly náhodně rozděleni do tréninkových bloků antagonistického a agonistického (tradičního) silového tréninku v sériích, které byly proloženy jednotkou aerobního tréninku.

**Typ výzkumu:** kvantitativní výzkum

**Charakteristika práce:** teoreticko – empirická

**Design výzkumu:** cross – over design

Studie byla zahájena získáním souboru dat od jedinců, kteří se dobrovolně zúčastnili. V prvním kroku byla provedena podrobná anamnéza včetně sběru jejich souhlasů s účastí na této studii a potvrzení o způsobilosti. V prvním týdnu (familiarizace) musel každý jedinec podstoupit dvě individuální tréninkové jednotky, které v sobě spojovaly nácvik jednotlivých cviků, testování svalové síly, funkční testy síly stisku ruky a oběhové zdatnosti. Mimo tyto jednotky se musel každý dostavit na krevní odběry (biochemický rozbor) a antropometrická měření.

### 3.2 Analýza dat

K posouzení rozložení naměřených dat byl použit Shapirův-Wilkův test. U normálně rozložených dat jsme jako deskriptivní statistiku použili průměr a směrodatnou odchylku (SD), zatímco u nenormálně rozložených dat jsme pro charakterizaci centrálních tendencí a variability zvolili medián a mezikvartilové rozpětí (IQR).

Pro zkoumání rozdílů mezi pohlavími a mezi skupinami hypertoniků (HT) a normotenzních (NT) jsme provedli t-testy nezávislých vzorků pro normálně rozložená data a Mann-Whitneyho U testy pro nenormálně rozložená data. V případech, kdy byl porušen předpoklad homogenity rozptylů, jsme jako alternativu použili Mann-Whitneyho U test. Dále byly provedeny jednovýběrové t-testy pro normálně rozdělená data a Wilcoxonův test pro nenormálně rozdělená data, abychom porovnali námi získané hodnoty se zavedenými standardními hodnotami na základě existující literatury [43, 44].

Pro posouzení rozdílů mezi výchozími hodnotami a hodnotami získanými během různých průřezových studií jsme provedli ANOVA pro opakovaná měření. V případech, kdy byl porušen předpoklad sféricity, jak bylo zjištěno Mauchlyho testem, jsme použili Greenhouseovu-Geisserovu korekci. Následně byly provedeny post-hoc Tukeyho testy pro určení konkrétních rozdílů. Základní analýza dat byla provedena v programu Microsoft Office Excel a následně ve statistickém software Jamovi.

### **3.3 Informace o žadateli a zařízení**

Tento projekt probíhal v rámci spolupráce mezi Fakultou tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (FTVS UK), Centrem pohybové medicíny Pavla Koláře a Medivican Praha s.r.o.

Do týmu byl zapojen MUDr. Miroslav Vítovec, kardiolog a angiolog specialista z Centra pohybové medicíny prof. Pavla Koláře, který dále působí na pracovišti MEDISCAN GROUP, s.r.o. a Vršovická zdravotní a.s. jako vedoucí lékař kardiologické ambulance. Úzce spolupracuje se společností Medacor, s.r.o. a AVICENA – chirurgie s.r.o. Součástí týmu byl doc. MUDr. Ing. Tomáš Větrovský, Ph.D. – konzultant, odborný lékař, zaměstnanec Katedry biomedicínského základu v kinantropologii na FTVS UK a spolugarant. Do studie byli rovněž zapojeni studenti z FTVS UK.

### **3.4 Financování**

Disertační práce byla financována v rámci Katedry sportovních her FTVS UK, která pokryla náklady k zaplacení přístroje Arteriograph a vlastním grantem pod číslem: GAUK 484922 pokrývajícího zbylé náklady.

### **3.5 Souhlas etické komise**

Studie se uskutečnila se souhlasem etické komise Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy pod jednacím číslem 242/2018. Všechny osoby podepsaly a odevzdaly Informovaný souhlas a Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti, prováděný MUDr. Miroslavem Vítovcem. Osoby s vysokým krevním tlakem navíc absolvovaly komplexní kardiologickou prohlídku s elektrokardiografií a echokardiologií u MUDr. Miroslava Vítovce.

### 3.6 Registrace klinické studie

Klinická studie je zaregistrovaná v online registru ClinicalTrials.gov pod názvem: Acute Effect of Individual Variants of Agonist-antagonist and Traditional Agonistic Resistance Training on Cardiovascular Parameters a číslem: NCT06047678, který je provozován National Library of Medicine a je součástí National Institutes of Health ve Spojených státech amerických. Tento registru poskytuje informace o klinických studiích prováděných po celém světě.

### 3.7 Výzkumný soubor

Rekrutace jedinců probíhala cíleně na základě hodnot tlaku krve (TK). Byly vytvořeny dvě experimentální skupiny rozlišující mezi kategoriemi TK. Normotenzní skupina (<139/89 mmHg) a skupina s hypertenzí I. stupně (140-159/90-99 mmHg). Minimální velikost vzorku experimentální skupiny byla stanovena na 15 jedinců, maximální počet byl 35 jedinců. Celkem se mohlo zúčastnit až 70 jedinců.

#### 3.7.1 Experimentální skupina I. – normotenze

V této skupině byli zařazeni jedinci s normotenzí, u nichž nebyl doposavad prokázán vysoký TK lékařem. V Tabulce 1 je seznam kritérií, která byla dodržena při rekrutaci jedinců do studie, dále však byla respektována kritéria pro vyřazení ze studie uvedené v kapitole 3.7.3.

**Tabulka 1** Kritéria pro zařazení jedince do experimentální skupiny – normotenze

Kritéria pro zařazení do studie	Detailní popis
Věk	40–63
Rasová/etnická skupina	běloši
Hodnota krevního tlaku	STK: $\leq 139$ DTK: $\leq 89$ mmHg (normotenze)
Zdravotní stav	Zdráv, zdravotní stav umožňující zařazení silového a aerobního tréninku o střední a vyšší intenzitě.
Zaměstnání	Sedavé
Fyzická aktivita	Pohybově aktivní, zkušenost se silovým tréninkem není vyžadována, nejedná se o profesionálního sportovce
Nikotismus	Nekuřáci

**Zkratky:** DTK – diastolický tlak krve, STK – systolický tlak krve

#### 3.7.2 Experimentální skupina II. – hypertenze I. stupně

Zařazení do studie byli jedinci s hypertenzí I. stupně, která byla naměřena v ordinaci MUDr. Miroslava Vítovce. Tito jedinci v průběhu výzkumu dodržovali předepsanou medikaci. Nedošlo k vyřazení farmak. V Tabulce 2 je seznam kritérií, která byla dodržena při rekrutaci

jedinců do studie, dále však byla respektována kritéria pro vyřazení ze studie uvedené v kapitole 3.7.3.

**Tabulka 2** Kritéria pro zařazení jedince do experimentální skupiny – hypertenze

Kritéria pro zařazení do studie	Detailní popis
Věk	40–63
Rasová/etnická skupina	běloši
Hodnota krevního tlaku	STK: 140-159 DTK: 90-99 mmHg (hypertenze I. stupně)
Zdravotní stav	Zdravotní stav umožňující zařazení silového a aerobního tréninku o střední a vyšší intenzitě.
Zaměstnání	Sedavé
Fyzická aktivita	Pohybově aktivní, zkušenost se silovým tréninkem není vyžadována, nejedná se o profesionální sportovce
Nikotismus	Nekuřáci

**Zkratky:** DTK – diastolický tlak krve, STK – systolický tlak krve

### 3.7.3 Kritéria pro vyřazení ze studie

Do studie nebyli zařazení jedinci dle doporučení Williamse a kol. (2007) [10], která jsou uvedena v Tabulce 13 Absolutní a relativní kontraindikace v silovém tréninku. Dále byli vyřazení jedinci s kolísavým krevním tlakem, s diabetes mellitus 1. a 2. typu, po infarktu myokardu, po cévní mozkové příhodě, s infekčním onemocněním, s obezitou 3. stupně, s hypertenzí II. – IV. stupně a jedinci trpící závratěmi při cvičení.

## 3.8 Experimentální program

V této jednoduše zaslepené studii byli jedinci rozděleni dle výše TK do experimentální skupiny normotenze nebo hypertenze na základě posudku MUDr. Miroslava Vítovce, který se podílel na výběru jedinců, posudku kardiovaskulárních (KV) rizik a vhodnosti průřezových studií u každého jedince zvlášť. Experimentální program je rozdělen na dvě části: familiarizace a pět průřezových studií. Detailní popis experimentálního programu se nachází na Obrázku 1. Celková délka studie je čtyři týdny.

### 3.8.1 Familiarizace (1 týden, 2 tréninkové jednotky)

Samotným průřezovým studiím předcházela fáze familiarizace, ve které se jedinci seznámili s technikou jednotlivých cviků, metodami a parametry silového tréninku.

### 3.8.2 Průřezové studie – silový trénink (2 týdny, 4 tréninkové jednotky)

Na fázi familiarizace navazovaly jednotlivé průřezové studie, do kterých byli jedinci náhodně rozřazeni. Tréninkové jednotky probíhaly 2x týdně, podobu cca. 60 min.

Vždy v prostorách rehabilitačního sálu Centra pohybové medicíny Pavla Koláře (CPMPK), a to vždy v předem dohodnutý čas, který byl dodržován. Celková délka jednotlivých tréninkových bloků tradičního (agonistického) split silového tréninku v sériích (A, B) a split antagonistického silového tréninku (C, D) je tři týdny. Tyto jednotky byly po celou dobu studie pod dohledem hlavního řešitele Mgr. Romana Juřika. Mezi jednotlivými tréninky byla vždy pauza minimálně 48 hod z důvodu regenerace a návratu hodnot na původní hladiny. Všichni měli dodržovat svůj běžný režim, tak aby nebyly některé hodnoty ovlivněny doplňkovými aktivitami ať už v podobě regeneračních procedur tak z pohledu stravy. Zároveň u jedinců s hypertenzí bylo přísně zakázáno vysazovat léky.

Pět průřezových studií bylo rozděleno do třech tréninkových bloků. Rozsah a intenzita silového tréninku vycházela z doporučení mezinárodních guidelines [15, 34, 41] a zároveň byla konzultována a poté schválena odborníky v dané oblasti: doc. MUDr. Ing. Tomáš Větrovský, Ph.D. a MUDr. Miroslav Vítovec a specialisty na silový trénink doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D. Všechny varianty silového tréninku měly nastaveny stejné parametry tj.: počet opakování, počet sérií, délka odpočinku atd.) viz Tabulka 3. Jedinci byli náhodně rozděleni jednak do tréninkových bloků (BLOK 1, 2), tak do samostatných tréninkových jednotek (A, B / C, D).

**Tabulka 3** Seznam jednotlivých tréninkových proměnných využitých v průřezových studiích silového tréninku

Parametr	Doporučení
Velikost odporu	75 % 1RM
Počet jednotek za týden	2
Počet opakování	10
Počet sérií	3
Interval odpočinku mezi cviky	90 s
Interval odpočinku mezi sériemi	90 s
Tempo	2021
Pořadí cviků	Od komplexních k izolovaným
Počet cviků	8
Typ tréninku	Split agonistický x Split antagonistický trénink

**Zkratky:** RM – opakovací maximum

### Úvodní část

Každé tréninkové jednotce předcházela stabilizační cvičení formou Dynamicko neuromuskulární stabilizace (DNS) a mobilizace o celkové délce cca 10 min viz Tabulka 5.

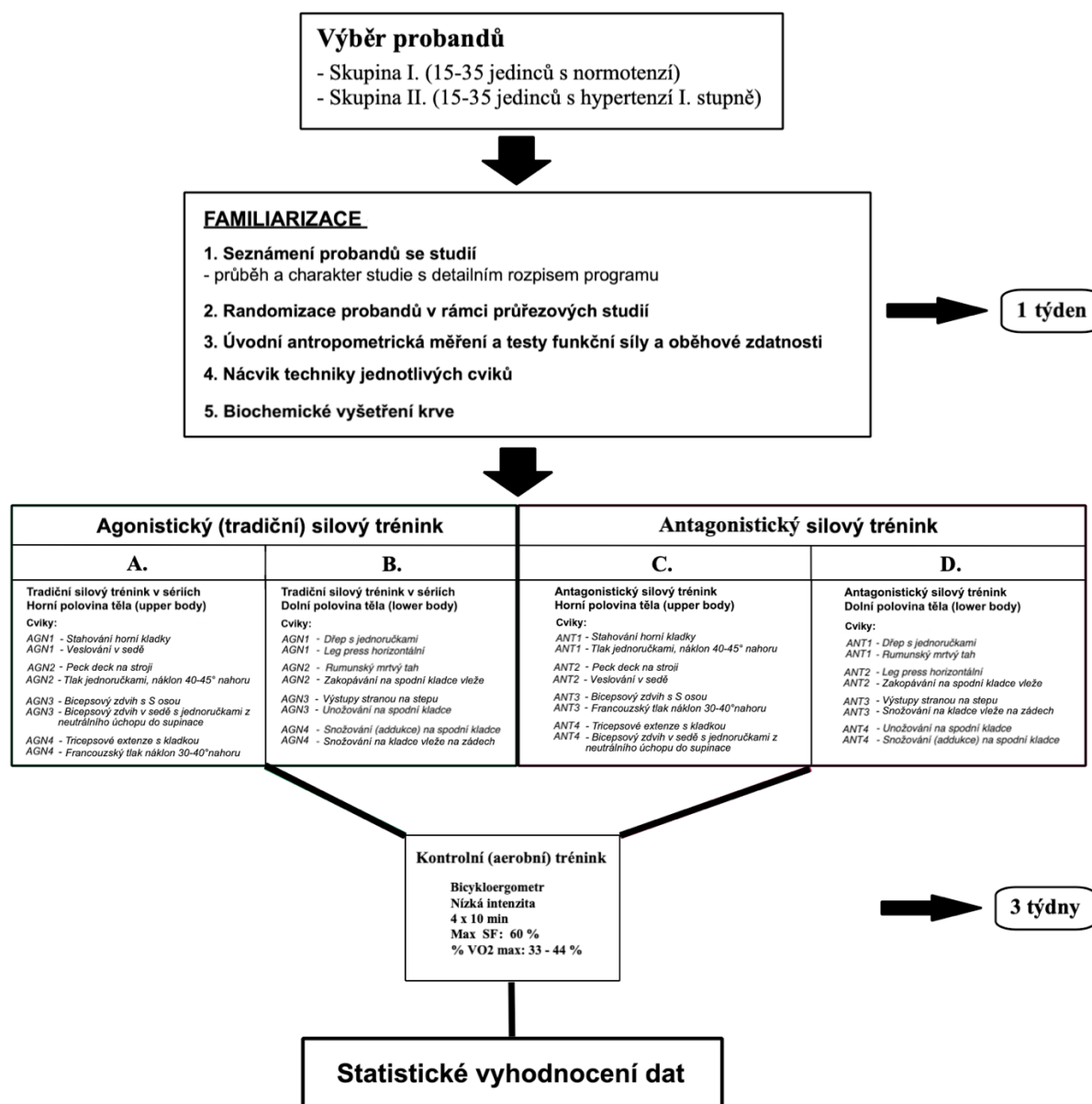


## Závěrečná část

Po skončení všech měření bylo každému jedinci doporučeno závěrečné myofasciální uvolnění na pěnovém válci s lehkou formou aerobního tréninku (5 min, max SF = 60 %) viz Tabulka 4.

### 3.8.3 Průřezová studie – kontrolní (aerobní) trénink (1 týden, 1 tréninková jednotka)

Kontrolní (aerobní) trénink čítá 4 intervaly po 10 minutách. Intenzita byla nastavena 60 % z maximální srdeční frekvence (SF) a byla snímána pomocí hodinek Polar FT4M a hrudního pásu Polar (Polar Electro Oy, Finsko). Tato jednotka proběhla pouze 1x. Intenzita a interval byly zvoleny záměrně protože byly použity v již předchozích výzkumech podobného typu [45-47].



Obrázek 1 Schéma výzkumného projektu

**Tabulka 4** Detailní popis struktury jednotlivých průřezových studií

<p><b>Úvodní část (10 min)</b></p>	<p>DNS stabilizační cviky a mobilizace viz Příloha 4</p>	<p><u>DNS cviky:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>3 m na zádech velkým míčem – 2x30 s</u></li> <li>• <u>3 m na zádech s míčem + diagonála – 2x30 s</u></li> <li>• <u>10 m výdrž v šikmém sedu – 2x30 s</u></li> <li>• <u>12 m výdrž – 2x 30 s</u></li> <li>• <u>12 m s dotykem dlaní kolen –2x30 s</u></li> <li>• <u>12–13 m dřep a přechod do stoje –2x30 s</u></li> </ul> <p><u>Mobilizace cviky:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Dosedý na paty – 10x</u></li> <li>• <u>Rotace C-Th v kleče – 10x na každou stranu</u></li> <li>• <u>Rotace v kyčli s oporou o žebřiny – 10 na každou končetinu</u></li> </ul>
<p><b>Hlavní část (50 min)</b></p>	<p>Agonistický trénink na horní polovinu těla</p> <p>Agonistický trénink na dolní polovinu těla</p> <p>Antagonistický trénink na horní polovinu těla</p> <p>Antagonistický trénink na dolní polovinu těla</p> <p>Kontrolní (aerobní trénink)</p>	<p>Seznam jednotlivých tréninkových proměnných viz Tabulka 31 a pořadí cviků viz Obrázek 22</p>
<p><b>Závěrečná část (10 min)</b></p>	<p>Závěrečné myofasciální uvolnění a chůze na běžeckém páse viz Příloha 9</p>	<p>Myofasciální uvolnění na válci:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přední strana stehen</li> <li>• Zadní strana stehen</li> <li>• Abduktory</li> <li>• Adduktory</li> <li>• Hrudník</li> <li>• Protážení prsních svalů s válcem</li> </ul> <p>5 min aerobní aktivity, SF max = 60 %</p>

**Zkratky:** DNS – dynamická neuromuskulární stabilizace, SF – srdeční frekvence

### 3.9 Vyšetření

V závislosti na typu vyšetření nebo testování lze získaná data v této studii rozdělit na jednorázová a opakovaná. Jednorázová měření byla použita při získání základních statistických a antropometrických údajů jako je věk, výška, váha, pohlaví, index tělesné hmotnosti (BMI) apod., dále pro funkční testy síly a oběhové zdatnosti a také biochemická vyšetření. Naopak opakovaná měření byla využita v průběhu jednotlivých průřezových studií, kde byly zjišťovány kardiovaskulární parametry.

### 3.9.1 Základní statistika výzkumného souboru

V rámci studie byl pečlivě analyzován základní soubor účastníků s cílem získat důležité statistické údaje o jejich charakteristikách. Soubor byl podrobně rozčleněn podle několika klíčových proměnných, konkrétně pohlaví (muži/ženy), výšky krevního tlaku (mmHg), věku (roky) a délky zkušeností účastníků se silovým tréninkem.

### 3.9.2 Antropometrická měření

#### A. Měření tělesného složení

Vstupní hodnoty na vybraných ukazatelích byly měřeny pomocí INBODY 370S (Biospace, Severní Korea), což je přístroj využívající principu bioelektrické impedance, který je neinvazivní, bezpečný, přesný a vhodný do vědeckých studií [48, 49]. Měřeno v CPMPK.

