

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DISERTAČNÍ PRÁCE

2023

Roman Juřík

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**

Disertační práce

Školitel:

doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

Vypracoval:

Mgr. Roman Juřík

Praha, říjen 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně pod vedením školitele doc. PhDr. Petra Šťastného, Ph.D., a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce, ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, dne

.....
podpis autora práce

Poděkování:

Rád bych vyjádřil hlubokou vděčnost MUDr. Miroslavu Vítovcovi, doc. MUDr. Ing. Tomáši Větrovskému, Ph.D. a vedoucímu disertační práce, doc. PhDr. Petrovi Šťastnému, Ph.D. za jejich nepostradatelnou podporu, vedení a odborné rady během mého studia, výzkumu a psaní této disertační práce. Jejich vedení, rady a podněty nejenže mi pomohly zdokonalit tuto práci, ale také posunuly mé znalosti a dovednosti na novou úroveň. Jejich oddanost výzkumu a vzdělávání mě hluboce inspirovala.

Také bych chtěl poděkovat své rodině, přátelům a všem, kteří mi poskytli morální podporu a povzbuzení během celého doktorského studia.

Toto poděkování je výrazem mé vděčnosti za veškerou pomoc, kterou jsem obdržel a za podněty, které mi umožnily dosáhnout tohoto cíle. Děkuji vám všem.

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/m². 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

Abstract

Author: Mgr. Roman Juřík

Title: The effect of modifications in resistance training parameters on blood pressure values during and after the training session.

Objective: The aim of this study was to evaluate the acute effect of various forms of agonist-antagonist paired set and agonist resistance training on selected cardiovascular parameters in individuals with normal blood pressure and stage I hypertension.

Methods: This research was conducted as a single-blind, controlled study. Based on a systematic literature search, specialized resistance and aerobic training sessions were designed. The program lasted four weeks and included a familiarization phase lasting one week. Prior to the cross-sectional study, anthropometric measurements, biochemical sample collection, muscle strength and fitness testing, and subjective assessment of training intensity using the Borg Scale were conducted. The study consisted of four different resistance training sessions and one aerobic session. Resistance training were categorized into two basic methods: agonist-antagonist paired set and traditional (agonist) training, as well as based on targeted muscle groups (upper and lower body). Training variables were defined as follows: resistance load at 75 % of 1RM, rest interval between exercises and sets of 90 seconds, 3 sets, and 8 exercises. Differences between physically active individuals with normal blood pressure and hypertension, both of whom had sedentary job, were analyzed. The average age of these individuals was $50,2 \pm 6,3$ years, with a range of 40-63 years, and an average BMI of $26,4 \pm 4,2$ kg/m². To assess differences between baseline values and values obtained during various cross-sectional study, repeated measures analysis of variance was used. In cases where the assumptions of sphericity were violated, the Greenhouse-Geisser correction was applied. Subsequently, post-hoc Tukey's tests were conducted to determine specific differences.

Conclusion: The results of the analysis demonstrated statistically significant differences between the normotensive and hypertensive group regarding the overall effect of different training variants. In individuals with hypertension, hypotension was observed in the first twenty minutes after the completion of the training session, with no significant differences between

individual training variants. The complexity of the exercise was found to be a key factor in the acute increase in blood pressure values, especially for lower-body exercises, where the highest average increase was observed in both groups. There were no significant differences in aortic pulse wave velocity values between baseline and post-training values. Conversely, the augmentation index brachial and aortic improved during the resting phase.

Keywords: high blood pressure, hypotension, strength training, resistance training, cardiovascular disease

Seznam zkratek

AACPVR	American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation
ACC	American College of Cardiology
ACSM	American College of Sport Medicine
AHA	American Heart Association
Aix	Augmentační index
ATP-CP	Adenosintrifosfát-kreatin fosfát (anglicky: adenosine triphosphate–creatine phosphate)
AV	Atrioventrikulární
BMI	Index tělesné hmotnosti (anglicky: body mass index)
CNP	Natriuretický peptid typu C (anglicky: c-type natriuretic peptide)
CPMPK	Centrum pohybové medicíny Pavla Koláře
CT	Výpočetní tomografie (anglicky: Computed Tomography)
DNS	Dynamická neuromuskulární stabilizace
DTK	Diastolický tlak krve
eGFR	Receptor epidermálního růstového faktoru (anglicky: epidermal growth factor receptor)
EKG	Elektrokardiografie
ET-I	endothelin-I
FTVS UK	Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy
HDL	Vysokodenzitní lipoprotein (anglicky: high-density lipoprotein)
HIIT	Vysoce intenzivní intervalový trénink (anglicky: high intensity interval training)
ICHS	Ischemická choroba srdeční
IT	Izometrický trénink
KV	Kardiovaskulární

KVO	Kardiovaskulární onemocnění
LDL	Nízkodenzitní lipoprotein (anglicky: low-density lipoprotein)
LKS	Levá komora srdeční
MP	Menopauza
MVC	Maximální volní kontrakce (anglicky: maximal voluntary contraction)
PKS	Pravá komora srdeční
PWV	Rychlost šíření pulzní vlny (anglicky: pulse wave velocity)
PWV _{ao}	Rychlost šíření aortální pulzní vlny
RCT	Randomizovaná kontrolovaná studie (anglicky: randomized controlled trial)
RM	Opakovací maximum (anglicky: repetition maximum)
RPE	Subjektivní hodnocení intenzity zátěže (anglicky: rating of perceived exertion)
SA	Sinoatriální
SF	Srdeční frekvence
SO	Systolický objem
STK	Systolický tlak krve
STK _{ao}	Centrální systolický tlak krve
SV	Srdeční výdej
TK	Tlak krve
VO ₂ max	Maximální spotřeba kyslíku
WHO	World Health Organization

Obsah

1 ÚVOD	14
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	16
2.1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU	16
2.1.1 Srdce.....	16
2.1.2 Cévní soustava a krevní oběh	17
2.2 KREVNÍ TLAK A JEHO REGULACE.....	19
2.2.1 Měření krevního tlaku a jeho význam	24
2.2.2 Kardiopulmonální monitoring v prostředí silového tréninku.....	27
2.3 ARTERIÁLNÍ TUHOST	28
2.3.1 Patofyziologie arteriální tuhosti.....	29
2.3.2 Měření arteriální tuhosti	30
2.3.3 Strategie zaměřené na prevenci nebo zpomalení procesu tuhnutí arterií	32
2.3.4 Akutní efekt silového tréninku	33
2.3.5 Dlouhodobý efekt silového tréninku.....	34
2.4 ARTERIÁLNÍ HYPERTENZE: PREVALENCE A KLASIFIKACE.....	34
2.4.1 Prognóza arteriální hypertenze a stanovení celkového kardiovaskulárního rizika	36
2.4.2 Možnosti a cíle léčby hypertenze	37
2.4.3 Nefarmakologická léčba hypertenze.....	39
2.5 ADAPTAČE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU NA SILOVÝ A AEROBNÍ TRÉNINK	42
2.5.1 Strukturální a funkční adaptace kardiovaskulárního systému na aerobní trénink.....	43
2.5.2 Strukturální a funkční adaptace kardiovaskulárního systému na silový trénink	44
2.5.3 Bezpečnostní hledisko silového tréninku	47
2.5.4 Lékařské vyšetření pro posouzení vhodnosti silového tréninku	49
2.5.5 Praktická doporučení k silového tréninku dle mezinárodních guidelines.....	51
2.5.6 Význam tréninkových proměnných.....	53
2.6 VLIV SILOVÉHO A AEROBNÍHO TRÉNINKU NA HODNOTY KREVNÍHO TLAKU	54
2.6.1 Fyziologická odpověď krevního tlaku na aerobní trénink	55
2.6.2 Aerobní trénink a jeho varianty	55
2.6.3 Vysoce intenzivní intervalový trénink (HIIT)	56
2.6.4 Kombinovaný aerobní a silový trénink.....	57
2.6.5 Fyziologické odpověď krevního tlaku na silový trénink	58
2.6.6 Silový a izometrický trénink.....	59
2.6.7 Silový trénink	59
2.6.8 Izometrický trénink.....	60
2.6.9 Individuální doporučení k pohybovým aktivitám v závislosti na stupni krevního tlaku	61
2.6.10 Tréninkové možnosti u jedinců s hypertenzí	61
2.6.11 Tréninkové možnosti u jedinců s prehypertenzí	63
2.6.12 Tréninkové možnosti u jedinců s normotenzí.....	63
2.7 VZTAH MEZI ZÁTĚŽOVÝMI PARAMETRY SILOVÉHO TRÉNINKU A JEJICH ODEZVOU NA KREVNÍ TLAK U JEDINCŮ S HYPERTENZÍ A NORMOTENZÍ	64
2.7.1 Změny krevního tlaku v důsledku základních silových cviků	66
2.7.2 Změny krevního tlaku vyvolané odlišnou velikostí odporu.....	67
2.7.3 Změny krevního tlaku vyvolané odlišnými počty opakování po tréninkové jednotce.....	69
2.7.4 Efekt délky pauzy mezi sériemi a cviky na potréningovou hypotenzi.....	70
2.7.5 Změny krevního tlaku v důsledku odlišného počtu sérií	72
2.7.6 Vliv množství zapojených svalových skupin na změny krevního tlaku	73
2.7.7 Vliv pohlaví na potréningovou hypotenzi	74
2.7.8 Vztah mezi akutní a chronickou formou tréninkového programu dle Thompsona a kol. (2001) [3] Haskella a kol. (1994) [281]	75
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	76
3.1 CÍL, ÚKOLY A HYPOTÉZY PRÁCE.....	76
3.1.1 Cíl	76
3.1.2 Úkoly	76
3.1.3 Hypotézy.....	76
4 METODIKA PRÁCE	78

4.1 ZPŮSOB ŘEŠENÍ	78
4.2 ANALÝZA DAT	78
4.3 INFORMACE O ŽADATELI A ZAŘÍZENÍ	79
4.4 FINANCOVÁNÍ	79
4.5 SOUHLAS ETICKÉ KOMISE	79
4.6 REGISTRACE KLINICKÉ STUDIE	80
4.7 VÝZKUMNÝ SOUBOR	80
4.7.1 Postup výběru a zařazování jedinců do studie	80
4.7.2 Experimentální skupina I. – normotenze	81
4.7.3 Experimentální skupina II. – hypertenze I. stupně	81
4.7.4 Kritéria pro vyřazení ze studie	82
4.8 EXPERIMENTÁLNÍ PROGRAM	82
4.8.1 Familiarizace (1 týden, 2 tréninkové jednotky)	82
4.8.2 Průřezové studie – silový trénink	82
4.8.3 Průřezová studie – kontrolní (aerobní) trénink	84
4.8.4 Popis použitého vybavení v rehabilitačním sále	85
4.9 VYŠETŘENÍ	87
4.9.1 Základní statistika výzkumného souboru	88
4.9.2 Antropometrická měření	88
4.9.3 Biochemická vyšetření	89
4.9.4 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti	91
4.9.5 Měření kardiovaskulárních parametrů	95
4.9.6 Ostatní testy – Borgova škála	98
5 VÝSLEDKOVÁ ČÁST	100
5.1 STATISTIKA EXPERIMENTÁLNÍCH SKUPIN	100
5.1.1 Měření tělesného složení	100
5.1.2 Biochemická vyšetření	103
5.1.3 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti	105
5.1.4 Analýza výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů	110
5.1.5 Borgova škála vnímaného úsilí	112
5.2 EFEKT JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZOVÝCH STUDIÍ NA VYBRANÉ KARDIOVASKULÁRNÍ PARAMETRY	114
5.2.1 Akutní změny hodnot krevního tlaku vyvolané jednotlivými variantami průřezových studií po skončení tréninkové jednotky	114
5.2.2 Akutní potréningové změny hodnot kardiovaskulárních parametrů u jedinců s normotenzí	115
5.2.3 Akutní potréningové změny kardiovaskulárních parametrů u jedinců s hypertenzí	118
5.2.4 Shrnutí vlivu jednotlivých průřezových studií na změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny po skončení tréninkové jednotky	118
5.2.5 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty systolického tlaku krve v průběhu tréninkové jednotky	119
5.2.6 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty diastolického tlaku krve v průběhu tréninkové jednotky	120
5.2.7 Vliv komplexnosti cviků na hodnoty rychlosti šíření aortální pulzní vlny v průběhu tréninkové jednotky	121
6 DISKUSE	122
6.1 STANOVENÍ OPTIMÁLNÍCH PARAMETRŮ SILOVÉHO TRÉNINKU VE VZTAHU K VÝŠI KREVNIHO TLAKU	122
6.2 AKUTNÍ ZMĚNY SYSTOLICKÉHO A DIASTOLICKÉHO TLAKU KRVE V PRŮBĚHU TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU	124
6.2.1 Vyjádření k hypotéze H_{03}	125
6.3 AKUTNÍ ZMĚNY RYCHLOSTI ŠÍŘENÍ AORTÁLNÍ PULZNÍ VLNY V PRŮBĚHU TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU	126
6.3.1 Vyjádření k hypotéze H_{02}	126
6.4 EFEKT JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZOVÝCH STUDIÍ NA HODNOTY KARDIOVASKULÁRNÍCH PARAMETRŮ PO SKONČENÍ TRÉNINKOVÉ JEDNOTKY	127
6.4.1 Vyjádření k hypotéze H_{01}	129
6.4.2 Vyjádření k hypotéze H_{04}	130
6.5 LIMITY STUDIE	130
6.6 VÝZNAM A AKTUÁLNOST STUDIE	131
7 ZÁVĚR	132
8 ZDROJE	134
9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	153

9.1 SEZNAM OBRÁZKŮ	153
9.2 SEZNAM TABULEK.....	154
10 PŘÍLOHY.....	157

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. [3]. Ades (2001) [4] 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 [5-7]. 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 [8-12]. 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 [13] tak hypertenzní [14].

O silovém tréninku je naopak obecně známo, že pomáhá zvyšovat podíl svalové a kostní hmoty [15] a zároveň podporuje správné držení těla [16], 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 [17]. Při tvorbě tréninkového programu je třeba zohlednit několik proměnných, jako je počet sérií, cviků, pořadí cviků, délka odpočinku, rychlost provedení, velikost odporu a další [18-23]. 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

[24-29]. Běžně dochází při silovém tréninku ke zvýšení hodnot systolického a diastolického krevního tlaku [26, 30-32]. Toto zvýšení je především důsledkem intenzity a objemu samotného tréninku [32, 33]. Po výzkumech, které byly nejprve provedeny na jedincích s normotenzí [34] se postupně začal aplikovat u jedinců s vysokým krevním tlakem [35]. V současné době je silový trénink stále více doporučován a akceptován jako součást léčebných a preventivních programů u jedinců trpících hypertenzí [36]. Pečlivě navržený a prováděný silový trénink může být bezpečný a naopak významně prospěšný [37]. 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 [38, 39].

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 [17] 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) [40], Manolio a kol. (1994)[41] a Mottram a kol. (2004) [42], 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 [43, 44].

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.

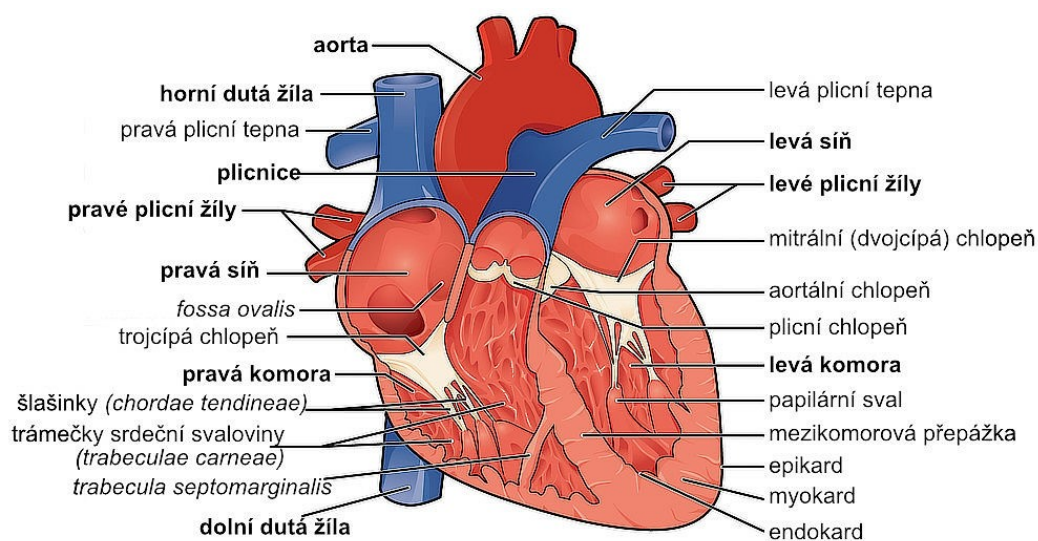
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Anatomie a fyziologie kardiovaskulárního systému

Srdce a cévy tvoří kardiovaskulární systém (KV), který je klíčový pro udržení životně důležitých funkcí v lidském těle. KV systém přepravuje kyslík a živiny do buněk a zároveň odvádí odpadní látky a další produkty metabolismu. Zároveň zajišťuje rovnováhu tekutin, acidobazickou rovnováhu a reguluje tělesnou teplotu [45, 46]. Poruchy KV systému mohou vést k různým onemocněním, jako je hypertenze, srdeční selhání, ischemická choroba srdeční (ICHS), ateroskleróza a další. Tato onemocnění mají významný vliv na lidskou morbiditu a mortalitu. Proto je důležité dbát na zdravý životní styl, dodržovat doporučenou léčbu a pravidelně se podrobovat preventivním lékařským prohlídkám [47, 48].

2.1.1 Srdce

Srdce je svalový orgán, který funguje jako čerpadlo pro krevní oběh. Skládá se ze dvou propojených, ale oddělených pump – pravého a levého srdce. Pravá strana srdce pumpuje krev do plic, kde dochází k okysličení krve, zatímco levá strana pumpuje krev do zbytku těla, aby zajistila distribuci kyslíku a živin pro celý organismus. Srdce je rozděleno na čtyři oddíly, zahrnující dvě předsíně a dvě komory viz Obrázek 1 Anatomie srdce [49]. Každou funkční jednotku tvoří vždy jedna komora společně s příslušnou předsíní, které se společně podílejí na srdečním cyklu a pohybu krve, který je především zajištěn srdečními stahy, které fungují jako čerpadlo pro krevní oběh [45-48, 50, 51].



Obrázek 1 Anatomie srdce. Zdroj obrázku: [49]

Fáze srdeční činnosti

V srdci se střídají fáze stahu, nazývané systola, a fáze uvolnění, známé jako diastola, které řídí činnost jednotlivých částí srdce. Obě síně a obě komory srdce pracují v synchronizovaném cyklu. To znamená, že levá a pravá polovina srdce vykonávají vždy stejné pohyby, které lze rozdělit do tří cyklických fází. Tento harmonický rytmus je klíčový pro správnou funkci srdce [47, 52-54].

Tři cyklické fáze srdeční činnosti:

- Fáze 1. - Systola síní a diastola komor
- Fáze 2. - Diastola síní a systola komor
- Fáze 3. - Diastola síní a diastola komor

2.1.2 Cévní soustava a krevní oběh

Krev je vedena systémem velkých a menších arterií, arteriol, kapilár a žil. Aby se dostala do kapilární sítě a dále je zapotřebí aby levá komora vyvinula značný tlak, překonávající odpor, který je kladen rozvodným systémem. Dále je zapotřebí aby krev nacházející se v kapilární síti měla určitý tlak, nutný k proudění krve, ale také proto, že na tlakovém gradientu se zakládá tvorba intersticiálního moku. Proudění krve v tomto případě vyjadřujeme pomocí Ohmova zákona [47]: $Q = \Delta P/R$.

Q = průtok krve

ΔP = rozdíl tlaku na začátku a na konci cévy

R = periferní odpor

Arterie (tepny)

Hlavním úkolem tepen je schopnost rychlého transportu krve do celého těla, kterou srdce pumpuje. Kvůli tomu, že krev vychází ze srdce pod relativně vysokým tlakem, jsou tepny vybaveny silnými stěnami. Malé větve tepen, nazývané arterioly, hrají důležitou roli jako regulující cévy, které přivádějí krev do kapilár. Právě arterioly mají na starosti regulaci průtoku krve do kapilár, což je klíčové pro uspokojení potřeb tkání. Vzhledem k tomu, že mají arterioly také silné stěny, jsou schopny flexibilně uzavírat nebo rozšiřovat svůj průsvit, často mnohokrát přes jejich vlastní velikost. Tímto způsobem se výrazně mění průtok krve do kapilár podle aktuálních potřeb tkání. Tato schopnost zajišťuje tělu dostatečné množství kyslíku a živin v době zvýšené aktivity nebo naopak omezuje průtok krve, když je třeba minimalizovat ztráty v tepelných procesech nebo když jsou tkáně v klidovém stavu. Arterioly přispívají k optimálnímu fungování těla a udržují rovnováhu v celkovém krevním oběhu [45, 46, 48].

Kapiláry

Kapiláry umožňují efektivní výměnu kyslíku, tekutin, živin, elektrolytů, hormonů a dalších látek mezi krví a mezibuněčnou tekutinou v různých částech těla. Tyto drobné cévy, jsou vybaveny mimořádně tenkými stěnami, tudíž jsou propustné pro esenciální látky. Tato vysoká propustnost umožňuje snadný přenos kyslíku, živin, hormonů a dalších důležitých látek z krevního řečiště do tkání a zároveň umožňuje odvádění odpadních produktů. Díky těmto výjimečným vlastnostem jsou kapiláry klíčovým místem, kde dochází k výměně látek mezi krví a buňkami, což opět podporuje optimální fungování lidského organismu [45, 46, 48].

Žíly

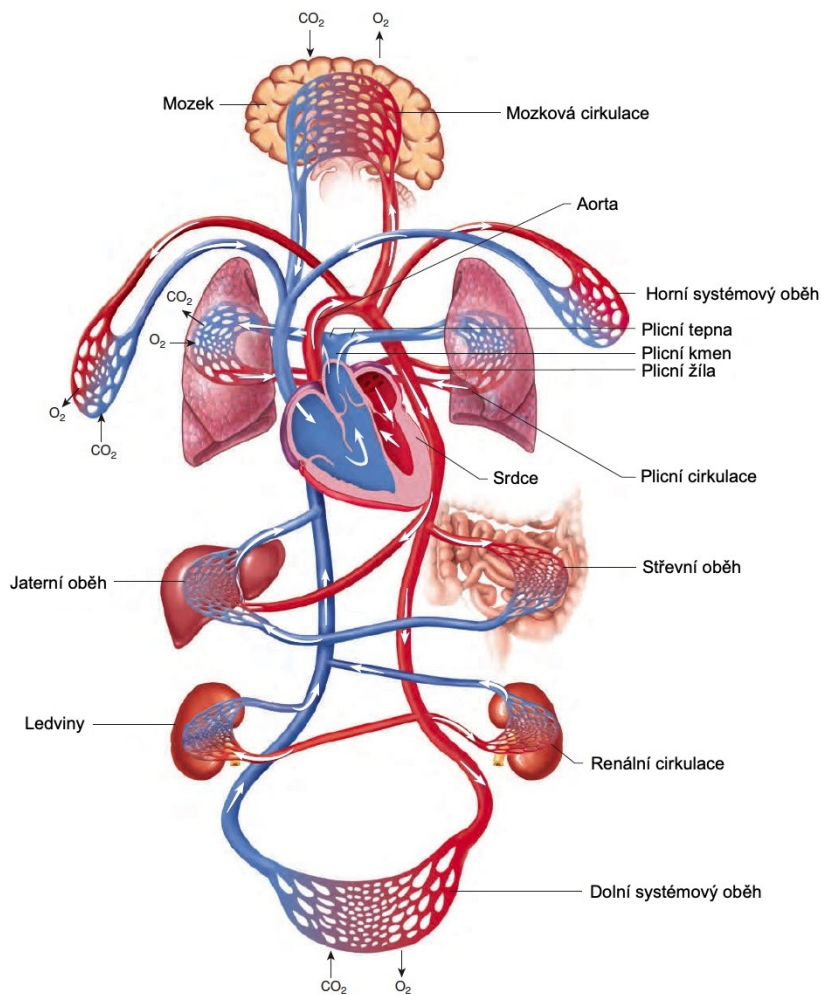
Žíly plní klíčovou roli ve zpětném transportu krve zpět do srdce. Postupně sbírají krev z drobných kapilár a spojují se do stále větších žil, které vedou k srdci. Kvůli nízkému tlaku v žilním systému jsou jejich stěny relativně tenké, což jim umožňuje se flexibilně stahovat nebo rozšiřovat a fungovat jako rezervoár pro krev. Některé žíly, zejména ty v dolních končetinách, jsou vybaveny jednosměrnými chlopněmi, které pomáhají udržovat žilní návrat (tj. tok krve směrem k srdci) a brání zpětnému toku. KV systém hraje klíčovou roli v transportu živin a odstraňování odpadních produktů z těla. Krev zajišťuje přenos kyslíku z plic do tkání a následně odtud odvádí oxid uhličitý, který je nejčastějším produktem metabolismu, zpět do plic, kde je odveden z těla [45, 46, 48].

Krevní oběh

Krevní oběh lze funkčně rozdělit na dva hlavní segmenty: malý a velký krevní oběh, viz Obrázek 2 [55]. Velký (krevní) oběh neboli systémový oběh dodává okysličenou krev orgánům v těle. Krev vyteče z levé komory srdce skrze aortu a dále se větví do drobných cév, které zásobují všechny orgány. Tato síť cév zajišťuje i výživu a kyslík pro plicní tkáň. Krev odevzdává kyslík orgánům a poté se vrátí do pravé síně prostřednictvím žil. V systemickém oběhu je tlak v aortě a tepnách výrazně vyšší než v malém oběhu. Tepny nesou okysličenou krev, zatímco žilami se vrací neokysličená krev. Tento oběh je klíčový pro zásobování těla životně důležitými látkami a kyslíkem [47, 48].

Malý (krevní) oběh neboli plicní oběh hraje klíčovou roli v okysličování krve. Krev opouští pravou komoru srdce a putuje plicnicí do plic, kde prochází procesem okysličení. Po dokončení tohoto procesu se následně vrátí do levé síně srdce skrze čtyři plicní žíly. Tento specifický oběh je charakterizován nižším tlakem ve srovnání s hlavním krevním oběhem.

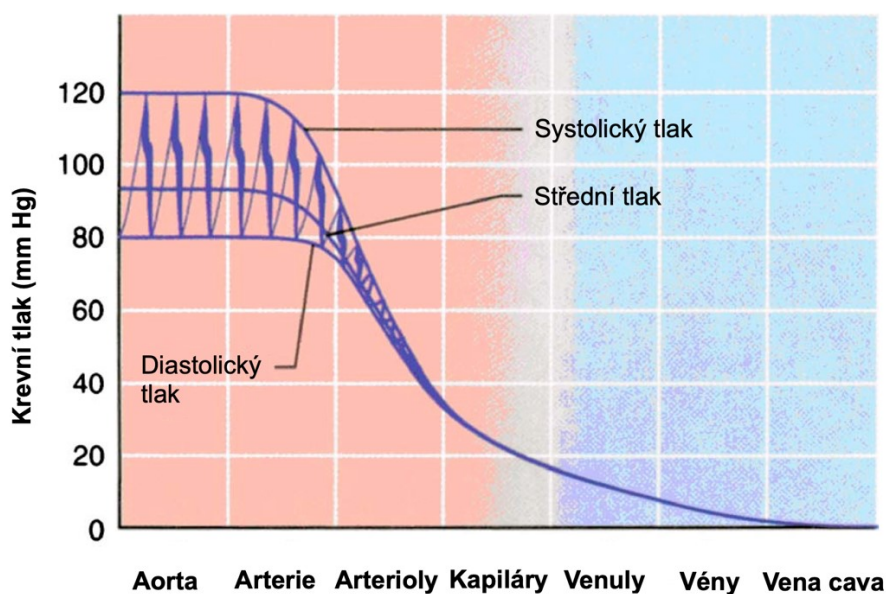
Plicnice, která vede neokysličenou krev, a žíly, které nesou okysličenou krev, jsou hlavními cévami v tomto procesu. Díky oběhu v plicích je zajištěno dostatečné zásobování krve kyslíkem pro celé tělo [47, 48].



Obrázek 2 Schéma krevního oběhu. Zdroj obrázku: [55]

2.2 Krevní tlak a jeho regulace

Tlak krve (TK) (P) je charakterizován jako síla (F) působící na stěny cév (S), v případě arteriálního TK, který je měřen pomocí manžety na paži, zjišťujeme sílu působící na stěnu arteria brachialis. Tlak tedy definujeme následujícím vzorcem: $P = F/S$ ($N/m^2 = Pa$, $1 mmHg = 0,133 kPa$). Tlak Hodnoty TK v cévách se při transportu krve oběhovým systémem výrazně liší viz Obrázek 3 [56]. Nejvyšší hodnoty lze naměřit ve velkých arteriích naopak směrem do periferie TK klesá. V momentě, kdy krev opouští levou komoru srdce a vstupuje do aorty, je TK na svém maximu. Jak se krev pohybuje dále do tepen, tlak postupně klesá až k hodnotám blízkým nule [57].



Obrázek 3 Tlaky v jednotlivých cévách. Zdroj obrázku: [56]

Arteriální TK vykazuje charakteristické oscilace v průběhu srdečního cyklu a je diagnosticky nejdůležitější při určování hypertenze. Během systoly, kdy srdce kontrahuje a vypuzuje krev z levé komory, dochází ke krátkodobému nárůstu tlaku v arteriích. Při diastole, kdy dochází k uvolnění a naplnění srdce krví, dosahuje arteriální tlak nižší hodnoty, obvykle kolem 80 mmHg. Systolický tlak krve (STK) představuje maximální hodnotu TK během systoly, zatímco diastolický tlak krve (DTK) označuje minimální hodnotu TK během diastoly. Obě hodnoty jsou důležité pro komplexní zhodnocení TK. U zdravého jedince se uvádí hodnota TK kolem 120/80 mmHg. Rozdíl mezi těmito tlaky je nazýván pulzový tlak [58].

Tabulka 1 Definice a klasifikace krevního tlaku (mmHg) dle měření v ordinaci. Zdroj tabulky: [36, 59, 60]

Kategorie	Systolický tlak	Diastolický tlak
Optimální	< 120	< 80
Normální	120-129	80-84
Vysoký normální	130-139	85-89
Hypertenze 1. stupně (mírná)	140-159	90-99
Hypertenze 2. stupně (středně závažná)	160-179	100-109
Hypertenze 3. stupně (závažná)	≥180	≥110
Izolovaná systolická hypertenze	≥140	<90

Pravidelné monitorování a udržování hodnot v normálním rozmezí je klíčové pro udržení optimálního zdraví a prevenci kardiovaskulárních onemocnění (KVO). Při diagnostikovaném překročení horní hranice STK a DTK se používá termín hypertenze.

Opačným případem je hypotenze neboli nízký TK, který je charakterizován hodnotami pod 90/60 mmHg více v Tabulce 1 [58].

Determinanty TK

TK je ovlivněn několika klíčovými faktory, které můžeme rozlišit na fyziologické (srdeční výdej, periferní odpor) a fyzikální (objem krve, elastance stěn cév) [57, 58].

- **Objem krve:** celkový objem krve cirkulující v těle.
- **Elastance stěn cév (E):** pružnost cévní stěny je vystihnuta mírou objemových změn (ΔV) vyvolaných změnami tlaku (ΔP).

$$\text{Fyzikální vzorec: } E = \Delta P / \Delta V$$

Převrácenou hodnotou elastance je poddajnost cévní stěny (C)

$$\text{Fyzikální vzorec: } C = \Delta V / \Delta P$$

- **Srdeční výdej (SV):** množství krve, které komora přečerpá za jednotku času.
 - **Srdeční frekvence (SF):** počet srdečních stahů za minutu.
 - **Systolický objem (SO):** množství krve, které je vypuzené jednou srdeční komorou při jednom stahu do krevního řečiště.

$$\text{Fyzikální vzorec: } SV = SO \cdot SF$$

Dále je SV závislý na TK a celkovém periferním odporu (R), který je určen Ohmovým zákonem: $SV = \Delta P / R$

- **Celkový periferní odpor (R):** je součtem odporů všech článků velkého oběhu a řídí se zákonem odporu trubice (R), který je popsán Hagen-Poiseuillovým zákonem.
 - **Průsvit cévy (r):** nejdůležitější parametr.
 - **Viskozita krve (η), délka cévy (L), vnitřní tření kapaliny a tření proudící kapaliny o stěny:** důležité faktory ovlivňující proudění krve.

$$\text{Fyzikální vzorec: } R = 8 \cdot \eta \cdot L / \pi \cdot r^4$$

TK obvykle stoupá, pokud se zvýší některý z faktorů. Je důležité poznamenat, že snížená elasticita vede ke zvýšené tuhosti cév, což přispívá k nárůstu hodnot TK. Z poznatků o proudění krve cévním řečištěm vyplývá, že tlak, který pohání krev cévami může zdánlivě výrazně zatěžovat tenkostěnné struktury, jako jsou kapiláry, a zvyšovat tak riziko jejich prasknutí. Nicméně, paradoxně právě malý průměr kapilár je klíčovým faktorem, který tuto situaci v praxi eliminuje. Laplaceův zákon podrobněji objasňuje tuto ochrannou funkci malých cév. Tento zákon říká, že napětí v cévní stěně (τ) je přímo úměrné transmuralnímu tlaku (P) a poloměru cévy (r) a nepřímo úměrné tloušťce cévní stěny (w) [61, 62].

Fyzikální vzorec: $\tau = P \cdot r/w$

U velkých cév má tloušťka stěny význam, ale u kapilár ji lze zanedbat. Rozdíl mezi tlakem uvnitř cévy a tlakem, který působí na cévu z okolních tkání, tvoří tzv. transmurní tlak. Vzhledem k tomu, že tlak v cévě je větší než tlak v okolních tkáních, lze předpokládat, že transmurní tlak bude téměř ekvivalentní tlaku uvnitř cévy. Kapiláry můžeme přirovnat k tenkostěnným válcům. Pokud zanedbáme tloušťku stěny, napětí v této stěně bude přímo úměrné transmurnímu tlaku a součtu dvou poloměrů, které určují zakřivení tohoto válce. Z Laplaceova zákona vyplývá, že při stejném tlaku budou stěny velkých cév mnohem více namáhány než kapiláry s malým poloměrem. To vysvětluje, proč jsou kapiláry lépe chráněny před prasknutím při relativně vysokém transmurním tlaku [61, 62].

Regulace TK

Regulace TK je složitý proces, který zahrnuje úzce propojený komplex několika systémů [63]. Tento systém má okamžité, krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé regulační mechanismy. Regulační systémy vyššího řádu jsou zodpovědné za dlouhodobé oscilace TK [64]. Koordinace těchto regulačních systémů probíhá pomocí vegetativního nervového systému. Společně s genetickými faktory, neurohumorálními účinky a dysfunkcí endoteliální výstelky cév, hraje vegetativní nervový systém klíčovou roli jako etiologický faktor systémové arteriální hypertenze. Při diagnostice arteriální hypertenze je prvním krokem měření TK. Nicméně naměřená hodnota krevního tlaku je ovlivněna metodou, metodikou, místem měření a parametry použitého přístroje. Pro přesnou diagnostiku hypertenze je důležité brát v úvahu všechny tyto faktory, aby se zajistilo, že měření bude provedeno co nejspolehlivěji a nejpřesněji [65].

Hodnoty TK jsou v každém okamžiku určovány minutovým SV a R [66]. Řízení TK je výsledkem spolupráce několika regulačních systémů, které můžeme zjednodušeně rozdělit podle časového dosahu jejich působení viz Tabulka 2. Rychlost odezvy těchto regulačních systémů má vliv na přesnost a stabilitu regulované veličiny.

Systémy okamžité regulace TK lze rozdělit na srdeční a cévní. Srdeční systémy upravují TK změnou SV, který je závislý na žilním návratu a náplni srdečních komor. SF se zrychlí s nárůstem plicního tlaku pravé síně a fyziologicky se zvýší kontrakce srdce díky protažení srdečních vláken (Starlingův mechanismus) [67]. Cévní mechanismy jsou důležité pro okamžitou regulaci TK. Při zvýšení TK se buňky hladkého svalu arteriol protáhnou, což otevře vápníkové kanály a způsobí svalovou kontrakci. Tento mechanismus umožňuje udržet

konstantní průtok krve tkáněmi a orgány při zvýšeném TK (myogenní autoregulace). Nicméně dlouhodobé zvýšení TK vede k nevratné hypertrofii a následně k arteriální hypertenzi [65].

Tabulka 2 Regulační systémy krevního tlaku dle Rudolfa (2012). Zdroj tabulky: [65]

Regulační systémy krevního tlaku	Rozdělení systémů
Systémy okamžité regulace	Srdeční a cévní systémy
Systémy krátkodobé regulace	Reflexní oblouky
Systémy střednědobé regulace	Humorální regulační systémy
Systémy dlouhodobé regulace	Tlaková natriuréza
Systémy vyššího řádu	Ontogenetické řízení TK, cirkadiánní řízení TK

Systémy krátkodobé regulace TK představují reflexní oblouky zprostředkované vegetativním nervovým systémem. Patří sem např. baroreflexní a chemoreflexní mechanismus. Baroreceptory jsou mechanoreceptory reagující na změnu natažení, rozdělují se na vysokotlaké nacházející se v sinus caroticus a aortálním oblouku a na nízkotlaké, které jsou v pravé síni a plicnici. Na změny TK reagují vysokotlaké baroreceptory a na změny centrálního objemu krve reagují nízkotlaké baroreceptory. Vzájemná koordinace baroreflexů zajišťuje stálou hodnotu TK. Při opakovaném a dlouhodobém zvyšování hodnot TK se postupně snižuje reflexní aktivita sympatického nervového systému, což může vést k upevnění hypertenze. Proto je důležité předcházet resetování baroreceptorů na novou „úroveň“ skrze včasné odhalení vysokého TK a zahájení vhodné terapie. Experimentálně se zkoumá možnost nefarmakologického ovlivnění rezistentní arteriální hypertenze elektrickou stimulací baroreflexu pomocí chirurgicky implantovaného stimulátoru nebo denervací ledviny radiofrekvenční ablací renálních nervů. Chemoreceptory se nacházejí v karotidách, aortálním oblouku a v mozkovém kmeni, reagují na nedostatek kyslíku a stimulují sympatický nervový systém, což vede ke zvýšení TK. Opakovaná hypoxie má nepříznivé působení na KV systém a interakce s baroreflexy může situaci ještě více zhoršit [68-70].

Střednědobé systémy regulace TK jsou klíčové pro základní nastavení hodnot TK. Ačkoli jsou méně přesné a účinek se projevuje pomaleji, jsou stabilnější. Tyto systémy zahrnují fylogeneticky staré humorální regulační mechanismy, které mají mnoho funkcí v organismu a ovlivňují krátkodobé regulace. Renin-angiotenzin-aldosteron je nejvýznamnějším humorálním regulačním systémem, který je prodlouženou rukou sympatického nervového systému. Sympatický nervový systém stimuluje uvolňování reninu, což vede k tvorbě angiotenzinu II, který ovlivňuje TK prostřednictvím různých receptorů. Blokátory mineralokortikoidních receptorů mohou přispět ke snížení TK, protože potlačují aldosteron, který ovlivňuje TK a zvyšuje rychlost pulzové vlny [71-73].

Systémy dlouhodobé regulace TK udržují hodnoty v dlouhodobých hladinách. Důležitým systémem je tlaková natriuréza, která začíná působit po 2 hodinách trvání zvýšeného TK a pokračuje po několik dní. Tlaková natriuréza zvyšuje vylučování sodíku a vody v ledvinách, což snižuje extravaskulární objem a systémový TK. Tento systém se nikdy neadaptuje a jeho účinek se udržuje i při arteriální hypertenzi. Cirkadiánní variabilita TK a SF je řízena vnitřními biologickými hodinami, jako je nucleus suprachiasmaticus, který ovlivňuje sekreci melatoninu a adrenokortikotropního hormonu a cykly bdění a spánku. Sekrece melatoninu hraje rozhodující roli v cirkadiánních rytmech. U některých hypertenzních pacientů může chybět cirkadiánní variabilita TK. Vegetativní nervový systém je koordinátorem spolupráce jednotlivých systémů regulace TK. Porucha jeho funkce může vést k rozvoji arteriální hypertenze [74-76].