#### B. Měření tělesné výšky

Tělesná výška (cm) byla měřena prostřednictvím ADE MZ 10017 (Germany GmbH - Neuer Höltigbaum 15–22143 Hamburg) s číslem protokolu: KLD-23K-181 v CPMPK.

### 3.9.3 Biochemická vyšetření

Biochemické vyšetření z venózní krve proběhlo v CPMPK a.s., před začátkem průřezových studií. Každý jedinec se měl dostavit na lačno co nejdříve po probuzení. Vyhodnocení provedla nezávislá laboratoř NL – BioLAB s.r.o., Jankovcova 1595/14, 17000, Praha 7, IČZ: 30587003, Seznam vyšetřovaných biochemických parametrů uvedený v Tabulce 5.

**Tabulka 5** Seznam vyšetřovaných biochemických parametrů

Vyšetřovaný parametr	Výsledek	Hodnocení	Jednotka	Ref. meze
S_Cholesterol celk.	-	-	mmol/l	2,90-5,00
S_Cholesterol HDL	-	-	mmol/l	1,00-2,10
S_Cholesterol_LDL	-	-	mmol/l	1,20—3,00
S_Triacylglyceroly	-	-	mmol/l	0,45-1,70
V_Aterogenní index (CHOL/HDL)	-	-	1	0,00-5,00
V_Non-HDL cholesterol (CHOL-LDL)	-	-	mmol/l	<3,79
S_Glukóza-žilní sérum	-	-	mmol/l	3,30-5,59
S_CRP	-	-	mg/l	0,0-8,0

**Zkratky:** CRP – c-reaktivní protein, HDL – vysokodenzitní lipoprotein, Non – celkový cholesterol, LDL – nízkodenzitní lipoprotein

### Zjišťování kardiovaskulárního rizika

Ke stanovení KV rizika existuje řada skórovacích systémů. Mezi nejčastěji používané nástroje v klinické praxi patří systém SCORE. Tento systém je vyvinut na základě rozsáhlého a reprezentativního vzorku pacientů z Evropy, což mu poskytuje solidní základ pro spolehlivé hodnocení rizika [50]. V této studii byl využit model SCORE vyhodnocující desetileté riziko úmrtí na KV příhodu v české populaci, založený na koncentraci celkového cholesterolu [51].

#### 3.9.4 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti

##### A. Brouhův (Harvardský) step-test

Brouhův (Harvardský) step-test zjišťující oběhovou zdatnost, při kterém vyšetřovaný jedinec vystupuje po dobu 5 min na bednu. V protokolu studie byl využit modifikovaný step test dle Toumpakari a kol. (2019) [52], kde jediný rozdíl představovala výška bedny, která byla 30 cm pro obě pohlaví. Modifikovaný step test byl zvolen z důvodu bezpečnosti a dodržení parametrů protokolu (frekvence výstupů, délka apod.). Sledovaná data byla získána pomocí hodinek Polar FT4M a hrudního pásu Polar (Polar Electro Oy, Finsko), který byl s hodinkami spárován a navlhčen.

##### B. Síla stisku ruky

Síla stisku ruky byla měřena digitálním ručním dynamometrem (Takei A5401, Japonsko). Jedná se o celosvětově jeden z nejpoužívanějších dynamometrů pro hodnocení aktuální síly svalů předloktí [53]. Současná zjištění ukazují, že pokles síly úchopu o 11 kg během čtyř let může být spojen se zvýšeným rizikem úmrtí (16 %), úmrtím na srdeční onemocnění (17 %), mrtvicí (9 %) a srdečním infarktem (7 %) [54].

##### C. Testování svalové síly: 1RM a vícenásobného RM

Tvorba specifických tréninkových programů vyžaduje znalost svalové síly pro konkrétní cviky, tak aby byl program co nejefektivnější a dosáhlo se požadovaných výsledků [55] zároveň tak lze předcházet zraněním [56], protože můžeme odhadnout nerovnováhu mezi svalovými skupinami a zároveň zjistit jejich limit [57].

### Testování opakovacího maxima (RM)

1RM lze testovat přímo, což je metoda vhodná u jedinců s dostatečnými zkušenostmi se silovým tréninkem, kteří mají osvojenou techniku u vybraných cviků. V opačném případě hrozí zranění. Ve studii podstoupili 1RM a 5RM testy pouze jedinci ze skupiny normotenze,

protože splňovali požadavek na znalost cviků a měli zkušenosti se silovým tréninkem. Zároveň je zde nižší KV riziko na rozdíl od skupiny s hypertenzí I. stupně. Obě skupiny prošly vícenásobným RM testováním: 15RM a 10RM. Následně bylo u skupiny s hypertenzí I. stupně odhadnuto 1RM a 5RM dle tabulek Liguori a kol. (2020) [15].

### 3.9.5 Měření kardiovaskulárních parametrů

Jednotlivé kardiovaskulární parametry byly měřeny přístrojem Arteriographem (TensioMed Ltd., Maďarsko), což je diagnostický přístroj používaný k měření cévní tuhosti a KV parametrů, patentovaný ve Spojených státech amerických (US Pat. No. 20070106162). Manžeta, která je připojena k piezoelektrickému senzoru, zachytává pulzní vlny, které procházejí arteria brachialis. Jedná se o neinvazivní metodu měření, které poskytuje důležité informace o stavu KV systému. Princip měření využívá suprasystolickou okluzivní metodu. Jednou z výhod Arteriographu je rychlost a neinvazivní povaha měření.

#### Certifikace zařízení

Validita arteriographu byla ověřována invazivním oscilometrickým měřením a stanovením základních centrálních hemodynamických parametrů: augmentační index (Aix) centrální systolický tlak, PWV [58, 59].

#### Vhodnost použití do studie

Arteriograph byl několikrát použit v prostředí sportovní medicíny [60, 61], mezi profesionálními [62] a amatérskými [63] sportovci, při zjišťování efektu aerobního tréninku na arteriální tuhost [64] ale také u skupiny jedinců s hypertenzí [65]. Z tohoto důvodu splňuje požadavek na vhodnost použití v této studii.

#### Vyhodnocované parametry

Arteriograph bez doplňkového vybavení vyhodnocuje celkem 14 parametrů, díky nimž lze získat ucelený náhled na funkčnost KV systému. V této studii jsou vyhodnocovány následující parametry prostřednictvím tohoto zařízení viz Tabulka 6:

- Systolický a diastolický TK (mmHg)
- PWVao (m/s)
- Aix brachiální (%)
- Aix aortální (%)

**Tabulka 6** Seznam měřených parametrů v průběhu průřezových studií

<b>Časová posloupnost</b>	<b>Parametr</b>
Měření KV parametrů před začátkem tréninkové jednotky	STK a DTK (mmHg), PWVao (m/s), Aix brachiální a aortální (%)
Měření KV parametrů mezi cviky a sériemi	STK a DTK (mmHg), PWVao (m/s), Aix brachiální a aortální (%)
Měření KV parametrů bezprostředně po skončení tréninkové jednotky	STK a DTK (mmHg), PWVao (m/s), Aix brachiální a aortální (%)
Měření KV parametrů v klidových podmínkách: 10 a 20 min	STK a DTK (mmHg), PWVao (m/s), Aix brachiální a aortální (%)

**Zkratky:** Aix – augmentační index, DTK – diastolický tlak krve, PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny, STK – systolický tlak krve

### 3.9.6 Ostatní testy – Borgova škála

Borgova škála [66], známá jako Borgova RPE škála (Rating of Perceived Exertion), je subjektivní metoda používaná k hodnocení intenzity pohybové aktivity nebo tréninkové zátěže [67]. V této studii byla použita modifikovaná stupnice CR10 (category ratio scale) = RPE 1-10, která poskytl hodnocení námahy od 1 do 10, která se uchytila v rámci silového tréninku [68].

## 4 Výsledková část

### 4.1 Statistika experimentálních skupin

V rámci studie bylo analyzováno 47 jedinců z celkového počtu 62. Vyřazeno bylo 15 jedinců z důvodů uvedených na Obrázku 2. Před začátkem studie byla provedena důkladná selekce, se záměrným výběrem účastníku, kteří byli rozděleni do dvou výzkumných skupin dle stupně TK. V normotenzní skupině (<139/89mmHg) bylo analyzováno 30 jedinců a ve skupině s hypertenzí I. stupně (140-159/90-99 mmHg) 17 jedinců. V obou skupinách se nacházeli fyzicky aktivními jedinci se sedavým zaměstnáním.

V experimentální skupině s normotenzí byli muži a ženy o průměrném věku  $47,8 \pm 5,9$  let, výšce  $174,8 \pm 10,2$  cm. Jedná se o jedince, kteří měli zkušenosti se silovým tréninkem v minimální délce půl roku ( $4,2 \pm 4,6$  let), tudíž mají základní znalosti o technice jednotlivých cviků na rozdíl od skupiny hypertenze, kde bylo celkem 6 začátečníků ze 17, kteří si neprošli systematickým silovým tréninkem. Experimentální skupina s hypertenzí je v porovnání s normotenzní starší. Průměrný věk je  $54,3 \pm 6,0$  let a výška  $177,6 \pm 11,3$  cm. Navíc normotenzní skupina je ze 40 % tvořena muži na rozdíl od hypertenzní, kde muži převažují a zastupují 65 %. Základní charakteristika jedinců je uvedena v Tabulce 7.

**Tabulka 7** Hodnoty základních deskriptivních parametrů

Proměnná	Experimentální skupiny (n = 47)		p-hodnota
	Normotenze (n = 30)	Hypertenze (n = 17)	
Pohlaví (muži/ženy)	12/18	11/6	
Věk (roky)	47,8 ( $\pm 5,9$ )	54,3 ( $\pm 6,0$ )	0,001
Výška (cm)	174,8 ( $\pm 10,2$ )	177,6 ( $\pm 11,3$ )	0,392
Silový trénink (roky)	4,2 ( $\pm 4,7$ )	4,6 ( $\pm 8,3$ )	0,247

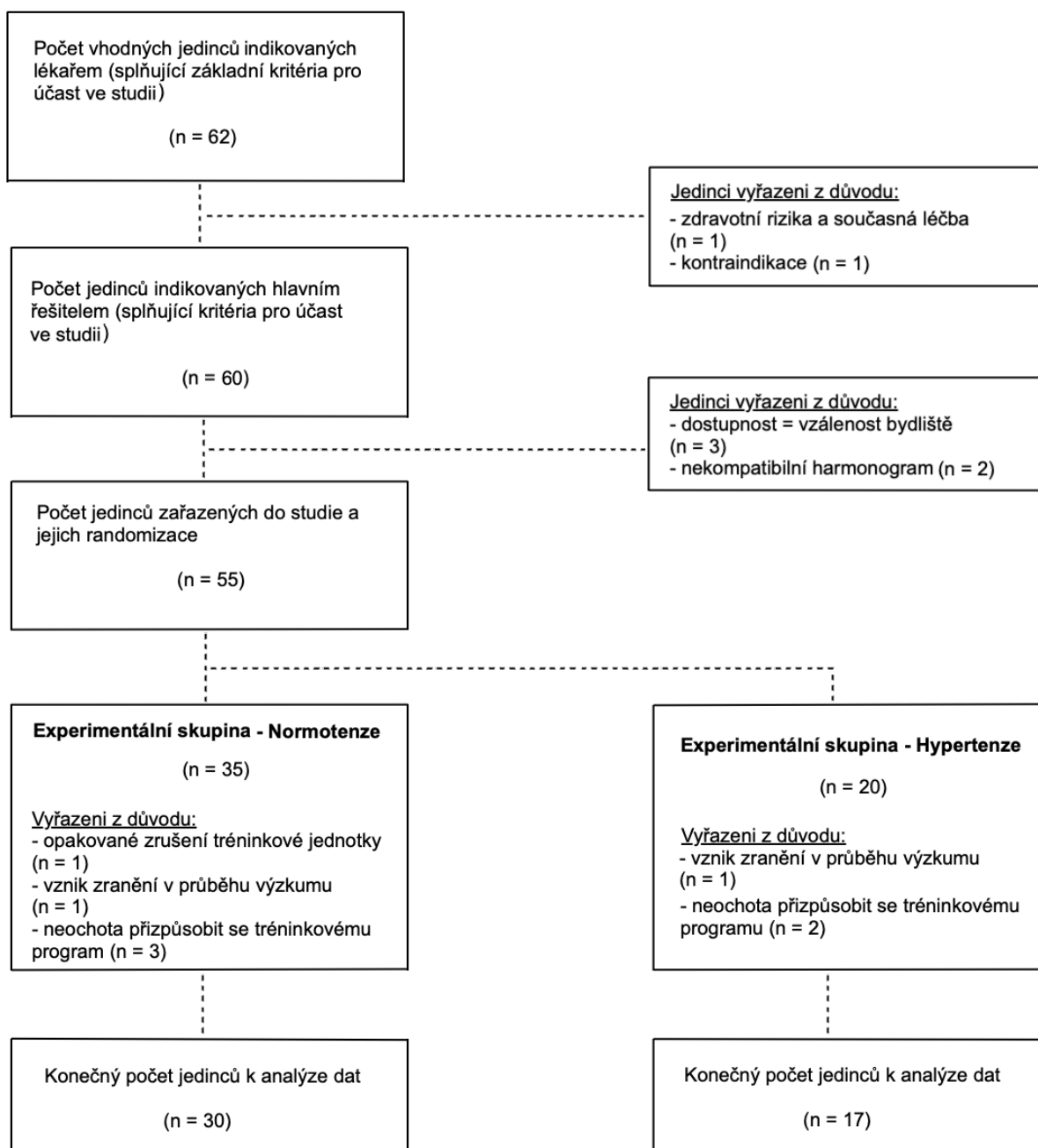
**Poznámka:** Hodnoty jsou uvedeny jako průměr (SD)

#### 4.1.1 Měření tělesného složení

BMI, které umožňuje porovnávání jedinců s různou hmotností a výškou odhalilo statisticky významný rozdíl mezi skupinou normotenze a hypertenze s intervalem spolehlivosti 95% KI [0,5;5,8],  $p = 0,021$  viz Tabulka 8. Dle klasifikace World Health Organization [69] spadají obě skupiny se svými průměrnými hodnotami do kategorie nadváhy, která se pohybuje v rozmezí

25-30 kg/m<sup>2</sup>. U skupiny s hypertenzí pozorujeme celkově vyšší hodnoty tělesného složení, přičemž statisticky významný rozdíl pozorujeme ještě u tělesné hmotnosti, která je u této skupiny  $89,8 \pm 16,4$  kg. Je však dobré doplnit, že u obou skupin nalezneme jedince, kteří spadají

do kategorie obezita. U skupiny normotenze se jedná o 4 jedince, kdežto u hypertenzní skupiny jich je 5.



**Obrázek 2** Schéma zařazování jedinců do studie

Pokud bychom hodnotili % tělesného tuku a vycházeli z klasifikace American College of Sport Medicine (ACSM) [70] a jedince si rozdělili dle pohlaví a věku, tak máme celkem 12 jedinců s obezitou, z toho 5 mužů a 7 žen viz Tabulka 9, ve které jsou uvedeny počty jedinců vzhledem k příslušné kategorii. Zajímavé je meziskupinové porovnání, které přináší lepší pohled na tuto problematiku. Ve skupině s hypertenzí se nachází 29,4 % (n = 5) obézních jedinců v porovnání s normotenzními, kterých je 25 % (n = 7). Celkem 47 % hypertenzních



jedinců v této studii trpí nadváhou nebo obezitou, naopak hodnoty, které bereme za optimální tvoří pouze 29 %.

**Tabulka 8** Výsledky hodnot tělesného složení

Parametr	Experimentální skupiny (n = 47)		p-hodnota
	Normotenze (n = 30)	Hypertenze (n = 17)	
Tělesná hmotnost (kg)	77,7 (±15,4)	89,8 (±16,4)	0,008
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25,3 (±3,6)	28,5 (±4,5)	0,021
Tělesný tuk (%)	24,8 (±7,9)	27,2 (±7,7)	0,458
Tělesný tuk (kg)	19,2 (±6,5)	24,3 (±7,8)	0,055
Tukuprostá hmota (kg)	33,0 (±8,4)	37,5 (±8,4)	0,082

**Poznámka:** Hodnoty jsou uvedeny jako průměr (SD)

**Zkratky:** BMI – index tělesné hmotnosti

U skupiny s normotenzí byly dvě ženy v kategorii do 49 let, jejichž % tělesného tuku bylo nižší jak 16 %. U této skupiny nalezneme 47 % jedinců v kategorii optimální hmotnost, zároveň je 14 % jedinců, kteří jsou na hranici s kategorií nadváha, takových je však u skupiny s hypertenzí 24 %. Pro lepší přehled jsou všechny výsledky uvedeny na Obrázku 30.

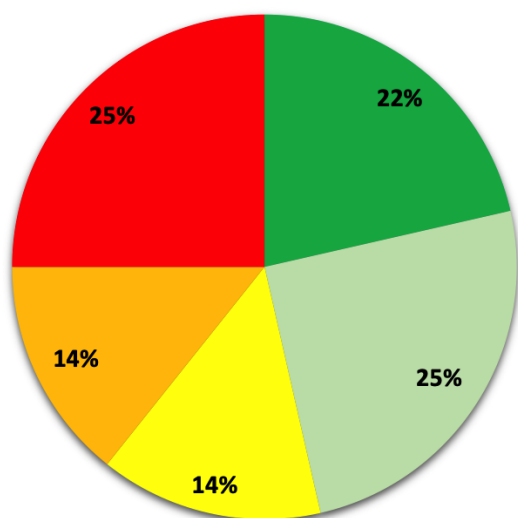
**Tabulka 9** Rozřazení jedinců dle referenčních hodnot ACSM. Zdroj tabulky: [70]

Muži (n = 23)						
Hodnocení	40-49 let		50-59 let		60-69 let	
	Ref hodnoty	Počet jedinců	Ref hodnoty	Počet jedinců	Ref hodnoty	Počet jedinců
Výborné	7–16	2	8–18	-	10–18	2
Chvalitebné	16,1–20	2	18,1–21	2	18,1–22	1
Dobré	20,1–24	4	21,1–24	1	22,1–25	-
Uspokojivé (Nadváha)	24,1–26	2	24,1–28	1	25,1–29	1
Neuspokojivé (Obezita)	>26	3	>28	2	>29	-
Ženy (n = 24)						
Hodnocení	40-49 let		50-59 let		60-69 let	
	Ref hodnoty	Počet jedinců	Ref hodnoty	Počet jedinců	Ref hodnoty	Počet jedinců
Výborné	16–21	1	18–25	2	18–25	-
Chvalitebné	21,1–25	3	25,1–29	2	25,1–29	1
Dobré	25,1–28	1	29,1–32	2	29,1–33	-
Uspokojivé (Nadváha)	28,1–32	1	32,1–36	2	33,1–37	-
Neuspokojivé (Obezita)	>32	5	>36	1	>37	1

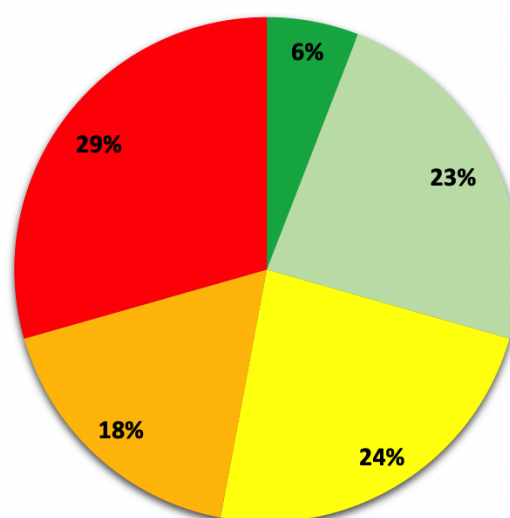
**Poznámka:** Dvě ženy nebyly klasifikovány, protože jejich hodnoty byly pod referenční normou a spadají do kategorie podváhy.

**Zkratky:** Ref – referenční

**Skupina - Normotenze**



**Skupina - Hypertenze**



**Slovní hodnocení % tělesného tuku na základě referenčních hodnot ACSM [317].**

■ Výborné ■ Chvalitebné ■ Dobré ■ Uspokojivé (Nadváha) ■ Neuspokojivé (Obezita)

**Obrázek 3** Procentuální porovnání tělesného tuku mezi skupinou s normotenzí a hypertenzí

#### 4.1.2 Biochemická vyšetření

Výsledné hodnoty celkového cholesterolu a nízkodenzitního lipoproteinu (LDL) se u obou skupin jedinců nacházely z velké části mimo doporučenou normu, která se v případě celkového cholesterolu pohybuje v rozmezí 2,9-5,0 mmol/l a LDL cholesterolu 1,2-3,0 mmol/l. Mezi oběma skupinami nebyly významné rozdíly v hodnotách celkového cholesterolu s intervalem spolehlivosti 95 % KI [-0,4;0,5],  $p = 0,858$  ani LDL cholesterolu intervalem spolehlivosti 95 % KI [-0,7;0,6],  $p = 0,873$ . Naopak průměrné hodnoty vysokodenzitního lipoproteinu (HDL) se pohybovaly u obou skupin v normě. Lepších průměrných hodnot dosahovala skupina s normotenzí 1,4 ( $\pm 0,4$ ) mmol/l. Mezi oběma skupinami byl statistický významný rozdíl s intervalem spolehlivosti 95 % KI [-0,5;-0,1],  $p = 0,005$ . Kompletní přehled všech biochemických vyšetření včetně výsledných hodnot se nachází v Tabulce 10. Podobná situace nastala i u triacylglycerolů, kde byl zjištěn na základě Studentova t testu statistický významný rozdíl s intervalem spolehlivosti 95 % KI [0,2;0,9],  $p = 0,004$ . Průměrné hodnoty triacylglycerolů se u skupiny hypertenze, které byly 1,6 ( $\pm 0,8$ ) mmol/l blížily horní hranici referenčních hodnot.

V této studii byla zjišťována i koncentrace glukózy v krvi. Výsledky ukázaly, že průměrné hodnoty glykemie u obou skupin se nacházejí v normálním rozmezí. Nicméně, je důležité poznamenat, že u jedinců s hypertenzí byla zaznamenána tendence k vyšším hodnotám

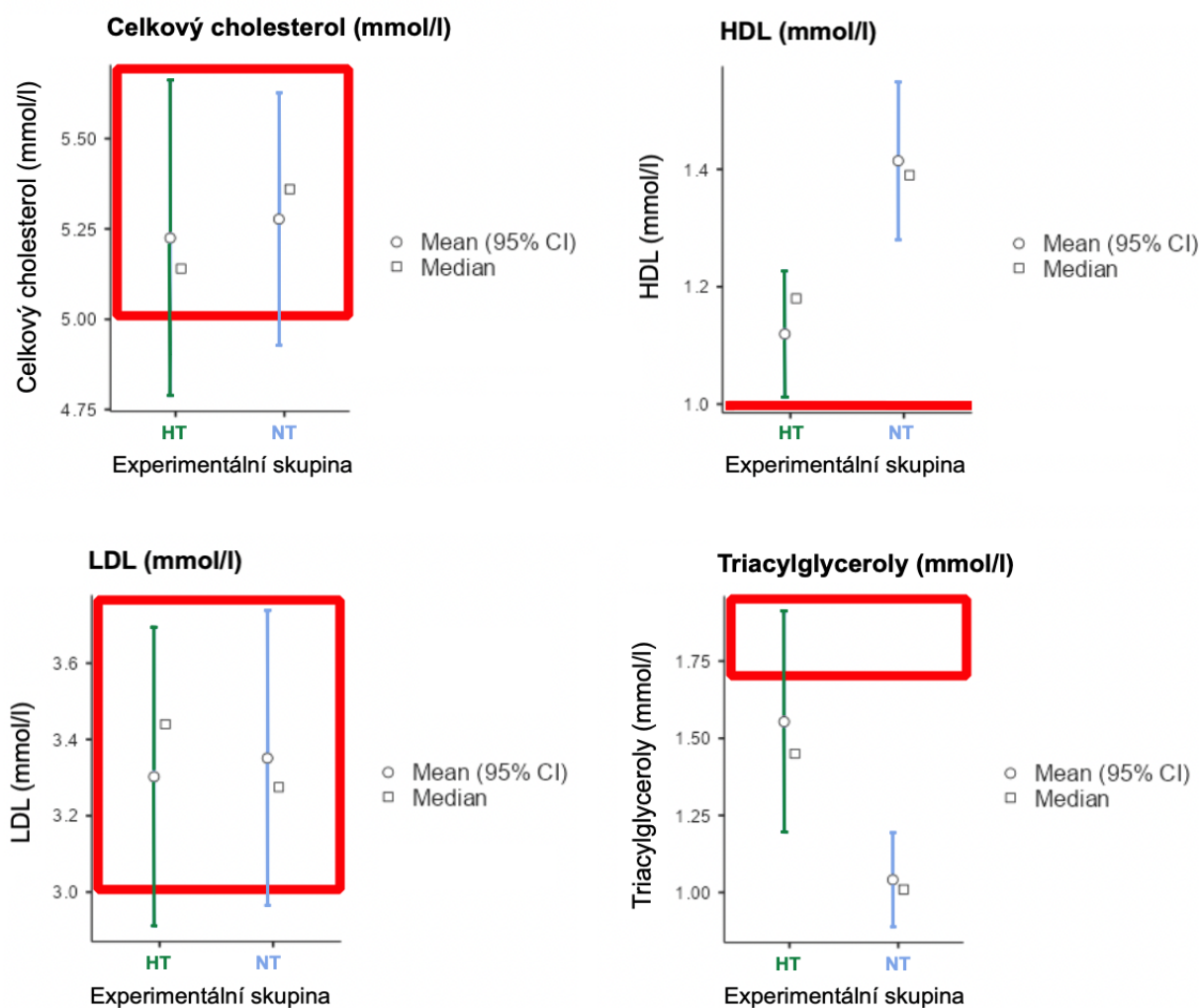
glykémie, ty se blížily horní hranici normy, a to konkrétně 5,3 ( $\pm$ 1,2) mmol/l. Tento rozdíl mezi oběma skupinami, však nebyl statisticky významný na základě Mann-Whitney U testu s intervalem spolehlivosti 95 % KI [-0,04;0,8],  $p = 0,086$ .

**Tabulka 10** Kompletní přehled biochemických vyšetření včetně výsledných hodnot.

Proměnná	Experimentální skupiny (n = 47)		Referenční mez	p-hodnota
	Normotenze (n = 30)	Hypertenze (n = 17)		
Celkový cholesterol (mmol/l)	5,3 ( $\pm$ 1,0)	5,2 ( $\pm$ 0,9)	2,90–5,00	0,858
HDL (mmol/l)	1,4 ( $\pm$ 0,4)	1,1 ( $\pm$ 0,2)	1,00–2,10	0,005
LDL (mmol/l)	3,4 ( $\pm$ 1,1)	3,3 ( $\pm$ 0,8)	1,20–3,00	0,873
Triacylglyceroly (mmol/l)	1,0 ( $\pm$ 0,4)	1,6 ( $\pm$ 0,8)	0,45–1,70	0,004
Hladina glykémie (mmol/l)	4,6 ( $\pm$ 0,6)	5,3 ( $\pm$ 1,2)	3,30–5,59	0,086
CRP (mg/l)	2,8 ( $\pm$ 2,5)	3,1 ( $\pm$ 2,0)	0,0–8,0	0,674

**Poznámky:** Hodnoty jsou uvedeny jako průměr (SD)

**Zkratky:** CRP – c-reaktivní protein, HDL – vysokodenzitní lipoprotein, LDL – nízkodenzitní lipoprotein



**Obrázek 4** Výsledky lipidového spektra u skupiny normotenze a hypertenze. Včetně vyznačení hodnot mimo referenční doporučení.

**Zkratky:** HDL – vysokodenzitní lipoprotein, HT – hypertenze, LDL – nízkodenzitní lipoprotein, NT – normotenze

Nicméně nelze brát hladinu cukru v krvi na lehkou váhu, protože nám naznačuje možnou spojitost mezi hypertenzí a glykemickými hodnotami. Je důležité vytvářet komplexní obrázek souvislostí při hodnocení rizikových faktorů a péči o KV zdraví.

Posledním zkoumaným biochemickým parametrem byla hladina CRP (C-reaktivního proteinu) v krvi, měřená v mg/l. Výsledky této analýzy ukázaly, že hladiny CRP se nacházely v normálním rozmezí, což je pozitivní indikátor zdraví.

V rámci studie byly provedeny další analýzy, zjišťoval se vztah mezi BMI ( $> 25 \text{ kg/m}^2$ ) a jednotlivými biochemickými parametry. Ukázalo se, že u jedinců s normotenzí existuje spojitost mezi hodnotami BMI  $> 25 \text{ kg/m}^2$  a hladinou LDL  $> 3 \text{ mmol/l}$  s intervalem spolehlivosti 95 % KI [0,03;0,8],  $p = 0,037$ , dále potom u hladiny triacylglycerolů,  $> 1,7 \text{ mmol}$  s intervalem spolehlivosti 95 % KI [-0,6;-0,09],  $p = 0,014$ .

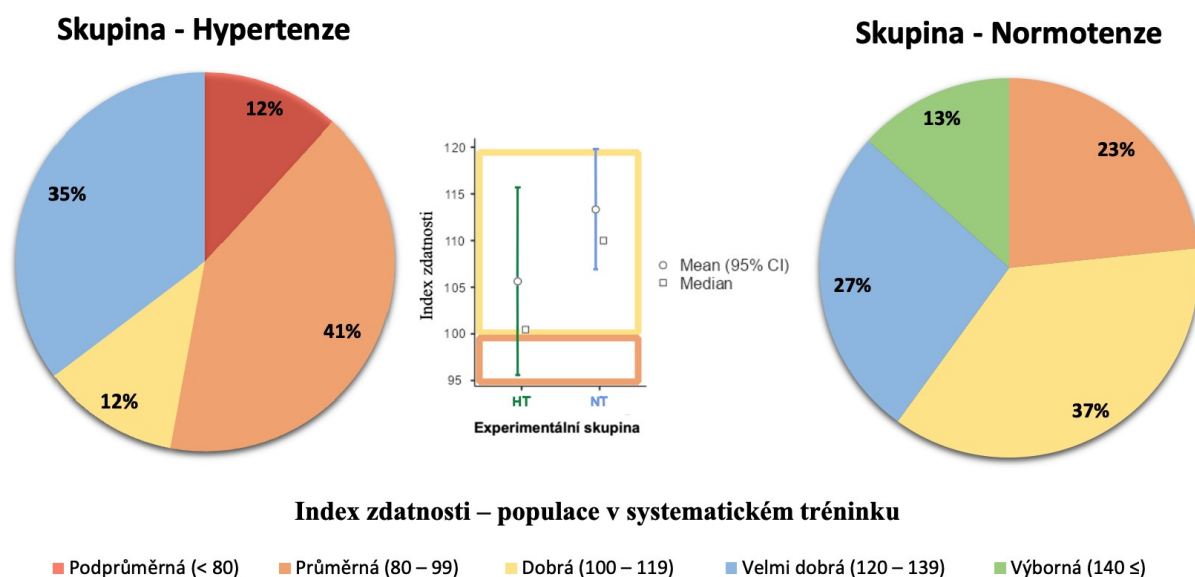
#### 4.1.3 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti

##### A. Test oběhové zdatnosti

Studentův t test neodhalil statisticky významný rozdíl u Brouhova step-testu zjišťujícího oběhovou zdatnost mezi oběma skupinami s intervalem spolehlivosti 95 % KI [-19,5;4,0],  $p = 0,193$ . U jedinců s hypertenzí byl index tělesné zdatnosti 105,6 ( $\pm 20,5$ ) u jedinců s normotenzí 113,4 ( $\pm 18,0$ ). Obě skupiny se svými výsledky spadají dle Bartůňkové a kol. (1996) [71] u jedinců se systematickým tréninkem do kategorie dobrý, pokud bychom na tyto skupiny nahlíželi jako na nesportující, tak by jejich index tělesné zdatnosti byl označen jako vysoký. Přehledné rozdělení a zařazení jednotlivců do příslušných skupin je uveden v Tabulce 11, na kterou navazuje Obrázek 5.

**Tabulka 11** Rozdělení jedinců do příslušných skupin dle výsledků indexu tělesné zdatnosti

Experimentální skupiny (n = 47)				Index zdatnosti – populace v systematickém tréninku	Stupeň zdatnosti
Normotenze (n = 30)		Hypertenze (n = 17)			
Muži (n = 12)	Ženy (n = 18)	Muži (n = 11)	Ženy (n = 6)		
-	-	1	1	<80	podprůměrná
2	5	4	3	80–99	průměrná
2	9	1	1	100–119	dobrá
5	3	5	1	120–139	velmi dobrá
3	1	-	-	$140 \leq i$	výborná



**Obrázek 5** Výsledky jedinců rozdělených do skupiny normotenze a hypertenze v grafické podobě

### B. Test síly stisku ruky

Dalším měřeným parametrem byla síla stisku ruky, kde výsledky studie byly porovnávány s referenčními hodnotami sestavenými Massy-Westropenem a kol. (2011) [72]. Muži ( $n = 23$ ) téměř všech věkových kategorií dosahovali nepatrně lepších hodnot, výjimkou byla levá ruka u kategorie 50–59 let, kde byl výsledný rozdíl  $-1,2 (\pm 0,9)$  kg. U žen ( $n = 24$ ) byla situace podobná lepších výsledků dosahovaly v kategoriích 40–49 let. Nepatrně horší byly v kategorii 60–69 let a to u obou horních končetin viz Tabulka 12.

**Tabulka 12** Porovnání výsledků s referenčními hodnotami dle Massy-Westroppa a kol. (2011). Zdroj tabulky: [72]

Muži				
Věk (roky)	Pravá (kg)		Levá (kg)	
	Ref hodnoty	Studie	Ref hodnoty	Studie
40–49	47 ( $\pm 9,5$ )	50,4 ( $\pm 7,3$ )	45 ( $\pm 9,3$ )	45,6 ( $\pm 5,8$ )
50–59	45 ( $\pm 8,4$ )	46,4 ( $\pm 8,4$ )	43 ( $\pm 8,3$ )	41,8 ( $\pm 6,2$ )
60–69	40 ( $\pm 8,3$ )	42,0 ( $\pm 11,7$ )	38 ( $\pm 8$ )	44,0 ( $\pm 6,2$ )
Ženy				
Věk (roky)	Pravá (kg)		Levá (kg)	
	Ref hodnoty	Studie	Ref hodnoty	Studie
40–49	29 ( $\pm 5,7$ )	29,6 ( $\pm 5,4$ )	28 ( $\pm 5,7$ )	28,8 ( $\pm 6,1$ )
50–59	28 ( $\pm 6,3$ )	30,0 ( $\pm 9,0$ )	26 ( $\pm 5,7$ )	28,9 ( $\pm 10,6$ )
60–69	24 ( $\pm 5,3$ )	22,6 ( $\pm 0,3$ )	23 ( $\pm 5$ )	22 ( $\pm 0,7$ )

Zkratky: Ref – referenční

### C. Testování svalové síly

Testování svalové síly pro různé opakovací maximum (15RM, 10RM, 5RM a 1RM) bylo složeno z 8 cviků na horní polovinu těla a z 8 cviků na dolní polovinu těla. Zároveň zde byl rozdíl v jejich komplexnosti, protože jsme rozlišovali mezi množstvím zapojených svalových skupin. Výsledky tohoto měření poskytují cenné informace týkající se identifikace slabých míst a na to navazující individuální přístup, který má optimalizovat tréninkový plán a zlepšit výkonnost a předcházet zraněním. Hlavním cílem tohoto měření bylo sestavení efektivních a bezpečných průřezových studií dle odpovídajících parametrů.

Během testování svalové síly byli mezi sebou srovnáváni jedinci, s ohledem na pohlaví (muži vs. ženy) a výši TK (normotenze vs. hypertenze). Výsledky těchto měření odhalily hrubý předpoklad, který se od začátku nabízel. Lidé s normotenzí měli celkově více zkušeností se silovým tréninkem, protože mezi normotenzními jedinci bylo celkem 6 začátečníků. Právě muži s normotenzí, jak ve cvicích na horní, tak dolní polovinu těla nazvedali celkově nejvyšší průměrnou hmotnost (kg) viz Tabulka 13 a 14. Za nimi skončili muži s hypertenzí. Naopak, ženy s hypertenzí nazvedali nejmenší průměrnou hmotnost ve všech vybraných intenzitách. Mezi muži a ženami byl shledán signifikantní rozdíl u všech cviků a opakovacích maxim ( $p < 0,05$ ). Nicméně v rámci jednotlivých pohlaví nebyl rozdíl mezi normotenzní a hypertenzní skupinou mužů a žen a to i přes předchozí trénovanost normotenzní skupiny.