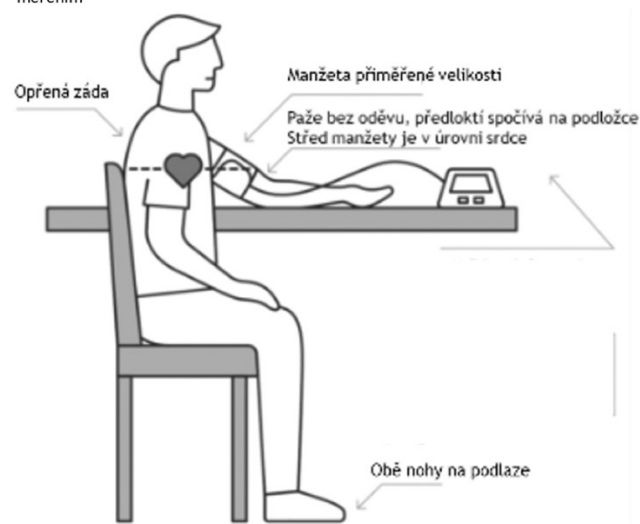
2.2.1 Měření krevního tlaku a jeho význam

Měření TK je důležitým prvkem pro sledování zdravotního stavu a diagnózu hypertenze. V praxi se nejčastěji využívají dvě metody měření – auskultační a oscilometrická, přičemž ideální je kombinovat obě pomocí hybridního tonometru v ordinaci. Zásady měření jsou uvedeny na Obrázku 4 a kompletní přehled metod je k nalezení v Tabulce 3 [60, 77].

Tabulka 3 Přehled metod měření krevního tlaku. Zdroj tabulky: [65]

Metoda	Rozdělení
Invazivní	Přímé
	Nepřímé
Neinvazivní	Auskultační
	Oscilometrická
	Ultrazvuková
	Digitální fotopletyzmografie

- Auskultační metoda je považována za "zlatý standard" a využívá se stetoskopu pro poslech Korotkovových fenoménů, což jsou zvuky vyvolané prouděním krve skrz komprimovanou tepnu při postupném uvolňování tlaku v manžetě.
- Oscilometrická metoda je modernější využívá automatického tonometru, který měří změny tlaku v manžetě pomocí detekce oscilací (kolísání) tepenné stěny během srdečního cyklu.



Krevní tlak měříme 3x a řídíme se průměrem druhého a třetího měření

Obrázek 4 Měření krevního tlaku v ordinaci. Zdroj obrázku: [77]

Správný výběr velikosti manžety je klíčový pro přesnost měření: příliš malá manžeta zkresluje výsledek a příliš velká též. Moderní tonometry mají často značení, které nám pomůže správně vybrat manžetu. Pro obézní pacienty je výběr manžety složitější, ale široká manžeta nebo zápěstní tonometr jsou možnou alternativou. Při měření vždy porovnáváme TK na obou pažích a pokud je mezi nimi rozdíl větší než 20 mmHg, je nutné provést další vyšetření kvůli možnému tepennému postižení. Každý tonometr by měl pravidelně projít kalibrací každé dva roky, aby byla zajištěna jeho přesnost. Samotné měření by mělo být provedeno třikrát s krátkými intervaly (1-2 min), a pokud jsou první dvě měření podobná (do 10 mmHg rozdílu), nemusíme provádět třetí měření. Obvykle se však bere průměr druhého a třetího měření [60]. Seznam faktorů ovlivňující aktuální hodnoty TK se nachází v Tabulce 4. Je důležité měřit TK standardizovaným způsobem v opačném případě získané výsledky nejsou porovnatelné a jejich výpovědní hodnota nemusí vystihovat aktuální tlak [78].

Při měření pomocí auskultační metody je důležité správně nastavit nafukovací vak, který by měl mít délku mezi 75 % - 100 % a šířku mezi 37 % a 50 % obvodu paže měřeného v jejím středu. Při prvním měření nafukujeme manžetu o 30 mmHg výše nad hodnotu, kdy radiální puls zmizel. Důležitá je i rychlost snižování tlaku v manžetě, která by měla činit

2–3 mmHg za sekundu, příliš rychlé vypouštění vzduchu může způsobit podhodnocení TK. Tato zásada je zejména důležitá při nízké SF, kde existuje větší riziko chyby. Hodnotu TK odečítáme během I. a V. fáze Korotkovových fenoménů (objevení a vymizení ozev). U pacientů s fibrilací síní nebo jinými významnými srdečními arytmiemi je auskultační metoda preferovanou volbou [60].

Tabulka 4 Možné typy a míra zkreslení hodnot krevního tlaku. Zdroje tabulky: [58, 78, 79]

Příčina zkreslení hodnot	Nadhodnocení tlaku (mmHg)	Podhodnocení tlaku (mmHg)
Bolest [58]	10–30	
Měření okamžitě po usednutí [58]	10–20	
Pacient v průběhu měření komunikuje [58]	10–15	
Překřížené nohy [58]	5–9	
Zvolení si polohy vleže [79]		<6
Záda nejsou opřena [58]	5–15	
Plný močový měchýř [58]	10–15	
Příliš úzká manžeta [58]	10–40	
Příliš volná manžeta [58]	10–40	10–40
Příjem potravy před měřením [78]		<8
Příjem alkoholu před měřením (v prvních devíti hodinách) [78]		<8
Kouření před měřením (v prvních 60 minutách) [78]	5–10	
Příjem kofeinu před měřením (v prvních třech hodinách) [78]	<6	

Měření pomocí oscilometrické metody je dnes velmi běžné. Tato metoda má tu výhodu, že je méně závislá na schopnostech vyšetřující osoby. Při výběru přístroje pro oscilometrické měření je důležité zohlednit jejich validizaci podle standardního protokolu. Doporučujeme preferovat přístroje s pažní manžetou, protože ty pro zápestí jsou spíše vhodné k orientačnímu měření, i když některé z nich byly schváleny protokolem ESH (www.stridebp.org). Při měření oscilometrickou metodou je důležité používat originální manžetu nikoliv univerzální. V nedávné době vzrostl zájem o automatické měření TK ve zdravotnických zařízeních, kde není potřeba přítomnost personálu. Tento zájem byl posílen výsledky prospektivní randomizované studie SPRINT, kde se tato metoda poprvé osvědčila. Navzdory této nové metodě bychom měli stále dávat přednost tradičnímu měření TK v ordinaci, s ohledem na jisté nevýhody. Zvláště důležité je měření TK ve stoje (po 2 minutách vzpřímené polohy) u starších pacientů a diabetiků trpících hypertenzí, kde se vyskytují závratě nebo slabost. Toto měření umožňuje detekovat ortostatickou hypotenzi, která může mít značný vliv na klinický stav těchto jedinců [60, 80].

Domácí monitorování TK se stává stále populárnější metodou. Je důležité používat ověřené oscilometrické tonometry, nejlépe s pažní manžetou. Výhodou je, pokud zařízení

umožňuje ukládání dat, výpočet průměrných hodnot TK a synchronizaci s počítačem nebo mobilním telefonem. U stabilizovaných pacientů je doporučováno provádět mimořádná měření 1–2x týdně (maximální četnost) až 1–2x měsíčně (minimální četnost) mimo výše uvedený plán. Pokud pacient naměří vysoký TK během obtížných situací nebo stresu, je důležité ho upozornit, že tyto hodnoty nemusí odrážet reálný stav a neměly by sloužit jako základ pro úpravu dlouhodobé léčby [60].

Ambulantní monitorování krevního tlaku po dobu 24 hodin je zlatým standardem pro měření TK mimo klinické prostředí. Je prováděno pomocí standardizovaných přístrojů. Interval měření je 1x za 15–20 minut během dne a 1x za 30 minut během noci. Klíčovým parametrem při vyhodnocení je 24hodinový průměr TK, který má nejlepší reprodukovatelnost. Bohužel, vyhodnocení ambulantního monitorování TK je často opomíjeno. Na trhu je nyní řada elektronických zařízení umožňujících bezmanžetové měření TK. Pracují na různých principech, například měří tepennou tuhost nebo kožní vazokonstrikci, což spíše odhaluje změny TK než jeho absolutní hodnotu. Tyto přístroje umožňují časté nebo kontinuální dlouhodobé měření TK, což eliminuje nutnost nosit kompresní manžetu na paži. Bohužel však tyto přístroje neprošli přísnou standardizací [60, 81].

2.2.2 Kardiopulmonální monitoring v prostředí silového tréninku

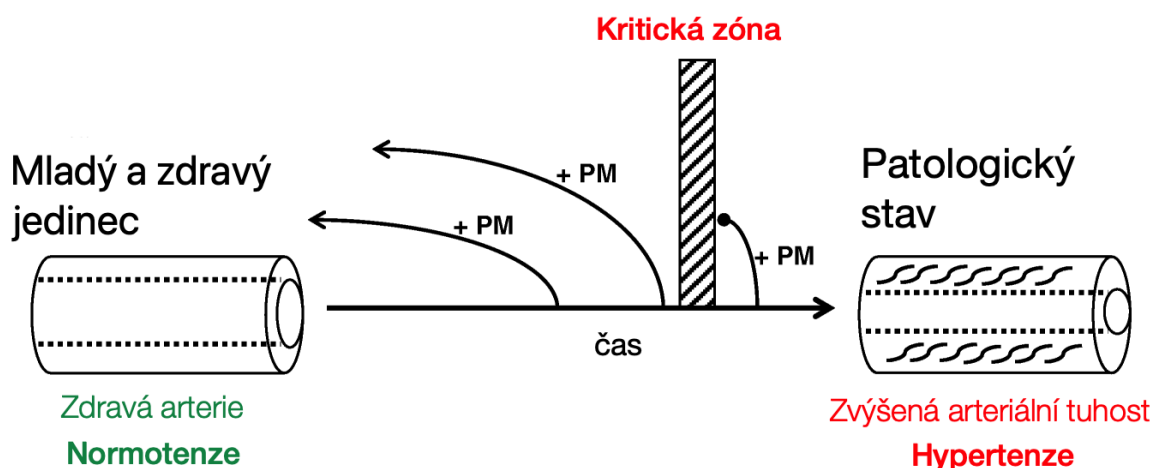
Neinvazivní kardiopulmonální monitoring je klíčovým prvkem pro sledování zdravotního stavu. Tento komplexní systém zahrnuje údaje o SF, dechové frekvenci, TK, pulzní oxymetrii a elektrokardiografii (EKG). Díky těmto informacím lékaři a zdravotníci získávají cenný pohled na funkci srdce a plic, což jim umožňuje rychlou diagnostiku a lépe přizpůsobenou péči. Neinvazivní monitoring je šetrný k pacientům, protože nevyžaduje žádné invazivní postupy nebo vstupy do těla. Je to důležitý nástroj, který podporuje bezpečnost a efektivitu zdravotní péče [48, 78, 82].

V rámci silového tréninku je obvykle doporučováno sledovat hodnoty SF, TK a vnímané námahy. Je důležité si uvědomit, že odpověď SF na silový trénink bývá obecně nižší než během aerobní části a nemusí plně odrážet celkový stres na myokard. Skutečným ukazatelem může být spíše potenciální zvýšení STK, které může více přispět než SF k celkovému zatížení srdce během tréninku. Proto je důležité sledovat obě hodnoty [83]. Je třeba mít na paměti, že hodnoty TK měřené ihned po cvičení mohou být pravděpodobně nižší než hodnoty měřené během samotného tréninku. Proto je důležité mít způsob měření správně nastavený a zaznamenávat hodnoty v souladu s přesným protokolem [12, 26].

Během silového tréninku je důležité, aby jedinci uměli subjektivně vnímat pohybovou zátěž. Ta by měla odpovídat hodnotám 11 až 14 na Borgově škále vnímaného úsilí, což by se dalo popsat jako rozmezí od "docela lehkého" až po "poněkud těžké". Během této aktivity by si měli být vědomi, že hodnocení své námahy se postupem času zvýší, zejména pokud provádějí série s různou intenzitou. Je však nutné zdůraznit, že bez ohledu na používané monitorovací metody by měli být jedinci pozorní a vnímaví k nepříznivým příznakům, které jim poskytuje tělo. Mezi ně mohou patřit závratě, nadměrná dušnost, bolest nebo tlak na hrudi a nepravidelný srdeční rytmus. Pokud se některý z těchto příznaků objeví, je to zásadní kontraindikací. Je-li takový příznak zaznamenán, silový trénink by měl být okamžitě ukončen, aniž by došlo k váhání nebo ignorování těchto varovných signálů. Zdraví a bezpečí jednotlivce jsou na prvním místě, a proto je důležité naslouchat svému tělu a respektovat jeho signály, aby se minimalizovalo riziko potenciálních komplikací a zajistilo se, že cvičení bude prováděno s odpovídající péčí a ohleduplností [12, 84, 85].

2.3 Arteriální tuhost

Stěny velkých cév, zejména aorty, časem ztrácejí svoji přirozenou pružnost. Tento proces vede ke zvýšení tuhosti, což je částečně důsledkem postupného úbytku elastinových vláken, kdy stoupá podíl kolagenního materiálu ve stěnách cév [86] viz Obrázek 5. Zvýšená arteriální tuhost má těsnou spojitost s rizikem hypertenze a dalších zdravotních komplikací, jako je chronické onemocnění ledvin a cévní mozková příhoda [36]. Zjišťování příčinných spojitostí mezi zvýšenou arteriální tuhostí a hypertenzí je složité z důvodu mnoha proměnných faktorů (věk, stravovací návyky, související onemocnění, životní styl atd.) [87]. Existují jedinci, kteří mají vysoký TK s normálními hodnotami rychlosti šíření pulzní vlny (PWV) [88]. V klinických studiích byla konzistentní chronologie, ve které arteriální tuhost předchází hypertenzi, pozorována také ve Framingham Heart Cohort Study [89]. Buněčné a biologické mechanismy, prostřednictvím kterých zvýšená arteriální tuhost může vést k hypertenzi vyžadují dalšího zkoumání.



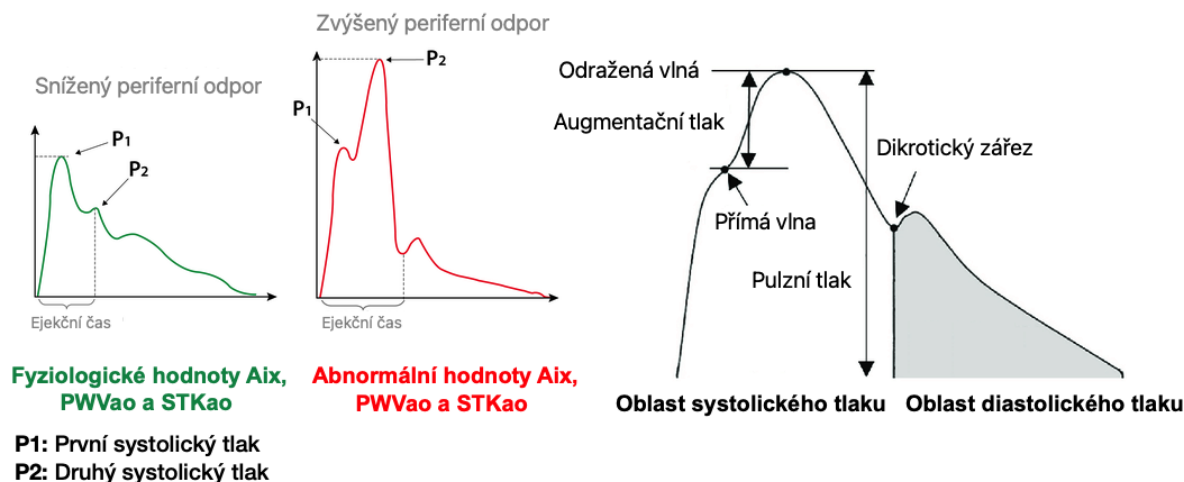
PM (pozitivní modifikátor): zdravá strava, pohybová aktivita, antihypertenziva, úbytek hmotnosti atd.

Obrázek 5 Zjednodušený model arteriální tuhosti zohledňující proces stárnutí a vstup reverzibilních proměnných. Zdroj obrázku: [90]

2.3.1 Patofyziologie arteriální tuhosti

Každá kontrakce srdce má za následek pulzní vlnu, při které dochází k vypuzení krve do systémového řečiště. Za fyziologických podmínek se pulzní vlna pohybuje aortou a částečně se odráží zpět do srdce, zatímco zbývající vlna je přenášena do mikrocirkulace, aby podpořila kapilární průtok krve v tkáních. Zpětná nebo reflexní vlna přichází do srdce během diastoly a poskytuje hnací sílu pro perfuzi koronárních tepen během diastoly. V případě, že aorta vykazuje vyšší tuhost, pulzní tlaková vlna postupuje zvýšenou rychlostí, přičemž větší podíl vlny je přenášen do mikrocirkulace. Vyšší rychlost pulzové vlny (PWV - pulse wave velocity) může vést k poškození malých cév, a následně přispět k poškození koncového orgánu: srdce, mozek a ledviny [91, 92].

Pulzní vlna prochází ztuhlou aortou rychleji, odražená vlna se vrací do srdce dříve, během pozdní systoly, kdy srdce vypuzuje krev. To má za následek zvýšení afterloadu neboli větší odpor, který musí levá komora překonávat, aby pumpovala krev ze srdce, což je faktor přispívající k hypertenzi. Je pozoruhodné, že brzký příchod pulzní tlakové vlny do srdce také snižuje perfuzní tlak v koronárních tepnách, což může snížit koronární průtok krve v klidu anebo během fyziologického stresu, jako je trénink. Zvýšená arteriální tuhost, konkrétně tuhost aorty, se podílí na patologických stavech souvisejících se srdcem, včetně hypertenze a ischemie myokardu [93].



Obrázek 6 Schématické znázornění tvaru pulzové křivky u zdravé a rigidní cévy včetně popisu. Zdroj obrázku: [94]

Zkratky: Aix – augmentační index, PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny, STKao – centrální systolický tlak krve

Tvar pulzové křivky

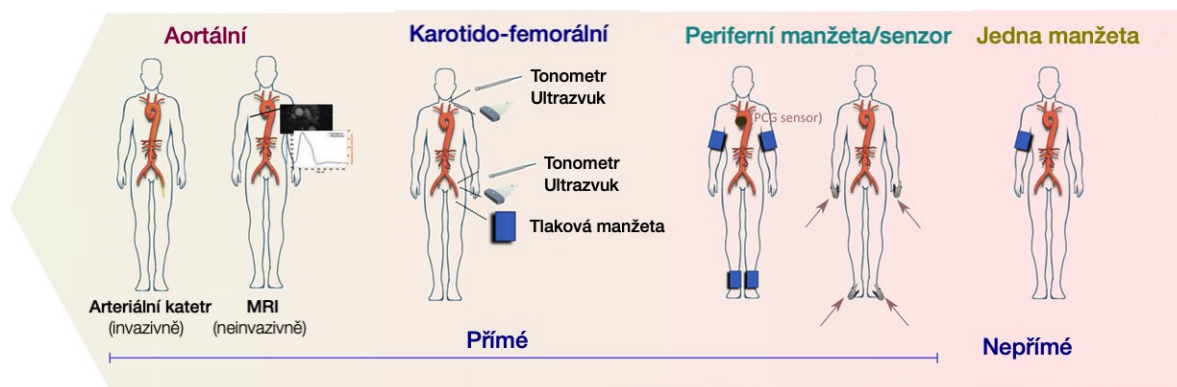
Na tvaru pulzové křivky se podílejí dva důležité komponenty: systolická tlaková vlna a odraz postupující pulzové vlny. Samotná odrazivost je závislá na několika faktorech:[58]

- Síla a frekvence vypuzované krve ze srdce
- Tuhost artérií především však aorty
- Odporové cévy, které zodpovídají za odrazivost vlny
- Délka arteriálního řečiště (od srdce do míst, ve kterých nastává odraz vln)

Na Obrázku 6 je detailně znázorněn tvar pulzové křivky u zdravého jedince s fyziologickými hodnotami augmentačního indexu (Aix), rychlosti šíření aortální pulzní vlny (PWVao) a centrálního systolického tlaku krve (STKao) a také abnormální hodnoty, které jsou typické u starších jedinců [94].

2.3.2 Měření arteriální tuhosti

Vědecky ověřenou metodou pro posouzení arteriální tuhosti je měření rychlosti pulzové vlny. Pro tyto účely využíváme speciální přístroje založené na tonometrii, ultrasonografii nebo oscilometrii. Rychlost šíření pulzové vlny charakterizuje míru rigidity konkrétního segmentu arteriálního systému. Vyšší rychlost PWV naznačuje větší tuhost zkoumané cévy [95]. V oblasti neinvazivního hodnocení arteriální tuhosti je zlatým standardem měření PWVao [96, 97], konkrétně potom karotido-femorální PWV [98]. Možnosti měření PWVao jsou pak znázorněny na Obrázku 7 Moens a Korteweg, ukázali, že PWV je závislá na elasticitě cévní stěny = Moensova-Kortewegova rovnice [99]: $PWV = \sqrt{tE/\sqrt{pd}}$



Obrázek 7 Metody zaměřené na měření PWVao. Zdroj obrázku: [100]

Dle Grogana a kol. (2023) [101] výsledek měření PWVao menší jak 9,0 m/s naznačuje normální rozmezí, naopak středně až vysoká riziko KVO se pojí s hodnotu vyšší jak 9 m/s. V Tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty udávané výrobcem Arteriograph (TensioMed, Maďarsko).

Tabulka 5 Referenční hodnoty PWVao pro přístroj Arteriograph. Zdroj tabulky: [101]

Arteriální věk (roky)	10	15	20	30	40	50	60	70	80
PWVao (m/s)	5,0	6,0	6,6	7,0	7,8	8,7	9,0	9,2	9,4

Zkratky: PWVao – rychlost šíření aortální pulzní vlny

Odvozené parametry

Řada hemodynamických parametrů se zjišťuje přímo velmi obtížně proto se v praxi používá celá řada odvozených parametrů. Jedním z nejznámějších je tzv. augmentační index, což je poměr augmentačního tlaku k pulznímu tlaku [102]. Z detailního rozboru pulzní vlny lze získat informace o zvýšení systolického tlaku, což se vyjadřuje jako tzv. augmentační index brachiální (Aix brachial). U mladší populace bývá Aix negativní viz Tabulka 6, ale s postupujícím věkem dochází k postupnému nárůstu této hodnoty až k dosažení hodnot přibližně 50 % u starších osob nebo jedinců trpících hypertenzí. Stojí však za poznamenání, že Aix je citlivější na vnější vlivy než PVW a může být ovlivněn faktory, jako je tělesná výška, srdeční frekvence a pohlaví [103]. Kromě Aix brachial rozlišujeme také Augmentační index aortální (Aix aortic), který odráží periferní arteriální tonus malých artérií a arteriol a je ovlivněn endoteliální syntézou oxidu dusnatého. Jeho norma je pod 33 % [101].

Další odvozené parametry:

- Index arteriální tuhosti
- Doba šíření pulzní vlny
- Index vaskulární tuhosti
- Index kotník-paže

Tabulka 6 Referenční hodnoty Augmentačního indexu včetně popisu udávané výrobcem Arteriograph. Zdroj tabulky: [101]

Hodnoty	optimum	norma	zhoršený stav	závažný stav
Aix brachial	<-40	-40 až -10	-10 až +10	> +10
Elasticita	vysoká elasticita cév	dobrá elasticita cév	snížená elasticita cév	tuhost a kornatění cév
Reakce na stres	vyvážený organismus optimálně zvládající stres	organismus zvládající stres s výjimkou velké zátěže	organismus se sníženou schopností tolerovat zátěž	organismus velmi špatně snášející zátěž

Zkratky: Aix – augmentační index

Aktuální metody měření cévní tuhosti

Existuje celá řada přístrojů viz Tabulka 7, které na základě fyzikálních principů umožňují neinvazivní měření parametrů souvisejících s arteriální tuhostí. K základním a zároveň nejčastěji měřeným patří: PWV, Aix a STKao [102].

Tabulka 7 Seznam aktuálních metod využívaných k měření cévní tuhosti. Zdroj tabulky: [102]

Princip	Popis	Přístroj
Piezoelektrický princip	Využívá se pro snímání pulzních vln a vibrací, které jsou generovány srdečním tepem a prouděním krve v arteriích. Piezoelektrické senzory mohou být umístěny na kůži nad tepnou a detekují mechanické vibrace způsobené pulsem.	Complior Analyse (Alam Medical, Paříž, Francie)
Oscilometrický princip	Přístroje, které využívají oscilometrický princip, sledují objemové pulzace uvnitř arterie tím, že používají nafouknutou manžetu na různých místech, jako je brachiální, femorální nebo tibiální tepna.	- Arteriograph (TensioMed Ltd., Maďarsko) - VaSera (Fukuda Denshi, Tokio, Japonsko) - Vicorder (Skidmore Medical, Velká Británie)
Tonometrický princip	Princip aplanační tonometrie vychází z předpokladu, že pokud aplikujeme určitý tlak na daný úsek cévy pomocí sondy, transmuralní tlak se stane ekvivalentním tlaku uvnitř cévy. Pro dosažení spolehlivých výsledků je však nezbytné, aby byla v blízkosti cévy přítomna pevná struktura (kost, chrupavka, sval).	- Aplanační tonometr, SphygmoCor System (Atcor Medical, Austrálie), PulsePen - SphygmoCor XCEL (Atcor Medical, Austrálie)

2.3.3 Strategie zaměřené na prevenci nebo zpomalení procesu tuhnutí arterií

Změny životního stylu jsou obecně doporučovány jako klíčový prvek nefarmakologické léčby jakékoliv formy KVO [104]. Aerobní i silový trénink mají dobře zdokumentované

výhody a jsou doporučovány ve vědeckých studiích, neboť pozitivně ovlivňují KV funkce a TK [24, 38, 39, 105-107].

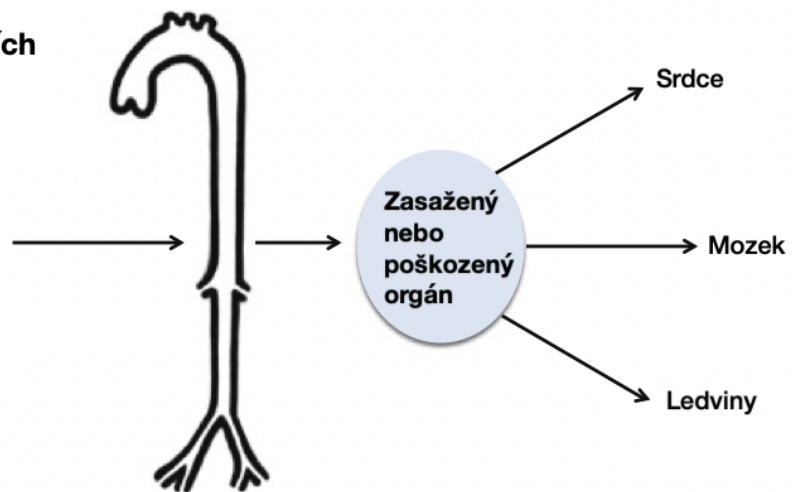
Skupina faktorů ovlivňujících arteriální tuhost

Neovlivnitelné faktory

Věk
Pohlaví
Etnická příslušnost
Genetické predispozice

Reverzibilní faktory

Životní styl
Tělesné složení
Stravovací návyky
Pohybová intervence
Relaxační techniky



Obrázek 8 Skupina faktorů ovlivňujících arteriální tuhost s možností poškození klíčových orgánů. Zdroj obrázku: [93]

Bylo prokázáno, že aerobní, kombinovaný i izometrický trénink (IT) pozitivně ovlivňují PWV. Zvláště u účastníků s vysokou arteriální tuhostí byly pozorovány významné zlepšení po vysoce intenzivním aerobním tréninku [108]. Naopak, silový trénink v některých případech neprokázal signifikantní efekt [109]. Obrázek 8 znázorňuje skupinu neovlivnitelných a reverzibilních faktorů, které se významným způsobem týkají arteriální tuhosti a mohou mít přesah až k samotným orgánům [93].

2.3.4 Akutní efekt silového tréninku

Juřík, Zebrowska a Šťastný (2021) [39] ve své metaanalýze uvádějí, že ve všech studiích které se zabývaly okamžitou reakcí organismu na akutní zátěž formou silového tréninku, nezávisle na jeho intenzitě, došlo ke zvýšení PWV. Tento výsledek byl zjištěn u zdravých mužů a žen. Zároveň nebyly pozorovány žádné významné rozdíly mezi oběma pohlavími [110]. Z výsledků je dále patrné, že nejen tradiční trénink na celé tělo, ale také excentrický [111] a split trénink (na horní/dolní polovinu těla či v jiné kombinaci) zvyšuje PWV [112]. Jednorázový silový trénink s použitím volných vah anebo nakládacích strojů způsobil podobná zvýšení PWV a arteriální tuhosti u trénovaných jedinců. Z těchto údajů je patrné, že volné váhy a posilovací stroje zvyšují zátěž myokardu a tuhost aorty a snižují perfuzi myokardu po dobu nejméně 10–20 minut po dokončení silového tréninku [113]. Ve studii od Nitzscheho a kol. (2016) [114], vedl silový trénink o střední intenzitě (70 % 1RM), s nízkým počtem opakování a dlouhými pauzami k nejmenším výchyilkám hodnot. Je však zapotřebí dalších studií, které

by se věnovaly jednotlivým parametrům silového tréninku ve vztahu k arteriální tuhosti. Zajímavé je, že hodnoty PWV se vrátily na výchozí úroveň po šedesáti minutách od skončení akutní zátěže [39]. Pouze v jednom případě, a to ve studii prováděné Barnesem (2010) [115] bylo pozorováno významné zvýšení karotido-femorální PWV po dobu 48 hodin po skončení tréninkové jednotky.

2.3.5 Dlouhodobý efekt silového tréninku

Při rozhodování o efektivnosti silového tréninku je důležité vzít v potaz velikost odporu, což je jeden z mála faktorů, který je ve vztahu k arteriální tuhosti dobře prozkoumaný. Vysoce intenzivní silový trénink s velikostí odporu nad 80 % 1RM neprokázal významný pozitivní účinek na karotido-femorální PWV ($d = -0,0822$, s kontrolními skupinami $d = 0,9643$) v metaanalýze Juřika, Zebrowské a Šťastného (2021) [39]. Výsledky se vlivem malého počtu studií různí a vliv na PWV je nejednoznačný. Croymans a kol. (2014) [116] nezjistili žádné významné změny po vysoce intenzivním 12týdenním silovém tréninku ale naopak Au a kol. (2016) [117] vyzorovali zlepšení žilní tuhosti, bez ohledu na zátěž zvednutou během samotného tréninku.

Výsledky ve studiích o střední intenzitě (60–80 % 1RM) ukázaly pokles PWV s velkými velikostmi účinku pro karotido-femorální ($d = 1,0624$), stehno-kotník ($d = 1,3662$), ale zvýšení paže-kotník PWV ($d = 1,4094$). Středně intenzivní silový trénink doplněný o progres (postupné zvyšování intenzity) nezvýšil žilní tuhost ve studii Caseyho a kol. (2007) [118].

Když byl praktikován dlouhodobý silový trénink o nízké intenzitě (<60 % 1RM), arteriální tuhost a PWV se defacto vždy zlepšili bez ohledu na způsob měření. Možnou alternativou je trénink na vibračních plošinách, které též vedl ze zlepšení [119, 120].

2.4 Arteriální hypertenze: prevalence a klasifikace

Arteriální hypertenze je závažným zdravotním problémem ve vyspělých zemích. Společně s kouřením, diabetem mellitus, dyslipidemií a obezitou, je jedním z nejvýznamnějších rizikových faktorů KV komplikací, včetně cévních mozkových příhod, ICHS a dalších projevů aterosklerózy [36, 59]. V České republice je prevalence hypertenze ve věku 25–64 let kolem 50 % u mužů a 34 % u žen, a toto číslo se výrazně zvyšuje s rostoucím věkem. Podle Národního registru hrazených zdravotních služeb bylo v roce 2021 léčeno pro hypertenzi 1,9 milionu osob, což představuje 17,7 % populace. Zhruba 3/4 hypertoniků si je vědomo svého onemocnění. Úspěšná kontrola hypertenze, tedy dosažení cílového TK, byla pozorována u 30–37 %

hypertoniků. Tato data pocházejí ze screeningového vyšetření, které bylo provedeno na rozsáhlém náhodně vybraném populačním vzorku v letech 2016–2017 [60, 121].

Hypertenze neboli vysoký TK, je onemocněním charakterizované opakovaným zvýšením hodnoty TK nad $\geq 140/90$ mmHg. Naměřeno minimálně při dvou různých návštěvách u lékaře. Vysoký TK je rizikovým faktorem pro KVO, a proto i v rámci normálního rozmezí hodnot TK jsou dále stratifikovány na optimální, normální a vysoký normální TK [60].

Hypertenzi můžeme rozdělit na několik kategorií, nejčastěji však podle stupně TK viz Tabulka 1. Dále ji můžeme dělit na základě hodnoty TK, která je zvýšená. Porovnáním hodnot TK měřeného v lékařské ordinaci a mimo zdravotnické zařízení dokážeme odlišit trvalou hypertenzi od tzv. hypertenze bílého pláště a maskovanou hypertenzi. Hypertenze bílého pláště se vyskytuje u pacientů, kteří mají vyšší TK hodnoty v ordinaci, ale mimo zdravotnické zařízení jsou jejich hodnoty normální. Naopak, u maskované hypertenze jsou hodnoty TK vyšší mimo zdravotnické zařízení, ale v ordinaci jsou normální. Etiopatogenetická klasifikace rozlišuje dvě hlavní formy hypertenze – primární (esenciální) a sekundární [60].

Tabulka 8 Příčiny sekundární hypertenze. Zdroj tabulky: [60]

Příčina hypertenze	Vhodná pohybová aktivita
A. Endokrinní hypertenze	Aerobní trénink [9], Jóga [122], Tai chi [123], balanční a silový trénink [124], intervalový trénink [125]
Nejčastější forma: primární hyperaldosteronismus, vzácně Cushingův syndrom, feochromocytom, primární hyperparatyreóza*, akromegalie*, hypertyreóza*, hypothyreóza*	
B. Renální onemocnění	Chůze[126], plavání[127], jízda na kole[128], Jóga[129], Tai chi[130], trénink s vlastní vahou a izometrický trénink [128]
Renální parenchymatózní hypertenze: polycystická choroba ledvin, glomerulonefritidy, diabetická nefropatie, chronická tubulointerstiální nefritida	
C. Renovaskulární hypertenze**	Aerobní aktivity [130], meditace a jóga [131]
D. Hypertenze u syndromu spánkové apnoe***	Aerobní trénink, silový trénink, strečink [132], Jóga [133]
E. Hypertenze vyvolaná léky a návykovými látkami	N/A
F. Koarktace aorty	Aerobní aktivity: chůze, plavání, jízda na kole, týmové sporty, vyhnutí se aktivitám, ve kterých je za potřeby Valsalvův manévr [134]
G. Neurogenní příčiny *	N/A

Poznámky: * Hypertenze se vyskytuje jen u některých nemocných, vztah k hormonální nadprodukci je méně výrazný než u předchozích příčin. ** Na ni je nutno myslet především u mladých žen (fibromuskulární dysplazie), kdy má příčinná léčba velmi dobrý efekt na hodnoty TK. Opakem jsou pak starší nemocní se stenózou renální tepny na podkladě aterosklerózy. *** Vyskytuje se velmi často, léčba pozitivním přetlakem v dýchacích cestách není spojena s výraznějším poklesem krevního tlaku. N/A: chybí dostatečné množství studií, které by se pojily s konkrétním problémem.

Primární hypertenze: představuje asi 90 % všech případů hypertenze. V této formě neexistuje jednoznačně identifikovatelná příčina a zvýšení krevního tlaku je způsobeno různými patogenetickými mechanismy [60].

Sekundární hypertenze: tvoří přibližně 10 % případů hypertenze viz Tabulka 8. V této formě je zvýšení TK důsledkem jiného onemocnění. Sekundární hypertenze je častější u těžké hypertenze a v dětském věku. Odlišení sekundární formy od primární hypertenze je důležité, protože u některých potenciálně odstranitelných příčin může specifická léčba vést ke zlepšení nebo vymizení hypertenze, pokud je intervenováno včas. Mezi nejčastější formy sekundární hypertenze patří primární hyperaldosteronismus a renální hypertenze [60]. Pokud máme podezření na sekundární hypertenzi, pacient by měl být vyšetřen na specializovaném pracovišti. To umožní identifikovat případnou základní příčinu hypertenze a zvolit adekvátní léčebný postup [60].

2.4.1 Prognóza arteriální hypertenze a stanovení celkového kardiovaskulárního rizika

Prognóza nemocných s hypertenzí závisí na výši TK, přítomnosti dalších rizikových faktorů aterosklerózy, subklinického orgánového poškození a přidružených onemocnění. Pro stanovení celkového KV rizika používáme barevné nomogramy, které vycházejí z projektu SCORE. Tento odhad provádíme u asymptomatických jedinců, tedy v rámci primární prevence [135-138].

Za vysoké riziko považujeme hodnotu $\geq 5\%$, což znamená pravděpodobnost úmrtí na KVO v následujících 10 letech 25 %. Osoby, s již prokázaným KVO nebo závažným renálním onemocněním mají velmi vysoké ($\geq 10\%$) riziko úmrtí na KVO v následujících 10 letech. Mezi tyto kategorie patří rovněž všichni diabetici (1. nebo 2. typu) s prokázaným orgánovým poškozením nebo se závažnými rizikovými faktory. Ostatní diabetici (s výjimkou mladých diabetiků 1. typu bez závažných rizikových faktorů) a osoby se středně závažným chronickým renálním onemocněním považujeme automaticky za osoby s vysokým KV rizikem (25 %) [135-138].

Při hodnocení nemocných s hypertenzí je vhodné pátrat i po přítomnosti subklinického orgánového poškození, což může mít vliv na riziko pacienta. Mezi doporučené vyšetření patří například stanovení albuminurie. Celkové KV riziko jednotlivce může být vyšší, než ukazují základní rizikové faktory, a proto je důležité provést co nejkomplexnější zhodnocení nemocného s hypertenzí viz Tabulka 9 [36, 138].

Tabulka 9 Seznam možných vyšetření u arteriální hypertenze. Zdroj tabulky: [60]

Nutná u všech hypertoniků
<ul style="list-style-type: none">• Anamnéza včetně rodinné, gynekologické a farmakologické• TK vsedě, ev. vstoje, při prvním vyšetření na obou horních končetinách• Fyzikální vyšetření, včetně palpce a auskultace periferních tepen• S_{Na}, S_K, S_{Kreat}, kys. močová v séru, glykemie• Lipidogram (LDL a HDL cholesterol, celkový cholesterol, triglyceridy)• Vyšetření moči chemicky a sediment• Odhadnutá glom. filtrace (eGFR)• Albuminurie (poměr albumin/kreatinin)• Krevní obraz• EKG
Vhodná u některých skupin
<ul style="list-style-type: none">• Domácí měření TK, 24hodinové monitorování TK• Poměr systolického TK kotník/paže• Echokardiografie• Ultrazvukové vyšetření extrakraniálních tepen• Vyšetření aortální rychlosti pulzové vlny (např. mladých lidí s lehkou hypertenzí, kde zvažujeme zahájení antihypertenzní léčby)• Sonografické vyšetření ledvin a nadledvin• Oční pozadí (u diabetiků)• Kontrola adherence k léčbě u všech pacientů, u nichž se nedaří dosáhnout cílových hodnot TK (analýza přítomnosti vedlejších účinků léků, kontrola lékového záznamu pacienta, stanovení hladin léků či jejich metabolitů v séru/moči, kontrolované užití léků před zdravotnickým personálem)
Základní vyšetření při podezření na nejčastější typy sekundární hypertenze
<ul style="list-style-type: none">• Renin, aldosteron (u středně těžké až těžké hypertenze nebo hypertenze doprovázené spontánní či diuretiky navozenou hypokalémií)• Vyšetření průtoku krve ledvinami (dopplerovské vyšetření renálních tepen), zejména u mladších žen, ev. CT angiografie• Screening spánkové apnoe

Zkratky: CT – výpočetní tomografie, eGFR – receptor epidermálního růstového faktoru, HDL – vysokodenzitní lipoprotein, LDL – nízkodenzitní lipoprotein, TK – tlak krve

2.4.2 Možnosti a cíle léčby hypertenze

Obecným cílem léčby hypertenze je snížení rizika vzniku KV příhod. Kromě snížení TK, buď režimovými nebo farmakologickými opatřeními je důležité zvážit faktory ovlivňující prognózu hypertoniků viz Tabulka 10. V ordinaci je obecnou zásadou snížit TK pod hodnotu 140/90 mmHg u všech pacientů s hypertenzí. Ve studiích zaměřených na přísnou kontrolu TK u zvláště rizikových pacientů byly dosažené hodnoty TK po léčbě velmi rozdílné, což znemožňuje jednoznačné stanovení cílové hodnoty.

Předpokládá se, že optimální cílová hodnota se pohybuje kolem 130/80 mmHg. Studie SPRINT ukázala, že intenzivní farmakologická léčba s cílovým krevním tlakem kolem 120 mmHg má výhody oproti standardní léčbě udržující TK kolem 136 mmHg [60, 139].