**Tabulka 13** Výsledky testování svalové síly pro 15RM, 10RM, 5RM a 1RM u skupiny s normotenzí

Experimentální skupina – normotenze								
Cvik	Muži				Ženy			
	15RM (kg)	10RM (kg)	5RM (kg)	1RM (kg)	15RM (kg)	10RM (kg)	5RM (kg)	1RM (kg)
Stahování horní kladky	38,8 (±7,5)	45,6 (±9,1)	53,8 (±9,5)	63,6 (±10,3)	21,0 (±4,1)	24,9 (±4,3)	29,6 (±4,9)	35,4 (±6,1)
Veslování v sedě	52,7 (±10,4)	66,7 (10,5)	78,8 (±12,0)	97,1 (±12,2)	38,2 (±7,3)	44,7 (±8,8)	53,6 (±9,7)	65,3 (±10,8)
Peck deck na stroji	26,0 (±4,2)	31,9 (±5,7)	38,3 (±8,4)	46,5 (±12,5)	8,9 (±3,0)	11,5 (±3,3)	14,2 (±3,7)	18,1 (±4,9)
Tlak s jednoručkami, náklon 40-45°	24,5 (±8,9)	28,0 (±9,3)	38,5 (±11,4)	44,3 (±11,7)	9,4 (±2,7)	13,4(±2,8)	18,7 (±4,7)	23,0 (±5,9)
Bicepsový zdvih s S osou	17,7 (±4,7)	22,2 (±5,4)	27,8 (±6,9)	35,8 (±9,2)	8,97 (±2,1)	11,6 (±2,4)	14,3 (±3,1)	17,1 (±4,0)
Bicepsový zdvih v sedě s jednoručními činkami	16,8 (±3,2)	22,3 (±4,1)	27,8 (±5,1)	34,6 (±8,4)	7,0 (±2,0)	9,8 (±2,1)	13,0 (±2,5)	17,4 (±4,6)
Tricepsová extenze s kladkou	33,1 (±6,0)	41,3(±9,0)	49,2 (±12,8)	62,5 (±18,0)	18,6 (±4,8)	24,0 (±5,2)	29,2 (±6,2)	35,6 (±8,0)
Francouzský tlak, náklon 30-40°	15,7 (±5,2)	20,9 (±5,1)	26,0 (±5,6)	32,3 (±6,7)	8,7 (±2,9)	11,2 (±3,4)	14,1 (±4,1)	17,7 (±4,7)
Dřep s jednoručními činkami	24,3 (6,0)	32,1 (±6,5)	42,2 (±8,4)	54,3 (±10,3)	14,6 (±5,2)	18,8 (±6,6)	24,1 (±8,1)	31,1 (±11,2)
Leg press horizontální	88,3 (±19,4)	106,7 (±24,4)	126,7 (±30,8)	150,8 (±36,9)	60,6 (±13,2)	73,3 (±13,3)	85,3 (±14,7)	102,5 (±19,1)
Rumunský mrtvý tah	35,7 (±9,3)	46,2 (±11,5)	56,5 (±12,8)	72,1 (±16,6)	21,7 (±8,6)	27,2 (±10,1)	33,6 (±10,7)	43,4 (±13,2)
Zakopávání v leže na spodní kladce	22,9 (±6,2)	30,0 (±6,7)	36,9 (±9,1)	46,5 (±9,2)	16,5 (±5,5)	22,2 (±6,5)	27,5 (±7,3)	35,6 (±8,0)
Abdukce na spodní kladce ve stoje	15,2 (±4,7)	20,4 (±6,7)	26,5 (±8,7)	34,8 (±11,6)	10,1 (±3,9)	13,6 (±4,3)	18,2 (±5,9)	24,6 (±7,2)
Addukce na spodní kladce ve stoje	10,8 (±2,0)	15,8 (±2,0)	20,8 (±2,0)	30,0 (±3,0)	8,4 (±2,6)	12,9 (±2,5)	17,8 (±2,6)	24,7 (±4,0)
Addukce vleže na boky	19,6 (±5,4)	27,1 (±5,8)	33,8 (±6,4)	43,8 (±9,3)	15,0 (±3,8)	21,1 (±4,7)	26,7 (±5,4)	33,1 (±5,7)
Výstupy stranou na step	23,8 (±6,1)	32,1 (±6,2)	40,8 (±7,0)	52,1 (±7,8)	19,7 (±5,0)	26,1 (±5,6)	32,1 (±6,0)	39,5 (±6,3)
<b>Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – horní polovina těla</b>	<b>28,1 (±13,7)</b>	<b>34,9 (±16,5)</b>	<b>42,5 (±19,0)</b>	<b>52,1 (±23,3)</b>	<b>15,1 (±10,7)</b>	<b>18,9 (±12,1)</b>	<b>23,3 (±14,1)</b>	<b>28,7 (±16,9)</b>
<b>Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – dolní polovina těla</b>	<b>30,1 (±24,7)</b>	<b>38,8 (±29,1)</b>	<b>48,0 (±34,1)</b>	<b>60,6 (±39,6)</b>	<b>20,8 (±17,0)</b>	<b>26,9 (±19,7)</b>	<b>33,2 (±22,0)</b>	<b>41,8 (±25,9)</b>

Zkratky: RM – opakovací maximum

**Tabulka 14** Výsledky testování svalové síly pro 15RM, 10RM, 5RM a 1RM u skupiny s hypertenzí

Experimentální skupina – hypertenze								
Cvik	Muži				Ženy			
	15RM (kg)	10RM (kg)	5RM (kg)	1RM (kg)	15RM (kg)	10RM (kg)	5RM (kg)	1RM (kg)
Stahování horní kladky	37,1 (±6,1)	44,6 (±8,7)	51,1 (±9,8)	57,9 (±11,2)	19,2 (±4,1)	23,3 (±3,4)	28,0 (±2,8)	34,6 (±3,7)
Veslování v sedě	59,5 (±11,4)	69,1(±10,0)	79,6 (± 11,1)	86,8 (±25,1)	34,2 (±3,8)	41,7 (±5,2)	50,0 (±7,1)	60,8 (±10,7)
Peck deck na stroji	24,1 (±6,3)	28,6 (±7,2)	33,0 (±8,4)	36,5 (±11,8)	9,3 (±2,0)	12,1 (±2,5)	14,5 (±2,6)	17,3 (±3,3)
Tlak s jednoručkami, náklon 40-45°	19,6 (±8,9)	25,8 (±12,0)	31,1 (±13,3)	34,0 (±15,1)	8,0 (±2,8)	10,8 (±3,0)	13,9 (±3,8)	17,3 (±5,2)
Bicepsový zdvih s S osou	17,5 (±5,5)	21,9 (±6,3)	26,6 (±7,5)	29,2 (±9,1)	9,3 (±1,3)	11,7 (±1,9)	14,4 (±2,9)	17,8 (±6,1)
Bicepsový zdvih v sedě s jednoručními činkami	14,4 (±5,2)	18,1(±6,4)	22,8 (±7,6)	27,3 (±8,2)	6,3 (±2,3)	8,5 (±2,2)	10,3 (±2,3)	13,3 (±2,8)
Tricepsová extenze s kladkou	30,9 (±7,7)	36,8 (±9,0)	42,6 (±10,7)	51,4 (±15,4)	17,8 (±4,0)	21,6 (±4,5)	26,1 (±5,0)	31,2 (±7,6)
Francouzský tlak, náklon 30-40°	16,1 (±3,6)	20,4 (±3,7)	25,1 (±4,2)	29,8 (±4,6)	10,9 (±1,9)	13,4 (±2,2)	16,1 (±3,4)	19,3 (±5,0)
Dřep s jednoručními činkami	21,0 (±4,1)	26,9 (±6,5)	33,5 (±8,6)	41,6 (±13,1)	13,0 (±2,5)	17,3 (±4,1)	21,7 (±4,8)	27,8 (±6,7)
Leg press horizontální	93,2 (±17,8)	108,6 (±20,3)	127,5 (±24,8)	148,9 (±27,9)	58,3 (±10,8)	67,5 (±14,2)	80,0 (±16,7)	93,3 (±23,2)
Rumunský mrtvý tah	32,2 (±14,0)	37,9 (±12,6)	44,5 (±14,9)	53,6 (±17,3)	18,5 (±5,1)	23,3 (±7,1)	28,7 (±9,0)	35,5 (±12,9)
Zakopávání v leže na spodní kladce	23,2 (±7,3)	28,3 (±8,3)	34,0 (±9,1)	40,8 (±11,3)	16,7 (±5,2)	21,7 (±5,2)	26,2 (±6,0)	31,7 (±6,8)
Abdukce na spodní kladce ve stoje	16,4 (±3,2)	21,6 (±5,2)	26,9 (±6,0)	32,6 (±7,7)	10,3 (±1,5)	13,7 (±2,0)	16,7 (±2,7)	20,8 (±4,1)
Addukce na spodní kladce ve stoje	8,5 (±3,0)	13,2 (±2,5)	18,0 (±2,5)	24,0 (±4,4)	6,67 (±2,6)	10,8 (±3,4)	14,7 (±5,0)	19,6 (±7,5)
Addukce vleže na boky	19,3 (±5,6)	25,5 (±6,1)	30,7 (±7,2)	37,2 (±8,0)	13,0 (±3,2)	17,5 (±4,2)	21,8 (±5,3)	27,8 (±7,9)
Výstupy stranou na step s osou	25,5 (±6,1)	31,4 (±6,7)	38,7 (±6,5)	45,3 (±7,4)	18,3 (±2,6)	24,2 (±3,8)	31,7 (±6,1)	37,7 (±9,0)
<b>Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – horní polovina těla</b>	27,4 (±15,8)	33,1 (±17,9)	39,0 (±20,0)	44,1 (±23,4)	14,4 (±9,1)	17,9 (±10,8)	21,7 (±12,9)	26,5 (±15,9)
<b>Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – dolní polovina těla</b>	29,9 (±26,4)	36,7 (±29,8)	44,2 (±34,4)	53,0 (±39,7)	19,4 (±16,1)	24,5 (±18,0)	30,2 (±21,1)	36,8 (±24,7)

Zkratky: RM – opakovací maximum



#### 4.1.4 Analýza výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů

Výchozí hodnoty kardiovaskulárních parametrů ukázaly významné statistické rozdíly v řadě měřených proměnných. Pomocí přístroje Arteriograph byl odhalen významný rozdíl mezi hodnotami systolického tlaku krve (STK) u skupiny s normotenzí a hypertenzí s intervalem spolehlivosti 95 % KI [7,9;22,8],  $p < 0,001$ . Podobný rozdíl byl u hodnot diastolického tlaku krve (DTK) s intervalem spolehlivosti 95 % KI [6,0;16,0],  $p < 0,001$  a v neposlední řadě u PWVao s intervalem spolehlivosti 95 % KI [0,8;2,4],  $p = 0,003$ . I přes cílenou medikaci jsou u skupiny s hypertenzí hodnoty významně vyšší a značí celkově vyšší KV riziko viz KV skóre, které odhalilo statisticky významný rozdíl na základě analýzy hodnot celkového cholesterolu (mmol/l), STK (mmHg) a věku (roky) s intervalem spolehlivosti 95 % KI [0,4;1,9],  $p < 0,003$ .

Obrázek 6 znázorňuje konkrétní výsledky jednotlivých parametrů včetně vymezení optimální a neoptimální zóny, ve které by se daní jedinci měli nacházet. Za nejkritičtější parametr lze považovat PWVao, kde hodnoty obou skupin jsou nad obecně doporučovanou hranicí 9 m/s. [43] Mezi oběma skupinami vychází hodnota mean difference 1,2. Zajímavé je také zjištění, že ženy s normotenzí měly nepatrně vyšší hodnoty PWVao 9,2 ( $\pm 2,4$ ) m/s v porovnání s muži 8,9 ( $\pm 1,5$ ) m/s nicméně výsledné hodnoty nebyly statisticky významné ( $p = 1,0$ ).

**Tabulka 15** Výsledky výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů před začátkem průřezových studií

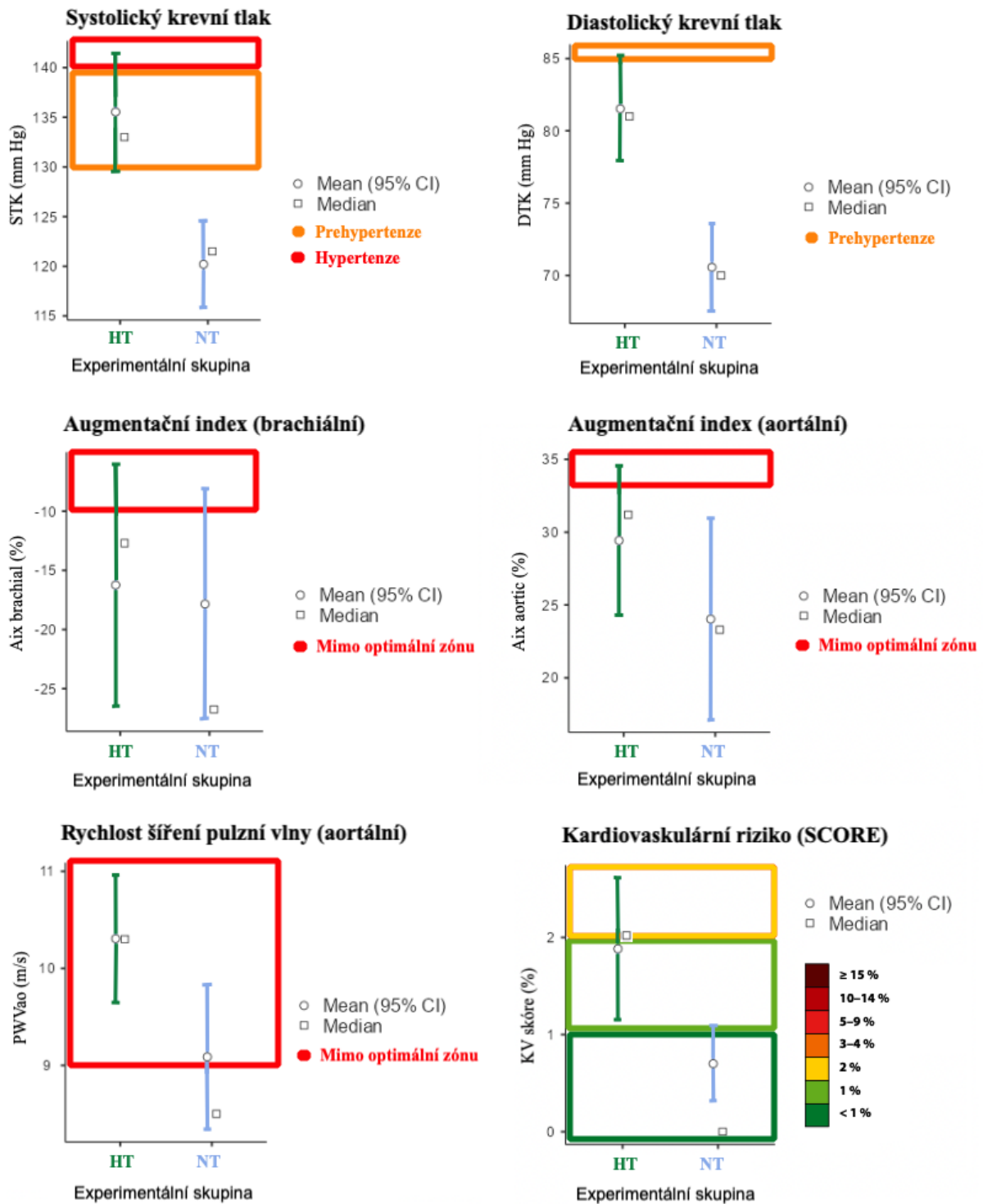
Proměnná	Experimentální skupiny (n = 47)		p-hodnota
	Normotenze (n = 30)	Hypertenze (n = 17)	
STK (mmHg)	120,3 ( $\pm 12,0$ )	135,5 ( $\pm 12,0$ )	<0,001
DTK (mmHg)	70,6 ( $\pm 8,3$ )	81,5 ( $\pm 7,3$ )	<0,001
PWVao (m/s)	9,1 ( $\pm 2,0$ )	10,3 ( $\pm 1,3$ )	0,003
Aix brachial (%)	-17,9 ( $\pm 26,7$ )	-16,2 ( $\pm 20,7$ )	0,834
Aix aortic (%)	23,3 ( $\pm 19,0$ )	29,4 ( $\pm 10,5$ )	0,241
KV skóre (%)	0,7 ( $\pm 1,0$ )	1,9 ( $\pm 1,5$ )	0,006

**Poznámky:** Hodnoty jsou uvedeny jako průměr (SD)

**Zkratky:** Aix – augmentační index, DTK – diastolický tlak krve, KV – kardiovaskulární, LDL – nízkodenzitní lipoprotein, PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny, STK – systolický tlak krve

Opačná situace nastává u augmentačních indexů. Aix brachiální vychází u normotenzních mužů -33,2 ( $\pm 17,7$ ) % a u žen -7,6 ( $\pm 27,7$ ) % s intervalem spolehlivosti 95 % KI [7,1;44,2],  $p < 0,009$ , přičemž za optimální hodnoty se považují záporné hodnoty od -10% výše. Tento index vypovídá o stavu funkčnosti mikrocirkulace a reflektivitě periferního cévního systému. Za vynikající se považují hodnoty <-40%, ale obecná norma se pohybuje mezi -40 a -10% [43]. Vzhledem k tomu, že se Aix aortální dopočítává k Aix brachial vycházejí i tyto

hodnoty lépe u mužů ( $20,8 \pm 23,9$ ) s normotenzí nežli u žen ( $26,2 \pm 9,0$ ) a to s intervalem spolehlivosti 95 % KI [0,8;17,7],  $p < 0,022$ . Za optimální hodnoty Aix aortální se považují hodnoty pod 33% [43]. Počáteční naměřené hodnoty STK u hypertenzní skupiny se i přes farmakoterapii drží v kategorii prehypertenze, která je vyznačena oranžovým čtvercem na



Obrázku 6. Kompletní data k oběma skupinám jsou k nalezení v Tabulce 15.

**Obrázek 6** Analyzované kardiovaskulární parametry včetně vymezení rizikových zón

**Zkratky:** Aix – augmentační index, DTK – diastolický tlak krve, HT – hypertenze, KV – kardiovaskulární, LDL – nízkodenzitní lipoprotein, NT – normotenze, PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny, STK – systolický tlak krve

#### 4.1.5 Borgova škála vnímaného úsilí

Během fáze familiarizace výzkumného projektu byla pozornost zaměřena na sledování vnímaného úsilí během jednotlivých cviků konkrétně pro intenzitu 10RM. Toto hodnocení v rámci výzkumné studie je velmi cenné, neboť nám umožňuje lépe porozumět reakcím účastníků na jednotlivé cviky. Během testování svalové síly bylo pozorně sledováno, zda se u jedinců neobjevují nepříjemné subjektivní pocity, například bolest, dušnost nebo závratě, a zda existují nějaké zvláštní reakce na konkrétní cviky. Toto pozorování mělo zvláštní důležitost v kontextu skupiny s hypertenzí, neboť tyto jedinci měli odlišnou zkušenost se silovým tréninkem v porovnání s normotenzními jedinci. Naše úsilí směřovalo k tomu, aby se tréninkový program stal efektivním prostředkem pro posílení kardiovaskulárního zdraví, aniž by vyvolával nepříjemné nebo rizikové reakce u jedinců s vysokým TK.

V průběhu celého testování nebyly mezi jedinci hlášeny žádné nepříjemné stavy, které by mohly ohrozit studii. Z výsledků je dále patrné, že muži s normálním TK dosáhli jak u cviků na dolní, tak horní polovinu těla nejvyšší stupeň vnímaného úsilí viz Tabulka 16, což se pojí s celkovou zkušeností a schopností odolávat zvýšeným odporům. Získaná data nelze generalizovat a říci, že by izolované cviky vedly k menšímu vnímanému úsilí, i když v případě addukčních cviků s kladkou (3 ze 4) tomu tak bylo. Naopak u horní poloviny těla to bylo stahování horní kladky (3 ze 4). Nicméně při dodržování striktní techniky cviků se subjektivní vnímání úsilí pohybovalo na škále od 7,0 do 9,8. Pro každou skupinu se však velikost námahy u nejnáročnějšího cviku lišila, stejně tak cvik samotný.