Problém fenoménu "J-křivky" - tedy možného zvýšení rizika KV příhod při snižování TK na velmi nízké hodnoty, však zůstává předmětem diskuzí. Výskyt tohoto jevu je pravděpodobnější u pacientů s pokročilou koronární aterosklerózou, kde snižování TK pod 120/70 mmHg je spojeno s vyšším výskytem KV příhod. Obecně platí, že nízký TK dosažený léčbou (např. < 110/60 mmHg) je často dobře tolerován u mladých a zdravých jedinců, ale u pacientů ve vyšším věku a s významnými komorbiditami může být tolerance těchto hodnot špatná. Proto je nutné u těchto pacientů při léčbě postupovat obezřetně a zvolit individuální přístup [60].

Tabulka 10 Faktory ovlivňující prognózu hypertoniků. Zdroj tabulky: [60]

Rizikové faktory KVO použité ke stratifikaci rizika podle projektu SCORE
- věk
- pohlaví
- kouření
- hodnoty STK
- hodnoty celkového cholesterolu nebo poměr celkový cholesterol/HDL-cholesterol
Subklinické orgánové poškození
- EKG známky hypertrofie levé komory srdeční: RaVL \geq 8 mm, Cornellův index (Rav+SV) > 20 mm u žen, 28 mm u mužů, Sokolow-Lyonův index > 35 mm
- echokardiografické známky změn navozených hypertenzí: zvýšení tloušťky stěn a hmotnosti levé komory, remodelace, systolická a diastolická dysfunkce
- sonograficky prokázané ztlustění arteriální stěny: tloušťka intimy-medie společné karotidy \geq 0,9 mm, nebo přítomnost aterosklerotického plátu
- aortální (karotidofemorální) rychlost pulzové vlny*: absolutní hranice: > 10 m/s relativní hranice v závislosti na věku a aktuálním TK
- poměr kotníkového a brachiálního systolického TK \leq 0,9
- nízká glomerulární filtrace: <1,5 ml/s/1,73m ² = 90 ml/min/1,73m ²
- albuminurie: poměr albumin/kreatinin v prvním vzorku ranní moči 3-29,9 mg/mmol kreatininu nebo 30-300 mg ve 24hodinovém sběru Manifestní KVO a renální onemocnění
Manifestní KVO a renální onemocnění
- cévní onemocnění mozku: ischemická cévní mozková příhoda, mozkové krvácení, tranzitorní ischemická ataka
- postižení srdce: infarkt myokardu, angina pectoris, koronární revaskularizace, chronické srdeční selhání
- renální postižení: diabetická a nediabetická nefropatie, pokles renálních funkcí: glomerulární filtrace <1 ml/s/1,73m ² = 60 ml/min /1,73m ² , proteinurie > 300 mg/24 h
- postižení tepenného systému: hemodynamicky významná stenóza nebo uzávěr karotid, ischemická choroba dolních končetin, aneuryzma aorty
- pokročilá retinopatie: hemoragie nebo exsudáty, edém papily

Poznámka: * pro určení dráhy používáme přímé měření vzdálenosti mezi teper na a. carotis a a. femoralis, vzdálenost násobena koeficientem 0,8 Reference Values for Arterial Stiffness' Collaboration. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'esta blishing normal and reference values: European Heart Journal. 2010;31(19):2338-50.

Zkratky: EKG – elektrokardiografie, KVO – kardiovaskulární onemocnění, STK – systolický tlak krve, TK – tlak krve

Vzhledem k současné situaci dosahuje méně než 50 % hypertenzních pacientů cílového krevního tlaku pod 140/90 mmHg. Důležité je tedy zlepšovat dodržování léčby a monitorovat cílové hodnoty TK, aby se minimalizovalo riziko KV příhod u pacientů s hypertenzí [60]. Snížení TK o 5 mmHg systolického tlaku bylo spojeno se snížením úmrtnosti o 14 % způsobené mrtvicí, 9 % způsobené srdečními onemocněními a 7 % celkové úmrtnosti [140].

2.4.3 Nefarmakologická léčba hypertenze

Nefarmakologické intervence se zaměřují na změny v chování a životním stylu, pokud jsou správně uchopeny nevykazují žádné vedlejší účinky, naopak, existuje mnoho dalších pozitivních aspektů, které je třeba zvážit [141]. Nedávné doporučené postupy doporučují nefarmakologické intervence, které lze považovat za prioritu při léčbě prehypertenzních pacientů. Poměrně mnoho studií prokázalo, že intenzivní zásah do životního stylu v podobě nefarmakologické intervence může krátkodobě snížit krevní TK u hypertoniků a prehypertoniků [131, 142-144]. Nefarmakologická léčba představuje klíčovou součást terapie u všech pacientů jak s prehypertenzí tak hypertenzí [60].

Současné směrnice pro prevenci, detekci, hodnocení a léčbu hypertenze vydané American College of Cardiology (ACC) a American Heart Association AHA doporučují šest typů nefarmakologických intervencí [37, 139, 145, 146]:

- Snížení konzumace alkoholu
- Omezení příjmu soli
- Zvýšení příjmu draslíku
- Fyzická aktivita
- Redukce hmotnosti
- Stravovací plány na podporu zdraví srdce

Nefarmakologické intervence mají potenciál snížit riziko KV komplikací a zlepšit celkové zdraví jedinců s prehypertenzí a hypertenzí viz Tabulka 11. Při vhodné kombinaci těchto přístupů lze v některých případech snížit dávky antihypertenzních léčiv a dosáhnout lepší kontroly TK. Z tohoto důvodu by měly být nefarmakologické strategie pečlivě zvažovány jako klíčová součást léčebných plánů. Nicméně před jakýmkoliv významným zásahem do životního stylu je vždy nezbytné konzultovat svůj zdravotní stav s lékařem, aby byl stanoven vhodný a personalizovaný léčebný postup. Přestože jsou nefarmakologické intervence účinné a mají potenciál snížit zdravotní rizika spojená s hypertenzí, v praxi se stále nedostatečně využívají. Důvody zahrnují nedostatečnou informovanost lékařů, omezené prostředky a neuspokojivou spolupráci pacientů [139, 145, 146].

Tabulka 11 Nefarmakologické intervence vhodné u jedinců s prehypertenzí a hypertenzí. Zdroj tabulky: [146]

Typ intervence	Obsah	Parametry intervence	Obecné označení intervence	Obecný obsah	Obecná doporučení
Akupunktura	Akupunktura je terapeutická metoda, při níž dochází k vpíchnutí jehly do specifických akupunkturních bodů. Po dosažení proudu energie (tzv. qi) se jehly ponechávají v místě vpichu zhruba 30 minut.	cca 3x týdně, 30 minut/jednotka minut, alespoň podobu 6 týdnů	Relaxační cvičení a aktivity zaměřené na redukci stresu	Dopřejte si fyzioterapii od profesionálů. Nebo absolvujte školení od profesionálů, naučte se relaxační cvičení, kombinujte výukové materiály pro samostatná cvičení, včetně jógy a meditace.	4x týdně, cca 45 minut, alespoň podobu 12 týdnů
Meditace	Transcendentální meditace si klade za cíl snížit úroveň stresu. Pro dosažení tohoto stavu klidu a pohody se využívají speciální zvuky, tzv. mantry, které pomáhají uklidnit mysl.	cca 2 hodiny týdně, alespoň podobu 12 týdnů			
Jóga	Provádění jógových cvičení, včetně ásan, dýchání a meditace.	6–7 dní v týdnu, 45–60 minut/jednotka, alespoň podobu 12 týdnů			
Dechová cvičení	Cílem dechových cvičení je snížení stresu, zlepšení koncentrace a dechové kapacity a podpora relaxace. Pomalé a pravidelné dýchání (<10 dechů/min).	Každý den alespoň 15 minut			
Progresivní svalová relaxace	Systematické nasměrování pozornosti účastníků k napětí a uvolnění různých svalových skupin po celém těle, aby bylo dosaženo hluboké relaxace.	15–20 minut, 2x denně			
Aerobní cvičení	Vhodná je dlouhodobá aerobní pohybová aktivita o střední intenzitě (rychlá chůze, jogging, cyklistika, horolezectví a tak dále. Možnost zvolit i vyšší intenzitu (krátkodobě). Intenzita cvičení odpovídá 50-70 % maximální tepové frekvence.	3–4x za týden, 30-60 minut/jednotka, alespoň 12 týdnů	Silové a vytrvalostní cvičení	Pod vedením profesionálů provádějte aerobní (jogging, rychlá chůze, jízda na kole atd.), silové, izometrické nebo kombinované cvičení v různých cílových intenzitách.	4x týdně, cca 45 minut, trvající alespoň 8 týdnů
Silový trénink	Volba cviků dle specifických cílů tréninkového programu. Zaměření se na procvičení velkých svalových skupin: cca 7 cviků, 10-15 opakování, 2-3 série. Elastická lana a další pomůcky se používají pod dohledem fitness profesionálů.	2–3x týdně, 50–60 minut/jednotka, alespoň 6 měsíců			
Běžné pohybové aktivity	Strečink nebo rychlá chůze po dobu 30-60 minut pod dohledem profesionálů, rychlost chůze je cca 5 km/h.	45 minut/čas; 3x týdně; trvající 8 týdnů			
Izometrický trénink	Doporučená intenzita 20-30 % MVC	10 minut, každý den, alespoň 6 týdnů			

Kombinované cvičení	Komplexní cvičební program kombinující různé typy pohybových aktivit (síla, vytrvalost, mobilita).	3x týdně, cca 50 minut, alespoň 7 týdnů			
Omezení příjmu soli	Omezení příjmu soli (maximálně 3 g/den) nebo používat alternativní způsoby solení.	≤3 g/den	Dietetická opatření	Zvolte rozumnou dietu a stanovte si střízlivé cíle, snižte příjem sodíku, omezte příjem tuků a alkoholu, zvýšte příjem draslíku nebo zařaďte DASH dietu.	Držte se svého stravovacího plánu každý den. Své výsledky pravidelně konzultujte s odborníkem.
DASH	Důraz je kladen na komplexnost výživového programu, vyšší příjem ovoce, zeleniny, celozrnných výrobků a nízkotučných mléčných výrobků a omezený příjem sodíku, nasycených tuků a obecně produktů s vysokým obsahem tuku.	Dodržujte DASH dietu každý den			
Nízkokalorická dieta	Jedinci s nadváhou nebo obezitou obdrží podrobné pokyny k nízkokalorické dietě, která má vést k úbytku tělesné hmotnosti o ≤ 10 % vůči výchozí váze. Zde jsou uvedeny informace vztahující se k optimálnímu počtu a velikosti porcí a doporučenému kalorickému příjmu. Vhodné jsou stravovací deníky, které slouží k zaznamenání příjmu potravy a zároveň napomáhají monitorovat stravovací návyky.	Dodržujte nízkokalorickou dietu každý den			
Omezení příjmu alkoholu	Omezení konzumace alkoholu na <14 nápojů týdně nebo snížení příjmu o 50 % nebo zvolit úplnou abstinenci.	Snížit příjem alkoholu na polovinu nebo abstinujte			
Zvýšený příjem draslíku	Buď náhražka soli (chlorid draselný), nebo profesionální poradenství, aby došlo ke snížení příjmu sodíku a zvýšení příjmu draslíku.	Snižte příjem sodíku a zvýšte příjem draslíku			
Změna Životního stylu	Doporučená je komplexní změna životního stylu: snížení tělesné hmotnosti, omezení příjmu sodíku, omezení konzumace alkoholu, zvýšení tělesné aktivity v rozumné míře, přestat kouřit cigarety a naučit se zvládat stresové situace.	Každý den	Životní styl	Účastníci jsou povinni docílit změny životního stylu nebo zhubnout podle vybrané intervence.	Každý den
Pokles tělesné hmotnosti	Zapojení se do fyzických cvičení, doprovázených nízkokalorickou dietou a specifickým plánem výživy zaměřeným na redukci hmotnosti. Cílem je dosáhnout stanovených cílů hmotnosti a BMI.	Každý den			

Zkratky: DASH – dietary approaches to stop hypertension, BMI – body mass index, MVC – maximální volní kontrakce

2.5 Adaptace kardiovaskulárního systému na silový a aerobní trénink

Silový (anaerobní) a aerobní trénink vyžadují koordinovanou a účelnou aktivaci svalových skupin, které jsou centrálním nervovým systémem zapojeny k plnění specifických úkolů. KV systém hraje klíčovou roli v celé řadě dynamických procesů. Hlavním cílem KV systému je poskytnutí energeticky bohatých substrátů (glukóza, mastné kyseliny a kyslík) pracujícím svalům a zajistit odstranění vzniklých metabolitů. Tento proces je dosažen zvýšením srdečního výdeje, jehož výsledná hodnota je pevně vázána s potřebami aktivovaných kosterních svalů. Základní mechanismy zodpovědné za zvýšený SV v kontextu cvičení jsou SF, SO a arteriální vasodilatace [147].

Fyziologická remodelace myokardu, která se týká změn velikosti, tvaru, struktury a funkce srdce je podmíněna stresory spojenými se zvyšováním tréninkových proměnných [148]. Kovacs a Baggish (2016) [147] uvádějí dva typy fyziologických podnětů, které se podílejí na remodelaci ve vztahu k pohybovým činnostem: aerobní (vytrvalostní) a anaerobní (silová) pohybová aktivita.

Aerobní pohybová aktivita se pojí transportem velkých objemů krve prostřednictvím KV systému. Obecně se týká sportovních disciplín jako je běh, běh na lyžích, veslování a cyklistika atd. Z KV hlediska hovoříme o tzv. "vysoce objemovém" zatížení, které působí na všechny 4 komory srdce a přilehlé cévy. V důsledku opakovaného zařazování tohoto typu aktivit dochází k hypertrofii levé komory a snížení SF v klidových podmínkách. Změny na levé komoře mohou být značně různorodé a vždy závisí na objemu, a především na typu zátěže. Změny struktury a funkce levé komory jsou jen jedním z důsledků sportovního tréninku, který vede k řadě změn určujících kardiopulmonální zdatnost. Právě tato adaptace umožňuje sportovcům dosahovat lepších výkonů a lépe se přizpůsobovat nárokům sportovních aktivit [147-149].

Naopak anaerobní pohybové aktivity se týkají sportovních disciplín vyžadujících často výbušné pohyby v krátkém časovém sledu. Pojí se s izometrickou svalovou kontrakcí a nejčastěji se s nimi můžeme setkat u vzpěračů, hráčů amerického fotbalu nebo v bojových sportech. Koordinovaný a téměř maximální stah velkých svalových skupin spolu s náhlým uvolňováním katecholaminů do krevního řečiště způsobí přechodné zvýšení STK nad 400 mmHg [26, 150]. Z KV hlediska představuje izometrická svalová činnost významné zatížení převážně levé komory, protože kompetentní mitrální chlopeč šetří zbytek srdečního svalu. V nedávných studiích bylo zjištěno, že při provádění izometrické činnosti společně s Valsalvovým manévrem dochází k redukci nebo dokonce vymizení nadměrného zatížení levé

komory vyvolaného vysokým tlakem. Tato účinnost je dána tím, že současný nárůst nitrohručního tlaku a nitrosrdečního tlaku efektivně normalizuje transmuralní tlak, což je klíčový faktor ovlivňující práci myokardu [151]. Nicméně většina atletických aktivit charakterizovaných izometrickou činností se provádí bez zadržování dechu. Detailní popis strukturálních a funkčních adaptací je uveden v odstavci 2.5.2.

Rozlišování těchto dvou hlavních forem pohybových aktivit má klíčový význam pro klasifikaci sportů na základě jejich fyziologických vlastností. #36 Bethesda konference a její následné revize přinesly nový přístup k tomuto problému v podobě matice, která umožňuje systematický a komplexní pohled na sporty, ať už z hlediska jejich dopadu na KV systém nebo jejich fyziologického charakteru. Díky této matici je možné lépe porozumět a porovnávat různé sportovní disciplíny a jejich efekt z hlediska zatížení na srdce a cévy [152].

2.5.1 Strukturální a funkční adaptace kardiovaskulárního systému na aerobní trénink

American College of Sport Medicine (ACSM) definuje aerobní pohybovou aktivitu jako činnost vytrvalostního rázu, při které dochází k zapojení velkého množství svalových skupin a zároveň probíhá v rytmickém sledu. Tento druh aktivity zahrnuje širokou škálu činností, přičemž obvykle jsou vykonávány v průběhu delší doby. Tímto způsobem stimulují činnost kardiopulmonálního systému. Mezi klasické příklady aerobních aktivit patří běh s mírným tempem, rychlá chůze, taneční aktivity, plavání anebo jízda na kole [153].

Změny na levé komoře srdeční LKS v důsledku pravidelné pohybové aktivity byly předmětem rozsáhlého výzkumu. Analýzy heterogenních kohort evropských sportovců odhalily vysokou prevalenci zvětšení LKS a tloušťky srdeční stěny [154, 155]. V závislosti na zvoleném řezu LKS lze až u 30 % zdravých sportovců očekávat hodnoty překračující horní hranici normálu. Tloušťka stěny LKS obvykle dosahuje 12-14 mm u sportovců [156]. Je však zapotřebí doplnit, že tyto změny na LK jsou specifické pro každý sport [157-159].

Pokud převažuje aerobní pohybová aktivita, existují důkazy o vyváženém rozšíření LKS a zesílení jejích stěn. Většina publikovaných dat naznačuje, že aerobní trénink vede ke zlepšené diastolické funkci LKS, ta je měřena jednak pomocí dopplerovské echokardiografie, tak invazivně. Celkově nemá žádná forma tréninku významný vliv na klidovou systolickou funkci LKS. Většina studií ukazuje, že funkce LKS je téměř vždy v normálním rozmezí. Ta je měřena jak pomocí ejekční frakce, tak pomocí pokročilejších neinvazivních ukazatelů systolické funkce [160]. Nicméně v klinické praxi není neobvyklé vidět mírně sníženou klidovou systolickou funkci LKS u vytrvalostních sportovců [161]. Současné výzkumy naznačují, že se jedná spíše o fyziologickou rezervu než subklinickou patologii.

V poslední době se stále více výzkumů zaměřuje na změny v oblasti pravé srdeční komory (PKS) během různých typů tréninků. Aerobní trénink představuje vyvážený stres pro obě srdeční komory. Několik studií zdokumentovalo vysokou prevalenci rozšíření PKS u vytrvalostně trénovaných sportovců pomocí echokardiografie a magnetické rezonance [162, 163]. Podobně jako u LKS, klidová systolická funkce PKS může být mírně snížena u trénovaných vytrvalostních sportovců a pravděpodobně odráží značnou kontraktilní rezervu způsobenou fyziologickým rozšířením PKS [164]. Vzhledem k obtížnosti kvantifikace hypertrofie PKS pomocí neinvazivního zobrazování existuje omezené množství dat týkajících se toho, zda dochází k zesílení PKS v závislosti na tréninku. Z dostupné literatury by se dalo usuzovat, že hypertrofie PKS je neobvyklou odpovědí na cvičební trénink, pokud není souběžně přítomná nějaká forma plicní hypertenze [147].

V minulosti byla několikrát shledána pozitivní souvislost mezi endothelinem-I (ET-I) a aerobním cvičením [165]. ET-I je produkován endotelovými buňkami cév a funguje vazokonstrikčně [166], má totiž zásadní vliv na udržení krevního toku, průchodnost cév a výši TK. Maeda a kol (2003) [167] prokázali statisticky významnou souvislost mezi zvyšujícím se věkem a rostoucí hladinou ET-I. Navíc prokázali viditelné snížení hladin ET-1 po 3 měsíčním programu aerobního cvičení.

2.5.2 Strukturální a funkční adaptace kardiiovaskulárního systému na silový trénink

Silový/anaerobní trénink byl definován ACSM jako intenzivní fyzická aktivita velmi krátkého trvání, při které získává sval energii díky mechanismům anaerobního metabolismu (probíhá bez přístupu kyslíku). Silové cvičení rekrutuje rychlá svalová vlákna podílející se na rozvoji rychlosti a síly [84]. V rámci vědeckých výzkumů byl pečlivě studován vliv silového tréninku na oběhový systém u jedinců s KVO i bez něj. Cílem bylo zhodnotit bezpečnost a potenciální přínosy tohoto typu cvičení pro obě skupiny. Výsledky byly shrnuty v několika systematických recenzích. [159, 168-172]. Výsledný efekt je ovlivněn celou řadou proměnných: konkrétní typ cvičení, intenzita a délka tréninku, věkem, pohlavím, genetikou a dalšími faktory [12].

Studie zaměřené na morfologii a funkci srdce jasně prokázaly, že změny spojené se silovým tréninkem jsou fyziologické, i když některé účinky na srdce mohou existovat na kontinuu mezi normálním a patologickým stavem. Intenzivní silový trénink může vyvolat hypertrofii LKS, přičemž průměr LKS zůstává téměř nezměněn. [159, 170-172] Ačkoliv statisticky významné, ztlustění stěny je spíše minimální, hodnoty obecně spadají do horního rozmezí u normálních netrénovaných jedinců. Některé studie naznačují, že zvětšení masy LKS

je proporcionální k nárůstu hmotnosti svalové hmoty u silově cvičících jedinců. Na rozdíl od aerobního cvičení, které je obecně spojováno s asymetrickou hypertrofií LKS (při zachování normálního poměru tloušťky septa a zadní stěny), hypertrofie způsobená silovým tréninkem je obvykle symetrická a postihuje celou LKS [12, 159, 170-172].

Studie využívající echokardiografie při hodnocení hypertrofie LKS po silovém tréninku, ukazují konzistentní výsledky s normálním stavem myokardu. Tento typ tréninku nevykazuje žádné známky poškození srdeční tkáně nebo fibrotické změny, které jsou typické u pacientů se srdečním onemocněním. Ve srovnání s pacienty s kardiomyopatií nebo jinými srdečními chorobami, u nichž je fibrotická tkáň jedním z charakteristických znaků. Jedinci věnující se silovému tréninku vykazují normální strukturu srdečního svalu. To znamená, že jejich myokard nevykazuje přítomnost patologických změn, které by naznačovaly poškození srdce [12]. Zajímavostí je, že nízká hladina lidského růstového hormonu má vliv na srdeční strukturu, což se projevuje sníženou tloušťkou zadní stěny levé srdeční komory, menším indexem hmotnosti LKS a omezenou ejekční frakcí LKS [173].

Studie provedené na ženách nezaznamenaly hypertrofii srdečních komor po pravidelném silovém tréninku. Zdá se, že hypertrofie LKS spojená se silovým tréninkem je odpovědí na zvýšené tlakové zatížení (na rozdíl od objemového zatížení při aerobním cvičení). Tato hypertrofie slouží ke snížení systolické zátěže na srdeční svalovinu (myofibrily), čímž se udržuje normální tlak na stěnu LKS. Funkční vyšetření ukazují, že systolická a diastolická funkce LKS po silovém tréninku zůstává normální, což je v souladu s fyziologickou hypertrofií [159, 170-172, 174]. Zároveň fyziologická hypertrofie u silově cvičících jedinců poskytuje lepší inotropní odpověď na dobutamin [175]. Tyto výsledky naznačují, že silový trénink u žen nezpůsobuje nepříznivé změny na srdci, a podporují teorii, že hypertrofie spojená s tímto typem cvičení je fyziologická adaptivní odpověď na zátěž [12].

Nárůst svalové síly, způsobený silovým tréninkem, má za následek nižší hemodynamické zatížení v důsledku adaptace [159, 168-172] a to u jedinců s normotenzí i hypertenzí. [176, 177] Přesto, že silový trénink nepředstavuje velkou aerobní zátěž pro organismus, některé studie ukázaly mírné zvýšení maximální spotřeby kyslíku ($\dot{V}O_2$ max), snížení SF a STK, během aerobního tréninku, který následoval po silovém tréninku [12, 159, 169-172].

Studie zkoumající efekt silového tréninku na endoteliální buňky u normotenzních jedinců ukázaly jak zlepšení endotelové funkce tj. rovnováha mezi faktory působícími dilatačně a kontrakčně, mezi antikoagulačně a prokoagulačně působícími činiteli a mezi inhibitory a promotory růstu [178], zatímco jiné neprokázaly žádný efekt [179]. Nicméně, u mladých

mužů byla silovým tréninkem snížena plazmatická koncentrace ET-1, silného vazokonstriktoru a stimulatoru proliferace hladké svaloviny cév [180]. I když bylo hlášeno zvýšení klidového průtoku krve u pacientů po srdečním selháním, účinek na endoteliální buňky je mezi studii nekonzistentní. Na jedné straně se můžeme setkat se zlepšením [181] na druhou stranu zde máme studii, ve které nebyly žádné změny [182]. To může být způsobeno v důsledku odlišné metodologie. Nicméně, vybraní pacienti s chronickým srdečním selháním a ICHS reagovali na silový trénink zvýšením svalové síly, bez negativních KV změn [12, 178, 180, 182]. Za zmínku stojí studie provedená Temürem a kol. (2015) [183], kteří zkoumali efekt anaerobního cvičení na natriuretické peptidy, konkrétně na peptid typu C (CNP). CNP je syntetizován endotelem a vykazuje ochranné účinky, mimo jiné ovlivňuje vaskulární tonus a má antifibrotické a antiproliferační vlastnosti. Působí hyperpolarizujícím způsobem na hladkou svalovinu cév, což vede k jejich vasodilataci [184]. Dále bylo zjištěno, že CNP napomáhá předcházet stárnutí srdečního svalu a fibróze LKS prostřednictvím dráhy cyklického guanosinmonofosfátu [185].

Zatímco aerobní trénink je spojován se zlepšením poddajnosti cév, silový trénink vykazuje odlišné účinky na tento parametr. Snížená poddajnost cév může mít negativní dopad na TK, oběhovou dynamiku a koronární perfusi, což zvyšuje riziko KVO. Ve studii provedené na mladých zdravých mužích provádějících silový trénink, nebyly pozorovány významné změny v arteriální poddajnosti [186]. Naopak, v jiných studiích byl prokázán nárůst tuhosti u aorty a krkavice u jedinců po silovém tréninku, což bylo spojeno se zvýšeným centrálním pulsním tlakem. Tato zjištění naznačují, že silový trénink může mít odlišný vliv na cévní soustavu v porovnání s aerobním tréninkem. [187-189] V těchto studiích byl mírně zvýšen STK, ale v normálním rozmezí, a DTK a střední arteriální tlak zůstaly v normě. Zvýšená tuhost velkých tepen může být způsobena adaptací zabraňující přílišné expanzi během intenzivního izometrického tréninku. Silový trénink a žilní tuhost jsou v současné době předmětem zájmu mnoha výzkumných týmů [12].

Nerovnováha mezi tvorbou volných radikálů a antioxidační kapacitou buňky vede ke stavu oxidačního stresu, který se může podílet na procesech stárnutí a onemocnění [190]. Jednorázový trénink může mít pozitivní nebo negativní dopad na oxidační stres, a to v závislosti na typu, intenzitě tréninkových proměnných a výchozí úrovni kondice jednotlivce. Ačkoli potenciální dlouhodobé přínosy silového tréninku na oxidační stres zatím nebyly plně zhodnoceny, některé studie u starších jedinců naznačují, že trénink o nízké až střední intenzitě může zmírňovat tyto ukazatele [191, 192]. Jedna ze studií naznačila, že by silový trénink mohl

poskytnout ochranu před oxidativním stresem vyvolaným aerobním cvičením [193]. Tento mechanismus je zvláště důležitý u jedinců, kteří kombinují silový a aerobní trénink [12].

2.5.3 Bezpečnostní hledisko silového tréninku

Jak výzkumná data, tak klinické zkušenosti naznačují, že silový trénink je poměrně bezpečný a zároveň efektivní z pohledu zdravotních benefitů tak výkonnostních parametrů viz Tabulka 12. Většina studií týkající se silového tréninku často zahrnuje zdravé osoby nebo sportovce, kde je rizikovost významně nižší [194].

Podobně jako rizika spojená s aerobním tréninkem, KV rizika pojící se silovým tréninkem jsou obecně určena [12]:

- Věkem
- Zdravotním stavem: obzvláště ve vztahu ke KVO
- Zkušeností s pohybovou aktivitou
- Úrovní kondice
- Parametry silového tréninku: počet opakování, intenzita, délka odpočinku a další

Ačkoli bylo zdokumentováno nadměrné zvýšení TK v průběhu vysoce intenzitního silového tréninku, například při cvičení do vyčerpání při 80% až 100% 1-RM, tato zvýšení obecně nejsou obavou u nízko- až středně intenzitního silového tréninku doprovázeného pravidelným dechovým cyklem a vyhýbáním se Valsalvovu manévru [194]. Extrémní nárůst hodnot arteriálního TK a nitrohručního TK (160-260 mmHg) v důsledku nadměrné zátěže v kombinaci s Valsalvovým manévrem, může vyústit v tzv. weightlifter's blackout, což je nekontrolovatelný krátkodobý pokles TK na 25-50 mmHg doprovázený ztrátou vědomí [195]. Zajímavé je, že existují nepřímé důkazy o tom, že silový trénink vede k příznivějšímu poměru mezi dodávkou a spotřebou kyslíku v myokardu než aerobní trénink, díky nižší SF a vyššímu perfuznímu tlaku myokardu [12, 196].

Izometrický trénink, bez ohledu na procento maximální volní kontrakce (MVC), obecně nevede k angině pectoris, depresi ST úseku nebo komorové (ventrikulární) arytmii u jedinců s nízkým rizikem KVO [197]. Kromě zvýšené subendokardiální perfuse způsobené zvýšeným DTK a sníženou žilní návratností přispívá ke snížení diastolického objemu LKS a napětí stěny [198]. Navíc se zdá, že vztah mezi dodávkou a potřebou kyslíku v myokardu je příznivě ovlivněn překrytím statického a dynamického úsilí v průběhu tréninku, takže velikost deprese ST úseku je při daném součinu rychlosti a tlaku snížena [12, 199].

Tabulka 12 Porovnání efektu aerobního a silového tréninku na zdravotní a kondiční parametry.
Zdroj tabulky: [12]

	Aerobní trénink	Silový trénink
Tělesné složení		
• Hustota kostní tkáň	↑↑	↑↑
• Procento tělesného tuku	↓↓	↓
• Tukuprostá hmota	0	↑↑
• Svalová síla	↑0	↑↑↑
Glukozový metabolismus		
• Glukozový toleranční test	↓↓	↓↓
• Hladina glykémie	↓	↓
• Inzulinová senzitivita	↑↑	↑↑
Metabolismus lipidů a lipoproteinů		
• HDL	↑0	↑0
• LDL	↓0	↓0
• Triglyceridy	↓↓	↓0
Kardiovaskulární parametry		
• Klidová srdeční frekvence	↓↓	0
• Systolický objem	↑↑	0
• Srdeční výdej – klidové podmínky	0	0
• Maximální srdeční výdej	↑↑	0
• STK – klidové podmínky	↓0	0
• DTK – klidové podmínky	↓0	0
• VO ₂ max	↑↑↑	↑0
• Hodnoty v submaximálním a maximálním vytrvalostním testu	↑↑↑	↑↑
• Energetická spotřeba srdce při submaximální zátěži (rate-pressure product)	↓↓↓	↓↓
Bazální metabolický výdej	↑0	↑
Kvalita života podmíněná zdravím	↑0	↑0

Poznámky: ↑ šipka nahoru znamená zvýšení hodnot, ↓ šipka dolů znamená pokles hodnot 0 hodnoty zůstávají nezměněny, 1 šipka značí malý účinek, 2 šipky značí střední účinek, 3 šipky značí velký účinek.

Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, HDL – vysokodenzitní lipoprotein, LDL – nízkodenzitní lipoprotein, STK – systolický tlak krve, VO₂ max – maximální spotřeba kyslíku

Zařazení silového tréninku u pacientů se stabilní ICHS vyžaduje dobrý klinický úsudek a pečlivé sledování. Naopak studie provedené na zdravých dospělých jedincích s nízkým rizikem KVO, tj. osoby bez známek ischemie myokardu, těžké diastolické dysfunkci LKS nebo poruchy srdečního rytmu navozených během odpočinku nebo cvičením, nehlásily žádné závažné nežádoucí KV potíže. Silový trénink se jeví bezpečný i u pacientů s kontrolovanou hypertenzí [9, 200]. TK během vzpěračského tréninku u pacientů s ICHS se nachází v klinicky přijatelném rozmezí při odporu odpovídajícímu 40% a 60% 1RM [201, 202]. Žádné významné KV potíže nebyly hlášeny ani při testování maximální svalové síly pro 1RM (bench press, leg press a předkopávání vsedě) u 6653 zdravých jedinců ve věku 20 až 69 let, kteří měli klidový TK <160/90 mmHg [12, 203].

Studie uvádějí zvýšení svalové síly a svalové-vytrvalosti, a to jak u skupiny cvičící s vysokým odporem (80 % 1RM) tak nízkým (30 % až 40 % 1RM). Absence anginózních příznaků, deprese ST úseku, abnormální hemodynamiky, poruch srdečního rytmu a dalších KV komplikací naznačují, že testování svalové síly a samotný trénink jsou klinicky bezpečné u mužů se stabilní ICHS. Z tohoto pohledu lze doporučit aktivní účast na rehabilitačním programu pod dohledem zkušeného terapeuta. Novější údaje dále naznačují, že i ženy s ICHS mohou těžit z benefitů silového tréninku [12, 204].

2.5.4 Lékařské vyšetření pro posouzení vhodnosti silového tréninku

Účelem komplexního lékařského screeningu a hodnocení je zajistit bezpečnost jedinců a minimalizovat překážky, které by mohly být komplikací v tréninkovém programu. Zároveň však vyloučit osoby s potenciálními zdravotními obtížemi, pro které by daný typ cvičení mohl být nebezpečný. Tímto postupem se také vyhýbáme zbytečným a potenciálně nákladným lékařským vyšetřením, která samotná nemusí být bez rizika. Pro zahájení intenzivního nebo vysoce-intenzivního silového tréninku bychom měli brát v úvahu předchozí zkušenost s alespoň středně intenzivním silovým tréninkem, bez ohledu na věk, zdravotní stav nebo úroveň kondice. Je důležité, aby intenzita silového tréninku byla postupně navyšována, tak aby se minimalizovalo riziko zranění a zajistila se bezpečnost při cvičích. Z tohoto důvodu by měl silový trénink vždy začínat na nízké intenzitě [84, 85, 205]. U pacientů s diabetem a sedavým způsobem života je testování silových parametrů zapotřebí pouze v případě, kdy je plánovaný tréninkový program náročnější než rychlá chůze a kdy je pravděpodobnost rizika KVO vyšší než 10% [12, 206].

V Tabulce 13 jsou uvedeny absolutní a relativní kontraindikace pro silový trénink. U pacientů s hypertrofickou kardiomyopatií se často doporučuje vyhnout se silovému tréninku, ale nedávné prohlášení AHA shrnující doporučení pro sportovní aktivity u mladých jedinců s KV naznačuje, že nízko-intenzivní silový trénink s využitím strojů může být povolen u vybraných jedinců [12, 207].

Pacienti, kteří nedávno prodělali infarkt myokardu, chirurgickou revaskularizaci myokardu nebo jiné srdeční chirurgický zákrok by měli dávat přednost cvičení v dozorovaných rehabilitačních programech s rizikovou stratifikací a monitorováním, jak je uvedeno v pokynech American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation (AACVPR) [85].

Pacienti s KVO, u kterých jsou symptomy stabilní, mohou bez dalšího lékařsko-diagnostického testování zařadit nízko- až středně intenzivní silový trénink, pokud mají

přijatelnou funkční kapacitu (≥ 4 METs), což lze odhadnout pomocí dotazníku, například Duke Activity Status Inventory [208]. Pacientům by mělo být doporučeno přerušit cvičení a vyhledat lékařskou konzultaci, pokud se změní jejich zdravotní stav nebo pokud během silového tréninku pociťují bolest na hrudi nebo nepřiměřenou dušnost. Opakující se pohyby ve formě silových cviků, mohou vést k poruchám nebo uvolnění srdečních elektrod u jedinců s kardiostimulátorem [209]. Osoby s takovým zařízením by měly před zahájením tréninkového programu dorazit na konzultaci ke svému lékaři [12].

Tabulka 13 Absolutní a relativní kontraindikace v silovém tréninku. Zdroj tabulky: [12]

Absolutní kontraindikace
- Onemocnění koronárních tepen
- Dekompenzované srdeční selhání
- Poruchy srdečního rytmu
- Závažná plicní hypertenze (průměrný plicní arteriální tlak >55 mmHg)
- Těžká a symptomatická aortální stenóza
- Akutní myokarditida, endokarditida nebo perikarditida
- Nekontrolovaná hypertenze ($>180/110$ mmHg)
- Disekce hrudní aorty
- Marfanův syndrom
- Vysoce intenzivní silový trénink (80 % až 100 % 1RM) u pacientů s aktivní proliferativní retinopatií nebo neproliferativní diabetickou retinopatií
Relativní kontraindikace
- Hlavní rizikové faktory vedoucí k onemocnění koronárních tepen (kouření, vysoký cholesterol, vysoký TK, vysoká koncentrace lipoproteinu (a) atd.)
- Diabetes v jakémkoliv věku
- Nekontrolovaná hypertenze ($>160/>100$ mmHg)
- Nízká funkční kapacita (<4 MET)
- Muskuloskeletální omezení
- Jedinci, kteří mají implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor

Zkratky: MET – metabolický ekvivalent, RM – opakovací maximum, TK – tlak krve

Bez přítomnosti kontraindikací by měli být pacienti s cukrovkou 2. typu povzbuzováni k účasti na silovém tréninku [206]. Opatrnost se doporučuje u jedinců s diabetickou neuropatií kvůli větší náchylnosti k ortostatické hypotenzi a svalovým zraněním způsobeným nedostatečnou propiocepcí a vnímáním bolesti. Intenzivní silový trénink u osob s retinopatií je kontraindikován, protože může vyvolat krvácení do sklivce a oddělení sítnice [210].

Osoby s omezenou pohyblivostí svalového a kosterního systému, pokročilými artritickými stavy, těžkou osteoporózou, neuropatiemi nebo neurologickými následky po předchozí mrtvici čelí riziku komplikací při provádění silového tréninku. Nicméně je důležité zdůraznit, že tito jedinci mohou získat značné prospěchy z tohoto typu cvičení a neměli by být automaticky vylučováni z těchto aktivit [211-213]. V takových případech se doporučuje provádět silový trénink s použitím strojů namísto volných vah, což pravděpodobně představuje

nejbezpečnější přístup. Avšak, tito jedinci by měli vyhledat radu od kvalifikovaného odborníka, například sportovního lékaře nebo fyzioterapeuta, aby jim pomohl s přesným nastavením strojů, výběrem cviků, vhodným počátečním cvičebním plánem a postupnou progresí [12, 84].

2.5.5 Praktická doporučení k silového tréninku dle mezinárodních guidelines

Řada mezinárodních organizací a asociací pravidelně publikuje doporučené postupy, které mají za úkol informovat o aktuálních poznatcích. Konkrétní doporučení k silovému tréninku se nachází v Tabulce 14.

Tabulka 14 Praktická doporučení k silovému tréninku u začátečníků. Zdroj tabulky: [12]

Silový trénink by měl být prováděn:
- Rytmičky kontrolovaným způsobem při zachování střední až pomalé rychlosti pohybu
- V plného rozsahu pohybu, vyhýbat se zadržování dechu (Valsalvův manévr), zařazení správného dechového cyklu
- Kombinací cviků na horní a dolní polovinu těla
Počáteční velikost odporu nebo hmotnost zátěže by měla:
- Umožňovat bezpečné provedení 8–12 opakování v sérii u zdravých dospělých osob se sedavým zaměstnáním nebo 10–15 opakování o nízkém odporu, například <40 % z 1RM, u starších osob (>50–60 let) nebo kardiaků
- Být omezena se na jednu sérii prováděnou 2x v týdnu
- Zahrnovat cviky na všechny velké svalové skupiny na horní a dolní polovině těla, např. bench press, military press, tricepsově extenze, bicepsový zdvih, stahování kladky, cvik na extenzory páteře, zkracovačky, předkopávání vsedě nebo legpress, zakopávání a výpony na lýtka

Zkratky: RM – opakovací maximum

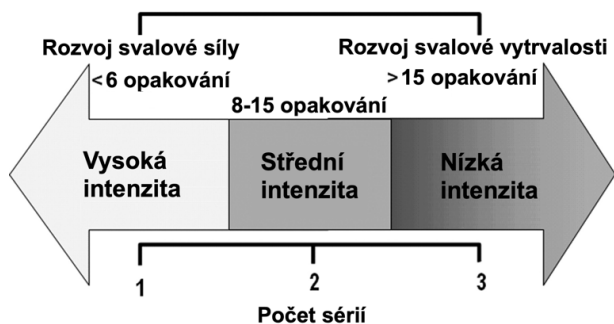
Pro začátečníky v silovém tréninku je vhodné zařazení jednosériových programů, které jsou prováděny minimálně 2x v týdnu před zahájením vícesériových programů. Tato jednosériová cvičení jsou velmi účinná, šetří čas a podporují pravidelnost tréninku. Pokud to časové možnosti dovolí, mohou účastníci postupně přejít na 3 tréninkové dny v týdnu, což umožní ještě lepší progres ve výkonu. Důležité je, že efekt fyzické kondice je specifický pro každou svalovou skupinu. Proto by měly být do tréninkového plánu zařazeny cviky, které zahrnují různé svalové skupiny. To umožní harmonický rozvoj celého těla a minimalizuje riziko nerovnoměrného rozvoje jednotlivých partií. Důraz by měl být kladen na rozmanitost cviků, které osloví například horní a dolní končetiny, trup a střed těla. V případě začátečníků by mělo být cílem naučit se správnou techniku provedení cviků. Kvalitní technika snižuje riziko zranění a umožňuje lepší zapojení svalů. Proto je dobré začít s technicky méně náročnými cviky a postupně se posouvat ke složitějším, jakmile jsou správně zvládnuty základní pohyby. (dřep, tlak, tah, kyčelní ohyb) [36].