**Tabulka 16** Výsledky subjektivního vnímání zátěže u jednotlivých cviků pro 10RM dle Borgovi škály CR-10.

Cviky na horní polovinu těla	Komplexnost pohybu	Normotenze		Hypertenze		Cviky na dolní polovinu těla	Komplexnost pohybu	Normotenze		Hypertenze	
		Muži	Ženy	Muži	Ženy			Muži	Ženy		
Stahování horní kladky	KC	8,2 (±0,6)	8,0 (±0,6)	7,8 (±0,6)	7,6 (±0,5)	Dřep s jednoručními činkami	KC	9,8 (±0,4)	8,3 (±0,8)	8,0 (±0,7)	9,2 (±0,7)
Veslování v sedě		8,4 (±0,9)	8,2 (±0,9)	8,4 (±0,9)	7,4 (±0,6)	Leg press horizontální		9,2 (±0,5)	8,3 (±0,7)	8,1 (±0,3)	8,9 (±1,3)
Peck deck na stroji		9,3 (±0,8)	9,6 (±1,3)	8,8 (±0,8)	7,7 (±0,8)	Rumunský mrtvý tah		9,2 (±0,4)	8,3 (±0,8)	8,2 (±0,3)	9,6 (±1,3)
Tlak s jednoručkami, náklon 40-45°		8,6 (±0,7)	8,1 (±0,7)	8,4 (±0,7)	8,8 (±0,9)	Zakopávání v leže na spodní kladce		8,7 (±0,6)	8,2 (±0,9)	7,3 (±1,0)	7,8 (±1,0)
Bicepsový zdvih s S osou	IC	9,6 (±0,5)	8 (±0,5)	7,8 (±0,5)	8,4 (±0,5)	Výstupy stranou na step s osou	IC	7,6 (±0,3)	9,3 (±0,3)	8,3 (±0,5)	7,7 (±0,5)
Bicepsový zdvih v sedě s jednoručními činkami		9,4 (±0,5)	8 (±0,5)	8,6 (±0,5)	7,8 (±0,4)	Abdukce na spodní kladce ve stoje		9,0 (±0,3)	8,7 (±1,3)	7,3 (±0,9)	7,8 (±0,9)
Tricepsová extenze s kladkou		8,7 (±0,9)	7,9 (±0,9)	8,6 (±0,9)	8,6 (±0,4)	Addukce na spodní kladce ve stoje		8,6 (±0,3)	7,3 (±0,5)	7,6 (±0,6)	7,6 (±0,6)
Francouzský tlak, náklon 30-40°		8,8 (±1,0)	8,3 (±1,0)	8,4 (±1,2)	8,6 (±0,8)	Addukce vleže na boky		7,9 (±0,2)	7,4 (±0,6)	7,0 (±0,9)	7,4 (±0,9)
<b>Průměr RPE</b>		<b>8,9 (±0,7)</b>	<b>8,3 (±0,7)</b>	<b>8,4 (±0,8)</b>	<b>8,1 (±0,6)</b>	<b>Průměr RPE</b>		<b>8,8 (±0,4)</b>	<b>8,2 (±0,7)</b>	<b>7,7 (±0,7)</b>	<b>8,3 (±0,9)</b>

**Zkratky:** IC – izolovaný cvik, KC – komplexní cvik, RM – opakovací maximum, RPE – subjektivní hodnocení intenzity zátěže

## 4.2 Efekt jednotlivých průřezových studií na vybrané kardiovaskulární parametry

Tato sekce výsledků zohledňuje jednotlivé KV parametry v různém kontextu ať už je to v průběhu nebo po skončení tréninkové jednotky. Nahlíží na výsledky jako na celek tak je individualizuje pro skupinu normotenze a hypertenze. Zároveň zjišťuje, zda existují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými průřezovými studiemi, ale také mezi izolovanými a komplexními cviky.

### 4.2.1 Akutní změny hodnot krevního tlaku vyvolané jednotlivými variantami průřezových studií po skončení tréninkové jednotky

Prvním krokem našeho výzkumu byla analýza celkového souboru, kdy jsme spojili normotenzní a hypertenzní skupinu dohromady. Tímto způsobem jsme se snažili získat komplexní pohled na zkoumané parametry. Při porovnávání výchozích hodnot STK a DTK naměřených před začátkem tréninkové jednotky s po tréninkovými hodnotami, které byly zaznamenány v 10 a 20 min po skončení, vyšly statisticky významně pouze hodnoty u tradičního silového tréninku (agonistický) v sériích na horní polovinu těla viz Tabulka 17.

**Tabulka 17** Jednorázové změny vyvolané agonistickým a antagonistickým silovým tréninkem u obou experimentálních skupin.

Tradiční (agonistický) silový trénink – horní polovina těla			
Parametr	Porovnávaný parametr	Mean difference	p-hodnota
STK (mmHg)	VH – 10' (HT + NT)	6,0	0,002
	VH – 20' (HT + NT)	5,9	0,003
	10' – 20' (HT + NT)	-0,2	1,0
DTK (mmHg)	VH – 10' (HT + NT)	10,9	<0,001
	VH – 20' (HT + NT)	8,6	<0,001
	10' – 20' (HT + NT)	-0,2	0,198
Antagonistický silový trénink – horní polovina těla			
Parametr	Porovnávaný parametr	Mean difference	p-hodnota
DTK (mmHg)	VH – 10' (HT + NT)	6,7	<0,001
	VH – 20' (HT + NT)	5,2	0,004
	10' – 20' (HT + NT)	-1,6	0,919

**Poznámky:** 10' – deset minut po skončení tréninkové jednotky, 20' - dvacet minut po skončení, HT – skupina s hypertenzí, NT – skupina s normotenzí, VH – výchozí hodnoty

**Zkratky:** DTK – diastolický tlak krve, STK – systolický tlak krve

Zde byl zaznamenán pokles STK v 10 min ( $p = 0,002$ ; mean difference: 6,0) a 20 min ( $p = 0,003$ ; mean difference: 5,9) oproti výchozím hodnotám. U DTK vyšly statisticky významně obě varianty tréninku na horní polovinu těla, kde byl opět zjištěn pokles. Změna oproti výchozím hodnotám byla v 10 min ( $p < 0,001$ ; mean difference: 10,9) a 20 min ( $p < 0,001$ ; mean difference: 8,9) statisticky významná u tradičního (agonistického) tréninku v sériích. Podobná situace nastala i u antagonistického tréninku, zde byly změny v 10 min

( $p = 0,01$ ; mean difference: 6,7) a 20 min ( $p = 0,004$ ; mean difference: 5,2) po skončení jednotky. Ve zbylých případech nebyly mezi hodnotami TK na začátku a ve fázi klidu významné rozdíly.

**Tabulka 18** změny v potréninkových hodnotách mezi antagonistickým a aerobním tréninkem ve fázi uklidnění

Sloučené experimentální skupiny (HT + NT)		Výchozí hodnoty	10 min po skončení	20 min po skončení
Průřezová studie 1	Průřezová studie 2	p-hodnota	p-hodnota	p-hodnota
Antagonistický trénink – dolní polovina těla	Aerobní trénink	1,0	1,0	1,0
Antagonistický trénink – horní polovina těla	Aerobní trénink	1,0	1,0	1,0

**Zkratky:** HT – hypertenze, NT – normotenze

Na základě analýzy výsledků nám vyšlo, že antagonistický trénink vyvolává podobné změny hodnot STK a DTK jako kontrolní (aerobní) trénink, pokud bereme obě experimentální skupiny jako celek viz Tabulka 18. Nicméně se nepotvrdila hypotéza, že by došlo k poklesu, který se očekával. Důvodem, proč nebyla zjištěna potréninková hypotenze je fakt, že skupina jedinců s normálním TK tvořila většinu z celkového počtu, a navíc má více zkušeností se silovým tréninkem, tudíž její adaptační mechanismy se značně liší. V kapitole 4.2.3. je z tohoto důvodu rozebírána hypertenzní skupina samostatně, protože na rozdíl od normotenzní byly změny u této skupiny signifikantní a u více proměnných.

Většina klidových hodnot se oproti výchozím obecně nelišila tudíž nedocházelo k výrazným fluktuacím TK mezi výchozími a klidovými hodnotami tyto výsledky však platí pro obě experimentální skupiny jako celek. TK je tak během prvních 20 min stabilizován na hladině výchozích hodnot. Adaptační mechanismy tak fungují velice rychle protože nechtějí dovolit zbytečně zvýšenou zátěž na KV systém po delší než nezbytně nutnou dobu. Zároveň důležitou roli hrají tréninkové proměnné. Lze říci, že k poklesu hodnot v tako krátké době jistě napomohl interval odpočinku mezi cviky a sériemi, který byl 90 s a taktéž pořadí cviků, kdy se postupně přecházelo ze cviků komplexních na izolované. Zajímavé by jistě bylo nechat jedince v klidových podmínkách o něco déle 30 nebo 60 min a měřit déle vybrané KV parametry.

#### 4.2.2 Akutní potréninkové změny hodnot kardiovaskulárních parametrů u jedinců s normotenzí

Spojením obou skupin jsme se snažili získat celkový obraz, avšak výsledky ukázaly, že toto spojení zkreslilo výsledná data pro interpretaci, neboť mezi oběma skupinami existuje statisticky významný rozdíl, a to jak pro STK ( $p < 0,001$ ) tak DTK ( $p < 0,001$ ). Z tohoto důvodu je jasné, že není vhodné vytvářet univerzální tréninkové programy pro všechny jedince. Každá

skupina by měla být analyzována samostatně, neboť mohou existovat značné variace v odpovědích na tréninkové jednotky. Zvláště mezi začátečníky a pokročilými nebo u jedinců s vysokým a normálním TK. To, co může být efektivní pro jednu skupinu, nemusí nutně platit pro druhou, a proto je důležité brát v úvahu tyto individuální rozdíly při navrhování a implementaci tréninkových programů. Žádné statisticky významné rozdíly v hodnotách STK, PWV, Aix brachial a Aix aortic nebyly zjištěny mezi výchozími hodnotami a těmi naměřenými během fáze odpočinku. Výjimkou byl DTK u agonistického tréninku na horní polovinu těla, kdy byl zaznamenán pokles v 10 min ( $p < 0,001$ ) a 20 minutě ( $p = 0,002$ ). U antagonistického tréninku na horní polovinu pak byl zjištěn signifikantní rozdíl pouze v 10 minutě odpočinku ( $p = 0,009$ ), kdy došlo k poklesu DTK.

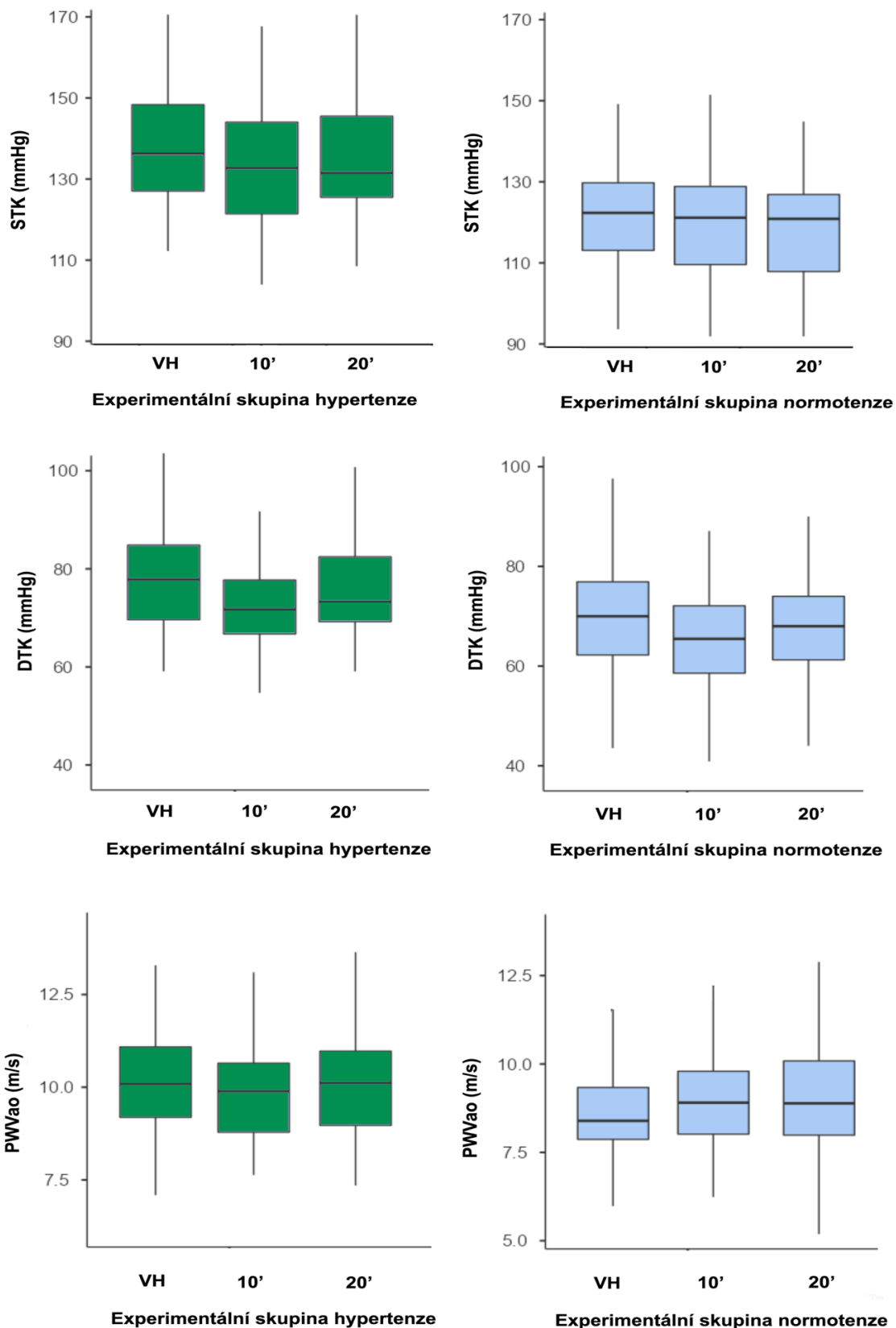
V Tabulce 19 a na Obrázku 7 jsou k nahlédnutí celkové změny STK, DTK a PWVao, které vyvolaly průřezové studie jako celek u obou experimentálních skupin.

**Tabulka 19** Celkové změny STK, DTK a PWVao vyvolané průřezovými studii u jednotlivých experimentálních skupin

Parametr	Skupina	Výchozí hodnoty	10 min po skončení	20 min po skončení
STK (mmHg)	NT	121,3 ( $\pm 13,0$ )	119,4 ( $\pm 11,7$ )	119,4 ( $\pm 11,5$ )
	HT	136,5 ( $\pm 14,4$ )	132,3 (14,4)	131,2 ( $\pm 13,9$ )
DTK (mmHg)	NT	69,7 ( $\pm 9,6$ )	65,7 ( $\pm 9,44$ )	67,3 ( $\pm 9,0$ )
	HT	78,1 ( $\pm 8,7$ )	73,4 ( $\pm 9,7$ )	74,2 ( $\pm 9,1$ )
PWVao m/s	NT	8,8 ( $\pm 6,1$ )	9,1 ( $\pm 1,6$ )	9,1 ( $\pm 1,6$ )
	HT	10,1 ( $\pm 7,1$ )	9,9 ( $\pm 1,4$ )	10,1 ( $\pm 1,5$ )
<b>Skupina – hypertenze</b>				
Parametr	Porovnávaný parametr	Mean difference	p-hodnota	
STK (mmHg)	VH – 10'	4,2	<0,001	
	VH – 20'	5,3	<0,001	
	10' – 20'	1,2	0,373	
DTK (mmHg)	VH – 10'	4,0	<0,001	
	VH – 20'	2,4	<0,001	
	10' – 20'	-1,6	<0,01	
<b>Skupina – normotenze</b>				
Parametr	Porovnávaný parametr	Mean difference	p-hodnota	
STK (mmHg)	VH – 10'	1,9	0,116	
	VH – 20'	1,9	0,110	
	10' – 20'	0,1	1,0	
DTK (mmHg)	VH – 10'	4,7	<0,001	
	VH – 20'	3,9	<0,001	
	10' – 20'	-0,8	<0,01	

**Poznámky:** 10' – deset minut po skončení tréninkové jednotky, 20' – dvacet minut po skončení, HT – skupina s hypertenzí, NT – skupina s normotenzí, VH – výchozí hodnoty

**Zkratky:** DTK – diastolický tlak krve, PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny, STK – systolický tlak krve



**Obrázek 7** Celkové změny u vybraných kardiovaskulárních parametrů vyvolaných u jednotlivých experimentálních skupin

**Poznámky:** 10' – deset minut po skončení tréninkové jednotky, 20'– dvacet minut po skončení, HT – skupina s hypertenzí, NT – skupina s normotenzí, VH – výchozí hodnoty

**Zkratky:** DTK – diastolický tlak krve, STK – systolický tlak krve, PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny



#### 4.2.3 Akutní potréninkové změny kardiovaskulárních parametrů u jedinců s hypertenzí

V této části studie je provedena samostatná analýza hodnot u hypertenzní skupiny pro jednotlivé KV parametry. Cílem bylo porovnat výchozí hodnoty s klidovými. U všech měřených parametrů byl pomocí post hoc testů nalezen statisticky významný rozdíl. V Tabulce 20 jsou znázorněna výsledná data celkové změny pro obě skupiny. U STK a DTK byl zjištěn signifikantní pokles hodnot pod výchozí hladiny. U obou augmentačních indexů bylo pozorováno zlepšení výsledných hodnot žilní tuhosti. Právě kombinace poklesu STK, DTK a zachování hodnot PWVao pravděpodobně vedla k obecnému zlepšení arteriální tuhosti u hypertenzních jedinců.

Ve druhé analýze, která zohledňovala navíc jednotlivé průřezové studie nebyl shledán statisticky významný rozdíl ve výsledcích hodnot. Takto nastavené tréninkové parametry vyvolávají podobnou změnu hodnot bez rozdílu, o jaký typ tréninku se jednalo.

**Tabulka 20** Statisticky významné změny u hypertenzní skupiny mezi výchozími a potréninkovými hodnotami.

Parametr	Porovnávané hodnoty	Mean difference	p-hodnota
STK (mmHg)	VH – 10'	4,0	0,002
	VH – 20'	5,2	<0,001
DTK (mmHg)	VH – 10'	4,6	<0,001
	VH – 20'	3,7	<0,001
Aix brachial (%)	VH – 10'	14,5	<0,001
	VH – 20'	13,9	<0,001
Aix aortix (%)	VH – 10'	7,2	<0,001
	VH – 20'	6,8	<0,001

**Poznámky:** 10' – deset minut po skončení tréninkové jednotky, 20' – dvacet minut po skončení tréninkové jednotky, VH – výchozí hodnoty

**Zkratky:** Aix – augmentační index, DTK – diastolický tlak krve, STK – systolický tlak krve,

#### 4.2.4 Shrnutí vlivu jednotlivých průřezových studií na změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny po skončení tréninkové jednotky

Rozdíly ve výsledcích PWVao vyšli při v analýze dat nesignifikantně. Jednotlivé varianty agonistického a antagonistického tréninku stejně tak aerobní trénink nevedly ke statisticky významným změnám ve vztahu výchozích hodnot ke klidovým, které byly měřeny v 10 a 20 min ( $p = 0,393$ ). Rozdíly však nebyli ani v analýze, která zohledňovala dobu měření (výchozí hodnoty x klidové hodnoty), experimentální skupinu (normotenze x hypertenze) společně s dobou měření ani v případě, kdy by se k tomu přidal efekt jednotlivých průřezových studií.

#### 4.2.5 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty systolického tlaku krve v průběhu tréninkové jednotky

Výzkum odhalil, že cviky zaměřené na dolní polovinu těla vyvolávají obecně výraznější nárůst STK, oproti výchozím hodnotám ( $p < 0,001$ ). Tento jev byl pozorován jak u skupiny s normotenzí, tak u jedinců trpících hypertenzí, nicméně ve výsledcích mezi oběma skupinami nebyl pozorován statisticky významný rozdíl ( $p < 0,439$ ). Obecně nejvyšší nárůst hodnot STK můžeme pozorovat u komplexních cviků na dolní polovinu těla. Poněkud překvapivě vysoká změna ( $p < 0,001$ ) byla odhalena u aerobního tréninku, především u skupiny s normotenzí. Naopak nejmenší změna oproti výchozím hodnotám ( $p < 0,001$ ) byla pozorována u antagonistických cviků na horní polovinu těla viz Tabulka 21.

**Tabulka 21** Změny systolického tlaku krve vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky

Typ tréninku	Zatěžovaná partie	Komplexnost cviků	Měřený parametr	Skupina – Hypertenze		Skupina – Normotenze			
				Mean Difference	p-hodnota	Mean Difference	p-hodnota		
Agonistický	Dolní polovina těla	Izolovaný	STK (mmHg)	17,8	<0,001	17,2	<0,001		
		Komplexní		20,9		18,1			
	Horní polovina těla	Izolovaný		14,1		7,2			
		Komplexní		15,2		7,8			
Antagonistický	Dolní polovina těla	Izolovaný		16,1		<0,001		17,3	<0,001
		Komplexní		21,9				18,6	
	Horní polovina těla	Izolovaný		9,2				6,0	
		Komplexní		9,3				4,5	
Aerobní			19,9		34,8				

**Zkratky:** STK – systolický tlak krve

#### 4.2.6 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty diastolického tlaku krve v průběhu tréninkové jednotky

Mezi skupinami jedinců s normotenzí a hypertenzí nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ( $p = 0,246$ ) v hodnotách DTK, pokud jsme analyzovali experimentální skupinu, průřezovou studii a komplexnost cviku dohromady. Avšak mezi výchozími hodnotami, typem tréninku a komplexností cviku už rozdíl byl ( $p < 0,001$ ). Je překvapivé, že hodnoty DTK antagonistického i agonistického tréninku na horní polovinu těla zaznamenaly výrazný pokles hodnot, který byl takřka totožný u obou typů tréninku pro obě skupiny ( $p = 0,859$ ). Průřezové studie zaměřené na dolní končetiny ani aerobní trénink změny nepřinesly viz Tabulka 22.

**Tabulka 22** Změny diastolického tlaku krve vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky

Typ tréninku	Zatěžovaná partie	Komplexnost cviků	Měřený parametr	Skupina – Hypertenze + Normotenze	
				Mean Difference	p-hodnota
Agonistický	Dolní polovina těla	Izolovaný	DTK (mmHg)	-0,6	1,000
		Komplexní		-1,4	0,413
	Horní polovina těla	Izolovaný		-10,7	<0,001
		Komplexní		-11,6	<0,001
Antagonistický	Dolní polovina těla	Izolovaný		0,7	0,999
		Komplexní		-0,4	1,000
	Horní polovina těla	Izolovaný		-10,7	<0,001
		Komplexní		-10,4	<0,001
Aerobní			2,0	0,230	

**Zkratky:** DTK – diastolický tlak krve

#### 4.2.7 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty rychlosti šíření aortální pulzní vlny v průběhu tréninkové jednotky

Tato částí jsme se zaměřili na srovnání velikosti změny PWVao v závislosti na komplexnosti prováděných cviků. U většiny případů normotenzní skupiny s výjimkou agonistické série komplexních cviků na dolní polovinu a izolovaných cviků na horní polovinu těla byl zaznamenán signifikantní rozdíl. Obecně lze říci, že v průběhu cvičení u skupiny jedinců s normálním TK dochází ke zvýšení rychlosti PWVao oproti výchozím hodnotám. Naopak u hypertenzních jedinců byl zjištěn nárůst hodnot pouze v případě antagonistického tréninku na dolní končetiny, a to jak pro izolované ( $p < 0,001$ ) tak komplexní ( $p = 0,003$ ) cviky. Zajímavým zjištěním bylo, že aerobní trénink neměl významný vliv na hodnoty PWVao u obou experimentálních skupin viz Tabulka 23.

**Tabulka 23** Změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky

Typ tréninku	Zatěžovaná partie	Komplexnost cviků	Měřený parametr	Skupina – Hypertenze		Skupina – Normotenze	
				Mean Difference	p-hodnota	Mean Difference	p-hodnota
Agonistický	Dolní polovina těla	Izolovaný	PWVao (m/s)	0,4	0,952	0,5	0,020
		Komplexní		0,4	0,972	0,4	0,395
	Horní polovina těla	Izolovaný		-0,2	1,000	0,5	0,064
		Komplexní		0,1	1,000	0,8	<0,001
Antagonistický	Dolní polovina těla	Izolovaný		0,8	<0,001	0,5	0,010
		Komplexní		0,8	0,003	0,5	0,030
	Horní polovina těla	Izolovaný		0,0	1,000	1,0	<0,001
		Komplexní		0,3	1,000	0,8	<0,001
Aerobní				0,5	0,970	0,4	0,918

**Zkratky:** PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny

## 5 Diskuse

V rámci komplexního výzkumu KV zdraví a jeho souvislosti s metabolickými faktory byla provedena řada menších analýz s cílem zjistit vztahy mezi biochemickými, KV, antropometrickými a fyzickými parametry u jedinců s normotenzí a hypertenzí. Tyto aspekty mají klíčový význam pro lékařskou praxi, zejména s ohledem na rostoucí incidenci kardiovaskulárních onemocnění (KVO), která představují jedno z hlavních zdravotních rizik ve světě.

Studie ukázaly, že vysoké hladiny celkového cholesterolu, zejména LDL, dále triacylglycerolů a nízké hladiny HDL jsou často spojeny s hypertenzí [73], na což poukázaly i výsledky této studie. Toto spojení je často patrné u jedinců s obezitou, kde kombinace dyslipidémie a hypertenze je častým jevem [74]. Triglyceridy, další důležitý lipidový faktor, který bývá spojován s výskytem hypertenze [75], byl identifikován u určité části hypertenzní skupiny tohoto výzkumu. Vysoké hladiny triglyceridů mohou mít negativní vliv na cévy a podporovat vznik aterosklerózy, což může následně zvýšit riziko hypertenze u normotenzních jedinců [75]. Obezita, jakožto jeden z hlavních komponentů metabolického syndromu [76], je spojován s chronickým zvýšením TK, protože zasahuje do hormonální homeostázy. Celkově lze konstatovat, že existuje složitý a vzájemně propojený vztah mezi hladinami cholesterolu, triglyceridů, obezitou a hodnotami TK. Tato souvislost má významný vliv na KV riziko a zdůrazňuje důležitost prevence, monitorování a léčby těchto faktorů jako součásti péče o zdraví a prevenci KVO.

Tato studie umožňuje nahlédnout hlouběji do vlivu různých tréninkových proměnných na změny hodnot KV parametrů, ke kterým dochází v průběhu a po skončení tréninkové jednotky. Právě tyto modifikovatelné tréninkové proměnné jako: počet opakování, velikosti odporu, počet sérií, délka odpočinku mezi sériemi atd., hrají klíčovou roli v dynamice krevního tlaku a rychlosti PWV.

### 5.1 Stanovení optimálních parametrů silového tréninku ve vztahu k výši krevního tlaku

Primárním cílem v rámci tréninku není vyvolat krátkodobý a nepřiměřený nárůst hodnot TK a PWV. Místo toho nás zajímá udržení těchto hodnot co nejbližší výchozím hodnotám. Důležité je vytváření tréninkových strategií majících za úkol minimalizaci nadměrného stresu na KV systém, zvláště potom u jedinců s hypertenzí. U této skupiny by nepřiměřený nárůst hodnot TK vlivem špatně sestaveného tréninkového programu mohl být zvláště nebezpečný.

Samotné jednorázové krátkodobé navýšení TK v přiměřených hladinách nemusí být nutně nebezpečné, ale pokud by se mělo pravidelně opakovat v krátkých intervalech za sebou, může představovat jistou obtíž.

Za nejvíce ohroženou skupinou mohou být považováni jedinci s hypertenzí, kteří začínají se silovým tréninkem. Právě v počáteční fázi existuje potenciál pro významnou fluktuaci TK, což může být značná komplikace [42]. S největší pravděpodobností k tomuto dochází z důvodu nedostatečné adaptace organismu na nový typ zátěže, kterou silový trénink představuje. Hypertenze, jakožto stav charakterizovaný chronicky zvýšeným TK, vyžaduje pečlivý přístup při tvorbě tréninkových programů [34]. Nevhodně sestavený tréninkový program by tak mohl vést k nekoordinovaným reakcím KV systému. To se v první řadě týká nebezpečného navýšení hodnot v kombinaci s náhlým a prudkým poklesem TK po skončení cviku nebo tréninku. Je důležité si uvědomit, že prudké zvýšení TK u jedinců s hypertenzí může zatížit srdce nad rámec jeho kapacity [77]. Zvýšený myokardiální stres a se zvýšeným srdečním výdejem může vést v riziko srdečního selhání [78], případně může vést k poškození cév v mozku, což by mohlo vyústit až k cévní mozkové příhodě [79]. U jedinců s hypertenzí je cévní mozková příhoda zvláště riziková. Z těchto důvodů je při cvičení u jedinců s hypertenzí zvláště důležité dosažení rovnováhy mezi adekvátní tréninkovou zátěží a reakcí KV systému. To vyžaduje pečlivě strukturovaný a individualizovaný tréninkový plán, který zohledňuje specifické potřeby a možnosti jedince, a měl by být provázen monitorováním TK během cvičení a jeho následnou kontrolou. Vzájemná spolupráce trenéra s lékařem může být pro jedince s hypertenzí klíčová z hlediska bezpečného a účinného cvičení.

Jak již bylo zdůrazněno ve více předchozích vědeckých výzkumech, existuje řada kritických faktorů, které ovlivňují riziko spojené s cvičením, zejména v kontextu silového tréninku [24, 80]. Obecně nejvíce diskutovaným rizikovým faktorem je velikost odporu. Maximální a submaximální zátěže, pokud jsou doprovázeny Valsalvovým manévrem mohou vyvolat až ztrátu vědomí [80], proto také tento typ tréninku lze aplikovat na zkušené a dobře trénované jedince bez zdravotních omezení. Rovněž může být značně problematická nízká velikost odporu <40 % doprovázená nepřiměřeným počtem opakování, krátkými pauzami a velkým počtem sérií, kdy se cvičí do selhání [41]. Nedostatečný odpočinek mezi sériemi a cviky [20] může nejen vést ke zranění vlivem vyčerpání, ale taktéž nepřiměřeně navýšit TK. Důraz je třeba klást na technickou stránku, adekvátní odpočinek a kontrolu dechu během cvičení, jedině tak lze zásadně minimalizovat rizika a maximalizovat tréninkové benefity.

Na základě důkladné systematické rešerše literatury jsme vytvořili tréninkový program, který pečlivě zohledňuje zásady bezpečnosti a současně má za cíl dosáhnout maximální

efektivity. Tento program vychází z nejnovějších poznatků v oblasti sportovní vědy a kardiovaskulární medicíny a kombinuje je s osvědčenými metodami tréninku [81-83]. Všechny tréninkové parametry a proměnné byly pečlivě vybírány a stanoveny s výrazným zřetelem ke specifickým potřebám a omezením jedinců trpících hypertenzí I. stupně, protože se u nich může projevit neočekávaná fyziologická a KV reakce na zátěž. Tento přístup byl navržen s cílem maximalizovat bezpečnost a účinnost tréninkového režimu pro tuto konkrétní populaci.

Dle současných zjištění by větší velikost odporu než 75 % 1RM [23, 84, 85] měla významný vliv výsledné hodnoty KV systému. Podobně je tomu v případě většího počtu sérií nežli 3 [19, 86, 87] a kratších intervalů odpočinku jak 90 s [20] jak ukázaly předchozí studie. Je velice pravděpodobné, že by větší odpor nebo delší svalová tenze vyvolala větší stres na KV systém, což by se mohlo projevit v rychlejším a intenzivnějším nárůstu a následném poklesu TK po tréninku.

## **5.2 Akutní změny systolického a diastolického tlaku krve v průběhu tréninkového programu**

Dnes dobře víme, že v průběhu cvičení o středně-vysoké intenzitě (60-80 % 1RM) se TK zvyšuje. Rozhodující faktorem však zůstává tréninková metoda a její parametry, jak prokázali McCartney (1999) [88] nebo MacDougal (1985)[24] u legpressu s 90 % 1RM ve starších studiích, tak v nejnovějších např. Correia a kol. (2023) [89]. V této studii jsme měřili TK a další parametry bezprostředně po odcvičených sériích. Hodnoty STK zůstávají po odcvičené sérii zvýšeny nejvýrazněji u komplexních cviků především však u dolních končetin. Rozdíl nehrálo ani zda se jednalo o antagonistický nebo agonistický typ tréninku. Právě komplexní cviky na dolní končetiny jako legpress, mrtvý tah nebo dřep mimo jiné výrazně zvyšují nitrohruční tlak v porovnání s benchpressem nebo veslováním s kladkou. Tyto cviky doporučují Blažek a kol. (2019) [90] u začátečnicků a jedinců s hypertenzí, což se mimo jiné prokázalo v této studii na STK. Právě zvýšený tlak na cévy vlivem silového tréninku zvyšuje cévní odpor a TK, což vede k nahromadění metabolitů, které aktivují chemoreceptory následně dochází ke zvýšení aktivity sympatiku, což zapříčiní nárůst TK [22].

Výsledky výzkumu respektují studii Hilla (1989) [91]. Ten ukázal na šestici studentů cvičících s odporem 70% 1RM po třech sériích bezprostředně po skončení rychlý a výrazný pokles, což by odpovídalo jevu známému jako blackout fenomén [80], následně se hodnoty vracely na svoje původní hladiny do 1 min. Podobně rychlý pokles jako Hill (1996) [91] nebo Duncan a kol. (2014) [92] jsme vyzorovali u normotenzních jedinců v případě DTK, nicméně

naše měření nebyla invazivní a tudíž prodleva mezi dokončenou sérií a výsledkem měření byla delší. Pokles DTK je způsoben především arteriální vazodilatací během diastolické fáze a bývá považován za běžný jev [93]. U osob užívajících léky na hypertenzi se mohou hodnoty TK lišit, protože odezva lidského organismu je u každého jedince individuální. V kontextu těchto výsledků se jako vhodné jeví u hypertoniků začít tréninkovou jednotku izolovaným cvikem, kdy dojde k menšímu navýšení TK. Tato série tak může sloužit jako preaktivace svalů a příprava na těžší pracovní série. V žádném případě bychom během této série neměli cvičit do selhání.

Další možností může být zařazení pyramidové metody, tedy postupné navyšování zátěže. Zde by opět v ideálním případě mělo dojít k postupnému navýšení TK. Studie Valeho (2018) [94] prokázala že nízký odpor (<60 1RM) vyvolá nižší nárůst STK u žen s hypertenzí v porovnání s vyšší intenzitou (>80 % 1RM), podobně také studie od Duncana a kol. (2014) [92] prokázala u základních silových cviků (dřep, mrtvý tah a bench press) nižší nárůst STK u intenzity 40 % 1RM v porovnání s 80 % 1RM nebo jedna z prvních studií na toto téma intenzit nicméně u normotenzních jedinců O'Connora a kol. (1993) [84]. V ideálním případě kombinovat obě metody tzn. zařazení izolovaného cviku (2 série, <60 % 1RM) před komplexním cvikem. Poté navázat pyramidou od 3 do 4 sérií (60 % - 70 % - 80 % - 80 % 1RM). Podobně poslední cvik tréninku by měl být izolovaný, aby došlo k menšímu skoku TK. Příliš velká fluktuace TK je u hypertenzních jedinců nebezpečná. Tyto metody však bohužel v současné době nejsou prozkoumány a nabízejí prostor pro další výzkumy. Většina dostupných studií zahrnuje pouze jeden typ odporu a nikoliv proměnný, který by v tomto kontextu mohl být bezpečnějším.

U začátečníků nebo jedinců, kteří mají omezené časové možnosti (1-2 tréninkové jednotky týdně) se jako nejefektivnější typ tréninku z pohledu rozvoje svalové síly, hypertrofie a obecné výkonnosti jeví trénink na celé tělo [95]. Pokud bychom opět vycházeli z výsledků této anebo již publikovaných studií bylo by vhodné u hypertoniků začínat trénink cvikem na horní polovinu těla (bench press, veslování v sedě, stahování horní kladky apod.) [90], a teprve poté přejít na cviky na dolní polovinu těla. K dispozici máme několik studií hodnotících vliv pořadí cviků na svalovou kontraktibilitu. Ukázalo se, že pořadí může zvýšit [96], ale i snížit výkon [97]. Na základě těchto poznatků je dobré, aby hypertonici konzultovali metodologii tréninku se svým trenérem a sportovním lékařem.

### 5.2.1 Vyjádření k hypotéze H<sub>03</sub>

Předpokládali jsme, že izolované cviky vyvolají podobný nárůst hodnot STK a DTK v průběhu cvičení u jedinců s normotenzní a hypertenzí jako aerobní (kontrolní) trénink. Tato



hypotéza se z našich výsledků nepotvrdila v žádném z případů u STK. Pouze DTK při agonistickém i antagonistickém tréninku na dolní končetiny vykazoval podobné statisticky nevýznamné změny jako aerobní trénink.

Naopak se potvrdila alternativní hypotéza  $H_3$  u STK. Komplexní/vícekloubové cviky vedly ke statisticky významně vyššímu nárůstu hodnot STK u jedinců s normotenzí a hypertenzí ve srovnání s izolovanými cviky. U výsledků DTK byl pozorován významný pokles u agonistického a antagonistického tréninku na horní končetiny ( $p < 0,001$ ).

### **5.3 Akutní změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny v průběhu tréninkového programu**

Zajímavé výsledky jsou k nalezení u PWV<sub>ao</sub>, kdy k navýšení došlo v případě hypertenzní skupiny pouze u antagonistického tréninku na dolní polovinu těla, a to jak u série cviků izolovaných, tak komplexních. Juřík, Zebrowska a Šťastný (2021) [37] zmiňují v jejich metaanalýze, že v rámci všech studií zaměřených na okamžitou reakci organismu na akutní zátěž formou odporového tréninku, a to bez ohledu na jeho intenzitu, bylo pozorováno významné zvýšení PWV u zdravých mužů a žen. Což odpovídá i výsledkům této studie. Agonistický trénink na celé tělo, ale také excentrický trénink [98] a split trénink (na horní/dolní polovinu těla či v jiné kombinaci) zvyšují PWV [99]. Bohužel v současné době není k dispozici studie, která by potvrdila nebo vyvrátila že silový trénink bezprostředně po skončení jednotky zvyšuje nebo snižuje PWV<sub>ao</sub> u jedinců s hypertenzí. Většina dostupné literatury nahlíží na tento parametr v dlouhodobém horizontu. Dle studie od Nitzscheho a kol. (2016) [100] silový trénink o střední intenzitě (70 % 1RM), s nízkým počtem opakování a dlouhými pauzami vede k minimálním výchylkám KV parametrů. I v této studii byl použit střední odpor (75 % 1RM) s relativně dlouhými pauzami 90 s mezi sériemi a cviky. Nicméně mechanismus, díky kterému nedošlo k výrazným změnám PWV<sub>ao</sub> u hypertenzní skupiny, je nejasný. Naopak je překvapující, protože se jedná o skupinu s menšími zkušenostmi v silovém tréninku, tudíž by reakce PWV<sub>ao</sub> měla být opačná. Je však zapotřebí dalších studií, které by se věnovaly hypertenzním pacientům a vlivu odlišných tréninkových proměnných ve vztahu k akutním změnám žilní tuhosti.