Tabulka 15 Doporučení k pohybovým aktivitám u jedinců s vysokým krevním tlakem dle mezinárodních organizací. Zdroj tabulky: [43]

Mezinárodní organizace	Frekvence (jak často?)	Intenzita (jak tvrdě?)	Čas (jak dlouho?)	Typ cvičení
Joint National Committee a AHA/ACC Life style Work group	3–4 x týdně	Mírná intenzita, 40–60 % VO ₂ max	40 min / trénink	Aerobní cvičení
Joint National Committee	Většinu dní v týdnu	Není uvedeno	≥30 min za den	Aerobní cvičení
AHA	Většinu dní v týdnu	Od mírné k vyšší intenzitě >40–60 % z maxima	150 min týdně	Aerobní cvičení
European Society of Hypertension/ European Society of Cardiology	5–7x týdně	Mírná intenzita, 40 – <60 % VO ₂ max	≥30 min za den	Aerobní cvičení
Canadian Hypertension Education Program	4–7x týdně, v kombinaci s denními aktivitami	Mírná intenzita, 40 – <60 % VO ₂ max	Okolo 30–60 min za den	Dynamická cvičení
ACSM	Doporučuje každý den v týdnu	Mírná intenzita, 40–60 % VO ₂ max	30–60 min souvisle, rozdělené do sérií po ≥10 min každá	Aerobní cvičení

Zkratky: ACC – American College of Cardiology, ACSM – American College of Sport Medicine, AHA – American Heart Association, VO₂ max – maximální spotřeba kyslíku

V neposlední řadě je důležité dbát na postupnost a progresi v tréninkovém plánu. Jakmile jsou jednosériové programy zvládnuty a tělo je na ně adaptováno, lze přejít k vícesériovým tréninkům a postupně zvyšovat zátěž. To zajistí, že tělo bude neustále vyzýváno a bude dosahovat trvalého pokroku. Celkově je klíčové začít s jednoduchým a efektivním tréninkovým plánem, který zahrnuje různé svalové skupiny a klade důraz na správnou techniku cvičení. Doporučení pro frekvenci a intenzitu aerobního a silového tréninku jsou uvedeny v Tabulce 15. Tradiční varianta silového tréninku zahrnuje provedení cviku ve třech sériích po deseti opakování viz Obrázek 9 [12, 213, 214].



Obrázek 9 Vztah mezi specifickými parametry silového tréninku vzhledem k jeho účinkům. Zdroj obrázku: [12]

2.5.6 Význam tréninkových proměnných

Pro přibližné stanovení vhodné velikosti odporu u silového tréninku je vždy užitečné začít s určením maximální velikosti odporu, kterou lze použít k provedení 1RM (maximální váha, kterou lze zvládnout pro jedno opakování) během daného cviku, jako například bench press, leg press, military press, předkopávání atd. Na základě této hodnoty je pak možné při každé sérii cvičení zvolit stanovené procento z této maximální hmotnosti.

U začátečníků je doporučeno nastavit velikost odporu na 30 % až 40 % z 1RM pro horní polovinu těla a 50 % až 60 % z 1RM pro dolní polovinu těla. Většina studií provedená na dříve neaktivních dospělých, včetně těch s a bez srdečních onemocnění nebo pacientů s chronickým selháním srdce, uvádí velikosti odporů v rozmezí 50 % až 80 % 1RM [83, 169]. Pokud stanovení 1RM není možné nebo proveditelné, existují metody aproximace vztahu mezi zátěží a počtem opakování viz Tabulka 16 [215].

Stanovení správných odporů je klíčové pro efektivní a bezpečný trénink. Pamatujte však, že každý jedinec je jiný, a proto je důležité sledovat reakci těla na tréninkové zatížení a případně individuálně upravit intenzitu, aby se dosáhlo nejlepších výsledků a minimalizovalo se riziko zranění [12]. Jedinec může postupně zvyšovat tréninkové dávky, což mu umožní dosáhnout zlepšení v oblasti svalové síly a hypertrofie. Toto zatížení probíhající formou "přetížení" lze ovlivnit tréninkovými proměnnými. Seznam tréninkových proměnných:

- Velikost odporu
- Počet opakování
- Počet sérií
- Počet cviků
- Délka odpočinku mezi sériemi nebo cviky
- Pořadí cviků
- Čas pod napětím
- Frekvence tréninků

Doporučuje se začít zvýšením počtu opakování před zvýšením zátěže. Když účastník může pohodlně dosáhnout horní hranice předepsaného počtu opakování, například 12 až 15 opakování, poté může být tréninková zátěž zvýšena o cca 5 %. Na začátku to může znamenat zhruba 1 až 5 kg na cvik. Avšak, tradiční směrnice často stanovují relativně omezené limity pro zvyšování hmotnosti (0,5 až 2 kg) po dobu prvních 3 až 12 týdnů po srdeční události nebo zákroku. Důvodem je obava lékařů o pacienty, kteří by mohli zdvihávat příliš velkou zátěž, zejména při nekontrolovaných aktivitách.

Byl navržen alternativní přístup pro nízkorizikové pacienty účastníci se dozorované rehabilitace dle AACVPR a zároveň byly vytvořeny 3 diagnostické skupiny rehabilitace srdce: infarkt myokardu, implantace kardiostimulátoru nebo kardioverter-defibrilátoru a koronární bypass. Tyto skupiny mohou urychlit návrat na požadovanou úroveň každodenních aktivit, pokud jsou implementovány ve spojení s tréninkovým programem a pravidelným sledováním SF a TK [12, 216].

Tabulka 16 Vztah mezi velikostí odporu a počtem opakování. Zdroje tabulky: [12, 217]

Velikost odporu	% 1RM	Možný počet opakování	Doba svalové tenze	Primární energetický zdroj	Efekt	Efekt na TK
Velmi těžký	95-100	1-2	1–10 s	ATP-CP	Maximální svalová síla	Extrémní nárůst TK
Těžký	90-94	2-3				
Středně těžký	85-90	4-5	11–20 s	ATP + zvyšující se podíl CP	Kompromis pro nárůst maximální síly a hypertrofie	Zvýšený nárůst TK
Střední	80-85	6-7				
Středně lehký	75-80	8-10	21–40 s	Glykogen/ATP-CP	Ideální zóna pro hypertrofii, může vést ke zvýšení maximální svalové síly	Optimální zóna
Lehký	70-75	11-13				
Velmi lehký	<70	>14	>40	Glykogen	Rozvoj svalové vytrvalosti, postupně snižující se efekt na hypertrofii	Trénink do selhání s nízkým odporem = zvýšený nárůst TK

Zkratky: ATP-CP – adenosintrifosfát-kreatin fosfát, TK – tlak krve

2.6 Vliv silového a aerobního tréninku na hodnoty krevního tlaku

Epidemiologické studie jednoznačně ukazují, že pravidelná pohybová aktivita má významný vliv nejen na prevenci, ale i léčbu hypertenze. Byla prokázána její prospěšnost při dosahování úbytku hmotnosti, zlepšování funkčního stavu zdraví a snižování celkové úmrtnosti a rizika KVO [218].

Většina příruček pro léčbu hypertenze doporučuje změnu životního stylu, zejména se jedná o kombinaci stravy a cvičení. Ověřeným a účinným postupem, který je dnes běžně aplikován mezi hypertonyky, sloužící k poklesu krevního tlaku, je pohybová aktivita, DASH dieta, redukce hmotnosti, společně s farmakologickou terapií. Pohybové aktivity jsou považovány za "polypill" a proto je důležité znát jejich účinnost a kombinovatelnost pro dosažení co nejlepšího efektu [219].

2.6.1 Fyziologická odpověď krevního tlaku na aerobní trénink

Během aerobního (vytrvalostní) tréninku dochází k nárůstu spotřeby kyslíku, zvýšení SV a SF, které odpovídá intenzitě pohybové aktivity, a zároveň lze pozorovat počáteční nárůst a následnou stabilizaci SO. To způsobuje postupné zvýšení STK a mírné snížení DTK, což vede k nárůstu pulzního tlaku a mírnému zvýšení středního arteriálního tlaku při snížení odporu periferních cév. Krev se přesouvá z metabolicky méně aktivního kosterního svalstva a vnitřních orgánů do aktivního kosterního svalstva, kde zvýšená spotřeba kyslíku zvyšuje systémovou arteriovenózní diferenci kyslíku, což je rozdíl v úrovni nasycení arteriální a venózní krve kyslíkem. Aerobní pohybové aktivity představují především objemovou zátěž pro KV systém [36, 220].

Hypotenzní efekt aerobního tréninku je zprostředkována jak centrálními, tak periferními faktory. Zdá se, že pokles TK po tréninku je způsoben sníženým přenosem signálu ze sympatického nervového systému do vazokonstrikce a také lokálními vazodilatačními mechanismy. Nedávné důkazy naznačují, že hlavní roli v této odpovědi mohou hrát informace zprostředkované aferenty ze svalového vřetenka [221].

2.6.2 Aerobní trénink a jeho varianty

Od roku 2000 bylo identifikováno celkem 21 metaanalýz hodnotící účinky pravidelné aerobní aktivity na hodnoty TK. Sedm z nich zkoumalo účinek samotného cvičení na TK u pacientů s hypertenzí [24, 143, 222-239] zatímco pouze dvě rozlišovaly mezi jedinci s normotenzí, prehypertenzí a hypertenzí [222, 223].

Efektem samostatného aerobního tréninku bylo snížení STK o -4,1 a DTK o -2,2 mmHg. U osob s normotenzí byl zjištěn průměrný pokles tlaku -2,4/-2,6 mmHg (STK/DTK) [222-225, 235]. Naopak u osob s prehypertenzí byl účinek o něco menší -1,9/-1,7 mmHg (STK/DTK) [24, 222]. Nejpozoruhodnější byl účinek u pacientů s hypertenzí. Zde bylo pozorováno v podstatě největší snížení TK -7,6/-4,7 mmHg (STK/DTK) [24, 222-225, 240]. Je třeba poznamenat, že u jedinců s prehypertenzí bylo vyhodnoceno 94 randomizovaných kontrolovaných klinických studií (RCT), s hypertenzí 92 RCT a nejvíce u normotenzních jedinců 140 RCT. Metaanalýza Cornelissenové a Smarta z roku 2013 zahrnující téměř 4000 jedinců s normotenzí, prehypertenzí a hypertenzí, odhalila, že pravidelná aerobní aktivita může snížit STK v průměru o -3,5 mmHg a DTK o -2,5 mmHg [24]. V analýze se snížení tlaku lišilo podle klasifikace výšky TK a bylo nejvýraznější u pacientů s hypertenzí (-8,3/-5,2 mmHg) ve srovnání s prehypertenzí (-2,1/-1,7 mmHg) a normotenzí (-0,8/-1,1 mmHg). Podobné výsledky byly

zaznamenány ve starší metaanalýze vyhodnocující podobné vědecké studie avšak s nižším skóre AMSTAR [222].

Dvě studie se zabývaly účinkem aerobního tréninku na TK u starších osob se sedavým zaměstnáním [228, 239]. V obou metaanalýzách, které zahrnovaly více než 2 000 jedinců, se věk pohyboval od 65 do 70 let, přičemž TK dosahoval v klidových podmínkách průměrných prehypertenzních hodnot. Celkový pokles TK po AT byl -3,7/-1,9 mmHg (STK/DTK). Zdá se tedy, že aerobní trénink u starších osob přináší snížení TK v podobném rozsahu jako u mladších osob. Navíc pokles TK po pravidelném aerobním tréninku je zřejmý u bělošských a asijských etnických skupin [223], přičemž u černošského etnika je důkazů méně, a to jak u mužů, tak u žen [24]. V subgroup metaanalýze RCT bylo největší snížení tlaku zaznamenáno ve studiích, kde byla pohybová intervence prováděna pod dohledem, nikoli pod vlastním vedením [223, 224].

Tabulka 17 Přehled parametrů používaných k definici intenzity cvičení dle pokynů ESC pro sportovní kardiologii a cvičení u pacientů s KVO. Zdroje tabulky: [154, 241]

Intenzita	VO ₂ max (%)	SF _{max} (%)	RPE	Tréninková zóna
Velmi lehká – docela lehká	<40	<55	10-11	Aerobní
Docela těžká-poněkud těžká	40-69	55-74	12-13	Aerobní
Poněkud těžká-těžká	70-85	75-90	14-16	Aerobní + laktát
Velmi těžká-maximální	>85	>90	17-19	Aerobní + laktát + anaerobní

Zkratky: RPE – subjektivní hodnocení intenzity zátěže, SF – srdeční frekvence

Je klíčové mít povědomí o parametrech aerobního tréninku, neboť ty mají vliv na výsledné hodnoty TK. Správně nastavená intenzita, délka a frekvence cvičení viz Tabulka 17 mohou posílit pozitivní účinky na KV zdraví a snížit TK.

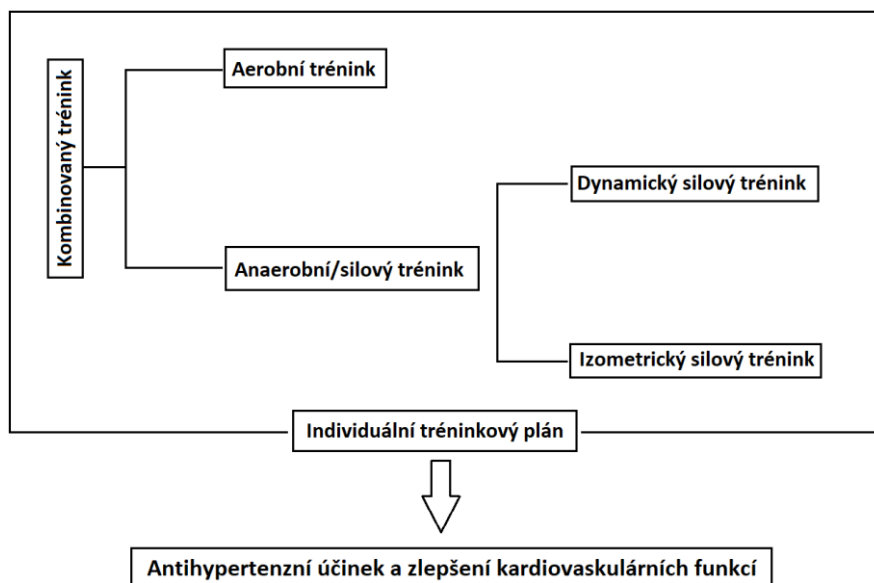
2.6.3 Vysoce intenzivní intervalový trénink (HIIT)

V nedávné metaanalýze Batacana a kol. (2017) [229] zahrnující 25 RCT bylo prokázáno, že HIIT v délce trvání více než 12 týdnů má významný pozitivní účinek na hodnoty TK (snížení o -4,6/-2,9 mmHg, STK/DTK), u pacientů s nadváhou a obezitou. Pokles KT s využitím HIIT se jeví jako mírný, ale v současné době neexistují žádné metaanalýzy zkoumající účinky HIIT na snížení TK u pacientů s hypertenzí. Studie Costy a spol. (2018) [230] provedená na jedincích s prehypertenzí a hypertenzí porovnává HIIT s tradičním aerobním tréninkem prováděným souvislou metodou, ale neposkytuje konkrétní údaje o absolutních hodnotách snížení TK. Zjištěním bylo, že oba druhy cvičení vedly ke

srovnatelnému poklesu klidových hodnot TK. Přesto zůstává otázkou, zda je vhodné doporučit HIIT pacientům s hypertenzí a vysokým KV rizikem. Aby se předešlo přetrénování a zajistila se dostatečná doba zotavení, je důležité provádět HIIT pravidelně a začlenit ho do vytrvalostního tréninku. Bohužel, dlouhodobá periodizace HIIT zatím nemá dostatečnou podporu v dostupných datech. Další výzkum je potřebný k pochopení optimálního způsobu provádění HIIT u jedinců s hypertenzí [241].

2.6.4 Kombinovaný aerobní a silový trénink

Bylo zjištěno, že kombinovaný trénink u jedinců s normotenzí, prehypertenzí i hypertenzí vedl ke snížení TK o $-5,5/-4,1$ mmHg (STK/DTK) [24, 227, 232, 242-244]. Diferenciace dle jednotlivých stupňů TK byla stanovena v metaanalýze od Corsoa a kol. (2016) [242] zahrnovala největší počet studií a dosáhla nejvyššího skóre kvality AMSTAR (94 %) ze studií zaměřených na kombinované cvičení. Autoři zjistili významné celkové snížení STK a DTK ($-3,2/-2,5$ mmHg). U jedinců s normotenzí se TK snížil o $-0,9/-1,5$ mmHg, zatímco u osob s prehypertenzí se TK snížil o $-2,9/-3,6$ mmHg. Nejvýraznější pokles byl zaznamenán u osob s hypertenzí, zde byl tlak snížen o $-5,3/-5,6$ mmHg. Nejvýraznější bylo snížení TK u pacientů s hypertenzí ve studiích s vyšším skóre kvality $-9,2/-7,7$ mmHg (STK/DTK), což zpochybňuje samostatnou AT jako prioritní volbu antihypertenzní léčby.



Obrázek 10 Tréninkové možnosti u kombinovaného cvičení. Zdroj obrázku: [245]

Zdá, že kombinovaný trénink má u osob s rizikem vzniku hypertenze menší přidanou hodnotu. Naopak u jedinců s diagnostikovanou hypertenzí může být kombinovaný trénink účinnou alternativní možností léčby. Nicméně je zapotřebí více RCT týkající se této

problematiky. Přehled tréninkových možností formou kombinovaného tréninku je uvedený na Obrázku 10.

2.6.5 Fyziologické odpověď krevního tlaku na silový trénink

Během silového tréninku dochází k nárůstu SF, STK i DTK téměř úměrné vynaložené síle vzhledem k maximální možné síle, kterou může jedinec vygenerovat = % MVC [246]. SO zůstává v podstatě nezměněn, s výjimkou, kdy % MVC přesahuje >50 %. Naopak ke snížení může dojít z důvodu zařazení Valsalvova manévru. Výsledkem je mírné zvýšení SV při nepatrném nárůstu spotřeby kyslíku. Navzdory zvýšenému SV se průtok krve do nekontraovaných svalů výrazně nezvýší, pravděpodobně kvůli reflexní vazokonstrikci. Při $MVC \geq 20\%$ až 30% intramuskulární tlak převyšuje intravaskulární tlak v kontrahujících svalech a významně snižuje lokalizovaný průtok krve, což způsobuje svalovou ischemii a hypoxii. Kombinace vazokonstrikce a zvýšeného SV vede k neúměrnému vzestupu STK, DTK, středního arteriálního tlaku a periferní cévní rezistence [220, 246]. Tyto hodnoty se zvyšují po celou dobu trvání zátěže. Na KV systém je tak kladena značná tlaková zátěž, pravděpodobně za účelem zvýšení prokrvení kontrahujícího kosterního svalstva.

Je však nezbytné zmínit „zátěžový presorový reflex“ (exercise pressor reflex), který pochází z kosterního svalstva a hraje nedílnou roli v regulaci KV reakcí při tréninku. „Zátěžový presorový reflex“ se aktivuje při svalové kontrakci kosterního svalstva stimulací receptorů, které reagují na mechanickou distorzi, nebo na vedlejší metabolické produkty generované při pohybové zátěži. Stimulace těchto receptorů vytváří somatosenzorické signály, které jsou přenášeny do centrálního nervového systému prostřednictvím myelinizovaných aferentních vláken skupiny III (převážně mechanicky citlivých) a nemyelinizovaných aferentních vláken skupiny IV (převážně metabolicky citlivých). Aktivace těchto aferentních vláken kosterního svalstva během kontrakce indukuje zvýšení SF a TK především zvýšením aktivity sympatického nervu [247, 248].

Valsalvův manévr v kombinaci s vysokým svalovým napětím, ke kterému dochází v průběhu zvedání těžkých břemen, může vyústit k poněkud dramatickým fyziologickým reakcím. V závislosti na délce, intenzitě manévru a velikosti odporu může dojít ke zvýšení nitrohručního tlaku, které povede ke snížení žilního návratu a potenciálně ke snížení SV [249]. Fyziologicky vzato dochází k nárůstu SF k udržení SV a vazokonstrikci z důvodu udržení TK, který se jinak může snížit v důsledku klesajícího SV. Při uvolnění "napětí" (konec svalové akce) se dramaticky zvýší žilní návrat, čímž se zvýší SV, protože krev nyní cirkuluje poněkud zúženým cévním systémem. Výsledkem je vzestup TK, který je potenciálně dosti dramaticky

zvýšený a může trvat až několik minut, než se vrátí na výchozí hodnoty. Při vysoce intenzivním silovém tréninku, a zejména je-li doprovázen Valsalvovým manévrem, se mohou objevit příznaky závratí nebo točení hlavy, pokud je snížen SV [26, 250]. Během fáze odpočinku mohou jedinci pociťovat bolest hlavy. Zvýšený tlak a obecně vyšší srdeční zátěž u pacientů s KVO mohou vést ke vzniku příznaků ischemie.

Během tradičního silového tréninku s vysokými odpory se vyskytují KV reakce, které jsou kombinací aerobního a izometrického tréninku. Na KV systém tak působí dvě důležité složky silového tréninku: objem a intenzita. K menšímu zatížení KV systému dochází při nižších odporech (vyšší počet opakování: 20–30), kdy doba kontrakce je relativně krátká (1 až 3 sekundy) a mezi kontrakcemi je alespoň 1 až 2sekundová pauza. Nicméně v závislosti na délce a intenzitě silového tréninku, se může SF výrazně zvýšit a přiblížit věkem předpokládanému maximu, zvláště při vysokém počtu opakování. Reakce TK, a to jak systolického, tak diastolického, mohou potenciálně překonat hodnoty dosažené při standardním zátěžovém testování na běžecím pásu. Zatímco u aerobního tréninku by se očekávalo, že se DTK sníží nebo nezmění, u silového tréninku byl pozorován výrazný nárůst DTK. Je však třeba zdůraznit, že takové potenciální reakce na SF a TK jsou při vhodném poučení a dohledu nad účastníky velmi nepravděpodobné [12].

Několik hodin po tréninku lze pozorovat hypotenzi, která je způsobena sníženými hladinami noradrenalinu a tím pádem inhibicí sympatické aktivity, snížením hladin cirkulujícího angiotensinu II, adenosinu a endotelinu a jejich receptorů v centrálním nervovém systému, což vede k poklesu plicní cévní rezistence a zvýšení citlivosti baroreceptorů, což jsou mechanoreceptory reagující na krátkodobé změny TK. Hypotenze je také vyvolána vasodilatačním účinkem prostaglandinů a oxidu dusnatého [251].

2.6.6 Silový a izometrický trénink

Dlouhodobými účinky silového tréninku [24, 35, 217, 252-254] a IT [24, 254-258] na TK se zabývalo několik metaanalýz.

2.6.7 Silový trénink

Tradiční silový trénink (v zahraniční literatuře se můžeme setkat s odporovým tréninkem [259]) obecně vede ke snížení TK $-3,7/-2,7$ mmHg (SKT/DKT) u jedinců s normotenzí i hypertenzí [24, 35, 217, 252-254]. U jedinců s normotenzí silový trénink snížil TK o $-1,8/-3,1$ mmHg [24, 35, 253, 254], u jedinců s prehypertenzí o $-3,9/-3,3$ mmHg [24, 35, 254] a u jedinců s hypertenzí o $-2,6/-2,1$ mmHg [24, 35, 253, 254]. Nedávná metaanalýza s vysokým

skóre kvality AMSTAR (89 %) zahrnující 64 RCT hodnotila účinnost silového tréninku jako samostatné strategie antihypertenzní léčby [253]. Největší snížení bylo zaznamenáno u pacientů s hypertenzí (-5,7/5,2 mmHg), což je srovnatelné s efektem aerobního tréninku, který byl zaznamenán ve vysoce kvalitních metaanalýzách (skóre AMSTAR > 70 %), zahrnujících více než 10 RCT u pacientů s hypertenzí [24, 223, 226]. Bylo definováno několik faktorů ovlivňujících hodnoty poklesu STK v důsledku silového tréninku: [24, 253, 254]

- Větší počet tréninkových jednotek (≥ 8 vs. < 8) byl významně spojen s výraznějším poklesem STK.
- Studie, jejichž primárním cílem byly změny TK, vykazovaly vyšší hodnoty poklesu, v porovnání se studiemi, kde hodnoty TK byly sekundární
- U osob jiné, než bílé barvy pleti byly výsledky poklesu TK významně vyšší (-14/-10 mmHg)
- Věk a pohlaví
- Objem cvičení

2.6.8 Izometrický trénink

IT vykazoval nezávisle na výchozím stupni TK (33 RCT, průměrné skóre AMSTAR 73 %) výrazné úbytky -10,0/-5,8 mmHg [24, 254-258]. U jedinců s normotenzí (17 RCT, 76 %) IT snížil tlak o -6,6/3,0 mmHg [255, 256]. U jedinců s hypertenzí (9 RCT, 76 %) bylo snížení TK po IT -4,3/-5,0 mmHg [255, 256] bohužel však nejsou k dispozici žádné metaanalýzy porovnávající účinky IT u osob s prehypertenzí. Metaanalýza Indera a kol. (2016) [255] byla jedinou studií, která zkoumala efekt specifických faktorů ovlivňujících odpověď TK na IT.:

- U starších osob (≥ 45 vs. < 45 let) bylo prokázáno vyšší snížení středního arteriálního tlaku (-5,5 vs. -2,7 mmHg)
- Dlouhodobější tréninkové programy (≥ 8 vs. < 8 týdnů) vyvolaly větší snížení STK (-7,3 vs. -3,0 mmHg) a to nezávisle na úbytku hmotnosti
- IT zaměřený na horní končetiny vyvolává větší pokles SKT v porovnání s IT na dolní končetiny (-6,9 vs. -4,2 mmHg)

Je důležité poznamenat, že výše uvedená data o IT u jedinců s normotenzí a hypertenzí pochází z 27 RCT, zatímco údaje o tradičním silovém tréninku pro tyto kategorie tlaku jsou založeny na 126 RCT. Tím pádem máme k dispozici více informací o efektu tradičního silového tréninku než o IT, a to může vést k nadhodnocení účinků IT. Z výsledků je zřejmé, že IT vyvolal

větší snížení tlaku u jedinců s normotenzí než s hypertenzí. Vybrané aspekty, které je třeba vzít v úvahu v souvislosti se silovým tréninkem a IT u jedinců s hypertenzí [251]:

- Progrese by měla být postupná, vyhýbat se výraznému navyšování odporu. Vyhněte se vysokému počtu opakování a cvičení do selhání. Klíčová je dostatečná doba na zotavení (mezi cviky, sériemi), pro návrat hodnot k výchozímu stavu.
- Nezačínat se silovým tréninkem, pokud osoba uvádí hodnoty TK 180/105 mmHg nebo vyšší bez předchozí konzultace s odborníkem.
- Monitorování TK a SF během a na konci tréninku. Vhodné jsou alespoň dvě po sobě jdoucích měření s odstupem 30 sekund.
- Zařazení závěrečné (zklidňující) fáze v délce 5–10 minut, abyste se vyhnuli nadměrnému hypotenznímu efektu po tréninku.
- Je-li odpovědí na zátěž hypotenze, tedy neschopnost zvýšit TK i přes zvýšené nároky na fyzickou zátěž, obvykle nižší než 20–30 mmHg (STK), je nutné cvičení zastavit. Tento jev může odrazet potřebu úpravy antihypertenzní léčby.
- Vyřazení cviků, při kterých klesne hlava pod úroveň boků (hyperextenze na stroji apod.).

2.6.9 Individuální doporučení k pohybovým aktivitám v závislosti na stupni krevního tlaku

Doporučení k jednotlivým tréninkům v závislosti na výchozích hodnotách TK lze shrnout na základě dostupných metaanalýz. Pro každý typ cvičení a různý stupeň TK lze odhadnout přibližné rozmezí týkající se poklesu TK. V následujícím textu jsou srovnávány a podrobně diskutovány navrhované tréninkové možnosti respektující výchozí úroveň TK. Dostupné důkazy naznačují, že velikost snížení TK pomocí aerobního a silového tréninku je větší u jedinců s hypertenzí ve srovnání s prehypertenzí a normotenzí. [241].

2.6.10 Tréninkové možnosti u jedinců s hypertenzí

Dostupná data podporují aerobní trénink jako pohybovou aktivitu první volby u jedinců s hypertenzí. Lze očekávat průměrný pokles STK v rozmezí od -4,9 do -12,0 mmHg a DTK od -3,4 do -5,8 mmHg. U pacientů s hypertenzí lze v rámci programů primární a sekundární prevence arteriální hypertenze doporučit jako druhou možnost silový trénink o nízké až střední intenzitě (STK: +0,5 až -6,9 mmHg, DTK: -1,0 až -5,2 mmHg diastolického tlaku) a stejně tak lze zařadit IT (STK: -4,3 až -6,6 mmHg, DTK: -4,5 až -5,5 mmHg). Za zmínku stojí, že pouze metaanalýzy s vysokým skóre AMSTAR > 70 shledaly silový trénink [241, 253] podobně efektivní jako aerobní trénink [24, 223, 226].

Tabulka 18 Doporučení k aerobnímu, silovému a izometrickému tréninku.

Zdroje tabulky: [44, 84, 260]

Aerobní trénink	
Tréninkové parametry	Popis parametru
Frekvence	5 – 7x týdně
Intenzita	40–60 % VO ₂ max nebo 12–13 RPE
Charakter činnosti	Aktivace velkých svalových skupin v průběhu pohybové činnosti
Délka trvání jednotky	Minimum 30 min denně, případně 3–6 krátkých 10minutových intervalů
Celkový čas za týden	Minimálně 150 min, optimálně 250 min a více
Pohybové aktivity	Chůze, cyklistika, plavání, skákání přes švihadlo

Zkratky: RPE – subjektivní hodnocení intenzity zátěže, VO₂ max – maximální spotřeba kyslíku**Tabulka 19** Praktická doporučení k silovému a izometrickému tréninku.

Zdroje tabulky: [44, 260]

Silový trénink		
Tréninkové parametry	Popis parametru	
Frekvence	2–3 tréninkové jednotky za týden	
Intenzita	60–80 % 1RM (začátečníci mohou začít na 40 % 1RM)	
Počet opakování	8-12 (až 15)	
Počet sérií	1-3	
Délka odpočinku mezi sériemi	30–60 (až 120)	
Počet cviků	8–12	
Typy cviků	Komplexní-vícekloubové cviky jsou základem, izolované mají menší prioritu	
Progrese	1 – 2,5 kg pro horní polovinu těla, 2,5 – 5 kg pro dolní polovinu těla	
Cviky	<u>Horní polovina těla:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Tlak na prsní svaly • Tlaky na ramena • Tricepsová extenze • Bicepsový zdvih • Zkracovačky • Extenze vstoje 	<u>Dolní polovina těla:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Předkopávání v sedě • Legpress • Zakopávání • Výpony na lýtka
	Izometrický trénink	
Tréninkové parametry	Popis parametru	
Frekvence	3–4 tréninkové jednotky za týden	
Intenzita	20–50 % MVC	
Délka trvání jednotky	4 x 2 min	
Délka odpočinku	1–4 min	
Cviky	<u>Horní polovina těla</u> <ul style="list-style-type: none"> • Síla stisku ruky 	<u>Dolní polovina těla</u> <ul style="list-style-type: none"> • Leg press • Dřep • Předkopávání

Zkratky: MVC – maximální volní kontrakce, RM – opakovací maximum

Kombinaci aerobního s IT nebo silovým tréninkem lze doporučit individuálně u jedinců, kteří mohou mít prospěch z tréninkových adaptací vyvolaných silovým tréninkem. Nelze jednoznačně říci, že by kombinované cvičení bylo lepší než samotný aerobní trénink. Účinnost kombinovaného tréninku je lepší u jedinců s vyššími počátečními hodnotami TK. K potvrzení toho, zda některá z tréninkových variant je lepší u pacientů s hypertenzí nežli aerobní trénink, který je dnes prioritou, je však zapotřebí provést více kvalitních metaanalýz zahrnujících nové a větší množství RCT. [241, 242, 261]. V Tabulce 18 a 19 jsou detailně shrnuty doporučení k jednotlivým tréninkům a specifickým parametrům.

2.6.11 Tréninkové možnosti u jedinců s prehypertenzí

Silový trénink lze doporučit jako cvičební prioritu číslo jedna u jedinců s prehypertenzí (STK: -1,7 až -4,7 mmHg, DTK: -1,7 až 3,8 mmHg). Zde bylo zjištěno nepatrně větší snížení TK ve srovnání s aerobním tréninkem (STK: -1,7 až -2,1, DTK: -1,7 mmHg [241]. IT pravděpodobně vyvolává podobné, ne-li lepší výsledky v hodnotách poklesu TK jak tradiční silový trénink. Nicméně, limitem zůstává úroveň důkazů a množství publikovaných studií. Bohužel, neexistuje žádná metaanalýza zkoumající účinky IT u jedinců s prehypertenzí [241].

S ohledem na kombinované cvičení lze očekávat průměrný pokles TK o -2,9/3,6 mmHg (STK/DTK), což je mírně nižší než očekávaný rozsah snížení u samotného silového tréninku. Efekt kombinovaného cvičení je ve srovnání se samotným aerobním tréninkem mírně vyšší. U jedinců s vyšším počtem rizikových faktorů pro KVO může být vhodnější předepsat silový trénink v kombinaci s aerobním než samotný silový trénink. Tuto otázku však bude muset prozkoumat budoucí výzkum [241].

2.6.12 Tréninkové možnosti u jedinců s normotenzí

Poněkud překvapivě lze doporučit IT jako cvičební intervenci první volby u jedinců s normotenzí. Očekávaný pokles hodnot TK se nachází v rozmezí -5,4 až -8,3 mmHg (STK) a -1,9 až -3,1 mmHg (DTK) a to na základě vyhodnocení třech metaanalýz a sedmnácti RCT, kde průměrné skóre AMSTAR bylo 76 %. Důvodem pro zařazení IT u zdravých jedinců s normálním TK může být například rodinná anamnéza: arteriální hypertenze, gestační hypertenze nebo jiné faktory zvyšující riziko vzniku hypertenze v pozdějším věku. IT je snadno použitelný a vyžaduje minimální časovou investici. Přes všechny klady musíme k IT přistupovat s opatrností, protože počet studií je omezený. Příkladem izometrických cviků použitelných v praxi je síla stisku ruky (handgrip) pro horní končetiny nebo předkopávání pro

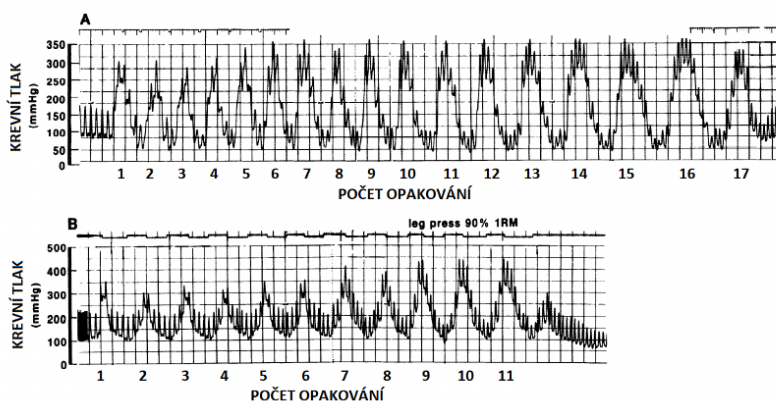
dolní končetiny (knee extension). V zásadě platí, že u jedinců s obezitou nebo prediabetem může být vhodný silový trénink, kde dochází k zapojení větších svalových skupin (STK: ± 0 až $-2,4$ mmHg, DTK: $-0,9$ až $-3,4$ mmHg).

Aerobní trénink lze doporučit jako účinnou cvičební terapii u jedinců s normotenzí (STK: $-0,8$ až $-4,1$ mmHg, STK $-1,1$ až $-2,9$ mmHg). Je k dispozici celá řada vysoce kvalitních metaanalýz (skóre AMSTAR > 70 %) [24, 223, 226, 262], ve srovnání s IT. Z tohoto důvodu mohou být účinky IT na snižování tlaku v porovnání s aerobním tréninkem nadhodnoceny. Nicméně obě tréninkové varianty mohou u jedinců s normotenzí vykazovat podobné účinky.

U pacientů s dalšími KV rizikovými faktory může být opodstatněná kombinace IT s aerobním tréninkem, i když účinky kombinovaného cvičení na snížení TK $-0,9/-1,5$ mmHg (STK/DTK) jsou ve srovnání se samotnou IT podstatně menší. Je třeba zdůraznit, že zlepšení funkčních parametrů (VO_2 max) snižuje KV a celkovou mortalitu, a proto by měl být aerobní trénink doporučován u většiny jedinců s více rizikovými faktory a zvýšeným KV rizikem nezávisle na rozdílech v účinnosti snížení TK.

2.7 Vztah mezi zátěžovými parametry silového tréninku a jejich odezvou na krevní tlak u jedinců s hypertenzí a normotenzí

TK se při zátěži mění, záleží však na druhu a intenzitě pohybové zátěže. Při dynamické zátěži se obecně zvyšuje STK. Maximální hodnoty jsou naměřeny při submaximálních a maximálních intenzitách zatížení, kdy se hodnoty dostávají přes 200 mmHg. Naopak při submaximální intenzitě může dojít ke snížení DTK. Při statické zátěži obvykle rostou jak STK, tak DTK.



Obrázek 11 Změny krevního tlaku vyvolané legpressem o intenzitě 90 % 1RM u dvou jedinců s odlišnou dobou strávenou při cvičení Obrázek A = 58 s a Obrázek B 42 s dle MacDougala a kol. (1985). Zdroj obrázku: [26]

Zkratky: RM – opakovací maximum

MacDougal a kol. (1985)[26] zaznamenali zvýšení TK během silového tréninku do selhání hodnoty pohybující se okolo 320/250 mmHg viz Obrázek 11. Avšak u jednoho z probandů byla naměřena hodnota při legpressu o intenzitě 90% 1RM 480/350 mmHg. Odpověď KV systému tedy nesouvisí pouze s intenzitou cvičení, ale též s jejím objemem.

Tabulka 20 Hypotenzní efekt silového tréninku u normotenzních jedinců.

Zdroje tabulky: [2, 263]

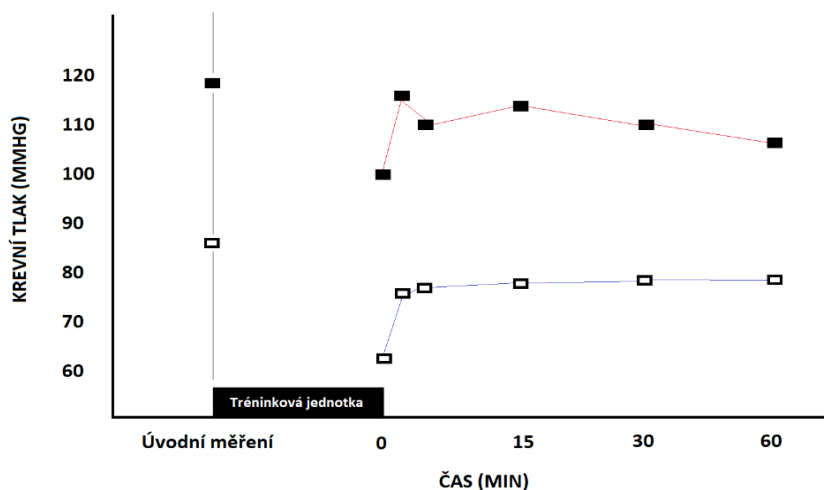
Autoři	Probandi	Pokles STK*	Pokles DTK*	Typ tréninku	Velikost odporu	Délka pauzy	Počet cviků	Počet sérií	Počet opakování
Keese a kol. (2011) [2]	n = 21, zdraví, muži, NT	4.1 (± 2.0) mmHg	1.8 (± 1.1) mmHg	Silový	80 % 1RM	120 s	8	3	6–8
Ruiz a kol. (2019) [263]	n = 8, zdraví, muži, NT	6.7 mmHg	8.6 mmHg	Silový	70 % 1RM	90 s	9	3	8–12

Poznámky: *Největší zaznamenaný pokles STK a DTK v prvních 60 min po skončení tréninkové jednotky

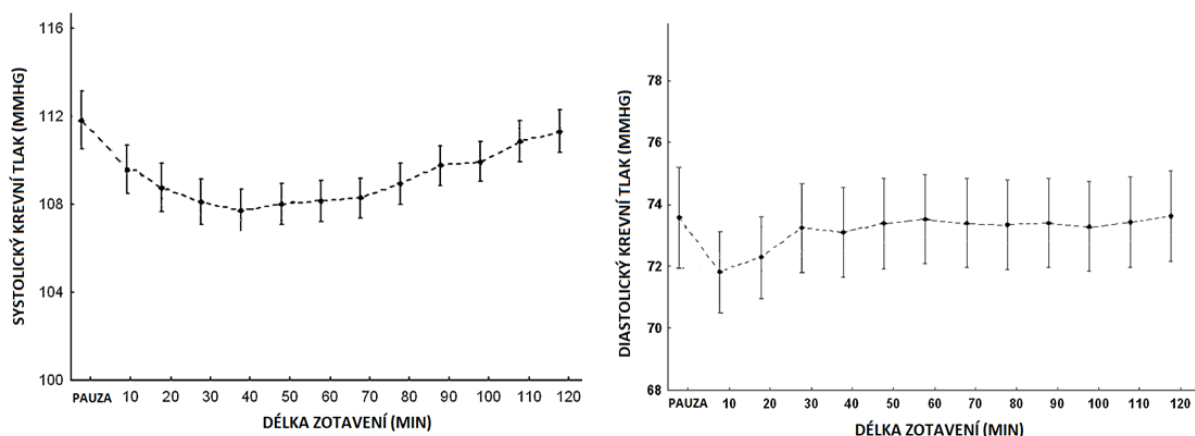
Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, NT – normotenze, STK – systolický tlak krve, RM – opakovací maximum

Cornelisen a kol. (2005) [24] ve své systematické rešerši hodnotili potréinkovou hypotenzi u 12 studií s tréninkovými programy a celkovým počtem probandů 341. Závěrem studie bylo, že silový trénink o střední intenzitě se jeví jako vhodný způsob nefarmakologické léčby hypertenze. Casonatto a kol. (2016) [264] na rozdíl od Cornelisena a kol. (2005) [24] hodnotili ve své meta-analýze jednorázový efekt silových tréninků na TK. I oni zaznamenali pokles STK a DTK, a to až po dobu 24 hod od skončení tréninkové jednotky. Stejně pozitivních výsledků dosáhli také Keese a kol. (2011) [2] a Ruiz a kol. (2019) [263] ve svých studiích viz Tabulka 20. Graficky znázorněné změny TK jsou uvedeny na Obrázcích 12 a 13.

Nicméně řada odborníků se bojí zařadit tento typ tréninku u hypertoniků a to i přesto, že v současné době máme poměrně velké množství studií, které fenomén potréinkové hypotenze potvrdily. Lze to však pochopit, protože obzvláště hypertonici reagují na změny intenzity a objemu v silovém tréninku poměrně rychle a jejich hodnoty se tak mohou posunout nad bezpečnou hranici. Z tohoto důvodu zůstává na prvním místě aerobní trénink, který je prozkoumán velice důkladně a jeho nastavení z hlediska domácí terapie je daleko jednodušší. Všem jedincům, kteří mají zájem o silový trénink jej lze doporučit pouze pod dohledem zkušeného odborníka.



Obrázek 12 Změny krevního tlaku vyvolané silovým tréninkem o intenzitě 70 % 1RM dle Hilla a kol. (1989). Zdroj obrázku: [265]



Obrázek 13 Změny systolického a diastolického krevního po skončení silového tréninku (Keese a kol., 2011). Zdroj obrázku: [2]

2.7.1 Změny krevního tlaku v důsledku základních silových cviků

Velice populární silový cvik bench-press (tlak vleže na lavičce) pokud je prováděn o vysoké intenzitě, vyvolává vskutku velkou KV odpověď, což také souvisí s tím, že cviky na horní polovinu těla mají k tomuto ději daleko větší tendenci než cviky na dolní polovinu, což je způsobeno menší velikostí cévního řečiště u horních končetin [266].

Krevní řečiště dolních končetin lépe odolává zvýšenému a zrychlenému krevnímu oběhu. Při silovém tréninku zaměřeném na horní polovinu těla je z důvodu vyšší poptávky krve do pracujících svalů nedostatečně zásobena srdeční svalovina a tím je výrazně přetížen celý KV systém [26, 266, 267]. Bench-press prováděný při nízkém objemu opakování vysokou intenzitou vyvolává výrazně větší KV odpověď (\uparrow TK, \uparrow SF) nežli je tomu opačně tedy vysoké objemy, ale nízká intenzita [267] viz Tabulka 21.

Tabulka 21 Porovnání odlišných intenzit a objemů při bench-pressu na KV odpověď bezprostředně po tréninku. Zdroj tabulky: [267]

Tréninkové proměnné	Před tréninkem	Po tréninku	$\Delta\%$	Effect size (f_2)
4/90 % 1RM (odpor: 92,9 ± 16,4 kg)				
SF (bpm)	66,9 ± 8	123,5 ± 9,4	84,6 %	0,31
STK (mmHg)	119,3 ± 5,9	148,0 ± 10,8	24 %	0,42
DTK (mmHg)	78,7 ± 3,5	85,3 ± 6,4	24 %	0,27
8/80 % 1RM (odpor: 82,6 ± 14,6 kg)				
SF (bpm)	67,9 ± 8,2	118,73 ± 8,8	74,9 %	0,57
STK (mmHg)	119,3 ± 7	144,00 ± 9,1	20,7 %	0,27
DTK (mmHg)	77,3 ± 4,6	82,67 ± 7	6,9 %	0,15
15/65 % 1RM (odpor: 67,1 ± 11,9 kg)				
SF (bpm)	66,7 ± 7,4	111,87 ± 10,74	66,8 %	0,39
STK (mmHg)	118,7 ± 5,2	138,67 ± 8,34	16,9 %	0,35
DTK (mmHg)	78,7 ± 5,2	81,33 ± 9,15	3,4 %	0,13

Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, RM – opakovací maximum, SF – srdeční frekvence, STK – systolický tlak krve

Nicméně studie od Duncana a kol. (2014) [268], která taktéž porovnávala efekt různých intenzit základních silových cviků, naměřila výrazně vyšší hodnoty STK u dřepu a mrtvého tahu oproti bench-pressu. To platí jak pro trénink s nízkou intenzitou tedy odporem 40 % 1RM tak pro intenzivní trénink s odporem 80 % 1RM. Bezprostředně po dřepu o vysoké intenzitě (80 % 1RM) došlo k poklesu hodnot DTK. U bench-pressu a mrtvého tahu došlo k nárůstu DTK viz Tabulka 22.

Tabulka 22 Změny krevního tlaku u třech základních silových cviků bezprostředně po jejich odcvičení. Zdroj tabulky: [268]

	Před tréninkem	Dřep	Bench-press	Mrtvý tah
Nízký odpor: 40 % 1RM				
STK (mmHg)	129,9 (±4,4)	142,8 (±11,3)	140,6 (±14,4)	146,6 (±19,4)
DTK (mmHg)	79,9 (±8,2)	80,7 (±9,3)	84,5 (±18)	83,9 (±19,6)
Vysoký odpor: 80 % 1RM				
STK (mmHg)	129 (±3,5)	147 (±16,8)	138,7 (±10,7)	143,8 (±12,5)
DTK (mmHg)	80,8 (±10,8)	70,4 (±11,6)	80,6 (±17,6)	83,1 (±10,9)

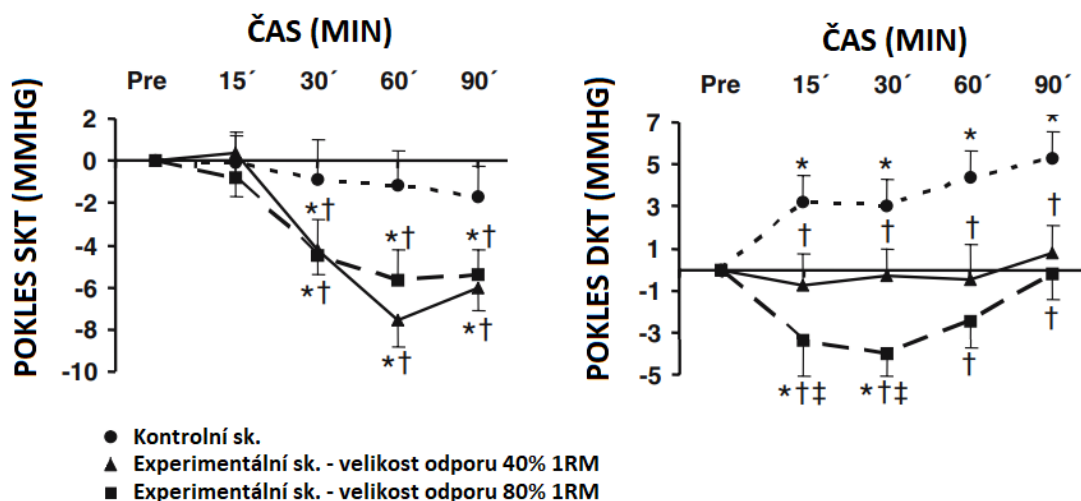
Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, RM – opakovací maximum, STK – systolický tlak krve

2.7.2 Změny krevního tlaku vyvolané odlišnou velikostí odporu

Existuje relativně malé množství studií zaměřených na změny TK v důsledku odlišných odporů silového tréninku, ty vznikly ještě v minulém století. První takové práce se objevily v devadesátých letech dvacátého století. Za vůbec první lze považovat studii O'Connora a kol. (1993) [269] zabývající změnami TK v důsledku různých intenzit. Autoři v této studii

porovnávali efekt 40 %, 60 % a 80 % 1RM u zdravých žen s normotenzí. Tento trénink zahrnoval cviky jako předkopávání, zakopávání, stahování horní kladky, bench-press, tlak na ramenní svaly a zkracovačky. Všechny tyto cviky byly prováděny ve třech sériích a následně došlo k měření hodnot TK. Toto měření probíhalo každých patnáct minut po skončení tréninkové jednotky. Největší nárůst STK a DTK byl, zaznamenan u skupiny cvičící intenzitou 80 % 1RM, poté 60 % 1RM a relativně nejmenší nárůst po 40 % 1RM. Zároveň křivka se změnami hodnot u 40% 1RM byla bez výrazných změn, které by se týkaly nárůstu či poklesu TK [269].

Potréninková hypotenze, která se běžně dostavuje do 60 min po skončení silového tréninku [270-272] byla pouze u skupin 40 % a 60 % 1RM. Na tuto studii později navázali autoři Focht a Koltyna (1999) [273], kteří však zaznamenali potréninkovou hypotenzi u experimentální skupiny pracující s vyššími odpory (80 % 1RM). Z výsledků lze vyčíst, že největší průměrný pokles STK byl právě u této skupiny s vyšším odporem, ale u DTK tomu bylo přesně naopak, viz Tabulka 23. Podobně výrazné zvýšení STK u silového tréninku zaznamenali Rezk a kol. (2006) [274] (Obrázek 14) a Duncan a kol. (2014) [268]. I přesto, že silový trénink o vyšší intenzitě (80 % 1RM) může během a bezprostředně po skončení nebezpečně navýšit hodnoty STK, po jeho skončení dochází k výraznému poklesu. U zdravých jedinců nemusejí takového výkyvy být zdraví ohrožující, nicméně u pacientů s hypertenzí je toto navýšení a následný pokles dosti riskantní. Z tohoto důvodu se jeví nižší odpor (40–60 % 1RM) daleko bezpečnější.



Obrázek 14 Změny krevního tlaku vyvolané intenzitou 40 % a 80 % 1RM.

Zdroj obrázku: [274]

Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, RM – opakovací maximum, STK – systolický tlak krve

Autoři Figueiredo, Rhea a kol. (2015) [21] a Figueiredo, Willardson a kol. (2015) [25] naznačují, že právě intenzita hraje důležitější roli než objem ve vztahu ke KV stresu. Nicméně i při překonávání nízkého odporu souvislou svalovou kontrakcí dochází ke snížené dodávce krve do mozku, což je způsobeno intramuskulární mechanickou kompresí, která se v určité chvíli stává nadměrnou. Díky tomu mohou vyšší intenzity a objemy svalové práce vést k větší KV poptávce [27, 29, 235, 267].

Tabulka 23 Změny STK a DTK vyvolané odlišnými velikostmi odporu u jedinců s normotenzí. Zdroje tabulky: [268, 273, 274]

Autoři	Probandi	Pokles STK*	Pokles DTK*	Typ tréninku	Velikost odporu	Délka pauzy	Počet cviků	Počet sérií	Počet opakování
Foch, Foltyn (1999) [273]	n = 84, zdraví, NT	3.46 mmHg	4.89 mmHg	Silový	50 % 1RM	45–75 s	6	3	12–20
		5.68 mmHg	4.29 mmHg	Silový	80 % 1RM	120–150 s	6	3	4–8
Rezk a kol. (2006) [274]	n = 17, zdraví, NT	6 (± 1) mmHg	1 (± 1) mmHg	Silový	40 % 1RM	45/90 s	6	3	20
		8 (± 1) mmHg	4 (± 1) mmHg	Silový	80 % 1RM	60/90 s	6	3	10
Dunca n a kol. (2014) [268]	n = 16, muži, zdraví, NT	-1.3 mmHg	-0.5 mmHg	Silový	40 % 1RM	45/120 s	3	3	8
		4.5 mmHg	2.8 mmHg	Silový	80 % 1RM	45/120 s	3	3	4

Poznámky: *Největší zaznamenaný pokles STK a DTK v prvních 60 min po skončení tréninkové jednotky, / - pauza mezi cviky/mezi sériemi.

Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, NT – normotenze, RM – opakovací maximum, STK – systolický tlak krve

2.7.3 Změny krevního tlaku vyvolané odlišnými počty opakování po tréninkové jednotce

Změny hodnot STK a DTK byly pozorovány u skupiny žen po menopauze (MP) ve studii Vale a kol. (2018) [275]. Úvodní naměřené hodnoty před tréninkovou jednotkou byly jak u skupiny provádějící 6 tak 15 opakování totožné. Bezprostředně po silovém tréninku došlo k nárůstu STK (Před: 128 ± 17 vs. Po: 140 ± 17 mmHg; $p < 0,05$) u skupiny provádějící 6 opakování. U DTK došlo k nepatrnému poklesu v rámci jednotek (Před: 79 ± 10 vs. Po: 78 ± 11 mmHg, $p \geq 0,05$). K velice podobnému nárůstu STK došlo i u druhé experimentální skupiny vykonávající 15 opakování (Před: 131 ± 21 vs Po: 137 ± 15) a u DTK pokles (Před 77 ± 7 vs Po 76 ± 11). Potréninková hypotenze u STK a DTK byla naměřena pouze u skupiny provádějící 15 opakování a to 60 min po skončení tréninku. Skupina s 6 opakováními nezaznamenala pokles STK do 60 min po skončení tréninkové jednotky [275] viz Tabulka 24.

Tabulka 24 Efekt počtu opakování na potréninkovou hypotenzi. Zdroj tabulky: [275]

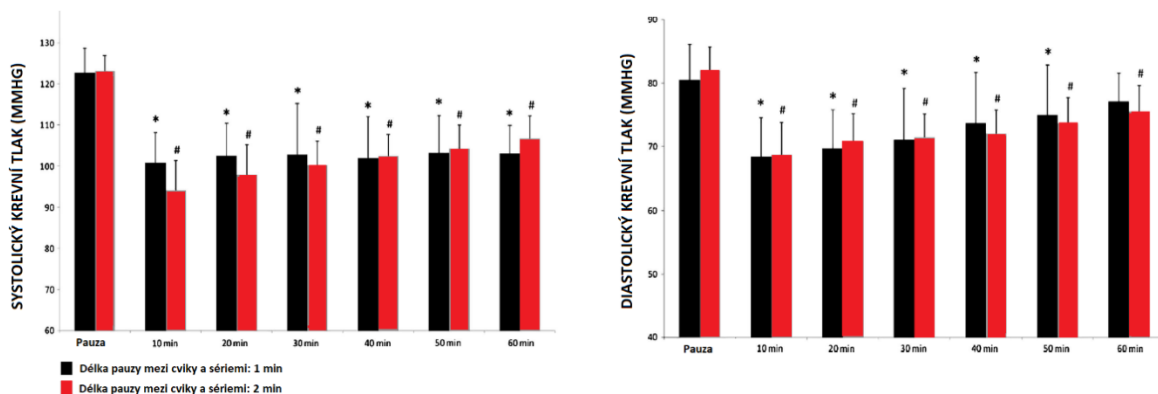
Autoři	Probandi	Pokles STK*	Pokles DTK*	Typ tréninku	Velikost odporu	Délka pauzy	Počet cviků	Počet sérií	Počet opakování
Vale a kol. (2018) [275]	n = 15, ženy, MP, HT	-2.53 mmHg	1.53 mmHg	Silový	6 RM	120 s	3	3	6
		0.8 mmHg	0.8 mmHg	Silový	15 RM	120 s	3	3	15

Poznámky: *Největší zaznamenaný pokles STK a DTK v prvních 60 min po skončení tréninkové jednotky.

Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, HT – hypertenze, MP – menopauza, RM – opakovací maximum, STK – systolický tlak krve

2.7.4 Efekt délky pauzy mezi sériemi a cviky na potréninkovou hypotenzi

Počet provedených opakování do značné míry souvisí s velikostí odporu. Je však zapotřebí na celou tuto problematiku nahlížet jako na jeden celek tedy, že každý parametr se odráží na celkové tréninkové jednotce. Pokud bychom pracovali se stejnými počty opakování, odporem a stejnými počty sérií jen bychom zaměnili délky pauz mezi cviky a sériemi dostali bychom poměrně nejednotné výsledky. Salles a kol. (2010) [276] zaznamenali u zdravých mužů vykonávající silový trénink s intenzitou 70% 1RM poměrně výrazné počáteční zvýšení hodnot TK s délkou pauzy mezi cviky a sériemi 2 min viz Obrázek 15. Následovaný rychlým poklesem s pomalým návratem na výchozí hodnoty. Mezi oběma skupinami byl poměrně výrazný rozdíl v poklesu STK (1 min pauza: -3,66 mmHg vs 2 min: -7,86 mmHg) a DTK (1 min pauza: -2,16 mmHg vs 2 min: -3,59 mmHg) oproti původním naměřeným hodnotám. Méně výrazný pokles byl tedy zaznamenán u skupiny s minutovou pauzou mezi cviky a sériemi [276] (Obrázek 15).



Obrázek 15 Efekt odlišných délek pauz mezi cviky a sériemi na potréninkovou hypotenzi. Zdroj obrázku: [276]

Oproti Sallesovi a kol. (2010) [276] je tu studie od Figueiredo, Willardson a kol. (2016) [22], kteří naopak zaznamenali výrazně větší potréninkovou hypotenzi u mužů s prehypertenzí, jejichž pauza byla 1 min při zachování stejných tréninkových parametrů. Jediným rozdílem byla délka odpočinku mezi cviky a sériemi. Zároveň u pacientů s prehypertenzí došlo k opravdu

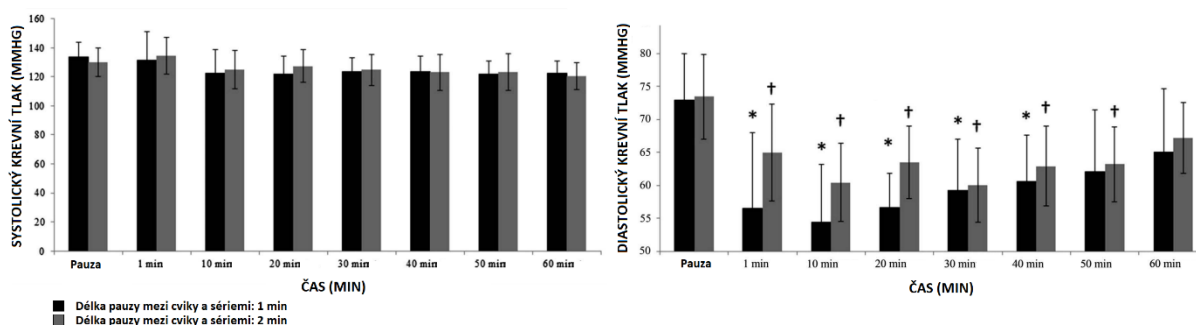
výraznému poklesu obou hodnot TK, což je pravděpodobně způsobeno zvýšenou náchylností TK hypertoniků a prehypertoniků na silový trénink viz Tabulka 25 a Obrázek 16.

Tabulka 25 Efekt odlišných délek pauz mezi cviky a sériemi na potréningovou hypotenzi. Zdroje tabulky: [22, 276, 277]

Autoři	Probandi	Pokles STK*	Pokles DTK*	Typ tréninku	Velikost odporu	Délka pauzy	Počet cviků	Počet sérií	Počet opakování
Salles a kol. (2010) [276]	n = 17, zdraví muži, NT	3.66 mmHg	2.16 mmHg	Silový	70 % 10RM	60 s	7	3	10
		7.86 mmHg	3.59 mmHg	Silový	70 % 10RM	120 s	7	3	10
Figueiredo, Willardson a kol. (2016) [22]	n = 11, muži, PHT	12.1 (± 1.3)	18.4 (± 1.5)	Silový	70 % 1RM	60 s	8	3	8–10
		9.5 (± 0.4)	13.5 (± 0.8)	Silový	70 % 1RM	120 s	8	3	8–10
Lemos a kol. (2018) ^A [277]	N = 15, zdraví, muži, NT	24 mmHg	-3 mmHg	Silový	N/A	90 s	6	1	15
Lemos a kol. (2018) ^B [277]		9 mmHg	3 mmHg	Silový	N/A	40 s	6	1	15
Lemos a kol. (2018) ^A [277]		12 mmHg	7 mmHg	Silový	N/A	90 s	6	1	15
Lemos a kol. (2018) ^B [277]		26 mmHg	1 mmHg	Silový	N/A	40 s	6	1	15

Poznámky: *Největší zaznamenaný pokles STK a DTK v prvních 60 min po skončení tréninkové jednotky, ^A ST (od velkých svalových skupin k malým), ^B ST (od malých svalových skupin k velkým).

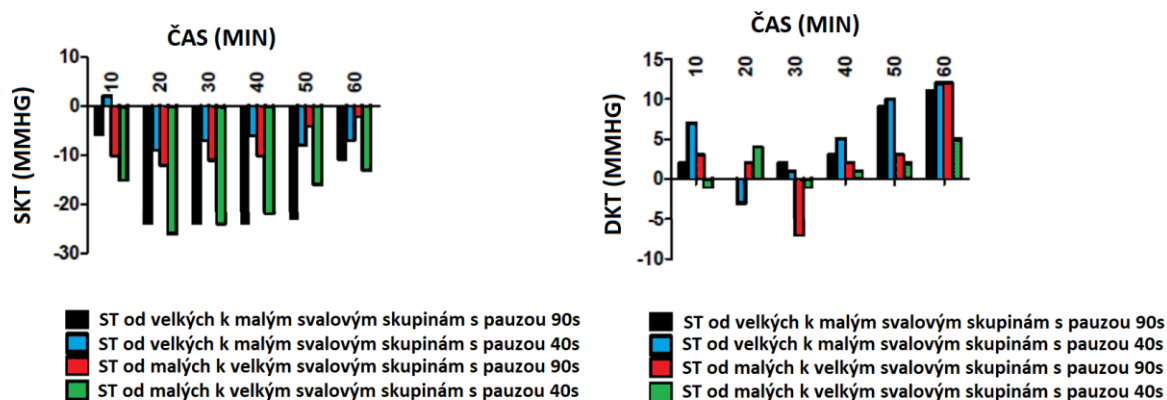
Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, NT – normotenze, MP – menopauza, PHT – prehypertenze RM – opakovací maximum, STK – systolický tlak krve



Obrázek 16 Změny krevního tlaku vyvolané odlišnými délkami pauz mezi sériemi a cviky. Zdroj tabulky: [22]

Velice zajímavou studii provedli Lemos a kol. (2018) [277], kteří kromě délky pauzy mezi cviky a sériemi ještě zohlednili pořadí cviků, zbylé parametry však zůstaly totožné. Ve všech průřezových studiích postupně došlo k poklesu STK oproti výchozím hodnotám. K poměrně nevýrazným rozdílům STK došlo u experimentální skupiny s pauzou 40 s, která zařadila prvně velké svalové skupiny a poté u skupiny s pauzou 90 s začínající malými

svalovými skupinami. U DTK byla většina hodnot po dobu 60 min po skončení tréninkové jednotky v kladných hodnotách a pouze na chvíli došlo ke kompletní potréningové hypotenzi. Silový trénink začínající od velkých k malým svalovým skupinám s pauzou 90 s jako jediný nezaznamenal pokles DTK pod úroveň výchozích hodnot a u STK naopak dosahoval jednoho z největších poklesů [277] viz Obrázek 17.



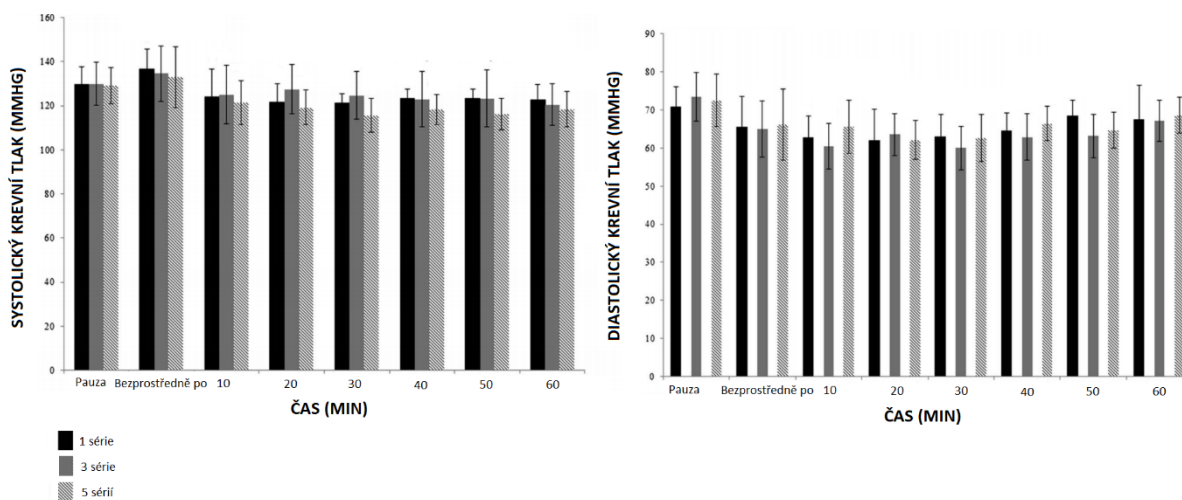
Obrázek 17 Vliv délky pauzy a pořadí cviků zaměřených na horní polovinu těla u jedinců s normotenzí. Zdroj obrázku: [277]

Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, ST – silový trénink, STK – systolický tlak krve

2.7.5 Změny krevního tlaku v důsledku odlišného počtu sérií

Figueiredo, Rhea a kol. (2015) [21] zjistili, že 1, 3 a 5 sérií cviků v silovém tréninku snižují STK, DTK i střední arteriální tlak. Velikost a délka trvání potréningové hypotenze je značně ovlivněna objemem vykonané práce. Na základě výsledků můžeme pozorovat nejvýraznější a nejdéle trvající hypotenzi po 5 sériích v porovnání s jednou nebo třemi. Právě vyšší tréninkové objemy tak mohou vyvolat výrazně větší potréningovou hypotenzi u rekreačně trénujících normotenzních mužů. Dále byl také pozorován zvýšený sympatický tonus a snížený parasympatický tonus po 5 sériích oproti jiným. To může být kromě vysokého objemu přičteno výrazné svalové únavě, kterou tento typ tréninku vyvolává viz Obrázek 18 a Tabulka 26.

Výsledky této studie jsou částečně ve shodě se dvěma předchozími studii od Polita a Farinattiho (2009) [278] a Schera a kol. (2011) [279]. Všechny studie zaznamenaly větší a delší potréningovou hypotenzi u tréninkových programů s vyššími objemy (6 vs 10 sérií, 1 vs 2 série cviků v rámci kruhového tréninku). Z praktického hlediska lze u zdravých jedinců doporučit vyšší tréninkové objemy, avšak u jedinců s klasifikovanou hypertenzí budou bezpečnější nižší počty sérií. Právě u nich by mohlo být počáteční výrazné snížení hodnot TK rizikové.



Obrázek 18 Změny krevního tlaku po 1, 2 a 3 sériích silového tréninku. Zdroj obrázku: [21].

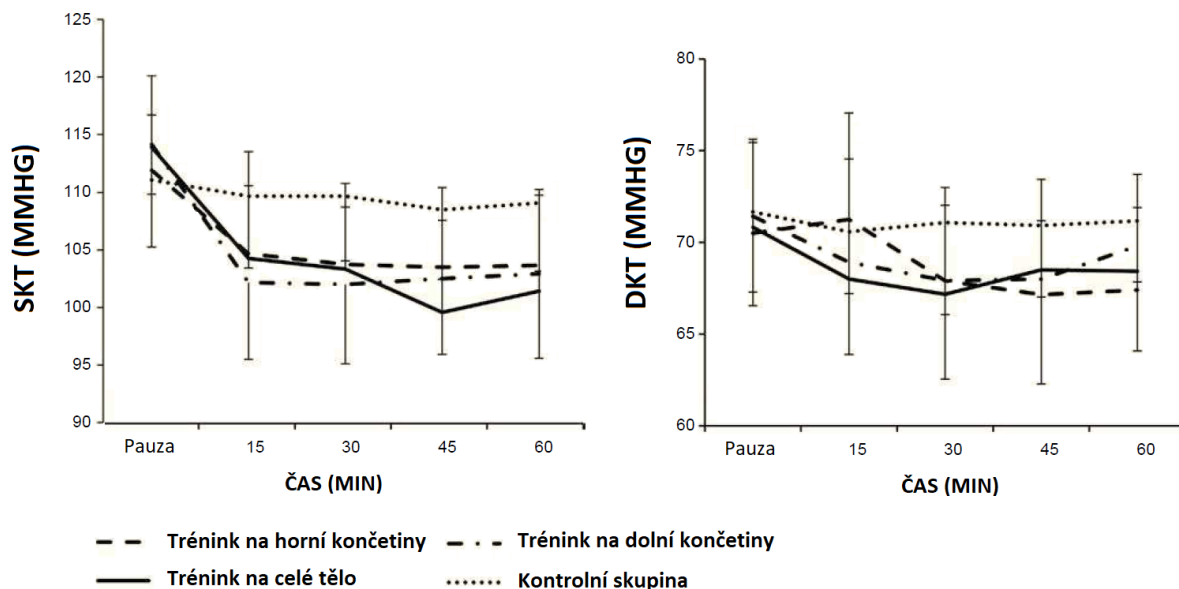
Tabulka 26 Charakteristika tréninkových parametrů u Figueiredo, Rhea a kol. (2015). Zdroj tabulky: [21]

Autoři	Probandi	Typ tréninku	Velikost odporu	Délka pauzy	Počet cviků	Počet sérií	Počet opakování
Figueiredo, Rhea a kol., (2015) [21]	N = 11, muži, zdraví, NT	Silový	70 % 1RM	120 s	8	1	8–10
		Silový	70 % 1RM	120 s	8	3	8–10
		Silový	70 % 1RM	120 s	8	5	8–10

Zkratky: NT – normotenze, RM – opakovací maximum

2.7.6 Vliv množství zapojených svalových skupin na změny krevního tlaku

Snížení STK po dobu 60 minut bylo zjištěno u všech cvičebních skupin ve studii od Mohebbiho a kol. (2016) [280] viz Obrázek 19 a Tabulka 27. Nicméně nejvýraznější pokles byl zaznamenán u skupiny se silovým tréninkem na celé tělo. Z hlediska DTK došlo k poklesu taktéž u všech skupin a opět tento pokles byl velice podobný. Manipulace s parametry jako je objem a intenzita, však mohou výrazně změnit míru a délku trvání potréningové hypotenze. Jedno je však jisté potréningová hypotenze nastává i v případě, kdy je zapojeno pouze malé množství svalové hmoty jako je tomu u tréninku na horní končetiny. Zároveň je to velice dobrá zpráva pro osoby s poraněním míchy, u kterých je omezena hybnost horních či dolních končetin. Protože i tito lidé mohou snížit hodnoty TK prostřednictvím tréninku na horní či dolní končetiny [280].



Obrázek 19 Změny krevního tlaku vyvolané množstvím zapojených svalových skupin během silového tréninku. Zdroj obrázku: [280]
Zkratky: DTK – diastolický tlak krve, SKT – systolický tlak krve

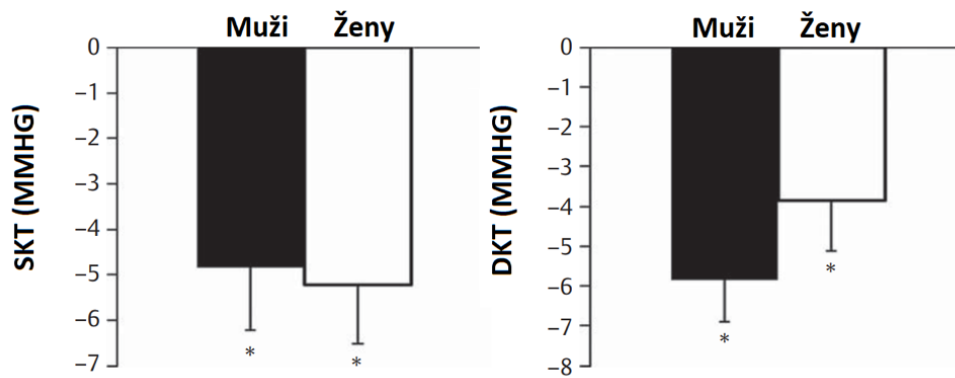
Tabulka 27 Charakteristika tréninkových parametrů u Mohebbi a kol. (2016).
 Zdroj tabulky: [280]

Autoři	Probandi	Typ tréninku	Velikost odporu	Délka pauzy	Počet cviků	Počet sérií	Počet opakování
Mohebbi a kol., (2016) [280]	n = 12, muži, NT	Silový – horní končetiny	65 % 1RM	120 s	4	3	10
		Silový – dolní končetiny	65 % 1RM	120 s	4	3	10
		Silový – celé tělo	65 % 1RM	120 s	4	3	10

Zkratky: NT – normotenze, RM – opakovací maximum

2.7.7 Vliv pohlaví na potréningovou hypotenzi

Z výsledků jednotlivých studií vyplývá, že potréningová hypotenze je zkoumána u obou pohlaví bez rozdílu. Nicméně, vliv pohlaví a silového tréninku na hodnoty TK není přesně znám. Zdá se, že pohlaví může sehrát důležitou roli v potréningové hemodynamice srdce a krevního oběhu, protože jak muži, tak ženy reagují odlišně na jednotlivé parametry tréninku. Jedním z nejdůležitějších zjištění studie Queiroze a kol. (2013) [1] bylo, že silový trénink o nízké intenzitě vyvolává podobnou potréningovou hypotenzi u obou pohlaví viz Obrázek 20. Nicméně ostatní hemodynamické parametry potréningové hypotenze byly jak u mužů, tak žen odlišné. Výsledkem studie bylo snížení SKT a DTK vyvolané silovým tréninkem o -5 / -6 mmHg u mužů a -5 / -4 mmHg u žen. Je tedy třeba dalších studií, které by se porovnaly vliv pohlaví na potréningovou hypotenzi.



Obrázek 20 Změny krevního tlaku u mužské a ženské populace vyvolané silovým tréninkem (Queirozo a kol., 2013). Zdroj obrázku: [1]

2.7.8 Vztah mezi akutní a chronickou formou tréninkového programu dle Thompsona a kol. (2001) [3] Haskella a kol. (1994) [281]

Při sestavování tréninkové jednotky silového tréninku nelze vnímat akutní odezvu lidského organismu samostatně je zapotřebí na ni nahlížet z širší perspektivy. Tedy ve vztahu k tréninkovému programu.

- Cvičební jednotka může jednorázově zlepšit rizikové ukazatele, avšak krátkodobě, protože pokud tyto změny nejsou vyvolány pravidelně, nemají vliv na celkové zlepšení.
- Pravidelná tréninková jednotka zvyšuje sportovní výkonnost a umožňuje individuální zlepšení tréninkových parametrů.
- Tréninky o nízké intenzitě nemusejí ve své akutní formě vyvolat detekovatelné změny na rizikových faktorech, protože každý organismus reaguje na stresový podnět odlišným způsobem. Tyto rozdíly lze pozorovat také u začínajících a pravidelně sportujících jedinců.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Tato část disertační práce se detailně věnuje popisu experimentu, který byl proveden v průběhu doktorského studia.

3.1 Cíl, úkoly a hypotézy práce

3.1.1 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.

3.1.2 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

3.1.3 Hypotézy

H_{01} : 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_{11} : 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.

H0₂: 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 H₂: 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.

H0₃: 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 H₃: 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.

H0₄: 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 H₄: 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.

4 Metodika práce

4.1 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.

4.2 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 [60, 101].

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.

4.3 Informace o žadateli a zařízení

Tento projekt probíhal v rámci spolupráce mezi 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.

4.4 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.

4.5 Souhlas etické komise

Studie se uskutečnila se souhlasem etické komise Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (FTVS UK) pod jednacím číslem 242/2018 viz Příloha 1 Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS. Všechny osoby podepsaly a odevzdaly Informovaný souhlas a Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti, prováděný MUDr. Miroslavem Vítovcem viz Příloha 2 Informovaný souhlas a Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti. Osoby s vysokým krevním tlakem navíc absolvovaly komplexní kardiologickou prohlídku s měřením EKG a echokardiologií u MUDr. Miroslava Vítovce viz vzor Příloha 3 Lékařská zpráva.

4.6 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.

4.7 Výzkumný soubor

Rekrutace jedinců probíhala cíleně na základě hodnot 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.

4.7.1 Postup výběru a zařazování jedinců do studie

Získávání probandů probíhalo ve dvou soukromých zdravotnických zařízeních. Konkrétně se jedná o klienty Centra pohybové medicíny Pavla Koláře a.s. a Medivican Praha s.r.o. S oběma klinikami spolupracuje hlavní řešitel Mgr. Roman Juřík. Obě kliniky mají dostatečně širokou databázi klientů s normotenzí a hypertenzí. Zároveň jejich klienti podléhají pravidelným lékařským prohlídkám nejrůznějšího druhu, tudíž je u nich dobře znám zdravotní stav a lze tak předejít případným komplikacím, které by mohl silový a aerobní trénink vyvolat. Vhodní klienti obou zařízení byli osloveni:

- Telefonicky na základě kontaktní databáze
- Osobně lékaři ve svých ordinacích a pracovníky

Kritéria pro zařazení jedinců s normotenzí do studie jsou uvedeny v Tabulce 28, kritéria pro zařazení jedinců s hypertenzí I. stupně v Tabulce 29. Naopak konkrétní kritéria pro vyřazení jednotlivce ze studie jsou shrnuta v kapitole níže 4.7.4. Předchozí zkušenost se silovým tréninkem nebyla podmínkou. Všichni jedinci byli náhodně rozděleni do jednotlivých tréninkových bloků agonistického a antagonistického silového tréninku, a to s cílem získat nezaujatý pohled na vliv zvolených metod a tréninkových proměnných. Všichni jedinci se výzkumu zúčastnili zcela dobrovolně a bez finanční odměny.

Všichni účastníci museli nejprve navštívit ordinaci MUDr. Miroslava Vítovce a teprve na základě jeho rozhodnutí o způsobilosti mohli pokračovat dále ve studii.

4.7.2 Experimentální skupina I. – normotenze

V této skupině byli zařazeni jedinci s normotenzí, u nichž nebyl doposavad prokázán vysoký TK lékařem. V Tabulce 28 je seznam kritérií, která byla dodržena při rekrutaci jedinců do studie, dále však byla respektována kritéria pro vyřazení ze studie uvedené v kapitole 4.7.4.