#### **5.3.1 Vyjádření k hypotéze $H_{02}$**

Původním předpokladem bylo, že antagonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vyvolá podobné zvýšení hodnot PWV<sub>ao</sub> v průběhu tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$  jako aerobní (kontrolní) trénink u jedinců s normotenzí a hypertenzí. Antagonistický trénink u normotenzní skupiny naopak vyvolal nejvyšší nárůst PWV<sub>ao</sub> u komplexních

i izolovaných cviků. U hypertenzní skupiny byly výsledky smíšené. Nicméně ani alternativní hypotéza H<sub>2</sub> se nepotvrdila, aby agonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vedl ke statisticky významně vyššímu nárůstu hodnot rychlosti PWV<sub>ao</sub> v průběhu tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$  ve srovnání s antagonistickým silovým tréninkem v sériích u jedinců s normotenzí a hypertenzí.

#### **5.4 Efekt jednotlivých průřezových studií na hodnoty kardiovaskulárních parametrů po skončení tréninkové jednotky**

V úvodu našeho výzkumu jsme se pokusili provést sjednocení dat z obou sledovaných skupin s cílem vytvořit celkový obraz. Nicméně tyto snahy o spojení se ukázaly jako problematické a nepřínosné pro analýzu. Předpokládali jsme, že potréningová měření u obou sledovaných skupin povedou k signifikantním změnám. Avšak naše analýzy neprokázaly tyto očekávané změny. S ohledem na výše uvedené zjištění jsme se rozhodli provést důkladnou analýzu jedinců s normálním a vysokým TK odděleně. Vzhledem k uvedeným výsledkům a jejich interpretaci je nezbytné klást důraz na důležitost individualizace tréninkových programů. Nelze používat univerzální tréninkové programy a aplikovat je na kohokoliv. Naše analýzy jednoznačně dokázaly, že existují signifikantní rozdíly v odpovědích na tréninkové jednotky mezi skupinou normotenzních a hypertenzních jedinců. Tato zjištění vyžadují komplexní a individualizovaný přístup k navrhování a implementaci tréninkových programů. Ty by měly být pečlivě adaptovány na konkrétní potřeby a charakteristiky každého jedince, s cílem dosáhnout optimálního účinku tréninku a minimalizovat potenciální rizika nežádoucích účinků. Tento odborný přístup se stává stále důležitějším v kontextu zvyšujícího se povědomí o individuální variabilitě v reakcích na trénink a jeho kritickém vlivu na KV zdraví.

Z analýzy dat lze inferovat, že u skupiny normotenzních jedinců nebyly zvolené tréninkové parametry dostatečně silné či stimulující, aby vyvolaly potréningovou hypotenzi TK a pokles rychlosti PWV<sub>ao</sub> v prvních 20 minutách. Tento výsledek lze pravděpodobně částečně přičíst i předchozím zkušenostem se silovým tréninkem, neboť v rámci této skupiny nebyli žádní začátečníci. V podobných studiích jako je tato Keese a kol. (2011) [101] a Ruiz a kol. (2018) [102] prokázali pokles STK a DTK u mužů s normotenzí, kteří byli trénovaní. Velikost zvoleného odporu byla 70 % a 80 % 1RM, interval odpočinku 90 a 120 s, počet cviků 8 a 9 a počet sérií 3. Největší pokles hodnot byl pozorován v prvních 30 minutách dále pak hodnoty klesaly, a to až po dobu 90 minut. Teprve poté se začaly postupně zvyšovat. Ruizovy a kol. (2018) [102] výsledky však poukazují na to, že během prvních 15 minut se mohou hodnoty

stabilizovat na výchozích hladinách a poté začnou dále klesat. Tento výsledek by odrážel skutečnost, že po předchozím navýšení hodnot, ke kterému došlo u všech průřezových studií se u normotenzních trénovaných jedinců mohou hodnoty držet na své původní hladině okolo 15. minuty a teprve poté začnou klesat. Ke stejnému závěru došel i O'Connor (1993) [84] u žen, které cvičily s odporem 60 % a 80 % 1RM, že v prvních 15 minutách může zůstat TK zvýšen nebo podobný výchozím hodnotám a teprve poté dochází k signifikantnímu poklesu. Je dobré zdůraznit, že u trénovaných jedinců nemusí hypotenze nastat ihned po ukončení tréninku. Místo toho k ní dojde v určitém časovém odstupu. Tato pozorovaná časová závislost může být interpretována jako projev adaptace těla na zátěž u normotenzních silově cvičících jedinců a jeho příprava na možnou následnou sérii cviků. Tato fyziologická reakce těla minimalizuje výrazné fluktuace v TK. Panuje zde snaha o udržení stabilního prostředí v průběhu tréninku a po něm.

Focht a Koltyna (1990) [103], zaznamenali výraznější potréningovou hypotenzi u experimentální skupiny pracující s vyššími odpory (80 % 1RM) nežli s nízkým odporem (50% 1RM). Rezka a kol. (2006) [104] porovnávali 40 % a 80 % 1RM odpor a opět vyšší odpor znamenal vyšší nárůst TK u normotenzních trénovaných jedinců. Opakem je studie od Polito a kol. (2011) [105], kteří prokázali signifikantní pokles TK již v průběhu prvních 10 min po skončení jednotky nicméně toto snížení bylo u skupiny netrénovaných jedinců. Tato pozorování ilustrují výrazné rozdíly ve výsledcích dosahovaných mezi trénovanými a netrénovanými jedinci.

Dalším parametrem který má jednoznačně vliv je počet sérií Figueiredo, Rhea a kol. (2015) [19], Polit a Farinattiho (2009) [105] a Scher a kol. (2011) [87] prokázali, že vyšší počty sérií vedou k většímu nárůstu TK a zároveň mohou vyvolat výraznější hypotenzi. Figueiredo, Willardson a kol. (2016) zjistili, že delší pauza mezi cviky a sériemi vedla u pacientů s hypertenzí k menšímu poklesu STK a DTK.

Studie provedená Motou a kol. (2009) [106] poskytla důležité poznatky o dynamice TK u jedinců s klasifikovanou hypertenzí. Jejich závěry ukázaly, že po úvodním zvýšení TK dochází v prvních 15 minutách k rychlému poklesu TK pod výchozí hodnoty. Tento rychlý pokles pak pokračuje, avšak již velmi pomalu, přibližně po dobu 45 minut po skončení tréninkové jednotky. Studie se zaměřila na muže středního věku 42,9 ( $\pm 1,6$ ) let. S podobným výsledkem přišel také Brito a kol. (2015) [85], u starších žen s průměrným věkem 56 ( $\pm 3,0$ ) let majících sedavé zaměstnání. V jejich experimentu byla velikost odporu nastavena dvakrát: jednou na 50 % 1RM a podruhé na 80 % 1RM. Během cvičení, které zahrnovalo 10 různých cviků s pauzou trávající 90 sekund mezi sériemi, došlo k výraznému poklesu TK. Největší pokles

byl pozorován během prvních 10 minut cvičení, a následně došlo k minimálním změnám. Tento efekt poklesu tlaku přetrvával déle než 90 minut. Je zajímavé, že u vyššího odporu byly pozorovány větší rozdíly v poklesu STK a DTK. Tyto výsledky poukazují na důležitost velikosti odporu a jeho vlivu na reakci TK během silového tréninku. Costa a kol. (2010) [107] potvrdili tento výsledek i u seniorek starších 63 let trpících hypertenzí. Pokud bychom zvolili nižší intenzitu tréninku, konkrétně 40 % 1RM, a zachovali bychom ostatní parametry tréninku, které jsou podobné těm, které jsme použili ve svém výzkumu (3 série, 90 s pauza mezi sériemi, 6 cviků), tak i u žen středního věku s hypertenzí a sedavým zaměstnáním můžeme pozorovat hypotenzi. Tento efekt přetrvává až po dobu 120 minut po skončení tréninku a signifikantní změny v TK nastávají již 15 minut po skončení cvičení, jak dokládá také studie od Mela a kol. (2006) [108]. Za důležitý parametr tak musíme brát i stupeň trénovanosti.

V průběhu detailního rozboru efektu jednotlivých průřezových studií na Aix, což jsou důležité parametry, které určují žilní tuhost. Aix jsou klíčovými ukazateli pro hodnocení elasticity a funkčnosti cév. U jedinců s hypertenzí je často pozorována zvýšená žilní tuhost, což může být spojeno s rizikem KVO. Naše studie zahrnovala analýzu Aix u jedinců s hypertenzí a normotenzí, kteří absolvovali jednorázové silové tréninky a aerobní trénink. Výsledky této analýzy ukázaly, že všechny zkoumané typy tréninku měly pozitivní vliv na Aix v 10. a 20. minutě po skončení tréninku u skupiny s hypertenzí. Tato pozitivní změna naznačuje, že jednotlivé průřezové studie byly úspěšné ve snaze zlepšení žilní tuhosti. Pozorovaná korelace mezi tréninkem a Aix může naznačovat potenciální benefit pro KV zdraví těchto jedinců. Tato zjištění jsou v souladu s předchozími výzkumy, které ukázaly, že aerobní [109] a nízkointenzivní silový trénink u žen [110, 111] mohou pozitivně ovlivnit cévní zdraví v prvních minutách po tréninku. Nicméně v Evansově [112] metaanalýze z roku 2018, nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách Aix po silovém tréninku. Je však důležité zdůraznit, že konkrétní mechanismy, skrze které trénink působí na Aix, jsou stále předmětem dalšího výzkumu. Tím se otevírá prostor pro další studie a detailní zkoumání této problematiky, což může přispět k lepšímu porozumění vztahu mezi tréninkem a KV zdravím u jedinců s hypertenzí.

#### 5.4.1 Vyjádření k hypotéze H<sub>01</sub>

Předpokládali jsme, že antagonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vyvolá totožný pokles hodnot STK a DTK po skončení tréninkové jednotky na hladině  $p < 0,05$ , jako aerobní (kontrolní) trénink u jedinců s normotenzí a hypertenzí. Výjimkou u normotenzní skupiny byl DTK u agonistického tréninku na horní polovinu těla, kdy byl zaznamenán pokles

v obou případech potreninkového měření. Dále pak u antagonistického tréninku na horní polovinu, kde byl signifikantní pokles v 10. minutě odpočinku. U trénovaných normotenzních jedinců tak velice pravděpodobně tyto změny nastávají až po delší době.

#### 5.4.2 Vyjádření k hypotéze H<sub>04</sub>

Potvrdilo se, že u hypertenzní skupiny dochází k výraznější potreninkové hypotenzii v porovnání se skupinou s normotenzí. Ve všech průřezových studiích byl zjištěn statisticky významný pokles STK a DTK, což je největší rozdíl v porovnání s normotenzní skupinou. Tento výsledek představuje zásadní odlišnost ve srovnání s jedinci, kteří mají TK v normě. Z tohoto důvodu bychom k nim měli přistupovat jinak při tvorbě tréninkových programů. Je třeba zdůraznit, že tyto změny TK byly identifikovány v prvních 20 minutách po skončení tréninkových jednotek. Tento krátký časový úsek naznačuje rychlou reakci regulačních systémů TK u hypertenzní skupiny po fyzické aktivitě.

To, co činí tuto studii výjimečnou je analýza akutních změn STK, DTK a PWVao, ke kterým dochází mezi cviky na dolní a horní polovinu těla, zároveň porovnává antagonistický trénink s agonistickým, rozlišuje mezi izolovanými a komplexními cviky, a to vše ve vztahu k výši TK.

## 6 Závěr

V disertační práci jsem se zabýval akutním efektem jednotlivých variant silového tréninku, který byl doplněn o kontrolní aerobní trénink, u jedinců s normotenzí a hypertenzí v kontextu kardiovaskulárního zdraví a jeho vztahu k metabolickým faktorům a fyzickým parametrům. Ukazuje, že vysoké hladiny cholesterolu (zejména LDL) a triacylglycerolů, a nízké hladiny HDL jsou často spojovány s hypertenzí, zejména u lidí s obezitou. V rámci studie jsem se snažil upozornit na složitý vztah mezi hladinami lipidů, obezitou a krevním tlakem a jejich význam z hlediska kardiovaskulárního rizika. Vedle výše krevního tlaku, tréninkových zkušeností a věku je klíčové zohledňovat jednotlivé tréninkové parametry, jako je velikost odporu, počet opakování a sérií, délka odpočinku mezi sériemi.

Výsledky ukazují, že existují rozdíly mezi normotenzními a hypertenzními jedinci v jejich reakcích na tréninkové metody a nelze tak u obou skupin použít stejný typ tréninku a očekávat, že by změny byly podobné. U hypertenzních jedinců může docházet k výraznějším fluktuacím krevního tlaku během tréninku, což může být rizikové. Proto je důležité vytvářet tréninkové programy, které jsou přizpůsobeny individuálním potřebám a omezením jednotlivců.

Akutní potréningová hypotenze nastupující v prvních minutách po skončení tréninkové jednotky je typická u hypertenzních jedinců, ať už se jedná o aerobní nebo silový trénink, což je největší rozdíl v porovnání s normotenzní skupinou. U trénovaných jedinců s optimálním krevním tlakem naopak tyto změny mohou nastat až po delší době. Přesný důvod a mechanismus však není znám. Při zachování stejného tréninkového objemu a parametrů lze u hypertoniců očekávat podobnou velikost změny systolického a diastolického krevního tlaku u agonistického i antagonistického tréninku oproti výchozím hodnotám. Rozdíl v tomto případě nehraje ani zda se jedná o trénink zaměřený na horní nebo dolní polovinu těla.

Zajímavým výsledkem studie bylo zjištění ohledně rychlosti šíření aortální pulzní vlny a jejího vztahu k různým tréninkovým jednotkám. Analýza průběžných a klidových hodnot neprokázala žádné statisticky významné rozdíly. Toto zjištění platí pro většinu tréninkových jednotek. Výjimkou byl antagonistický trénink zaměřený na dolní polovinu těla u jedinců s hypertenzí. Zde byl zaznamenán signifikantní rozdíl v hodnotách rychlosti šíření aortální pulzní vlny během provádění jak komplexních, tak izolovaných cviků v průběhu tréninku. Tento rozdíl však nebyl pozorován po skončení tréninku.

Komplexní cviky vyvolávají výraznější zvýšení systolického krevního tlaku ve srovnání s izolovanými cviky. Avšak je třeba podotknout, že hodnoty systolického krevního tlaku byly

ještě vyšší během aerobního tréninku ve srovnání s izolovanými cviky. Toto pozorování poukazuje na značný vliv komplexního cvičení a aerobního tréninku na dynamiku systolického krevního tlaku. Pokud se zaměříme na diastolický krevní tlak, byly nejvýraznější změny zaznamenány u průřezových studií prováděných na horní polovinu těla. U těchto cviků došlo k významnému poklesu hodnot diastolického krevního tlaku během tréninku. Naopak, při tréninku zaměřeném na dolní polovinu těla nebyly průběžné a výchozí hodnoty diastolického krevního tlaku významně odlišné.

Výsledky naší studie zdůrazňují význam pečlivého výběru tréninkových parametrů, včetně optimálního nastavení odporu, optimální délky odpočinkových intervalů a vhodného pořadí cviků. Tato individualizace tréninkových programů je zásadní nejen pro dosažení maximálních tréninkových benefitů, ale také pro minimalizaci potenciálního negativního stresu na kardiovaskulární systém. Tento aspekt nabývá ještě větší důležitosti u jedinců trpících hypertenzí, kde je nutno dbát na bezpečnost a optimální účinnost cvičení. Vyvážená kombinace tréninkových parametrů vede k efektivnímu silovému tréninku, nárůstu svalové hmoty a zlepšení kardiovaskulárního zdraví.

Závěrem bych rád zdůraznil, že prevence, léčba a pravidelné monitorování antropometrických, metabolických, fyzických a kardiovaskulárních parametrů by mělo být klíčovou součástí celkové péče o zdraví jednotlivce. Tato opatření jsou zásadní pro snižování rizika kardiovaskulárních onemocnění a podporu celkového zdraví a pohody.

## 7 Zdroje

1. Thompson, P.D., et al., *The acute versus the chronic response to exercise*. *Medicine and science in sports and exercise*, 2001. **33**(6 Suppl): p. S438-45; discussion S452.
2. Ades, P.A., *Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease*. *New England Journal of Medicine*, 2001. **345**(12): p. 892-902.
3. Fletcher, A. and C. Bulpitt, *Epidemiology of hypertension in the elderly*. *Journal of hypertension*. Supplement: official journal of the International Society of Hypertension, 1994. **12**(6): p. S3-S5.
4. O'Connor, G., Buring JE, Yusuf S, Goldhaber SZ, Olmstead EM, Paffenbarger RS, and Hennekens CH. An overview of randomized trials of rehabilitation with exercise after myocardial infarction. *Circulation*, 1989. **80**: p. 234-244.
5. Taylor, R.S., et al., *Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. *The American journal of medicine*, 2004. **116**(10): p. 682-692.
6. Kraemer, W.J., et al., *American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults*. *Medicine and science in sports and exercise*, 2002. **34**(2): p. 364-380.
7. Pescatello, L.S., et al., *Exercise and hypertension*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004. **36**(3): p. 533-553.
8. Pickering, T.G., et al., *Recommendations for blood pressure measurement in humans: an AHA scientific statement from the Council on High Blood Pressure Research Professional and Public Education Subcommittee*. *The Journal of Clinical Hypertension*, 2005. **7**(2): p. 102.
9. Thompson, P.D., et al., *ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. *Current sports medicine reports*, 2013. **12**(4): p. 215-217.
10. Williams, M.A., et al., *Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism*. *Circulation*, 2007. **116**(5): p. 572-584.
11. Cardoso Jr, C.G., et al., *Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure*. *Clinics*, 2010. **65**(3): p. 317-325.
12. Esmailiyan, M., et al., *Effect of different types of aerobic exercise on individuals with and without hypertension: An updated systematic review*. *Current problems in cardiology*, 2021: p. 101034.
13. Schoenfeld, B.J., et al., *Strength and hypertrophy adaptations between low-vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis*. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2017. **31**(12): p. 3508-3523.
14. Yamak, B., et al., *The effects of exercise on body posture*. *Electronic Turkish Studies*, 2018. **13**(18).
15. Liguori, G. and A.C.o.S. *Medicine, ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 2020: Lippincott Williams & Wilkins.
16. Tibana, R.A., et al., *Similar hypotensive effects of combined aerobic and resistance exercise with 1 set versus 3 sets in women with metabolic syndrome*. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2015. **35**(6): p. 443-450.