Tabulka 28 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: ≤ 139 DTK: ≤ 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

4.7.3 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 29 je seznam kritérií, která byla dodržena při rekrutaci jedinců do studie, dále však byla respektována kritéria pro vyřazení ze studie uvedené v kapitole 4.7.4.

Tabulka 29 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 profesionálního sportovce
Nikotismus	Nekuřáci

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

4.7.4 Kritéria pro vyřazení ze studie

Do studie nebyli zařazeni jedinci dle doporučení Williamse a kol. (2007) [12], 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.

4.8 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 KV rizik a vhodnosti průřezových studií u každého jedince zvlášť.

Experimentální program je rozdělen na dvě části: familiarizace a pět průřezových studií. Jednotlivým průřezovým studiím předcházela familiarizace, která trvala jeden týden a byla tvořena dvěma tréninkovými jednotkami. První tréninková jednotka byla zaměřená na horní polovinu těla a druhá na dolní polovinu těla. Poté již následovaly samotné průřezové studie, do kterých byli jedinci zařazeni náhodně. Detailní popis experimentálního programu se nachází na Obrázku 22. Celková délka studie je čtyři týdny.

4.8.1 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. Jedinci byli zaučeni tak aby v průběhu jednotlivých cviků nedošlo k ublížení na zdraví. Zvláštní důraz byl kladen na technickou stránku provedení cviků. V průběhu první návštěvy se jedinci seznámili s tréninkovým prostředím a soukromou klinikou Centra pohybové medicíny Pavla Koláře (CPMPK), kde veškerá měření probíhala.

4.8.2 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 CPMPK, a to vždy v předem dohodnutý čas, který byl dodržován. Celková délka jednotlivých tréninkových bloků tradičního 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 Juříka. Hlavnímu

řešiteli dopomáhala v některých měřeních studentka Bc. Julie Drobilová, která sbírala data pro svoji bakalářskou práci a podílela se na výzkumu. Mezi jednotlivými tréninky byla vždy pauza minimálně 48 hod z důvodu regenerace a návratu hodnot na původní hladiny. Jedinci byli seznámeni s možnostmi aktivní i pasivní regenerace, kterou lze zařadit ve dnech volna. Protože u některých se objevila významná bolestivost svalů po předchozí tréninkové jednotce. Nicméně měli dodržovat svůj běžný týdenní 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. Blok 1.: Tradiční (agonistický) split silový trénink v sériích na horní a dolní polovinu těla. Blok 2.: Antagonistický split silový trénink na horní a dolní polovinu těla. Blok 3: kontrolní (aerobní trénink). Rozsah a intenzita silového tréninku vycházela z doporučení mezinárodních guidelines [17, 36, 43] 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 31. Jedinci byli náhodně rozděleni jednak do tréninkových bloků (BLOK 1, 2), tak do samostatných tréninkových jednotek (A, B / C, D). Žádný z jedinců nikdy nevěděl, kterým blokem a jednotkou z daného bloku bude začínat. Nicméně vždy se nejprve odcvičil blok 1 nebo 2 a poté následoval kontrolní trénink a na závěr neodcvičený blok 1 nebo 2.

Tabulka 30 Rozdělení jednotlivých cviků dle komplexnosti a zapojených svalových skupin

	Cviky na horní polovinu těla	Cviky na dolní polovinu těla
Komplexní cviky	Stahování horní kladky Veslování v sedě Peck deck na stroji Tlak s jednoručkami, náklon 40-45°	Dřep s jednoručními činkami Leg press horizontální Rumunský mrtvý tah Zakopávání v leže na spodní kladce
Izolované cviky	Bicepsový zdvih s S osou Bicepsový zdvih v sedě s jednoručními činkami Tricepsová extenze s kladkou Francouzský tlak, náklon 30-40°	Abdukce na spodní kladce ve stoje Addukce na spodní kladce ve stoje Addukce vleže na boky Výstupy stranou na step

Jednotlivé průřezové studie probíhaly vždy samostatně, jednalo se o individuální formu tréninku doprovázeného měřením. Tímto způsobem bylo možné dohlédnout na technicky správné provedení jednotlivých cviků a zároveň bylo možné dodržet všechny stanovené tréninkové proměnné. V rehabilitačním sále (posilovna) CPMPK cvičili vždy maximálně 3

jedinci, a to z důvodu, aby nedocházelo k narušení pozornosti. Tabulka 30 znázorňuje rozdělení cviků v jednotlivých průřezových studiích dle komplexnosti.

Tabulka 31 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 DNS a mobilizace o celkové délce cca 10 min. Pro úvodní fázi stabilizačního cvičení bylo vybráno šest cviků respektující vývojovou kineziologii a posturální ontogenezi, která je charakteristická pro cviky z vývojové řady DNS a tři cviky na mobilizaci viz Tabulka 32. Zde jsou i uvedeny konkrétní parametry ke každému cviku samostatně. Cviky jsou nafoceny a k vidění v Příloze 4 Úvodní část – rozevíření I a II. Jednotlivé cviky byly v následujícím pořadí: dosedy na paty – cviky 3 m – rotace C-Th v kleče – cviky 10 až 13 m a rotace v kyčli s oporou o žebřiny.

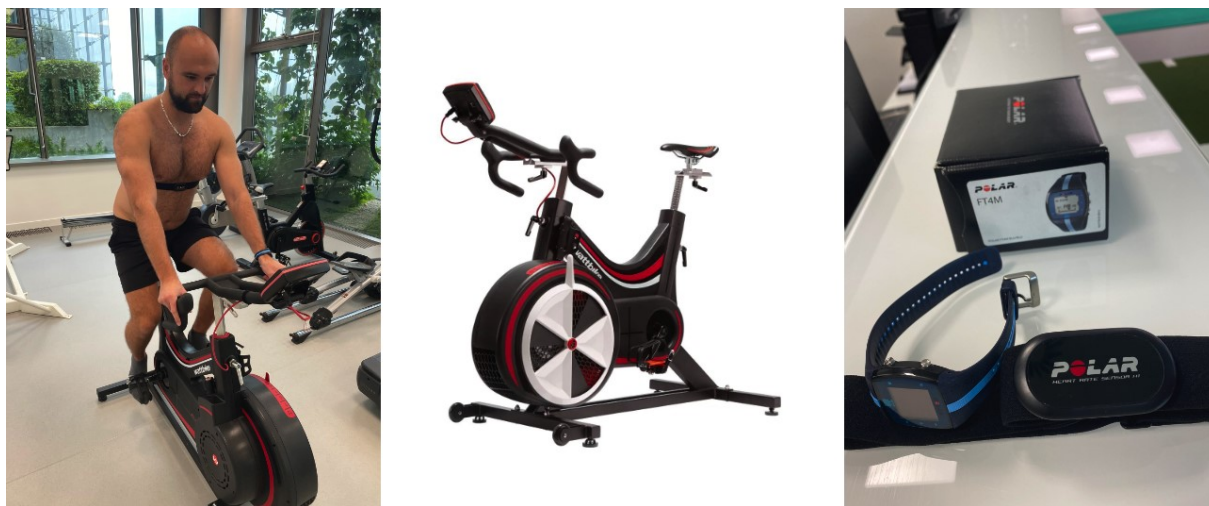
Závěrečná část

Závěr každé jednotky tedy po skončení všech měření bylo každému jedinci doporučeno závěrečné myofasciální uvolnění na pěnovém válci s lehkou formou aerobního tréninku (5 min, max SF = 60 %). Myofasciální uvolnění se jeví jako prospěšné ve fázi zotavení po sportovním výkonu, a tudíž by mělo být součástí většiny tréninkových protokolů. Řada studií navíc dokládá sníženou svalovou bolestivost a taktéž menší poškození svalů [282, 283]. Každý účastník výzkumu směl využít kromě posilovny přilehlých prostor, tj. šaten pro převlečení a sprch.

4.8.3 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 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 [284-286] a dle ACSM [17] je tato intenzita označovaná jako lehká. Tato tréninková jednotka nebyla strukturována na úvodní, hlavní a závěrečnou část. Pouze však bylo doporučeno nikoliv vyžadováno zařazení závěrečné části, která je rozepsaná v Tabulce 29. Záměrně byl zvolen cyklistický ergometr a to z důvodu nižšího nárazového zatížení [287], které je kladeno na pohybový aparát.



Obrázek 21 Průběh aerobního tréninku včetně použitého cyklistického ergometru Wattbike a hodinek s hrudním pásem ke snímání SF. Zdroj vlastní

4.8.4. Popis použitého vybavení v rehabilitačním sále

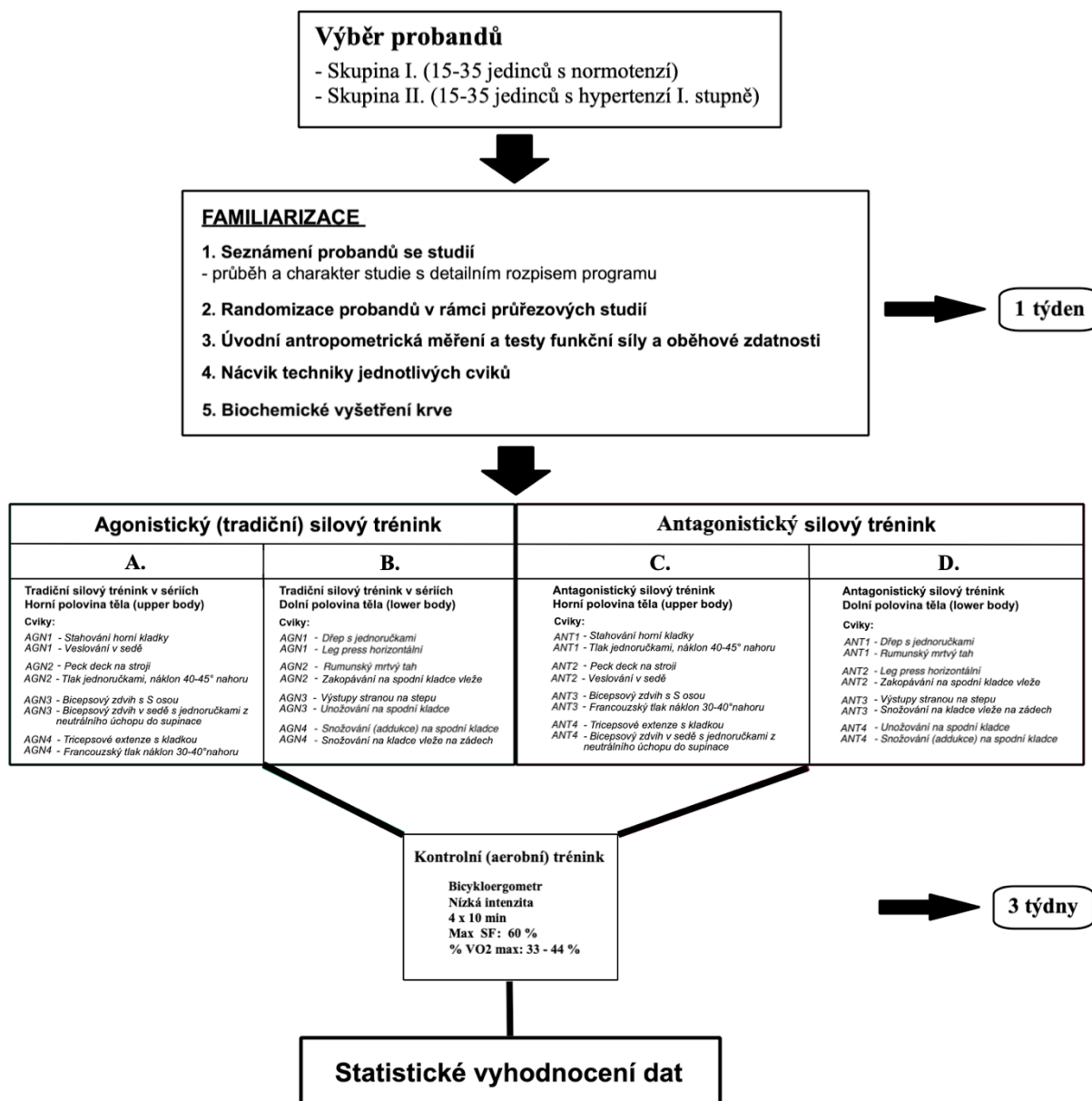
V průběhu studie byly využity kladkové stroje značky DAVID (David Health Solutions Ltd, Finsko, číslo patentu UK: 2127309B). S platnou revizí a kalibrací strojů k diagnostice do 24. 9. 2023, provedl Timo Schulz (info@mwi-timoschulz.de).

- Leg press
- Multifunkční věž
- Peck deck

Dále byly použity volné a nakládací činky od společnosti Kettler (Heinz Kettler GmbH & Co. KG, Německo) a Stronggear s.r.o. (Stronggear, Česká republika), pěnový válec a gymnastický míč od společnosti Decathlon (Francie), stupínek Reebok (Reebok International Ltd, Spojené Státy Americké).

K aerobnímu tréninku byl určen přístroj Wattbike (Wattbike Ltd., Velká Británie) s platnou validací [288] viz Obrázek 21.

Obrázek 22 Schéma výzkumného projektu



Tabulka 32 Detailní popis struktury jednotlivých průřezových studií

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

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

4.9 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, 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.

4.9.1 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, vyjádřená v počtu let aktivního cvičení. Tato základní statistická charakterizace výzkumného souboru představuje klíčovou součást výzkumného přístupu, poskytuje cenný rámec pro interpretaci a porozumění výsledkům studie.

4.9.2 Antropometrická měření

A. Měření tělesného složení

Vstupní hodnoty na vybraných ukazatelích byly měřeny pomocí INBODY 370S (Biospace, Severní Korea) viz Obrázek 23, což je přístroj využívající principu bioelektrické impedance, který je neinvazivní, bezpečný, přesný a vhodný do vědeckých studií [289, 290]. Je navržen pro použití ve svislé poloze s lokalizací elektrod bipedální a bimanuální viz manuál dostupný na: https://www.inbody.cz/dokumenty/370_manual_cz.pdf.

Průběh měření

V průběhu měření byla dodržena všechna doporučení udávaná výrobcem, tak aby získaná data byla co nejpřesnější. Veškerá měření na INBODY 370S proběhla v CPMPK a.s. v ranních hodinách mezi 7:00 - 10:00, před začátkem průřezových studií, tedy v týdnu familiarizace. Každý jedinec se měl dostavit na lačno co nejdříve po probuzení. Dále byly dodrženy normy stanovené dle Pastuchy (2014) [291]:

- Necvičit před měřením po dobu 12 hodin
- Nepožívat alkohol 24 hodin před měřením
- Nejíst a nepít po dobu 4–5 hodin před měřením
- Měření provádět při pokojové teplotě
- Přesné umístění elektrod

Měřené parametry: hmotnost (kg), BMI (kg/m^2), tělesný tuk (% a kg), tukuprostá hmota (kg)



Obrázek 23 Průběh měření tělesného složení na přístroji InBody 370s včetně foto přístroje. Zdroj vlastní

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 a poslední kalibrace byla provedena dne: 9.5.2023. Měření výšky proběhlo v CPMPK a.s. v ranních hodinách mezi 7:00 - 10:00, před začátkem průřezových studií, tedy v týdnu familiarizace viz Obrázek 24.



Obrázek 24 Průběh měření tělesné výšky prostřednictvím ADE MZ 10017. Zdroj vlastní

4.9.3 Biochemická vyšetření

Biochemické vyšetření z venózní krve proběhlo v CPMPK a.s. v ranních hodinách mezi 7:00 - 10:00, před začátkem průřezových studií, tedy v týdnu familiarizace. 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, URL: www.nextlab.cz. Seznam vyšetřovaných biochemických parametrů uvedený v Tabulce 33 vycházející z Tabulky 9. Seznam možných vyšetření u arteriální hypertenze [60].

Tabulka 33 Seznam vyšetřovaných biochemických parametrů

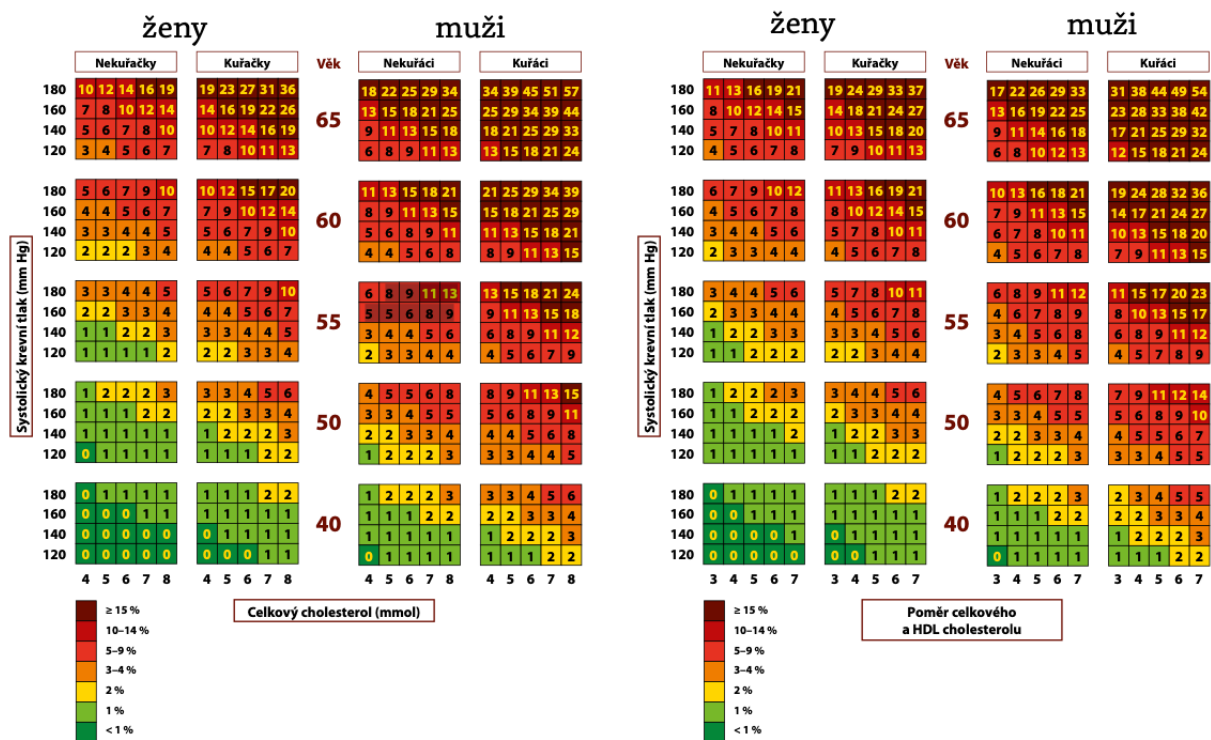
Vyšetřovaný parametr	Výsledek	Hodnocení	Jednotka	Ref. meze
Lipidový metabolismus				
S_Cholesterol celk.	-	-	mmol/l	2,90-5,00
S_Cholesterol HDL	-	-	mmol/l	1,00-2,10
S_Cholesterol_LDL	-	-	mmol/l	1,20—3,00
S_Triacylglyceroly	-	-	mmol/l	0,45-1,70
V_Aterogenní index (CHOL/HDL)	-	-	1	0,00-5,00
V_Non-HDL cholesterol (CHOL-LDL)	-	-	mmol/l	<3,79
Komentář	Viz výsledky systém SCORE.			
Diabetologický soubor				
S-Glukóza-žilní sérum	-	-	mmol/l	3,30-5,59
Proteiny				
S_CRP	-	-	mg/l	0,0-8,0
Sérové indexy				
Ikteria	transparentní			
Hemolýza	transparentní			
Chylozita	transparentní			

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 [292]. Systém SCORE viz Obrázek 25 slouží k odhadu 10letého kumulativního rizika vzniku první fatální KV příhody, včetně akutního infarktu myokardu, koronárního onemocnění a dalších situací jako např. náhlá srdeční smrt. Pro určení tohoto rizika využíváme přehledných tabulek, které jsou specifické pro jednotlivé evropské země s ohledem na jejich rizikový profil. Česká republika patří mezi země s nízkým rizikem KVO. Tento systém nám poskytuje cenný nástroj pro hodnocení rizika a prevenci KVO v konkrétní populaci [293].

V této studii byl využit model SCORE vyhodnocující desetileté riziko úmrtí na KV příhodu v české populaci, založený na koncentraci celkového cholesterolu [293].



Tabulky SCORE se používají pouze pro primární prevenci, tj. u osob bez manifestního kardiovaskulárního nebo ledvinného onemocnění a bez diabetes mellitus

Hodnoty absolutního rizika KVO jsou vyšší než hodnoty odečtené z tabulky SCORE:

- u osob, které se věkem přibližují vyšší věkové kategorii
- u asymptomatických osob s preklinickými známkami aterosklerózy (zjištěnými při sonografickém vyšetření nebo při nálezů kalcifikací při stanovení kalciového skóre pomocí CT)
- u osob s pozitivní rodinnou anamnézou KVO (do 55 let u mužů, do 65 let u žen)
- u osob s nízkou koncentrací HDL-cholesterolu (pod 1 mmol/l u mužů, pod 1,2 mmol/l u žen), zvýšenou koncentrací triglyceridů (nad 1,7 mmol/l)
- u osob s porušenou glukózovou tolerancí (glykemie na lačno pod 7,0 mmol/l, za 2 hod při OGTT za 2 hod 7,8-11,0 mmol/l)
- u obézních nebo fyzicky inaktivních osob

Obrázek 25 Určování celkového KV rizika v české populaci vycházejícího z projektu SCORE. Zdroj obrázku: [293]

4.9.4 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. Tento test je založen na přímo úměrném vztahu mezi oběhovou zdatností a rychlostí návratu SF k počátečním hodnotám naměřených před začátkem testu. Výška bedny pro muže je 50 cm a pro ženy 40 cm, frekvence: 30 výstupů za minutu, celkem 150. V protokolu studie byl využit modifikovaný step test dle Toumpakari a kol. (2019) [294], kde jediný rozdíl představovala výška bedny, která byla 30 cm pro obě pohlaví viz Obrázek 26. Modifikovaný step test byl zvolen z důvodu bezpečnosti a dodržení parametrů protokolu (frekvence výstupů, délka apod.). Tepová frekvence byla měřena po celou dobu, zaznamenány však byly výsledky ve fázi zklidnění: 60 – 75 s (S1), 120 – 135 s (S2) a 180 – 195 s (S3) po skončení. Index zdatnosti byl spočítán na základě níže uvedeného vzorce.

Výsledné hodnoty se slovním hodnocením byly porovnávány s Tabulkou 34 dle Bartůňkové a kol. (1996) [295]. Sledovaná data byla získána pomocí hodinek Polar FT4M a hrudního pásu Polar (Polar Electro Oy, Finsko), který byl s hodinkami spárován a navlhčen. Data byla zaznamenávána do tabulky uvedené v Příloze 10: Experimentální protokol.

Index zdatnost = celková doba cvičení (s) x 100/ (součet S1 + S2 + S3)

Tabulka 34 Hodnocení stupně oběhové zdatnosti dle Bartůňkové a kol. (1996) [295]

Index zdatnosti – nesportující populace	Stupeň zdatnosti	Index zdatnosti – populace v systematickém tréninku	Stupeň zdatnosti
<55	slabá	<80	podprůměrná
55–64	podprůměrná	80–99	průměrná
65–79	průměrná	100–119	dobrá
80–89	nadprůměrná	120–139	velmi dobrá
90 ≤	vysoká	140 ≤ i	výborná

Průběh měření

Step-test proběhl v CPMPK a.s., před začátkem průřezových studií, tedy v týdnu familiarizace, konkrétně při prvním setkání v rámci úvodního testování.



Obrázek 26 Výstupový test s měřicím zařízením Polar. Zdroj vlastní

B. Síla stisku ruky

Síla stisku ruky byla měřena digitálním ručním dynamometrem (Takei A5401, Japonsko) s okamžitým výstupem naměřené síly stisku v kg. Jedná se o celosvětově jeden z nejpoužívanějších dynamometrů pro hodnocení aktuální síly svalů předloktí [296]. 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 %). Jedná se o výsledky mezinárodní studie Prospective Urban and Rural Epidemiological [297], která podtrhuje důležitost síly úchopu jako indikátoru zdravotního stavu.



Obrázek 27 Testovací pozice síly stisku ruky a přístroj Takei. Zdroj vlastní

Průběh měření

Testování síly stisku ruky proběhlo v CPMPK a.s., před začátkem průřezových studií, tedy v týdnu familiarizace, konkrétně při prvním setkání v rámci úvodního testování. Studie vychází z testovacího protokolu dle Cadogana a kol. (2011) [298] viz Obrázek 27. Každý jedinec měl jeden pokus zkušební poté provedl tři pokusy na každou horní končetinu po dobu 5–6 s, mezi opakováními byl vždy odpočinek 30 s, výsledkem byl průměr mezi třemi hodnotami pro obě končetiny abychom mohli porovnávat stranovou symetrii. Výsledné hodnoty byly dále porovnávány s výsledky z Tabulky 35.

Testovací pozice

V tomto protokolu jsou respektovány pokyny American Society of Hand Therapists [299]:

- Sed na židli s rovným opěradlem
- Plosky nohou se dotýkají země
- Rameno v mírné addukci a v neutrální pozici
- Loket ohnutý svírá pravý úhel
- Předloktí v neutrální poloze
- Zápěstí: 0–30° dorzální flexe a 0–15° ulnární deviace

Tabulka 35 Referenční hodnoty síly stisku ruky v kilogramech pro muže a ženy v vzestupných věkových kategoriích dle Massy-Westroppa a kol. (2011) [300]

Muži			Ženy		
Věk (roky)	Pravá (kg)	Levá (kg)	Věk (roky)	Pravá (kg)	Levá (kg)
20-29	47 (±9,5)	45 (±8,8)	20-29	30 (±7)	28 (±6,1)
30-39	47 (±9,7)	47 (±9,8)	30-39	31 (±6,4)	29 (±6)
40-49	47 (±9,5)	45 (±9,3)	40-49	29(±5,7)	28 (±5,7)
50-59	45 (±8,4)	43 (±8,3)	50-59	28(±6,3)	26 (±5,7)
60-69	40 (±8,3)	38 (±8)	60-69	24 (±5,3)	23 (±5)
70+	33 (±7,8)	32 (±7,5)	70+	20 (±5,8)	19 (±5,5)

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 [45] zároveň tak lze předcházet zraněním [301], protože můžeme odhadnout nerovnováhu mezi svalovými skupinami a zároveň zjistit jejich limit [302].

Testování 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) [17]. Protokol 1RM a vícenásobného RM dle Liguori a kol. (2020) [17]:

- Rozcvičení s lehkým odporem: 5–10 opakování o nízké intenzitě s navazujícím odpočinkem jedné minuty.
- Určování 1RM (nebo jakéhokoliv vícenásobný RM test) optimálně v průběhu 4 sérií s přestávkami 3 až 5 min.
- Počáteční hmotnost je pro 1RM 50–70 % maximálního odporu, u násobného RM se začíná na nižších hodnotách (<50 % 1RM).
- Odhadnutí zátěže blížící se maximu (2–3 opakování) poté postupné zvyšování zátěže

- Postupné zvyšování zátěže o 2 až 20 kg, dokud jedinec nemůže dokončit zvolené opakování. Všechna opakování by měla být prováděna stejnou rychlostí a ve stejném rozsahu pohybu, aby byla mezi sériemi nastolena konzistence. U cviků na horní polovinu těla se přidává 5–10 % a u cviků na dolní polovinu těla 10–20%
- 1RM nebo vícenásobná RM se zaznamenává jako úspěšně zvednutá hmotnost (kg) a následně je zapsána do protokolu viz Příloha 10: Experimentální protokol.

Průběh měření

Testování 1RM a vícenásobného RM, konkrétně 15RM, 10RM a 5RM proběhlo v CPMPK a.s. před začátkem průřezových studií, tedy v týdnu familiarizace, konkrétně v průběhu dvou tréninkových jednotek. První tréninková jednotka byla kombinací čtyř cviků komplexních na horní polovinu těla a čtyř cviků izolovaných na dolní polovinu těla. Poté následovala druhá jednotka, která byla kombinací čtyř komplexních cviků na dolní polovinu těla a čtyř izolovaných cviků na horní polovinu těla, přičemž vždy se začínalo cviky komplexními a poté se přešlo na cviky izolované. Právě testování 10RM se stalo podkladem pro samotné tréninkové programy, které tvoří klíčovou část studie.

4.9.5 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, což znamená, že manžeta je dočasně nafouknuta nad hodnotu systolického tlaku, takže brachiální arterie je zcela uzavřena. Poté manžeta zachytává primární amplitudu pulzní vlny a také odraženou vlnu. Měří časový interval mezi těmito dvěma signály. Na základě těchto dat je možné dopočítat vzdálenost, kterou pulzní vlna urazí z aorty do místa, kde je umístěna manžeta. Tato vzdálenost je stanovena jako dvojnásobek vzdálenosti mezi jugulumem a symfýzou.

Jednou z výhod Arteriographu je rychlost a neinvazivní povaha měření. Jedinci se nasadí manžeta na horní končetinu, a přístroj následně provádí automatická měření. To znamená minimální nepohodlí pro jedince a rychlý způsob získání důležitých dat pro lékařské hodnocení.

Certifikace zařízení

Klinická hodnota Arteriographu byla prokázána prostřednictvím více než 250 vědeckých studií s vysokým impakt faktorem, díky nimž je Arteriograph použitelný nejen v každodenních vyšetřovacích rutinách, ale také jako přístroj vhodný k provádění vědeckých studií viz Tabulka 36. Validita arteriographu byla ověřována invazivním oscilometrickým měřením a stanovením základních centrálních hemodynamických parametrů (STKao, Aixao, PWV) [303, 304].

Tabulka 36 Seznam významných publikací pojících se s Arteriographem

Autor	Rok publikování	Název
Mulders a kol. [305]	2012	Arterial stiffness is increased in families with premature coronary artery disease
Demir a kol. [306]	2013	The prognostic value of arterial stiffness in systolic heart failure
Jockel-Schneider [307]	2014	Arterial stiffness and pulse wave reflection are increased in patients suffering from severe periodontitis.
Braber a kol. [308]	2015	Identifying Coronary Artery Disease in Asymptomatic Middle-Aged Sportsmen: The Additional Value of Pulse Wave Velocity
Gökaslan a kol. [309]	2019	Role of aortic stiffness and inflammation in the etiology of young-onset hypertension
Böcskei a kol. [310]	2020	Oscillometrically Measured Aortic Pulse Wave Velocity Reveals Asymptomatic Carotid Atherosclerosis in a Middle-Aged, Apparently Healthy Population



Obrázek 28 Průběh měření kardiovaskulárních parametrů prostřednictvím přístroje Arteriograph. Zdroj vlastní

Vhodnost použití do studie

Arteriograph byl několikrát použit v prostředí sportovní medicíny [308, 311], mezi profesionálními [312] a amatérskými [313] sportovci, při zjišťování efektu aerobního tréninku na arteriální tuhost [314] ale také u skupiny jedinců s hypertenzí [315]. Z tohoto důvodu splňuje požadavek na vhodnost použití v této studii.

Vyšetření arteriographem

Samotné vyšetření arteriographem je podobné měření TK, provádí v klidovém stavu vleže na zádech viz Obrázek 28, po dobu cca 5–10 minut po fyzickém i mentálním odpočinku. Během měření je potřeba minimalizovat možné rušivé elementy.

Seznam důležitých bodů před měřením:

- 10 hodin před vyšetřením nekonzumujte alkohol
- 3 hodiny před vyšetřením nekuřte
- Nepijte kávu a nekonzumujte těžká jídla
- 1 hodinu před vyšetřením zvyšte příjem tekutin – voda, neperlivá minerální voda
- Lékařem předepsané léky užívejte dle předpisu

Vyhodnocované parametry

Arteriograph bez doplňkového vybavení vyhodnocuje celkem 14 parametrů, díky nimž lze získat ucelený náhled na funkčnost KV systému viz Tabulka 37. V této studii jsou vyhodnocovány následující parametry prostřednictvím tohoto zařízení:

- Systolický a diastolický TK (mmHg)
- PWV_{ao} (m/s)
- Aix brachiální (%)
- Aix aortální (%)

Průběh měření

Testování KV parametrů proběhlo v CPMPK a.s., společně s průřezovými studiemi. Podrobný rozpis průběhu měření je k nalezení v Tabulce 38.

Tabulka 37 Seznam jednotlivých parametrů vyhodnocovaných arteriogramem

Suprasystolické výsledky	
Specifikace	Parametr
Periferní hemodynamika	Systolický tlak krve Diastolický tlak krve Střední arteriální tlak Pulzní tlak Srdeční frekvence Augmentační index brachiální
Centrální hemodynamika	Centrální tlak aorty Centrální pulzní tlak aorty Augmentační index aortální
Ejekční doba	Ejekční čas
Rychlost pulzní vlny	Rychlost pulzní vlny aorty
Diastolické výsledky	
Specifikace	Parametr
Volumetrické analýzy	Diastolická reflexní plocha Délka trvání systoly Délka trvání diastoly

Tabulka 38 Seznam měřených parametrů v průběhu průřezových studií

Časová posloupnost	Parametr
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

4.9.6 Ostatní testy – Borgova škála

Borgova škála [316], známá jako Borgova RPE škála (Rating of Perceived Exertion), je subjektivní metoda používaná k hodnocení intenzity pohybové aktivity nebo tréninkové zátěže. Tato škála umožňuje vyjádřit, jak daný jedinec vnímá fyzickou zátěž během cvičení. Borgova škála [317] je číselná škála s hodnotami od 6 do 20, kde každé číslo zastupuje určitou úroveň subjektivně vnímané námahy, přičemž původně se používala u činností aerobního charakteru, aby přibližně odpovídala SF. Vznikla však modifikovaná stupnice CR10 (category ratio scale) = RPE 1-10, která poskytl hodnocení námahy od 1 do 10, která se uchytila v rámci

silového tréninku [318]. Existují různé způsoby, jak používat skóre RPE při silovém tréninku. Číselnou hodnotu lze získat od jedince po každém cviku nebo sérii. Další variantou může být hodnocení tréninku jako celku, kdy jedinec 30 minut po ukončení tréninku ohlásí skóre RPE za celý trénink [319]. Lze tak sledovat celkovou odezvu na trénink a případně tak lze upravit periodizační plán [320].

Průběh měření

Borgovo subjektivní vnímání námahy bylo zjišťováno v CPMPK a.s., ve fázi familiarizace, kde jedinci hodnotili každý cvik zvlášť na škále od 1 do 10 viz Tabulka 39, při stanovování intenzity 10RM, která byla použita v průřezových studiích.

Tabulka 39 Borgova škála dle Zourdose a kol. (2016) adaptovaná na silový trénink. Zdroj tabulky: [321]

Škála	Popis
1	velmi malá námaha
2	malá námaha
3	mírná námaha
4	větší, stále zvládnutelná námaha
5	velká námaha (zbývající 6-7 opakování)
6	vysoká námaha (zbývající 5-6 opakování)
7	velmi vysoká námaha (zbývající 3 opakování)
8	extrémně velká námaha (zbývající 2 opakování)
9	téměř maximální námaha (zbývající 1 opakování)
10	vyčerpání (není prostor zvyšovat zátěž)

5 Výsledková část

5.1 Statistika experimentálních skupin

V rámci studie bylo analyzováno 47 jedinců z celkového počtu 62. Vyřazeno bylo 15 jedinců z důvodů uvedených na Obrázku 29. 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 40.

Tabulka 40 Hodnoty základních deskriptivních parametrů

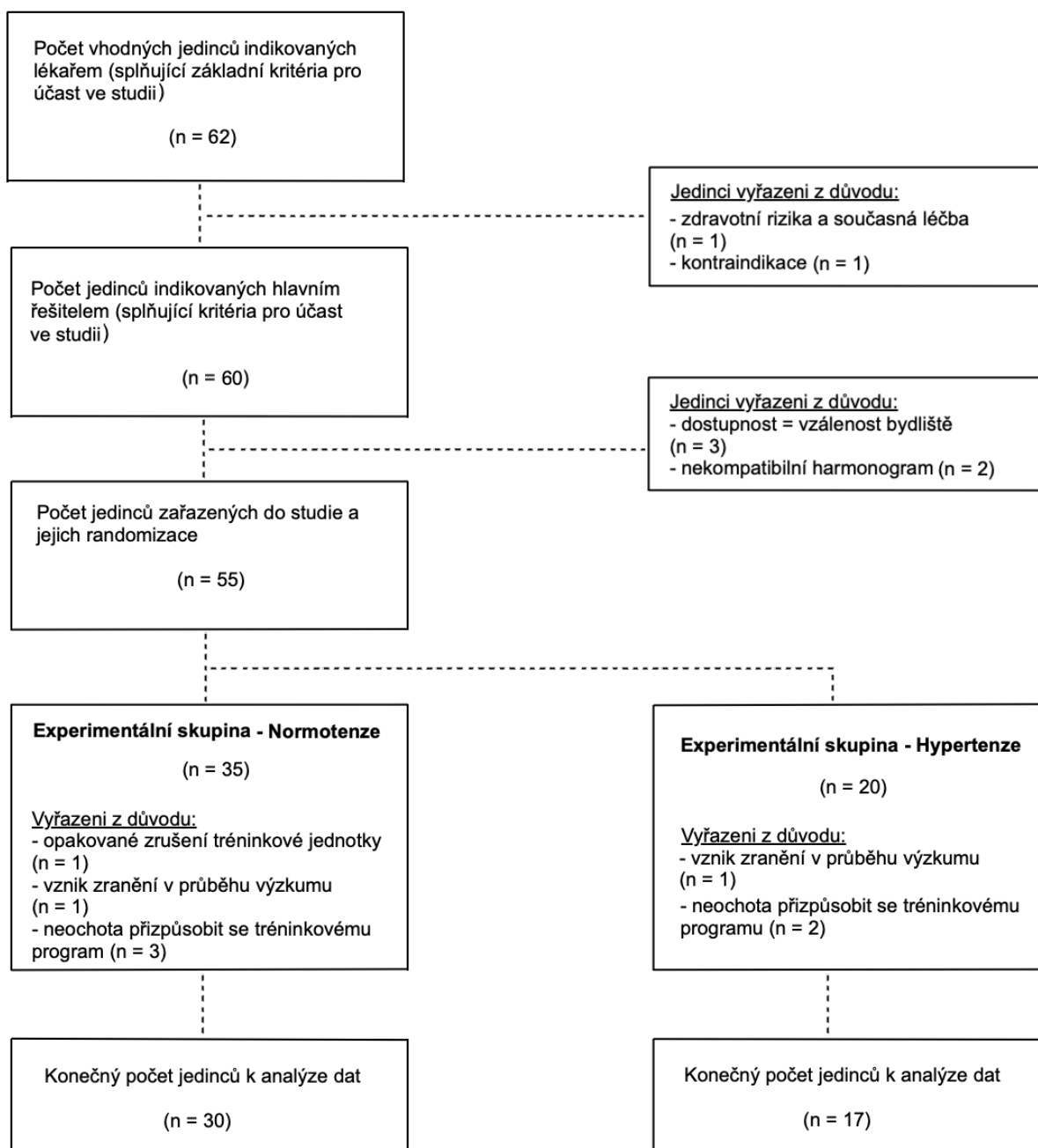
Proměnná	Experimentální skupiny (n = 47)		p-hodnota
	Normotenze (n = 30)	Hypertenze (n = 17)	
Pohlaví (muži/ženy)	12/18	11/6	
Věk (roky)	47,8 ($\pm 5,9$)	54,3 ($\pm 6,0$)	0,001
Výška (cm)	174,8 ($\pm 10,2$)	177,6 ($\pm 11,3$)	0,392
Silový trénink (roky)	4,2 ($\pm 4,7$)	4,6 ($\pm 8,3$)	0,247

Poznámka: Hodnoty jsou uvedeny jako průměr (SD)

5.1.1 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 41. Dle klasifikace WHO [322] spadají obě skupiny se svými průměrnými hodnotami do kategorie nadváhy, která se pohybuje v rozmezí 25-30 kg/m². 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 29 Schéma zařazování jedinců do studie

Pokud bychom hodnotili % tělesného tuku a vycházeli z klasifikace ACSM [323] a jedince si rozdělili dle pohlaví a věku, tak máme celkem 12 jedinců s obezitou, z toho 5 mužů a 7 žen viz Tabulka 42, 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) obezích 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 41 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 ²)	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.

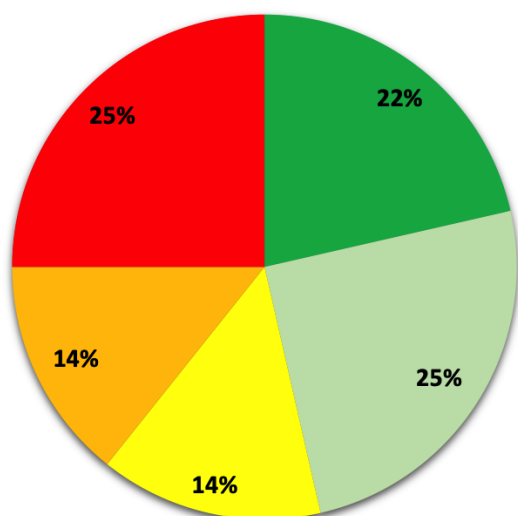
Tabulka 42 Rozřazení jedinců dle referenčních hodnot ACSM. Zdroj tabulky: [323]

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

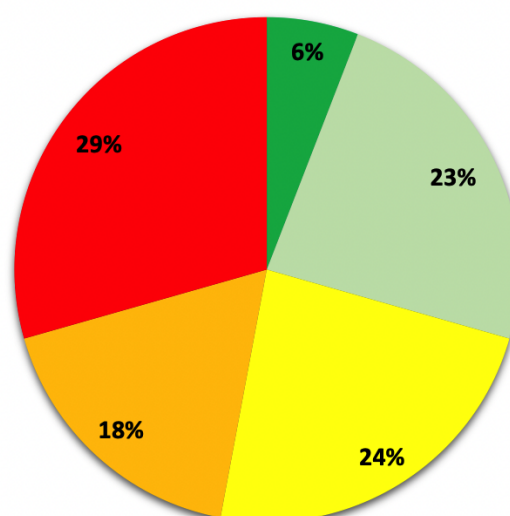
Poznámka: Dvě ženy nebyly klasifikovány, protože jejich hodnoty byly pod referenční normou a spadají do kategorie podváhy.

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 30 Procentuální porovnání tělesného tuku mezi skupinou s normotenzí a hypertenzí

5.1.2 Biochemická vyšetření

Výsledné hodnoty celkového cholesterolu a LDL cholesterolu 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 HDL cholesterolu 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 43. 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 glykémie 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

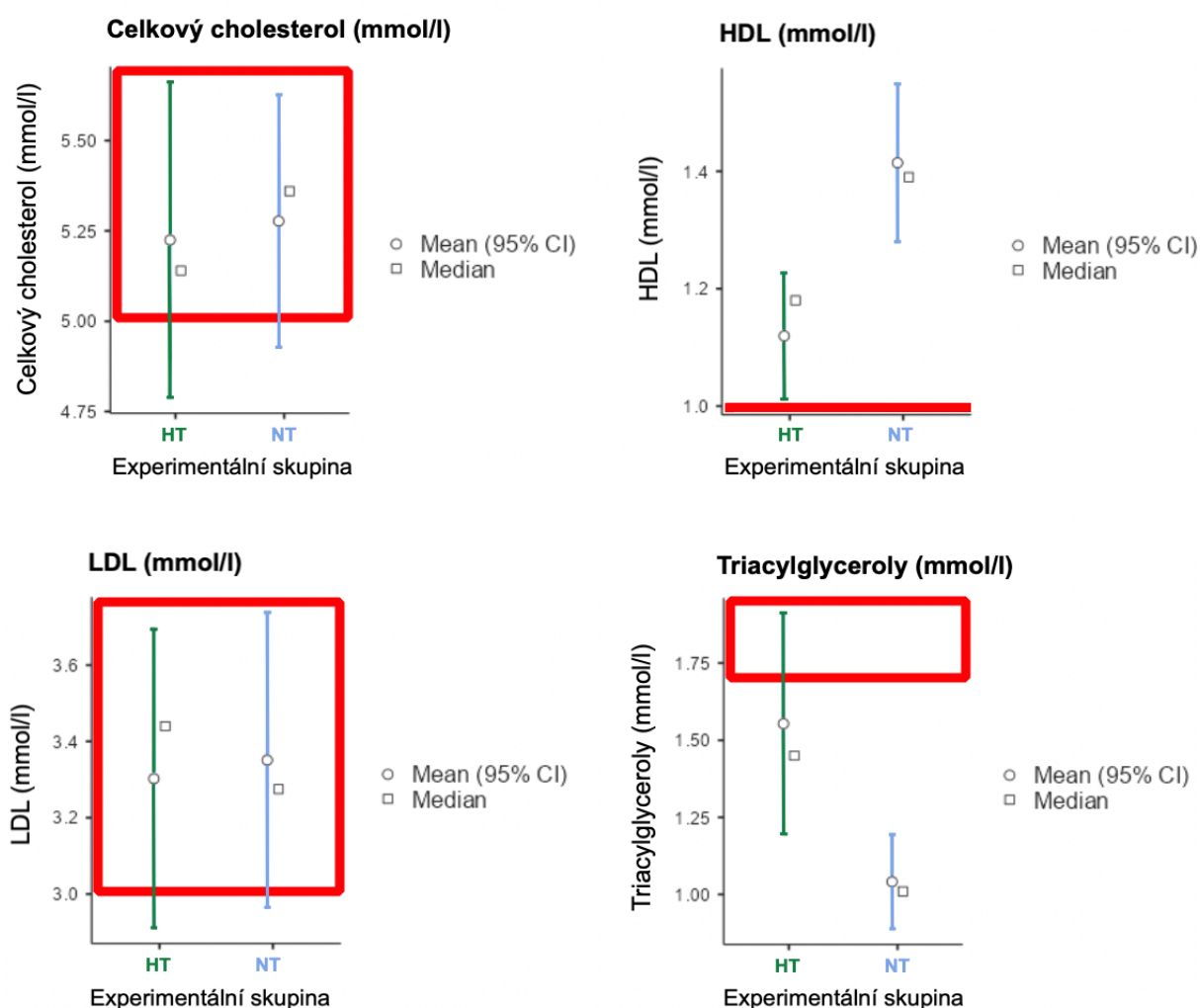
oběma skupinami, však nebyl statisticky významný na základě Mann-Whitney U testu s intervalem spolehlivosti 95 % KI [-0,04;0,8], $p = 0,086$.

Tabulka 43 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 31 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], $p = 0,014$.

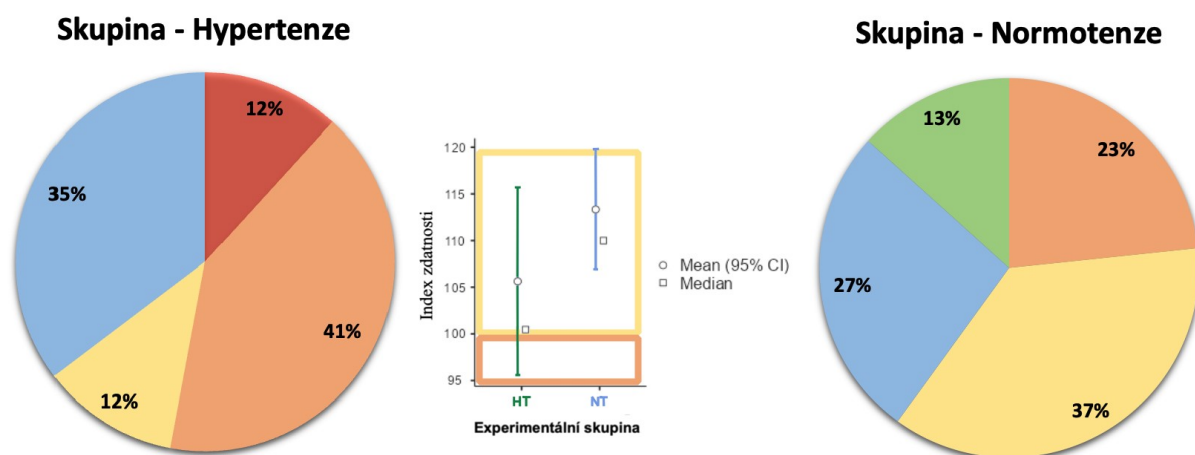
5.1.3 Funkční testy síly a oběhové zdatnosti

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) [295] u jedinců se systematickým tréninkem do kategorie dobrý, pokud bychom na tyto skupiny nahlíželi jako na nespportující, tak by jejich index tělesné zdatnosti byl označen jako vysoký. Přehledné rozdělení a zařazení jednotlivců do příslušných skupin je uveden v Tabulce 44, na kterou navazuje Obrázek 32.

Tabulka 44 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



Index zdatnosti – populace v systematickém tréninku

■ Podprůměrná (< 80)
 ■ Průměrná (80 – 99)
 ■ Dobrá (100 – 119)
 ■ Velmi dobrá (120 – 139)
 ■ Výborná (140 ≤)

Obrázek 32 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) [300]. 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 (±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 45.

Tabulka 45 Porovnání výsledků s referenčními hodnotami dle Massy-Westroppa a kol. (2011). Zdroj tabulky: [300]

Muži				
Věk (roky)	Pravá (kg)		Levá (kg)	
	Ref hodnoty	Studie	Ref hodnoty	Studie
40–49	47 (±9,5)	50,4 (±7,3)	45 (±9,3)	45,6 (±5,8)
50–59	45 (±8,4)	46,4 (±8,4)	43 (±8,3)	41,8 (±6,2)
60–69	40 (±8,3)	42,0 (±11,7)	38 (±8)	44,0 (±6,2)
Ženy				
Věk (roky)	Pravá (kg)		Levá (kg)	
	Ref hodnoty	Studie	Ref hodnoty	Studie
40–49	29(±5,7)	29,6 (± 5,4)	28 (±5,7)	28,8 (±6,1)
50–59	28(±6,3)	30,0 (± 9,0)	26 (±5,7)	28,9 (±10,6)
60–69	24 (±5,3)	22,6 (±0,3)	23 (±5)	22 (±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 46 a 47. 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 46 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)
Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – horní polovina těla	28,1 (±13,7)	34,9 (±16,5)	42,5 (±19,0)	52,1 (±23,3)	15,1 (±10,7)	18,9 (±12,1)	23,3 (±14,1)	28,7 (±16,9)
Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – dolní polovina těla	30,1 (±24,7)	38,8 (±29,1)	48,0 (±34,1)	60,6 (±39,6)	20,8 (±17,0)	26,9 (±19,7)	33,2 (±22,0)	41,8 (±25,9)

Zkratky: RM – opakovací maximum

Tabulka 47 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)
Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – horní polovina těla	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)
Celková průměrná zvednutá zátěž pro danou RM – dolní polovina těla	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

5.1.4 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 STK u skupiny s normotenzí a hypertenzí s intervalem spolehlivosti 95 % KI [7,9;22,8], $p < 0,001$. Podobný rozdíl byl u hodnot 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 33 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. [101] 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 48 Výsledky výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů před začátkem průřezových studií

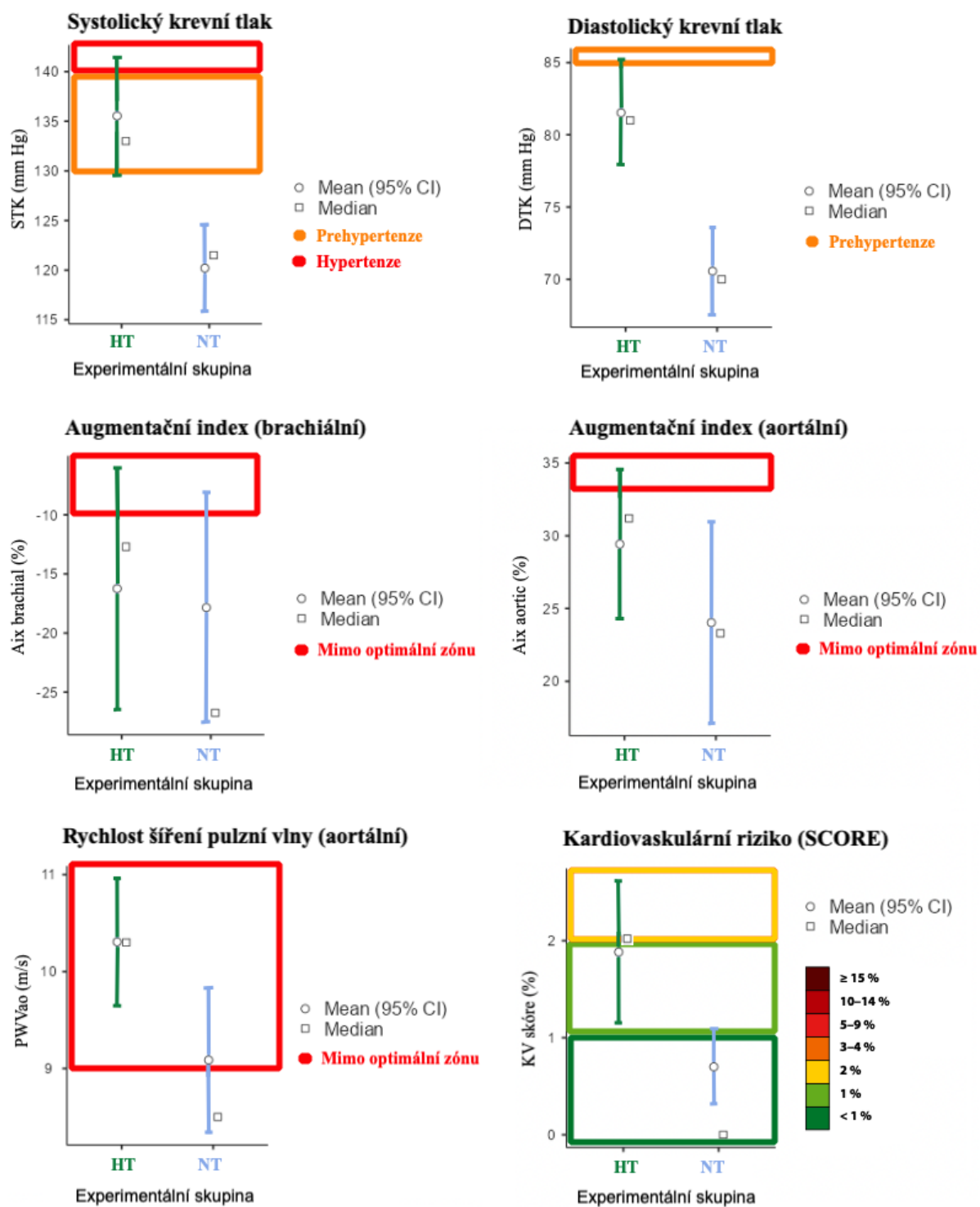
Proměnná	Experimentální skupiny (n = 47)		p-hodnota
	Normotenze (n = 30)	Hypertenze (n = 17)	
STK (mmHg)	120,3 ($\pm 12,0$)	135,5 ($\pm 12,0$)	<0,001
DTK (mmHg)	70,6 ($\pm 8,3$)	81,5 ($\pm 7,3$)	<0,001
PWVao (m/s)	9,1 ($\pm 2,0$)	10,3 ($\pm 1,3$)	0,003
Aix brachial (%)	-17,9 ($\pm 26,7$)	-16,2 ($\pm 20,7$)	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% [101]. 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% [101]. Počáteční naměřené hodnoty STK u hypertenzní skupiny se i přes farmakoterapii drží v kategorii prehypertenze, která je vyznačena oranžovým čtvercem na Obrázku 33. Kompletní data k oběma skupinám jsou k nalezení v Tabulce 48.



Obrázek 33 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

5.1.5 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 tito 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 49, 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 49 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	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)
Průměr RPE		8,9 (±0,7)	8,3 (±0,7)	8,4 (±0,8)	8,1 (±0,6)	Průměr RPE		8,8 (±0,4)	8,2 (±0,7)	7,7 (±0,7)	8,3 (±0,9)

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

5.2 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.

5.2.1 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 50.

Tabulka 50 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 51 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 51. 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 5.2.3. 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.

5.2.2 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.

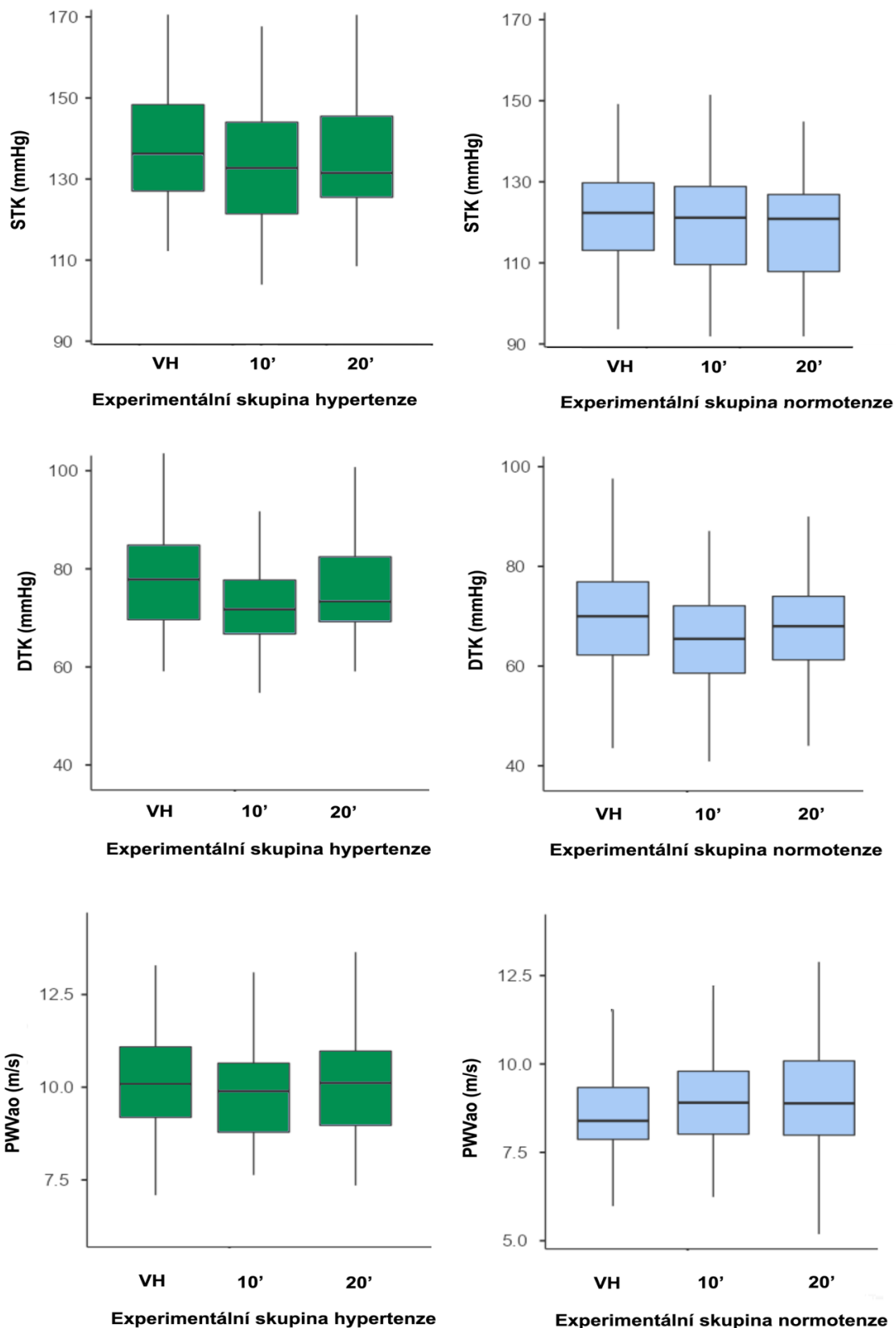
V Tabulce 52 a na Obrázku 34 jsou k nahlédnutí celkové změny STK, DTK a PWVao, které vyvolaly průřezové studie jako celek u obou experimentálních skupin.

Tabulka 52 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 ($\pm 1,5$)
Skupina – hypertenze				
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	
Skupina – normotenze				
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 34 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

5.2.3 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 53 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 53 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,

5.2.4 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.

5.2.5 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 54.

Tabulka 54 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		17,3	
		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

5.2.6 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 55.

Tabulka 55 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

5.2.7 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 56.

Tabulka 56 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

6 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 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 [63], na což poukázaly i výsledky této studie. Toto spojení je často patrné u jedinců s obezitou, kde kombinace dyslipidémie a hypertenze je častým jevem [324]. Triglyceridy, další důležitý lipidový faktor, který bývá spojován s výskytem hypertenze [325], 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 [325]. Obezita, jakožto jeden z hlavních komponentů metabolického syndromu [326], 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.

6.1 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 nutné

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 [44]. 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 [36]. 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 [55]. Zvýšený myokardiální stres a se zvýšeným srdečním výdejem může vést v riziko srdečního selhání [169], případně může vést k poškození cév v mozku, což by mohlo vyústit až k cévní mozkové příhodě [327]. 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 [26, 195]. Obecně nejvíce diskutovaným rizikovým faktorem je velikost odporu. Maximální a submaximální zátěže, pokud jsou doprovázeny Valsalvovým manévrem mohou vyvolat až ztrátu vědomí [195], 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 [43]. Nedostatečný odpočinek mezi sériemi a cviky [22] může nejen vést ke zranění vlivem vyčerpání, ale také 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 [109, 154, 245]. 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 [25, 269, 328] měla významný vliv výsledné hodnoty KV systému. Podobně je tomu v případě většího počtu sérií nežli 3 [21, 278, 279] a kratších intervalů odpočinku jak 90 s [22] 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.

6.2 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) [194] nebo MacDougal (1985)[26] u legpressu s 90 % 1RM ve starších studiích, tak v nejnovějších např. Correia a kol. (2023) [329]. 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) [330] u začátečníků 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 [24].

Výsledky výzkumu respektují studii Hilla (1989) [265]. 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 [195], následně se hodnoty vracely na svoje původní hladiny do 1 min. Podobně rychlý pokles jako Hill (1996) [265] nebo Duncan a kol. (2014) [268] jsme vypožorovali u normotenzích 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 [331]. 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) [275] 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) [268] 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) [269]. 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 [259]. 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.) [330], 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 [332], ale i snížit výkon [333]. Na základě těchto poznatků je dobré, aby hypertonici konzultovali metodologii tréninku se svým trenérem a sportovním lékařem.

6.2.1 Vyjádření k hypotéze H₀₃

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 ($p < 0,001$).

6.3 Akutní změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny v průběhu tréninkového programu

Zajímavé výsledky jsou k nalezení u PWVao, 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) [39] 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 [111] a split trénink (na horní/dolní polovinu těla či v jiné kombinaci) zvyšují PWV [112]. Bohužel v současné době není k dispozici studie, která by potvrdila nebo vyvrátila že silový trénink bezprostředně po skončení jednotky zvyšuje nebo snižuje PWVao u jedinců s hypertenzí. Většina dostupné literatury nahlíží na tento parametr v dlouhodobém horizontu. Dle studie od Nitzscheho a kol. (2016) [114] 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 PWVao u hypertenzní skupiny, je nejasný. Naopak je překvapující, protože se jedná o skupinu s menšími zkušenostmi v silovém tréninku, tudíž by reakce PWVao 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.

6.3.1 Vyjádření k hypotéze H_0

Původním předpokladem bylo, že antagonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vyvolá podobné zvýšení hodnot PWVao 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 PWVao u komplexních

i izolovaných cviků. U hypertenzní skupiny byly výsledky smíšené. Nicméně ani alternativní hypotéza H₂ se nepotvrdila, aby agonistický silový trénink o velikosti odporu 75 % 1RM vedl ke statisticky významně vyššímu nárůstu hodnot rychlosti PWV_{ao} v průběhu tréninkové jednotky na hladině $p < 0,05$ ve srovnání s antagonistickým silovým tréninkem v sériích u jedinců s normotenzí a hypertenzí.

6.4 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_{ao} 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) [2] a Ruiz a kol. (2018) [263] prokázali pokles STK a DTK u mužů s normotenzí, kteří byli trénováni. 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) [263] 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) [269] 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) [273], zaznamenali výraznější potréinkovou hypotenzi u experimentální skupiny pracující s vyššími odpory (80 % 1RM) nežli s nízkým odporem (50% 1RM). Rezka a kol. (2006) [274] 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) [334], kteří prokázali signifikantní pokles TK již v průběhu prvních 10 min po skončení jednotky nicméně toto snížení bylo u skupiny netréinovaných jedinců. Tato pozorování ilustrují výrazné rozdíly ve výsledcích dosahovaných mezi trénovanými a netréinovanými jedinci.

Dalším parametrem který má jednoznačně vliv je počet sérií Figueiredo, Rhea a kol. (2015) [21], Polit a Farinattiho (2009) [334] a Scher a kol. (2011) [279] 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) [335] 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) [328], 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 trvající 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) [336] 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) [337]. 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 [108] a nízkointenzivní silový trénink u žen [338, 339] mohou pozitivně ovlivnit cévní zdraví v prvních minutách po tréninku. Nicméně v Evansově [105] 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.

6.4.1 Vyjádření k hypotéze H₀₁

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.

6.4.2 Vyjádření k hypotéze H₀₄

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 PWV_{ao}, 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.

6.5 Limity studie

Studie jsou nezbytným nástrojem pro získání nových poznatků v oblasti vědy a výzkumu. Nicméně, každá studie má své vlastní limity a omezení, která by měla být pečlivě zvažována při interpretaci výsledků a zobecnění zjištění na širší populaci.

V této studii je hlavním limitem velikost vzorku, především potom hypertenzní skupiny. Zde bylo pouze 17 jedinců, což může ovlivnit výsledná data, která zde jsou prezentována. Zároveň by bylo vhodné rozšířit věkové kategorie a zkusit je diverzifikovat po 5 letech tzn. 40-45, 46-50, 51-55 atd. a následně rozšířit výzkum i na seniorní populaci. Na druhou stranu, každému jedinci byl v tréninku věnován individuální přístup. Nejednalo se o žádnou formu skupinového cvičení s monitoringem. Bylo tedy dohlíženo na striktní dodržování tréninkového programu a proměnných.

Druhým limitem jsou omezené možnosti v tréninkovém programu, který byl dopředu sestaven. Bylo by vhodné udělat porovnání jednotlivých tréninků s odlišnými proměnnými,

například změnit velikost odporu, zkrátit interval odpočinku nebo změnit pořadí cviků a zkusit na začátek zařadit izolovaný cvik apod. Tímto způsobem bychom od sebe jednotky ještě více odlišili a získali bychom tak širší spektrum dat z různých typů tréninků.

Posledním limitem bylo možné nedodržování požadovaných kritérií, které každému jedinci byli ústně řečeny před začátkem studie. Ty se týkaly stravovacího a pitného režimu, kvality spánku, nevhodnosti doplňkových pohybových aktivit a v neposlední řadě stresu. Mezi hlavním řešitelem a zkoumaným jedincem byl uzavřen slovní slib, ze kterého vyplývá nutnost dodržování řečených pravidel, protože ta by mohla negativně ovlivnit výsledná data. Bohužel lze velmi jednoduše ovlivnit KV parametry nevhodným chováním.

6.6 Význam a aktuálnost studie

Téma vlivu různých typů tréninku na hodnoty TK a žilní tuhost je v současné době velmi aktuální z několika důvodů. Jedním z klíčových faktorů je vzrůstající zdravotní zátěž spojená s KVO a zadruhé hypertenze postihuje stále větší část světové populace a netýká se pouze starších jedinců.

Hypertenze není jednotným onemocněním, ale spíše komplexním spektrem stavů, které mohou mít různé příčiny a projevy. Je třeba vycházet z etiologie, protože k hypertenzi může dojít z různých důvodů. Důležité je rozlišování hypertenze na primární (esenciální), která je nejčastější a často nemá zjevnou příčinu, a sekundární, která je spojena s konkrétními zdravotními problémy, jako jsou renální onemocnění nebo endokrinní poruchy. Mimo to např. izolovaná systolická hypertenze a maskovaná hypertenze ve spánku. Některé z těchto typů hypertenzí nebyly doposud dostatečně prozkoumány, a proto je třeba dalšího výzkumu, který by lépe porozuměl specifickým mechanismům a optimálním léčebným strategiím pro každý z těchto podtypů hypertenze.

Nezbytným krokem je rozšíření záběru na mladší jedince s hypertenzí a vytvoření co možná nejrozsáhlejší databáze účastníků. Dosavadní výzkumy se často zaměřovaly na starší populaci nebo na zdravé jedince, což může vést k omezeným poznatkům o vlivu různých typů tréninku. Dále je třeba rozlišovat mezi pohlavími a tréninkovými zkušenostmi. Protože u netrénovaných jedinců se sedavým zaměstnáním může být značně jednodušší docílit požadovaného zlepšení hodnot nežli u jedinců, kteří jsou adaptováni na silový trénink. Je za potřebí vytvářet komplexní tréninkové programy zohledňující jednotlivé části tréninku, a nikoliv pouze náhodné sady cviků. Cílem by mělo být dosažení co největší tréninkové

variability, která dosud chybí, a tím lépe porozumět komplexnímu vztahu mezi tréninkem, hypertenzí, arteriální tuhostí a KV zdravím.

7 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 hypertenzních 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.

8 Zdroje

1. Queiroz, A.C.C., et al., *Gender influence on post-resistance exercise hypotension and hemodynamics*. International journal of sports medicine, 2013: p. 939-944.
2. 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.
3. 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.
4. Ades, P.A., *Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease*. New England Journal of Medicine, 2001. **345**(12): p. 892-902.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Pescatello, L.S., et al., *Exercise and hypertension*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2004. **36**(3): p. 533-553.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Yamak, B., et al., *The effects of exercise on body posture*. Electronic Turkish Studies, 2018. **13**(18).
17. Liguori, G. and A.C.o.S. Medicine, *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 2020: Lippincott Williams & Wilkins.

18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. MacDougall, J., et al., *Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise*. Journal of applied Physiology, 1985. **58**(3): p. 785-790.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. 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.
32. Haslam, D., et al., *Hemodynamics During Weight Lifting in Cardiac Patients*. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention, 1987. **7**(10): p. 476.
33. Westcott, W. and B. Howes, *Blood pressure response during weight training exercise*. Strength & Conditioning Journal, 1983. **5**(1): p. 67-68.
34. 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.
35. 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.
36. 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.*
37. 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.
 38. 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.*
 39. 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.*
 40. 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.*
 41. 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.*
 42. 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.*
 43. 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.*
 44. Jacobs, P.L., *NSCA's essentials of training special populations. 2017: Human Kinetics.*
 45. Haff, G.G. and N.T. Triplett, *Essentials of strength training and conditioning 4th edition. 2015: Human kinetics.*
 46. Tortora, G.J. and B.H. Derrickson, *Principles of anatomy and physiology. 2018: John Wiley & Sons.*
 47. Mourek, J., *Fyziologie-Učebnice pro studenty zdravotnických oborů–2., doplněné vydání. 2012: Grada publishing as.*
 48. Alan, B., *Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory. 2017: Grada Publishing as.*
 49. College, O., *Heart [online], F.s.o.t.h. heart, Editor. Citováno dne 1.7. 2023.*
 50. Lloyd-Jones, D.M., et al., *Lifetime risk for development of atrial fibrillation: the Framingham Heart Study. Circulation, 2004. 110(9): p. 1042-1046.*
 51. Otto, C., et al., *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. Philadelphia, PA: Elseiver, 2012: p. 1468-539.*
 52. John, E. and A.C. Guyton, *Guyton and Hall textbook of medical physiology. 2011: Saunders/Elsevier.*
 53. Wiggers, C.J., *Studies on the consecutive phases of the cardiac cycle: I. The duration of the consecutive phases of the cardiac cycle and the criteria for their precise determination. American Journal of Physiology-Legacy Content, 1921. 56(3): p. 415-438.*
 54. Fukuta, H. and W.C. Little, *The cardiac cycle and the physiologic basis of left ventricular contraction, ejection, relaxation, and filling. Heart failure clinics, 2008. 4(1): p. 1-11.*

55. BrainKart, *Blood vessels of the pulmonary circulation*, E.o.A.a. Physiology, Editor. 2023.
56. Waxman, M.A., *Using physics to investigate blood flow in arteries: A case study for premed students*. American Journal of Physics, 2010. **78**(9): p. 970-973.
57. Astapenko, D. and V. Černý, *Krevní tlak-fyzika a fyziologie*. Anesteziologie a intenzivní medicína, 2019. **30**(5): p. 241-243.
58. Hrušková, J., et al., *Fyziologie–teorie k praktickým cvičením*. 2021.
59. Widimský jr, J., J. Filipovský, and J. Ceral, *Diagnostické a léčebné postupy u arteriální hypertenze–verze 2017*. Doporučení České společnosti pro hypertenzi. Hypertenze & kardiovaskulární prevence, 2018. **7**: p. 2-22.
60. 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).
61. Machová, B.K., *Fyzikální popis organismu člověka*.
62. Chytilová, E. and J. Malík, *Smykové napětí v karotickém povodí a jeho role v rozvoji aterosklerózy*.
63. Zipes, D.P., *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. BMH Medical Journal-ISSN 2348–392X, 2018. **5**(2): p. 63-63.
64. Kára, T., *Souček M. Společné působení patofyziologických faktorů při vzniku esenciální arteriální hypertenze*. Souček M, Kára T a kol. Klinická patofyziologie hypertenze. Praha: Grada Publishing, 2002: p. 290-309.
65. Rudolf, K., *Regulace krevního tlaku, význam měření krevního tlaku*. Praktické lékařství, 2012: p. 123-125.
66. Klener, P., *Vnitřní lékařství. Čtvrté, přepracované a doplněné vydání*. Galén, Praha, 2011: p. 1174.
67. Ganong, W.F., *Přehled lékařské fyziologie*. 2005: Galén.
68. Joyner, M.J., *Baroreceptor function during exercise: resetting the record*. Experimental physiology, 2006. **91**(1): p. 27-36.
69. Holaj, R., *Léčba rezistentní hypertenze*. Cor et Vasa, 2011. **53**(8-9): p. 423-428.
70. Dumas, M. and S. Douma, *Renal sympathetic denervation: the jury is still out*. The Lancet, 2010. **376**(9756): p. 1878-1880.
71. Kurtz, A., *Control of renin synthesis and secretion*. American journal of hypertension, 2012. **25**(8): p. 839-847.
72. Stegbauer, J. and T.M. Coffman, *New insights into angiotensin receptor actions: from blood pressure to aging*. Current opinion in nephrology and hypertension, 2011. **20**(1): p. 84.
73. Horký, K., *Je aldosteron endogenním kardiovaskulárním toxinem*. Cor et Vasa, 2011. **10**: p. 578-579.
74. Johnson, R.J., et al., *Pathogenesis of essential hypertension: historical paradigms and modern insights*. Journal of hypertension, 2008. **26**(3): p. 381.
75. Enjuanes-Grau, C., et al., *Blood pressure levels and pattern of melatonin secretion in a population of resident physicians on duty*. Revista Española de Cardiología (English Edition), 2012. **6**(65): p. 576-577.
76. Grossman, E., M. Laudon, and N. Zisapel, *Effect of melatonin on nocturnal blood pressure: meta-analysis of randomized controlled trials*. Vascular health and risk management, 2011: p. 577-584.
77. Stergiou, G.S., et al., *2021 European Society of Hypertension practice guidelines for office and out-of-office blood pressure measurement*. Journal of hypertension, 2021. **39**(7): p. 1293-1302.

78. Pavel, H., *Monitorování krevního tlaku v klinické praxi a biologické rytmy*. 2010: Grada Publishing as.
79. Privšek, E., et al., *Epidemiological and clinical implications of blood pressure measured in seated versus supine position*. *Medicine*, 2018. **97**(31).
80. Group, S.R., *A randomized trial of intensive versus standard blood-pressure control*. *New England Journal of Medicine*, 2015. **373**(22): p. 2103-2116.
81. Stergiou, G.S., et al., *Cuffless blood pressure measuring devices: review and statement by the European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring and Cardiovascular Variability*. *Journal of hypertension*, 2022. **40**(8): p. 1449-1460.
82. Pinsky, M.R., et al., *Hemodynamic monitoring*. 2019: Springer.
83. Graves, J.E. and B.A. Franklin, *Resistance training for health and rehabilitation*. 2001: Human Kinetics.
84. Medicine, A.C.o.S., *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 2013: Lippincott williams & wilkins.
85. Cardiovascular, A.A.o. and P. Rehabilitation, *Guidelines for Cardia Rehabilitation and Secondary Prevention Programs-(with Web Resource)*. 2013: Human Kinetics.
86. Wagenseil, J.E. and R.P. Mecham, *Elastin in large artery stiffness and hypertension*. *Journal of cardiovascular translational research*, 2012. **5**: p. 264-273.
87. Oh, Y.S., et al., *A special report on the NHLBI initiative to study cellular and molecular mechanisms of arterial stiffness and its association with hypertension*. *Circulation research*, 2017. **121**(11): p. 1216-1218.
88. Nilsson, P.M., et al., *Characteristics of healthy vascular ageing in pooled population-based cohort studies: the global Metabolic syndrome and Artery REsearch Consortium*. *Journal of hypertension*, 2018. **36**(12): p. 2340.
89. Kaess, B.M., et al., *Aortic stiffness, blood pressure progression, and incident hypertension*. *Jama*, 2012. **308**(9): p. 875-881.
90. Oh, Y.S., *Arterial stiffness and hypertension*. *Clinical hypertension*, 2018. **24**(1): p. 17.
91. Mitchell, G.F., *Arterial stiffness: insights from Framingham and Iceland*. *Current opinion in nephrology and hypertension*, 2015. **24**(1): p. 1-7.
92. Safar, M.E., et al., *Pulse pressure, arterial stiffness, and end-organ damage*. *Current hypertension reports*, 2012. **14**: p. 339-344.
93. Fleenor, B.S. and A.J. Berrones, *Arterial stiffness: implications and interventions*. 2015, Springer.
94. Husmann, M., et al., *Markers of arterial stiffness in peripheral arterial disease*. *Vasa*, 2015. **44**(5): p. 341-8.
95. Wassertheurer, S., et al., *A new oscillometric method for pulse wave analysis: comparison with a common tonometric method*. *Journal of human hypertension*, 2010. **24**(8): p. 498-504.
96. Valencia-Hernández, C.A., et al., *Aortic pulse wave velocity as adjunct risk marker for assessing cardiovascular disease risk: prospective study*. *Hypertension*, 2022. **79**(4): p. 836-843.
97. Filipovský, J., *Možnosti léčebného ovlivnění tepenné tuhosti*. *Kardiologická revue*, 2010. **12**(1): p. 7-9.
98. Laurent, S., et al., *Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications*. *European heart journal*, 2006. **27**(21): p. 2588-2605.
99. Senturk, U., K. Polat, and I. Yucedag, *A non-invasive continuous cuffless blood pressure estimation using dynamic recurrent neural networks*. *Applied Acoustics*, 2020. **170**: p. 107534.

100. Segers, P., E.R. Rietzschel, and J.A. Chirinos, *How to measure arterial stiffness in humans*. Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology, 2020. **40**(5): p. 1034-1043.
101. 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.
102. Rajčinová, M., et al., *Současné možnosti měření cévní tuhosti*. Cor et Vasa, 2023. **65**(3): p. 525-528.
103. Petrák, O. and R. Češka, *Vaskulární věk*. Vnitřní lékařství, 2019. **65**(12): p. 770-774.
104. Yu, S. and C.M. McEniery, *Central versus peripheral artery stiffening and cardiovascular risk*. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 2020. **40**(5): p. 1028-1033.
105. 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.
106. Thompson, P.D., et al., *Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity)*. Circulation, 2003. **107**(24): p. 3109-3116.
107. Otsuki, T., et al., *Effects of athletic strength and endurance exercise training in young humans on plasma endothelin-1 concentration and arterial distensibility*. Experimental Biology and Medicine, 2006. **231**(6): p. 789-793.
108. 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.
109. 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.
110. Kingsley, J.D., et al., *Free-weight resistance exercise on pulse wave reflection and arterial stiffness between sexes in young, resistance-trained adults*. European journal of sport science, 2017. **17**(8): p. 1056-1064.
111. 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.
112. 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.
113. Parks, J.C., et al., *Free-weight versus weight machine resistance exercise on pulse wave reflection and aortic stiffness in resistance-trained individuals*. European journal of sport science, 2020. **20**(7): p. 944-952.
114. 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.
115. Barnes, J.N., et al., *Arterial stiffening following eccentric exercise-induced muscle damage*. Journal of applied physiology, 2010. **109**(4): p. 1102-1108.
116. Croymans, D., et al., *Effects of resistance training on central blood pressure in obese young men*. Journal of human hypertension, 2014. **28**(3): p. 157-164.
117. Au, J.S., et al., *Arterial Stiffness Is Reduced Regardless of Resistance Training Load in Young Men*. Medicine and science in sports and exercise, 2017. **49**(2): p. 342-348.