17. Poton, R. and M.D. Polito, *Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects*. Clinical physiology and functional imaging, 2016. **36**(3): p. 231-236.
18. Dias, M., et al., *Comparison of repetition number between uni-joint and multi-joint exercises with 1-min and 2-min rest intervals*. J Exerc Physiol Online, 2014. **17**(4): p. 93-101.
19. Figueiredo, T., et al., *Influence of number of sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. **29**(6): p. 1556-1563.
20. Figueiredo, T., et al., *Influence of rest interval length between sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session performed by prehypertensive men*. Journal of strength and conditioning research, 2016. **30**(7): p. 1813-1824.
21. Neto, V.G.C., et al., *Influence of load intensity on blood pressure after a resistance training session*. Apunts. Medicina de l'Esport, 2017. **52**(193): p. 23-28.
22. Cornelissen, V.A. and N.A. Smart, *Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis*. Journal of the American heart association, 2013. **2**(1): p. e004473.
23. Figueiredo, T., et al., *Influence of load intensity on postexercise hypotension and heart rate variability after a strength training session*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. **29**(10): p. 2941-2948.
24. MacDougall, J., et al., *Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise*. Journal of applied Physiology, 1985. **58**(3): p. 785-790.
25. Moreira, O., et al., *Behavior of heart rate, blood pressure and double product in three types of execution of bench press exercises*. Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo, 2013. **23**(3): p. 1-5.
26. Moreira, S.R., et al., *Acute blood pressure changes are related to chronic effects of resistance exercise in medicated hypertensives elderly women*. Clinical physiology and functional imaging, 2016. **36**(3): p. 242-248.
27. de Assis de Jesus, R.C., et al., *Cardiovascular response in three different resistance exercises to the deltoid muscle*. Bioscience Journal, 2013. **29**(6): p. 2077-2084.
28. Fleck, S. and L. Dean, *Influence of weight training experience on blood pressure response to exercise*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1985. **17**(2): p. 185.
29. Lamotte, M., et al., *Acute cardiovascular response to resistance training during cardiac rehabilitation: effect of repetition speed and rest periods*. European Journal of Preventive Cardiology, 2010. **17**(3): p. 329-336.
30. Haslam, D., et al., *Hemodynamics During Weight Lifting in Cardiac Patients*. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention, 1987. **7**(10): p. 476.
31. Westcott, W. and B. Howes, *Blood pressure response during weight training exercise*. Strength & Conditioning Journal, 1983. **5**(1): p. 67-68.
32. Fisher, M.M., *The effect of resistance exercise on recovery blood pressure in normotensive and borderline hypertensive women*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2001. **15**(2): p. 210-216.
33. Cornelissen, V.A. and R.H. Fagard, *Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials*. 2005, LWW. p. 251-259.
34. Williams, B., et al., *2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the*

- European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). European heart journal, 2018. 39(33): p. 3021-3104.*
35. Whelton, P.K., et al., 2017  
*ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. Journal of the American College of Cardiology, 2018. 71(19): p. e127-e248.*
  36. Jurik, R. and P. Stastny, *Role of nutrition and exercise programs in reducing blood pressure: a systematic review. Journal of Clinical Medicine, 2019. 8(9): p. 1393.*
  37. Jurik, R., A. Žebrowska, and P. Stastny, *Effect of an acute resistance training bout and long-term resistance training program on arterial stiffness: A systematic review and meta-analysis. Journal of Clinical Medicine, 2021. 10(16): p. 3492.*
  38. Lauer, M.S., et al., *Angiographic and prognostic implications of an exaggerated exercise systolic blood pressure response and rest systolic blood pressure in adults undergoing evaluation for suspected coronary artery disease. J Am Coll Cardiol, 1995. 26(7): p. 1630-6.*
  39. Manolio, T.A., et al., *Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study. Am J Hypertens, 1994. 7(3): p. 234-41.*
  40. Mottram, P.M., et al., *Patients with a hypertensive response to exercise have impaired systolic function without diastolic dysfunction or left ventricular hypertrophy. J Am Coll Cardiol, 2004. 43(5): p. 848-53.*
  41. Pescatello, L.S., et al., *Exercise for hypertension: a prescription update integrating existing recommendations with emerging research. Current hypertension reports, 2015. 17: p. 1-10.*
  42. Jacobs, P.L., *NSCA's essentials of training special populations. 2017: Human Kinetics.*
  43. Grogan, T., et al. *Noninvasive central hemodynamic monitoring in the primary care setting: improving prevention and management of cardiovascular diseases. Journal of clinical and translational research, 2023. 9, 175-181.*
  44. Widimský J , F.J., Ceral J, a kol., *Diagnostické a léčebné postupy u arteriální hypertenze, verze 2022: Doporučení České společnosti pro hypertenzi. Hypertenze & kardiovaskulární prevence, 2022. 12(2).*
  45. Ciolac, E.G., et al., *Acute effects of continuous and interval aerobic exercise on 24-h ambulatory blood pressure in long-term treated hypertensive patients. International journal of cardiology, 2009. 133(3): p. 381-387.*
  46. Nascimento, L., et al., *Acute and chronic effects of aerobic exercise on blood pressure in resistant hypertension: study protocol for a randomized controlled trial. Trials, 2017. 18(1): p. 1-8.*
  47. Anunciacao, P.G., et al., *Blood pressure and autonomic responses following isolated and combined aerobic and resistance exercise in hypertensive older women. Clinical and experimental hypertension, 2016. 38(8): p. 710-714.*
  48. Lee, H.-j., et al., *Sex differences in the association between sarcopenia and mild cognitive impairment in the older Korean population. BMC geriatrics, 2023. 23(1): p. 1-10.*

49. Wu, L.-H., C.-Y. Kao, and S.-F. Chang, *Associations of Physiological State, Cognitive Function, Sensory Function, and Biochemical Index with Frailty Status Among Patients with Schizophrenia*. 2021.
50. Conroy, R.M., et al., *Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project*. *European heart journal*, 2003. **24**(11): p. 987-1003.
51. Tůmová, E. and M. Vráblík, *Stratifikace kardiovaskulárního rizika a nové cílové hodnoty sérových lipidů*. *Kardiologická revue–Interní medicína*, 2017. **19**(3): p. 152-156.
52. Toumpakari, Z., et al., *Cardiometabolic risk factors and physical activity patterns maximizing fitness and minimizing fatness variation in Malaysian adolescents: a novel application of reduced rank regression*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019. **16**(23): p. 4662.
53. Amaral, J.F., M. Mancini, and J.M. Novo Júnior, *Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements*. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 2012. **16**: p. 216-224.
54. Leong, D.P., et al., *Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study*. *The Lancet*, 2015. **386**(9990): p. 266-273.
55. Haff, G.G. and N.T. Triplett, *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*. 2015: Human kinetics.
56. Suchomel, T.J., S. Nimphius, and M.H. Stone, *The importance of muscular strength in athletic performance*. *Sports medicine*, 2016. **46**: p. 1419-1449.
57. Cormie, P., M.R. McGuigan, and R.U. Newton, *Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production*. *Sports medicine*, 2011. **41**: p. 17-38.
58. Horvath, I.G., et al., *Invasive validation of a new oscillometric device (Arteriograph) for measuring augmentation index, central blood pressure and aortic pulse wave velocity*. *Journal of hypertension*, 2010. **28**(10): p. 2068-2075.
59. Baulmann, J., et al., *A new oscillometric method for assessment of arterial stiffness: comparison with tonometric and piezo-electronic methods*. *Journal of hypertension*, 2008. **26**(3): p. 523-528.
60. Braber, T.L., et al., *Identifying Coronary Artery Disease in Asymptomatic Middle-Aged Sportsmen: The Additional Value of Pulse Wave Velocity*. *PLoS One*, 2015. **10**(7): p. e0131895.
61. Haapala, E.A., et al., *The associations of cardiorespiratory fitness, adiposity and sports participation with arterial stiffness in youth with chronic diseases or physical disabilities*. *Eur J Prev Cardiol*, 2017. **24**(10): p. 1102-1111.
62. Franzen, K., et al., *Acute and chronic effects on central hemodynamics and arterial stiffness in professional rowers*. *Physiological measurement*, 2016. **37**(4): p. 544.
63. Arciero, P.J., et al., *Morning exercise reduces abdominal fat and blood pressure in women; evening exercise increases muscular performance in women and lowers blood pressure in men*. *Frontiers in Physiology*, 2022. **13**: p. 983.
64. Pizano, A., D. Echeverri, and F.R. Montes, *Efecto del ejercicio aeróbico en la rigidez vascular en una población sana*. *Revista colombiana de cardiología*, 2017. **24**(3): p. 308-315.
65. Yeboah, K., et al., *Arterial stiffness in hypertensive and type 2 diabetes patients in Ghana: comparison of the cardio-ankle vascular index and central aortic techniques*. *BMC Endocr Disord*, 2016. **16**(1): p. 53.

66. Borg, G.A., *Psychophysical bases of perceived exertion*. Medicine and science in sports and exercise, 1982. **14**(5): p. 377-381.
67. Borg, G., *Borg's perceived exertion and pain scales*. 1998: Human kinetics.
68. Yamauchi, S.M.S., *Rating of perceived exertion for quantification of the intensity of resistance exercise*. International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 2013. **1**(09).
69. Tan, K.C.B., et al., *Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies*. Lancet, 2004. **363**(9403): p. 157-63.
70. Lohman, T., L.A. Milliken, and A.C.o.S. Medicine, *ACSM's body composition assessment*. 2019: Human Kinetics.
71. Bartunkova, S., *Praktická cvičení z fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-274-5.
72. Massy-Westropp, N.M., et al., *Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study*. BMC research notes, 2011. **4**(1): p. 1-5.
73. Zipes, D.P., *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. BMJ Medical Journal-ISSN 2348-392X, 2018. **5**(2): p. 63-63.
74. Vekic, J., et al., *Obesity and dyslipidemia*. Metabolism, 2019. **92**: p. 71-81.
75. Tohidi, M., et al., *Triglycerides and triglycerides to high-density lipoprotein cholesterol ratio are strong predictors of incident hypertension in Middle Eastern women*. Journal of human hypertension, 2012. **26**(9): p. 525-532.
76. Engin, A., *The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome*. Obesity and lipotoxicity, 2017: p. 1-17.
77. BrainKart, *Blood vessels of the pulmonary circulation*, E.o.A.a. Physiology, Editor. 2023.
78. Volaklis, K.A. and S.P. Tokmakidis, *Resistance exercise training in patients with heart failure*. Sports Medicine, 2005. **35**: p. 1085-1103.
79. Wajngarten, M. and G.S. Silva, *Hypertension and stroke: update on treatment*. European Cardiology Review, 2019. **14**(2): p. 111.
80. Compton, D., P.M. Hill, and J. Sinclair, *WEIGHT-LIFTERS'BLACKOUT*. The Lancet, 1973. **302**(7840): p. 1234-1237.
81. Miura, S.-i., *Exercise prescription in the treatment of hypertension*. Hypertension Research, 2023. **46**(2): p. 521-522.
82. Pelliccia, A., et al., *2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease: The Task Force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology (ESC)*. European heart journal, 2021. **42**(1): p. 17-96.
83. Lopes, S., et al., *Exercise training reduces arterial stiffness in adults with hypertension: a systematic review and meta-analysis*. Journal of hypertension, 2021. **39**(2): p. 214-222.
84. O'Connor, P.J., et al., *State anxiety and ambulatory blood pressure following resistance exercise in females*. Medicine and science in sports and exercise, 1993. **25**(4): p. 516-521.
85. de Freitas Brito, A., et al., *High-intensity resistance exercise promotes postexercise hypotension greater than moderate intensity and affects cardiac autonomic responses in women who are hypertensive*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. **29**(12): p. 3486-3493.

86. Polito, M.D. and P.T. Farinatti, *The effects of muscle mass and number of sets during resistance exercise on postexercise hypotension*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2009. **23**(8): p. 2351-2357.
87. Scher, L.M., et al., *The effect of different volumes of acute resistance exercise on elderly individuals with treated hypertension*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2011. **25**(4): p. 1016-1023.
88. McCartney, N., *Acute responses to resistance training and safety*. Med Sci Sports Exerc., 1999. **31**: p. 31-37.
89. Correia, R.R., et al., *Strength training for arterial hypertension treatment: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials*. Scientific reports, 2023. **13**(1): p. 201.
90. Blazek, D., et al., *Systematic review of intra-abdominal and intrathoracic pressures initiated by the Valsalva manoeuvre during high-intensity resistance exercises*. Biology of Sport, 2019. **36**(4): p. 373-386.
91. Hill, D.W., et al., *Blood pressure response after weight training exercise*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 1989. **3**(2): p. 44-47.
92. Duncan, M.J., S.L. Birch, and S.W. Oxford, *The effect of exercise intensity on postresistance exercise hypotension in trained men*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014. **28**(6): p. 1706-1713.
93. Hillman, G.C. and L. Kravitz, *Hypertension and exercise*. IDEA Fitness Journal, 2007. **4**(3): p. 20-22.
94. Vale, A.F., et al., *Acute effects of different resistance training loads on cardiac autonomic modulation in hypertensive postmenopausal women*. Journal of translational medicine, 2018. **16**: p. 1-9.
95. Schoenfeld, B.J., *Science and development of muscle hypertrophy*. 2020: Human Kinetics.
96. Golas, A., et al., *Effects of pre-exhaustion on the patterns of muscular activity in the flat bench press*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2017. **31**(7): p. 1919-1924.
97. Miranda, H., et al., *Exercise order interacts with rest interval during upper-body resistance exercise*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2010. **24**(6): p. 1573-1577.
98. Yoon, E.S., et al., *Effects of acute resistance exercise on arterial stiffness in young men*. Korean circulation journal, 2010. **40**(1): p. 16-22.
99. Tomschi, F., et al., *Acute effects of lower and upper body-resistance training on arterial stiffness, peripheral, and central blood pressure in young normotensive women*. Sport Sciences for Health, 2018. **14**: p. 357-363.
100. Nitzsche, N., et al., *Acute effects of different strength training protocols on arterial stiffness in healthy subjects*. International Journal of Sports Science, 2016. **6**(5): p. 195-202.
101. Keese, F., et al., *A comparison of the immediate effects of resistance, aerobic, and concurrent exercise on postexercise hypotension*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2011. **25**(5): p. 1429-1436.
102. Ruiz, R.J., et al., *Acute effect of aerobic and resistance exercises on cardiovascular and neuromuscular responses in normotensive*. Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal, 2018: p. 1-6.

103. Focht, B.C. and K.F. Koltyn, *Influence of resistance exercise of different intensities on state anxiety and blood pressure*. *Medicine and science in sports and exercise*, 1999. **31**(3): p. 456-463.
104. Rezk, C.C., et al., *Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity*. *European journal of applied physiology*, 2006. **98**: p. 105-112.
105. Polito, M.D., A.C.L. da Nóbrega, and P. Farinatti, *Blood pressure and forearm blood flow after multiple sets of a resistive exercise for the lower limbs*. *Blood Pressure Monitoring*, 2011. **16**(4): p. 180-185.
106. Mota, M.R., et al., *Effects of treadmill running and resistance exercises on lowering blood pressure during the daily work of hypertensive subjects*. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2009. **23**(8): p. 2331-2338.
107. Costa, J.B.Y., et al., *Influence of the training status on the blood pressure behavior after a resistance training session in hypertensive older females*. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2010. **16**: p. 103-106.
108. Melo, C.M., et al., *Postexercise hypotension induced by low-intensity resistance exercise in hypertensive women receiving captopril*. *Blood pressure monitoring*, 2006. **11**(4): p. 183-189.
109. Ashor, A.W., et al., *Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. *PloS one*, 2014. **9**(10): p. e110034.
110. Okamoto, T., S. Min, and M. Sakamaki-Sunaga, *Arterial compliance and stiffness following low-intensity resistance exercise*. *European Journal of Applied Physiology*, 2014. **114**: p. 235-241.
111. Munir, S., et al., *Exercise reduces arterial pressure augmentation through vasodilation of muscular arteries in humans*. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2008. **294**(4): p. H1645-H1650.
112. Evans, W., et al., *Effects of resistance training on arterial stiffness in persons at risk for cardiovascular disease: a meta-analysis*. *Sports Medicine*, 2018. **48**: p. 2785-2795.

## 8 Seznam tabulek a obrázků

### 8.1 Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Kritéria pro zařazení jedince do experimentální skupiny – normotenze .....	14
<b>Tabulka 2</b> Kritéria pro zařazení jedince do experimentální skupiny – hypertenze.....	15
<b>Tabulka 3</b> Seznam jednotlivých tréninkových proměnných využitých v průřezových studiích silového tréninku .....	16
<b>Tabulka 4</b> Detailní popis struktury jednotlivých průřezových studií.....	18
<b>Tabulka 5</b> Seznam vyšetřovaných biochemických parametrů.....	19
<b>Tabulka 6</b> Seznam měřených parametrů v průběhu průřezových studií.....	22
<b>Tabulka 7</b> Hodnoty základních deskriptivních parametrů .....	23
<b>Tabulka 8</b> Výsledky hodnot tělesného složení.....	25
<b>Tabulka 9</b> Rozřazení jedinců dle referenčních hodnot ACSM. Zdroj tabulky: [70] .....	25
<b>Tabulka 10</b> Kompletní přehled biochemických vyšetření včetně výsledných hodnot.....	27
<b>Tabulka 11</b> Rozdělení jedinců do příslušných skupin dle výsledků indexu tělesné zdatnosti	28
<b>Tabulka 12</b> Porovnání výsledků s referenčními hodnotami dle Massy-Westroppa a kol. (2011). Zdroj tabulky: [72].....	29
<b>Tabulka 13</b> Výsledky testování svalové síly pro 15RM, 10RM, 5RM a 1RM u skupiny s normotenzí.....	31
<b>Tabulka 14</b> Výsledky testování svalové síly pro 15RM, 10RM, 5RM a 1RM u skupiny s hypertenzí.....	32
<b>Tabulka 15</b> Výsledky výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů před začátkem průřezových studií .....	33
<b>Tabulka 16</b> Výsledky subjektivního vnímání zátěže u jednotlivých cviků pro 10RM dle Borgovi škály CR-10.....	36
<b>Tabulka 17</b> Jednorázové změny vyvolané agonistickým a antagonistickým silovým tréninkem u obou experimentálních skupin. ....	37
<b>Tabulka 18</b> změny v potréningových hodnotách mezi antagonistickým a aerobním tréninkem ve fázi uklidnění .....	38
<b>Tabulka 19</b> Celkové změny STK, DTK a PWVao vyvolané průřezovými studii u jednotlivých experimentálních skupin .....	39
<b>Tabulka 20</b> Statisticky významné změny u hypertenzní skupiny mezi výchozími a potréningovými hodnotami. ....	41
<b>Tabulka 21</b> Změny systolického tlaku krve vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky.....	42
<b>Tabulka 22</b> Změny diastolického tlaku krve vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky.....	43
<b>Tabulka 23</b> Změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky.....	44

### 8.2 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> Schéma výzkumného projektu .....	17
<b>Obrázek 2</b> Schéma zařazování jedinců do studie.....	24
<b>Obrázek 3</b> Procentuální porovnání tělesného tuku mezi skupinou s normotenzí a hypertenzí .....	26
<b>Obrázek 4</b> Výsledky lipidového spektra u skupiny normotenze a hypertenze. Včetně vyznačení hodnot mimo referenční doporučení. ....	27
<b>Obrázek 5</b> Výsledky jedinců rozdělených do skupiny normotenze a hypertenze v grafické podobě .....	29

<b>Obrázek 6</b> Analyzované kardiovaskulární parametry včetně vymezení rizikových zón .....	34
<b>Obrázek 7</b> Celkové změny u vybraných kardiovaskulárních parametrů vyvolaných u jednotlivých experimentálních skupin .....	40