118. Casey, D.P., D.T. Beck, and R.W. Braith, *Progressive resistance training without volume increases does not alter arterial stiffness and aortic wave reflection*. *Experimental biology and medicine*, 2007. **232**(9): p. 1228-1235.
119. Figueroa, A., et al., *Whole-body vibration training reduces arterial stiffness, blood pressure and sympathovagal balance in young overweight/obese women*. *Hypertension Research*, 2012. **35**(6): p. 667-672.
120. Lai, C.-L., et al., *Effect of whole-body vibration for 3 months on arterial stiffness in the middle-aged and elderly*. *Clinical Interventions in Aging*, 2014: p. 821-828.
121. Vrablík, M. and D. Karásek, *Název časopisu: Odborná společnost. TARGET*, 2022. **1805**: p. 4129.
122. Tyagi, A. and M. Cohen, *Yoga and hypertension: a systematic review*. *Alternative therapies in health and medicine*, 2014. **20**(2): p. 32-59.
123. Yeh, G.Y., et al., *Tai chi exercise for patients with cardiovascular conditions and risk factors: a systematic review*. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 2009. **29**(3): p. 152.
124. Chung, E.-J., J.-H. Kim, and B.-H. Lee, *The effects of core stabilization exercise on dynamic balance and gait function in stroke patients*. *Journal of physical therapy science*, 2013. **25**(7): p. 803-806.
125. Milanović, Z., G. Sporiš, and M. Weston, *Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials*. *Sports medicine*, 2015. **45**: p. 1469-1481.
126. Warburton, D.E., et al., *Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance: Consensus Document 2011*. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2011. **36**(S1): p. S266-S298.
127. Peng, C.C., et al., *Swimming exercise prevents fibrogenesis in chronic kidney disease by inhibiting the myofibroblast transdifferentiation*. *PLoS One*, 2012. **7**(6): p. e37388.
128. Thompson, S., et al., *Physical activity in renal disease and the effect on hypertension: a randomized controlled trial*. *Kidney and Blood Pressure Research*, 2022. **47**(7): p. 475-485.
129. Cramer, H., et al., *A systematic review and meta-analysis of yoga for hypertension*. *American journal of hypertension*, 2014. **27**(9): p. 1146-1151.
130. Ha, M., et al., *Efficacy of Tai Chi on Patients With Chronic Kidney Disease*. *Biol Res Nurs*, 2022. **24**(1): p. 115-122.
131. Park, S.-H. and K.S. Han, *Blood pressure response to meditation and yoga: a systematic review and meta-analysis*. *The journal of alternative and complementary medicine*, 2017. **23**(9): p. 685-695.
132. Kline, C.E., et al., *The effect of exercise training on obstructive sleep apnea and sleep quality: a randomized controlled trial*. *Sleep*, 2011. **34**(12): p. 1631-40.
133. Eyuboglu, F., et al., *Effect of tele-yoga on aerobic capacity, respiratory muscle strength, and cognitive performance in patients with obstructive sleep apnea syndrome*. *Heart Lung*, 2023. **62**: p. 157-167.
134. Buys, R., *Prescribing physical activity for the prevention and treatment of hypertension in patients with aortic coarctation-A review*. *EMJ*, 2013. **1**: p. 92-95.
135. Vasan, R.S., et al., *Assessment of frequency of progression to hypertension in non-hypertensive participants in the Framingham Heart Study: a cohort study*. *The Lancet*, 2001. **358**(9294): p. 1682-1686.
136. Collaboration, P.S., *Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies*. *The Lancet*, 2002. **360**(9349): p. 1903-1913.

137. Mancia, G., et al., *2013 ESH/ESC practice guidelines for the management of arterial hypertension: ESH-ESC the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC)*. Blood pressure, 2014. **23**(1): p. 3-16.
138. Piepoli, M.F., et al., *Update on cardiovascular prevention in clinical practice: a position paper of the European Association of Preventive Cardiology of the European Society of Cardiology*. European journal of preventive cardiology, 2020. **27**(2): p. 181-205.
139. Fu, J., et al., *Nonpharmacologic interventions for reducing blood pressure in adults with prehypertension to established hypertension*. Journal of the American Heart Association, 2020. **9**(19): p. e016804.
140. Truelsen, T., S. Begg, and C. Mathers. *The global burden of cerebrovascular*. in *Who Int*. 2006.
141. Zhou, Y.-F., et al., *Cost-effectiveness of drug treatment for chinese patients with stage I hypertension according to the 2017 hypertension clinical practice guidelines*. Hypertension, 2020. **76**(3): p. 750-758.
142. Egan, B.M. and S. Stevens-Fabry, *Prehypertension—prevalence, health risks, and management strategies*. Nature Reviews Cardiology, 2015. **12**(5): p. 289-300.
143. Herrod, P.J., et al., *Exercise and other nonpharmacological strategies to reduce blood pressure in older adults: a systematic review and meta-analysis*. Journal of the American Society of Hypertension, 2018. **12**(4): p. 248-267.
144. Patnode, C.D., et al., *Behavioral counseling to promote a healthful diet and physical activity for cardiovascular disease prevention in adults without known cardiovascular disease risk factors: updated evidence report and systematic review for the US Preventive Services Task Force*. Jama, 2017. **318**(2): p. 175-193.
145. Dhungana, R.R., Z. Pedisic, and M. de Courten, *Implementation of non-pharmacological interventions for the treatment of hypertension in primary care: a narrative review of effectiveness, cost-effectiveness, barriers, and facilitators*. BMC Primary Care, 2022. **23**(1): p. 298.
146. Shao, T., et al., *Short-term efficacy of non-pharmacological interventions for global population with elevated blood pressure: A network meta-analysis*. Frontiers in Public Health, 2023. **10**: p. 1051581.
147. Kovacs, R. and A.L. Baggish, *Cardiovascular adaptation in athletes*. Trends in cardiovascular medicine, 2016. **26**(1): p. 46-52.
148. Baggish, A.L. and M.J. Wood, *Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update*. Circulation, 2011. **123**(23): p. 2723-2735.
149. Bláha, M., *Atletické srdce vs. hypertrofická kardiomyopatie—diferenciální diagnostika podle aktuálních doporučení*. Cor et Vasa, 2020. **62**(1): p. 50-55.
150. Palatini, P., et al., *Blood pressure changes during heavy-resistance exercise*. Journal of hypertension. Supplement: official journal of the International Society of Hypertension, 1989. **7**(6): p. S72-3.
151. Haykowsky, M., et al., *Left ventricular wall stress during leg-press exercise performed with a brief Valsalva maneuver*. Chest, 2001. **119**(1): p. 150-154.
152. Mitchell, J.H., et al., *Task Force 8: classification of sports*. Journal of the American College of Cardiology, 2005. **45**(8): p. 1364-1367.
153. Patel, H., et al., *Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system*. World journal of cardiology, 2017. **9**(2): p. 134.
154. 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.*
155. Pelliccia, A., et al., *Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes.* Annals of internal medicine, 1999. **130**(1): p. 23-31.
 156. Sharma, S., et al., *Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy.* Journal of the American College of Cardiology, 2002. **40**(8): p. 1431-1436.
 157. D'Andrea, A., et al., *Association between left ventricular structure and cardiac performance during effort in two morphological forms of athlete's heart.* International journal of cardiology, 2002. **86**(2-3): p. 177-184.
 158. Baggish, A.L., et al., *Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes.* Journal of applied physiology, 2008. **104**(4): p. 1121-1128.
 159. Pluim, B.M., et al., *The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function.* Circulation, 2000. **101**(3): p. 336-344.
 160. Baggish, A.L., et al., *The impact of endurance exercise training on left ventricular systolic mechanics.* American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 2008. **295**(3): p. H1109-H1116.
 161. Baggish, A.L., et al., *Differences in cardiac parameters among elite rowers and subelite rowers.* Med Sci Sports Exerc, 2010. **42**(6): p. 1215-20.
 162. Oxborough, D., et al., *The right ventricle of the endurance athlete: the relationship between morphology and deformation.* Journal of the American Society of Echocardiography, 2012. **25**(3): p. 263-271.
 163. D'Andrea, A., et al., *Range of right heart measurements in top-level athletes: the training impact.* International journal of cardiology, 2013. **164**(1): p. 48-57.
 164. La Gerche, A., et al., *Exercise strain rate imaging demonstrates normal right ventricular contractile reserve and clarifies ambiguous resting measures in endurance athletes.* Journal of the American Society of Echocardiography, 2012. **25**(3): p. 253-262. e1.
 165. Haynes, W.G., et al., *Systemic endothelin receptor blockade decreases peripheral vascular resistance and blood pressure in humans.* Circulation, 1996. **93**(10): p. 1860-1870.
 166. Lerman, A., et al., *Circulating and tissue endothelin immunoreactivity in advanced atherosclerosis.* New England Journal of Medicine, 1991. **325**(14): p. 997-1001.
 167. Maeda, S., et al., *Aerobic exercise training reduces plasma endothelin-1 concentration in older women.* Journal of applied physiology, 2003. **95**(1): p. 336-341.
 168. Pollock, M.L., et al., *Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription an advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association.* Circulation, 2000. **101**(7): p. 828-833.
 169. Volaklis, K.A. and S.P. Tokmakidis, *Resistance exercise training in patients with heart failure.* Sports Medicine, 2005. **35**: p. 1085-1103.
 170. Spirito, P., et al., *Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports.* The American journal of cardiology, 1994. **74**(8): p. 802-806.
 171. Fagard, R., *Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience.* International journal of sports medicine, 1996. **17**(S 3): p. S140-S144.
 172. Maron, B.J. and A. Pelliccia, *The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death.* Circulation, 2006. **114**(15): p. 1633-1644.

173. Merola, B., et al., *Cardiac structural and functional abnormalities in adult patients with growth hormone deficiency*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 1993. **77**(6): p. 1658-1661.
174. Suman, O.E., et al., *Enhanced inotropic response to dobutamine in strength-trained subjects with left ventricular hypertrophy*. Journal of applied physiology, 2000. **88**(2): p. 534-539.
175. Pearson, A.C., et al., *Left ventricular diastolic function in weight lifters*. The American journal of cardiology, 1986. **58**(13): p. 1254-1259.
176. Stone, M., et al., *Cardiovascular responses to short-term olympic style weight-training in young men*. Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport, 1983. **8**(3): p. 134-139.
177. Martel, G., et al., *Strength training normalizes resting blood pressure in 65-to 73-year-old men and women with high normal blood pressure*. Journal of the American Geriatrics society, 1999. **47**(10): p. 1215-1221.
178. Bank, A.J., et al., *Effects of short-term forearm exercise training on resistance vessel endothelial function in normal subjects and patients with heart failure*. Journal of cardiac failure, 1998. **4**(3): p. 193-201.
179. Rakobowchuk, M., et al., *Endothelial function of young healthy males following whole body resistance training*. Journal of Applied Physiology, 2005. **98**(6): p. 2185-2190.
180. Maeda, S., et al., *Resistance exercise training reduces plasma endothelin-1 concentration in healthy young humans*. Journal of cardiovascular pharmacology, 2004. **44**: p. S443-S446.
181. Katz, S.D., et al., *Training improves endothelium-dependent vasodilation in resistance vessels of patients with heart failure*. Journal of Applied Physiology, 1997. **82**(5): p. 1488-1492.
182. Hare, D.L., et al., *Resistance exercise training increases muscle strength, endurance, and blood flow in patients with chronic heart failure*. American Journal of Cardiology, 1999. **83**(12): p. 1674-1677.
183. Temür, H.A., et al., *The alteration of NTproCNP plasma levels following anaerobic exercise in physically active young men*. Anatolian journal of cardiology, 2015. **15**(2): p. 97.
184. Chauhan, S.D., et al., *Release of C-type natriuretic peptide accounts for the biological activity of endothelium-derived hyperpolarizing factor*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2003. **100**(3): p. 1426-1431.
185. Sangaralingham, S.J., et al., *The aging heart, myocardial fibrosis, and its relationship to circulating C-type natriuretic peptide*. Hypertension, 2011. **57**(2): p. 201-207.
186. Rakobowchuk, M., et al., *Effect of whole body resistance training on arterial compliance in young men*. Experimental physiology, 2005. **90**(4): p. 645-651.
187. Bertovic, D.A., et al., *Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure*. Hypertension, 1999. **33**(6): p. 1385-1391.
188. Miyachi, M., et al., *Greater age-related reductions in central arterial compliance in resistance-trained men*. Hypertension, 2003. **41**(1): p. 130-135.
189. Miyachi, M., et al., *Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study*. Circulation, 2004. **110**(18): p. 2858-2863.
190. Kamel, H.K., *Sarcopenia and aging*. Nutrition reviews, 2003. **61**(5): p. 157-167.
191. Parise, G., et al., *Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults*. Free Radical Biology and Medicine, 2005. **39**(2): p. 289-295.

192. Parise, G., A.N. Brose, and M.A. Tarnopolsky, *Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults*. *Experimental gerontology*, 2005. **40**(3): p. 173-180.
193. Vincent, K.R., et al., *Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly*. *European journal of applied physiology*, 2002. **87**: p. 416-423.
194. McCartney, N., *Acute responses to resistance training and safety*. *Med Sci Sports Exerc.*, 1999. **31**: p. 31-37.
195. Compton, D., P.M. Hill, and J. Sinclair, *WEIGHT-LIFTERS'BLACKOUT*. *The Lancet*, 1973. **302**(7840): p. 1234-1237.
196. Featherstone, J.F., R.G. Holly, and E.A. Amsterdam, *Physiologic responses to weight lifting in coronary artery disease*. *The American Journal of Cardiology*, 1993. **71**(4): p. 287-292.
197. DeBusk, R.F., et al., *Cardiovascular responses to dynamic and static effort soon after myocardial infarction. Application to occupational work assessment*. *Circulation*, 1978. **58**(2): p. 368-375.
198. Franklin, B.A., et al., *Resistance training in cardiac rehabilitation*. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 1991. **11**(2): p. 99-107.
199. Bertagnoli, K., P. Hanson, and A. Ward, *Attenuation of exercise-induced ST depression during combined isometric and dynamic exercise in coronary artery disease*. *The American journal of cardiology*, 1990. **65**(5): p. 314-317.
200. Harris, K.A. and R.G. Holly, *Physiological response to circuit weight training in borderline hypertensive subjects*. *Medicine and science in sports and exercise*, 1987. **19**(3): p. 246-252.
201. Haslam, D.R., et al., *Direct measurements of arterial blood pressure during formal weightlifting in cardiac patients*. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 1988. **8**(6): p. 213-225.
202. Wenger, N., *Cardiac Rehabilitation as Secondary Prevention Clinical Practice Guideline*. *Quick Reference Guide for Clinicians*, 1995. **17**.
203. Gordon, N.F., et al., *Cardiovascular safety of maximal strength testing in healthy adults*. *The American journal of cardiology*, 1995. **76**(11): p. 851-853.
204. Izawa, K., et al., *Improvement in physiological outcomes and health-related quality of life following cardiac rehabilitation in patients with acute myocardial infarction*. *Circulation Journal*, 2004. **68**(4): p. 315-320.
205. Members, C., et al., *ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines)*. *Circulation*, 2002. **106**(14): p. 1883-1892.
206. Association, A.D., *American Diabetes Association Standards of medical care in diabetes—2017*. *Diabetes care*, 2017. **40**(Suppl. 1): p. S1.
207. Maron, B.J., et al., *Recommendations for physical activity and recreational sports participation for young patients with genetic cardiovascular diseases*. *Circulation*, 2004. **109**(22): p. 2807-2816.
208. Hlatky, M.A., et al., *A brief self-administered questionnaire to determine functional capacity (the Duke Activity Status Index)*. *The American journal of cardiology*, 1989. **64**(10): p. 651-654.
209. Lampert, R., D. Cannom, and B. Olshansky, *Safety of sports participation in patients with implantable cardioverter defibrillators: a survey of heart rhythm society members*. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 2006. **17**(1): p. 11-15.

210. Sigal, R.J., et al., *Physical activity/exercise and type 2 diabetes*. *Diabetes care*, 2004. **27**(10): p. 2518-2539.
211. Gordon, N.F., et al., *Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council*. *Circulation*, 2004. **109**(16): p. 2031-2041.
212. on Exercise, A.G.S.P., *Exercise prescription for older adults with osteoarthritis pain: consensus practice recommendations. A supplement to the AGS Clinical Practice Guidelines on the management of chronic pain in older adults*. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2001. **49**(6): p. 808-823.
213. Medicine, A.C.o.S., *The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults*. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1998. **30**: p. 975-991.
214. Feigenbaum, M.S. and M.L. Pollock, *Strength training: rationale for current guidelines for adult fitness programs*. *The physician and sportsmedicine*, 1997. **25**(2): p. 44-64.
215. Dingwall, H., K. Ferrier, and J. Semple, *Exercise prescription in cardiac rehabilitation*. *Exercise Leadership in Cardiac Rehabilitation*. West Sussex, England: Whurr Publishers Ltd, 2006: p. 97-131.
216. Adams, J., et al., *A new paradigm for post-cardiac event resistance exercise guidelines*. *The American journal of cardiology*, 2006. **97**(2): p. 281-286.
217. Kelley, G.A. and K.S. Kelley, *Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials*. *Hypertension*, 2000. **35**(3): p. 838-843.
218. Leitzmann, M.F., et al., *Physical activity recommendations and decreased risk of mortality*. *Archives of internal medicine*, 2007. **167**(22): p. 2453-2460.
219. Pedersen, B.K. and B. Saltin, *Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases*. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2015. **25**: p. 1-72.
220. Lind, A. and G. McNicol, *Muscular factors which determine the cardiovascular responses to sustained and rhythmic exercise*. *Canadian Medical Association Journal*, 1967. **96**(12): p. 706.
221. Halliwill, J.R., et al., *Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise?* *Experimental physiology*, 2013. **98**(1): p. 7-18.
222. Cornelissen, V.A. and R.H. Fagard, *Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure—regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors*. *Hypertension*, 2005. **46**(4): p. 667-675.
223. Whelton, S.P., et al., *Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials*. *Annals of internal medicine*, 2002. **136**(7): p. 493-503.
224. Fagard, R.H., *Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2001. **33**(6): p. S484-S492.
225. Kelley, G.A., K.A. Kelley, and Z. Vu Tran, *Aerobic exercise and resting blood pressure: a meta-analytic review of randomized, controlled trials*. *Preventive cardiology*, 2001. **4**(2): p. 73-80.

226. Igarashi, Y., N. Akazawa, and S. Maeda, *Regular aerobic exercise and blood pressure in East Asians: A meta-analysis of randomized controlled trials*. *Clinical and Experimental Hypertension*, 2018. **40**(4): p. 378-389.
227. Baena, C.P., et al., *Effects of lifestyle-related interventions on blood pressure in low and middle-income countries: systematic review and meta-analysis*. *Journal of hypertension*, 2014. **32**(5): p. 961-973.
228. Huang, G., et al., *Controlled aerobic exercise training reduces resting blood pressure in sedentary older adults*. *Blood pressure*, 2013. **22**(6): p. 386-394.
229. Batacan, R.B., et al., *Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies*. *British journal of sports medicine*, 2017. **51**(6): p. 494-503.
230. Costa, E.C., et al., *Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on blood pressure in adults with pre-to established hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized trials*. *Sports Medicine*, 2018. **48**: p. 2127-2142.
231. Zanchetti, A., C. Thomopoulos, and G. Parati, *Randomized controlled trials of blood pressure lowering in hypertension: a critical reappraisal*. *Circulation research*, 2015. **116**(6): p. 1058-1073.
232. Wen, H. and L. Wang, *Reducing effect of aerobic exercise on blood pressure of essential hypertensive patients: A meta-analysis*. *Medicine*, 2017. **96**(11).
233. Hanson, S. and A. Jones, *Is there evidence that walking groups have health benefits? A systematic review and meta-analysis*. *British journal of sports medicine*, 2015. **49**(11): p. 710-715.
234. Murtagh, E.M., et al., *The effect of walking on risk factors for cardiovascular disease: an updated systematic review and meta-analysis of randomised control trials*. *Preventive medicine*, 2015. **72**: p. 34-43.
235. Cornelissen, V.A., R. Buys, and N.A. Smart, *Endurance exercise beneficially affects ambulatory blood pressure: a systematic review and meta-analysis*. *Journal of hypertension*, 2013. **31**(4): p. 639-648.
236. Thorogood, A., et al., *Isolated aerobic exercise and weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. *The American journal of medicine*, 2011. **124**(8): p. 747-755.
237. Murphy, M.H., et al., *The effect of walking on fitness, fatness and resting blood pressure: a meta-analysis of randomised, controlled trials*. *Preventive medicine*, 2007. **44**(5): p. 377-385.
238. Dickinson, H.O., et al., *Lifestyle interventions to reduce raised blood pressure: a systematic review of randomized controlled trials*. *Journal of hypertension*, 2006. **24**(2): p. 215-233.
239. Kelley, G.A. and K.S. Kelley, *Aerobic exercise and resting blood pressure in older adults: a meta-analytic review of randomized controlled trials*. 2001, Am Heart Assoc.
240. Conceição, L.S.R., et al., *Effect of dance therapy on blood pressure and exercise capacity of individuals with hypertension: a systematic review and meta-analysis*. *International journal of cardiology*, 2016. **220**: p. 553-557.
241. Hanssen, H., et al., *Personalized exercise prescription in the prevention and treatment of arterial hypertension: a Consensus Document from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the ESC Council on Hypertension*. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2022. **29**(1): p. 205-215.
242. Corso, L.M., et al., *Is concurrent training efficacious antihypertensive therapy? A meta-analysis*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2016. **48**(12): p. 2398-2406.

243. Goessler, K., M. Polito, and V.A. Cornelissen, *Effect of exercise training on the renin–angiotensin–aldosterone system in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis*. Hypertension Research, 2016. **39**(3): p. 119-126.
244. Kelley, G.A., K.S. Kelley, and Z.V. Tran, *Walking and resting blood pressure in adults: a meta-analysis*. Preventive medicine, 2001. **33**(2): p. 120-127.
245. Miura, S.-i., *Exercise prescription in the treatment of hypertension*. Hypertension Research, 2023. **46**(2): p. 521-522.
246. Mitchell, J., et al., *The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions*. The Journal of physiology, 1980. **309**(1): p. 45-54.
247. Kaufman, M.P., et al., *Effects of static muscular contraction on impulse activity of groups III and IV afferents in cats*. Journal of Applied Physiology, 1983. **55**(1): p. 105-112.
248. Mitchell, J.H. and S.A. Smith, *Unravelling the mysteries of the exercise pressor reflex at the cellular level*. The Journal of Physiology, 2008. **586**(Pt 13): p. 3025.
249. Harman, E.A., et al., *Intra-abdominal and intra-thoracic pressures during lifting and jumping*. Med Sci Sports Exerc, 1988. **20**(2): p. 195-201.
250. Gaffney, F., G. Sjøgaard, and B. Saltin, *Cardiovascular and metabolic responses to static contraction in man*. Acta physiologica scandinavica, 1990. **138**(3): p. 249-258.
251. Iván, C., et al., *Exercise for hypertension*. Fitness Medicine, 2016. **26**: p. 91-106.
252. De Sousa, E.C., et al., *Resistance training alone reduces systolic and diastolic blood pressure in prehypertensive and hypertensive individuals: meta-analysis*. Hypertension Research, 2017. **40**(11): p. 927-931.
253. MacDonald, H.V., et al., *Dynamic resistance training as stand-alone antihypertensive lifestyle therapy: a meta-analysis*. Journal of the American Heart Association, 2016. **5**(10): p. e003231.
254. Cornelissen, V.A., et al., *Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized, controlled trials*. Hypertension, 2011. **58**(5): p. 950-958.
255. Inder, J.D., et al., *Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis to optimize benefit*. Hypertension Research, 2016. **39**(2): p. 88-94.
256. Carlson, D.J., et al. *Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis*. in *Mayo Clinic Proceedings*. 2014. Elsevier.
257. Kelley, G.A. and K.S. Kelley, *Isometric handgrip exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials*. Journal of hypertension, 2010. **28**(3): p. 411-418.
258. Owen, A., J. Wiles, and I. Swaine, *Effect of isometric exercise on resting blood pressure: a meta analysis*. Journal of human hypertension, 2010. **24**(12): p. 796-800.
259. Schoenfeld, B.J., *Science and development of muscle hypertrophy*. 2020: Human Kinetics.
260. Millar, P.J., et al., *Evidence for the role of isometric exercise training in reducing blood pressure: potential mechanisms and future directions*. Sports Medicine, 2014. **44**: p. 345-356.
261. Meneses, A.L., et al., *Influence of endurance and resistance exercise order on the postexercise hemodynamic responses in hypertensive women*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. **29**(3): p. 612-618.
262. Oja, P., et al., *Effects of frequency, intensity, duration and volume of walking interventions on CVD risk factors: a systematic review and meta-regression analysis of randomised controlled trials among inactive healthy adults*. British journal of sports medicine, 2018. **52**(12): p. 769-775.

263. 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.
264. Casonatto, J., et al., *The blood pressure-lowering effect of a single bout of resistance exercise: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials*. European journal of preventive cardiology, 2016. **23**(16): p. 1700-1714.
265. Hill, D.W., et al., *Blood pressure response after weight training exercise*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 1989. **3**(2): p. 44-47.
266. Pinto, R.R. and M.D. Polito, *Haemodynamic responses during resistance exercise with blood flow restriction in hypertensive subjects*. Clinical physiology and functional imaging, 2016. **36**(5): p. 407-413.
267. Moreira, O., et al., *Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects*. Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 2017.
268. 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.
269. 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.
270. Bermudes, A.M.L.d.M., et al., *Ambulatory blood pressure monitoring in normotensive individuals undergoing two single exercise sessions: resistive exercise training and aerobic exercise training*. Arquivos brasileiros de cardiologia, 2004. **82**: p. 57-64.
271. Brown, S.P., et al., *Effects of resistance exercise and cycling on recovery blood pressure*. Journal of sports sciences, 1994. **12**(5): p. 463-468.
272. DeVan, A.E., et al., *Acute effects of resistance exercise on arterial compliance*. Journal of Applied Physiology, 2005. **98**(6): p. 2287-2291.
273. 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.
274. 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.
275. 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.
276. de Salles, B.F., et al., *Influence of rest interval lengths on hypotensive response after strength training sessions performed by older men*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2010. **24**(11): p. 3049-3054.
277. Lemos, S., et al., *Effects of strength training sessions performed with different exercise orders and intervals on blood pressure and heart rate variability*. International journal of exercise science, 2018. **11**(2): p. 55.
278. 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.
279. 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.

280. Mohebbi, H., H. Rohani, and A. Ghiasi, *Effect of involved muscle mass in resistance exercise on post exercise blood pressure and rate pressure product*. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 2016. **51**(192): p. 123-129.
281. Haskell, W.L., *JB Wolffe Memorial Lecture. Health consequences of physical activity: understanding and challenges regarding dose-response*. *Medicine and Science in Sports and exercise*, 1994. **26**(6): p. 649-660.
282. Rey, E., et al., *Effects of foam rolling as a recovery tool in professional soccer players*. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2019. **33**(8): p. 2194-2201.
283. Romero-Moraleda, B., et al., *Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial*. *PeerJ*, 2017. **5**: p. e3908.
284. 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.
285. 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.
286. 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.
287. Price, S., et al., *Differences between treadmill and cycle ergometer cardiopulmonary exercise testing results in triathletes and their association with body composition and body mass index*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022. **19**(6): p. 3557.
288. Wainwright, B., C.B. Cooke, and J.P. O'Hara, *The validity and reliability of a sample of 10 Wattbike cycle ergometers*. *Journal of sports sciences*, 2017. **35**(14): p. 1451-1458.
289. 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.
290. 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.
291. Pastucha, D., *Tělovýchovné lékařství*. 2014: Grada Publishing.
292. 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.
293. Tůmová, E. and M. Vráblík, *Stratifikace kardiovaskulárního rizika a nové cílové hodnoty sérových lipidů*. *Kardiologická revue–Interní medicína*, 2017. **19**(3): p. 152-156.
294. 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.
295. Bartunkova, S., *Praktická cvičení z fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-274-5.
296. 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.
297. 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.

298. Cadogan, A., et al., *Reliability of a new hand-held dynamometer in measuring shoulder range of motion and strength*. *Manual therapy*, 2011. **16**(1): p. 97-101.
299. MacDermid, J., G. Solomon, and K. Valdes, *Clinical Assessment Recommendations: American Society of Hand Therapists*. 2015, American Society of Hand Therapists, Mount Laurel, NJ.
300. 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.
301. Suchomel, T.J., S. Nimphius, and M.H. Stone, *The importance of muscular strength in athletic performance*. *Sports medicine*, 2016. **46**: p. 1419-1449.
302. 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.
303. 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.
304. 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.
305. Mulders, T.A., et al., *Arterial stiffness is increased in families with premature coronary artery disease*. *Heart*, 2012. **98**(6): p. 490-4.
306. Demir, Ş., et al., *The prognostic value of arterial stiffness in systolic heart failure*. *Cardiology journal*, 2013. **20**(6): p. 665-671.
307. Jockel-Schneider, Y., et al., *Arterial stiffness and pulse wave reflection are increased in patients suffering from severe periodontitis*. *PLoS One*, 2014. **9**(8): p. e103449.
308. 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.
309. Gökaslan, S., et al., *Role of aortic stiffness and inflammation in the etiology of young-onset hypertension*. *Turk J Med Sci*, 2019. **49**(6): p. 1748-1753.
310. Böcskei, R.M., et al., *Oscillometrically Measured Aortic Pulse Wave Velocity Reveals Asymptomatic Carotid Atherosclerosis in a Middle-Aged, Apparently Healthy Population*. *Biomed Res Int*, 2020. **2020**: p. 8571062.
311. 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.
312. Franzen, K., et al., *Acute and chronic effects on central hemodynamics and arterial stiffness in professional rowers*. *Physiological measurement*, 2016. **37**(4): p. 544.
313. 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.
314. 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.
315. 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.
316. Borg, G.A., *Psychophysical bases of perceived exertion*. *Medicine and science in sports and exercise*, 1982. **14**(5): p. 377-381.
317. Borg, G., *Borg's perceived exertion and pain scales*. 1998: Human kinetics.

318. 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).
319. Ferreira, S.S., et al., *The use of session RPE to monitor the intensity of weight training in older women: Acute responses to eccentric, concentric, and dynamic exercises*. Journal of aging research, 2014. **2014**.
320. Day, M.L., et al., *Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2004. **18**(2): p. 353-358.
321. Zourdos, M.C., et al., *Novel resistance training–specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2016. **30**(1): p. 267-275.
322. 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.
323. Lohman, T., L.A. Milliken, and A.C.o.S. Medicine, *ACSM's body composition assessment*. 2019: Human Kinetics.
324. Vekic, J., et al., *Obesity and dyslipidemia*. Metabolism, 2019. **92**: p. 71-81.
325. 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.
326. Engin, A., *The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome*. Obesity and lipotoxicity, 2017: p. 1-17.
327. Wajngarten, M. and G.S. Silva, *Hypertension and stroke: update on treatment*. European Cardiology Review, 2019. **14**(2): p. 111.
328. 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.
329. 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.
330. 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.
331. Hillman, G.C. and L. Kravitz, *Hypertension and exercise*. IDEA Fitness Journal, 2007. **4**(3): p. 20-22.
332. 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.
333. 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.
334. 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.
335. 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.

336. 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.
337. 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.
338. 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.
339. 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.

9 Seznam obrázků a tabulek

9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Anatomie srdce. Zdroj obrázku: [49]	16
Obrázek 2 Schéma krevního oběhu. Zdroj obrázku: [55].....	19
Obrázek 3 Tlaky v jednotlivých cévách. Zdroj obrázku: [56]	20
Obrázek 4 Měření krevního tlaku v ordinaci. Zdroj obrázku: [77].....	25
Obrázek 5 Zjednodušený model arteriální tuhosti zohledňující proces stárnutí a vstup reverzibilních proměnných. Zdroj obrázku: [90]	29
Obrázek 6 Schématické znázornění tvaru pulzové křivky u zdravé a rigidní cévy včetně popisu. Zdroj obrázku: [94].....	30
Obrázek 7 Metody zaměřené na měření PWVao. Zdroj obrázku: [100]	31
Obrázek 8 Skupina faktorů ovlivňujících arteriální tuhost s možností poškození klíčových orgánů. Zdroj obrázku: [93]	33
Obrázek 9 Vztah mezi specifickými parametry silového tréninku vzhledem k jeho účinkům. Zdroj obrázku: [12]	52
Obrázek 10 Tréninkové možnosti u kombinovaného cvičení. Zdroj obrázku: [245]	57
Obrázek 11 Změny krevního tlaku vyvolané legpressem o intenzitě 90 % 1RM u dvou jedinců s odlišnou dobou strávenou při cvičení Obrázek A = 58 s a Obrázek B 42 s dle MacDougala a kol. (1985). Zdroj obrázku: [26]	64
Obrázek 12 Změny krevního tlaku vyvolané silovým tréninkem o intenzitě 70 % 1RM dle Hilla a kol. (1989). Zdroj obrázku: [265].....	66
Obrázek 13 Změny systolického a diastolického krevního po skončení silového tréninku (Keese a kol., 2011). Zdroj obrázku: [2]	66
Obrázek 14 Změny krevního tlaku vyvolané intenzitou 40 % a 80 % 1RM. Zdroj obrázku: [274]	68
Obrázek 15 Efekt odlišných délek pauz mezi cviky a sériemi na potréningovou hypotenzi. Zdroj obrázku: [276]	70
Obrázek 16 Změny krevního tlaku vyvolané odlišnými délkami pauz mezi sériemi a cviky. Zdroj tabulky: [22]	71
Obrázek 17 Vliv délky pauzy a pořadí cviků zaměřených na horní polovinu těla u jedinců s normotenzí. Zdroj obrázku: [277].....	72
Obrázek 18 Změny krevního tlaku po 1, 2 a 3 sériích silového tréninku. Zdroj obrázku: [21].	73
Obrázek 19 Změny krevního tlaku vyvolané množstvím zapojených svalových skupin během silového tréninku. Zdroj obrázku: [280]	74
Obrázek 20 Změny krevního tlaku u mužské a ženské populace vyvolané silovým tréninkem (Queirozo a kol., 2013). Zdroj obrázku: [1]	75
Obrázek 21 Průběh aerobního tréninku včetně použitého cyklistického ergometru Wattbike a hodinek s hrudním pásem ke snímání SF. Zdroj vlastní	85
Obrázek 22 Schéma výzkumného projektu	86
Obrázek 23 Průběh měření tělesného složení na přístroji InBody 370s včetně foto přístroje. Zdroj vlastní	89
Obrázek 24 Průběh měření tělesné výšky prostřednictvím ADE MZ 10017. Zdroj vlastní... ..	89
Obrázek 25 Určování celkového KV rizika v české populaci vycházejícího z projektu SCORE. Zdroj obrázku: [293]	91
Obrázek 26 Výstupový test s měřicím zařízením Polar. Zdroj vlastní	92
Obrázek 27 Testovací pozice síly stisku ruky a přístroj Takei. Zdroj vlastní.....	93

Obrázek 28 Průběh měření kardiovaskulárních parametrů prostřednictvím přístroje Arteriograph. Zdroj vlastní.....	96
Obrázek 29 Schéma zařazování jedinců do studie.....	101
Obrázek 30 Procentuální porovnání tělesného tuku mezi skupinou s normotenzí a hypertenzí	103
Obrázek 31 Výsledky lipidového spektra u skupiny normotenze a hypertenze. Včetně vyznačení hodnot mimo referenční doporučení	104
Obrázek 32 Výsledky jedinců rozdělených do skupiny normotenze a hypertenze v grafické podobě.....	106
Obrázek 33 Analyzované kardiovaskulární parametry včetně vymezení rizikových zón....	111
Obrázek 34 Celkové změny u vybraných kardiovaskulárních parametrů vyvolaných u jednotlivých experimentálních skupin	117

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Definice a klasifikace krevního tlaku (mmHg) dle měření v ordinaci. Zdroj tabulky: [36, 59, 60]	20
Tabulka 2 Regulační systémy krevního tlaku dle Rudolfa (2012). Zdroj tabulky: [65].....	23
Tabulka 3 Přehled metod měření krevního tlaku. Zdroj tabulky: [65]	24
Tabulka 4 Možné typy a míra zkreslení hodnot krevního tlaku. Zdroje tabulky: [58, 78, 79]26	
Tabulka 5 Referenční hodnoty PWVao pro přístroj Arteriograph. Zdroj tabulky: [101].....	31
Tabulka 6 Referenční hodnoty Augmentačního indexu včetně popisu udávané výrobcem Arteriograph. Zdroj tabulky: [101].....	32
Tabulka 7 Seznam aktuálních metod využívaných k měření cévní tuhosti. Zdroj tabulky: [102]	32
Tabulka 8 Příčiny sekundární hypertenze. Zdroj tabulky: [60]	35
Tabulka 9 Seznam možných vyšetření u arteriální hypertenze. Zdroj tabulky: [60].....	37
Tabulka 10 Faktory ovlivňující prognózu hyperteniků. Zdroj tabulky: [60].....	38
Tabulka 11 Nefarmakologické intervence vhodné u jedinců s prehypertenzí a hypertenzí. Zdroj tabulky: [146]	40
Tabulka 12 Porovnání efektu aerobního a silového tréninku na zdravotní a kondiční parametry. Zdroj tabulky: [12]	48
Tabulka 13 Absolutní a relativní kontraindikace v silovém tréninku. Zdroj tabulky: [12]	50
Tabulka 14 Praktická doporučení k silovému tréninku u začátečníků. Zdroj tabulky: [12]... 51	
Tabulka 15 Doporučení k pohybovým aktivitám u jedinců s vysokým krevním tlakem dle mezinárodních organizací. Zdroj tabulky: [43].....	52
Tabulka 16 Vztah mezi velikostí odporu a počtem opakování. Zdroje tabulky: [12, 217]	54
Tabulka 17 Přehled parametrů používaných k definici intenzity cvičení dle pokynů ESC pro sportovní kardiologii a cvičení u pacientů s KVO. Zdroje tabulky: [154, 241].....	56
Tabulka 18 Doporučení k aerobnímu, silovému a izometrickému tréninku. Zdroje tabulky: [44, 84, 260]	62
Tabulka 19 Praktická doporučení k silovému a izometrickému tréninku. Zdroje tabulky: [44, 260].....	62
Tabulka 20 Hypotenzní efekt silového tréninku u normotenzních jedinců. Zdroje tabulky: [2, 263].....	65
Tabulka 21 Porovnání odlišných intenzit a objemů při bench-pressu na KV odpověď bezprostředně po tréninku. Zdroj tabulky: [267]	67
Tabulka 22 Změny krevního tlaku u třech základních silových cviků bezprostředně po jejich odcvičení. Zdroj tabulky: [268].....	67
Tabulka 23 Změny STK a DTK vyvolané odlišnými velikostmi odporu u jedinců s normotenzí. Zdroje tabulky: [268, 273, 274].....	69

Tabulka 24 Efekt počtu opakování na potréningovou hypotenzi. Zdroj tabulky: [275].....	70
Tabulka 25 Efekt odlišných délek pauz mezi cviky a sériemi na potréningovou hypotenzi. Zdroje tabulky: [22, 276, 277]	71
Tabulka 26 Charakteristika tréningových parametrů u Figueiredo, Rhea a kol. (2015). Zdroj tabulky: [21]	73
Tabulka 27 Charakteristika tréningových parametrů u Mohebbi a kol. (2016). Zdroj tabulky: [280]	74
Tabulka 28 Kritéria pro zařazení jedince do experimentální skupiny – normotenze	81
Tabulka 29 Kritéria pro zařazení jedince do experimentální skupiny – hypertenze.....	81
Tabulka 30 Rozdělení jednotlivých cviků dle komplexnosti a zapojených svalových skupin	83
Tabulka 31 Seznam jednotlivých tréningových proměnných využitých v průřezových studiích silového tréningu	84
Tabulka 32 Detailní popis struktury jednotlivých průřezových studií.....	87
Tabulka 33 Seznam vyšetřovaných biochemických parametrů.....	90
Tabulka 34 Hodnocení stupně oběhové zdatnosti dle Bartůňkové a kol. (1996) [295].....	92
Tabulka 35 Referenční hodnoty síly stisku ruky v kilogramech pro muže a ženy v vzestupných věkových kategoriích dle Massy-Westroppa a kol. (2011) [300].....	94
Tabulka 36 Seznam významných publikací pojících se s Arteriographem	96
Tabulka 37 Seznam jednotlivých parametrů vyhodnocovaných arteriographem.....	98
Tabulka 38 Seznam měřených parametrů v průběhu průřezových studií.....	98
Tabulka 39 Borgova škála dle Zourdose a kol. (2016) adaptovaná na silový tréning. Zdroj tabulky: [321]	99
Tabulka 40 Hodnoty základních deskriptivních parametrů	100
Tabulka 41 Výsledky hodnot tělesného složení.....	102
Tabulka 42 Rozřazení jedinců dle referenčních hodnot ACSM. Zdroj tabulky: [323]	102
Tabulka 43 Kompletní přehled biochemických vyšetření včetně výsledných hodnot.....	104
Tabulka 44 Rozdělení jedinců do příslušných skupin dle výsledků indexu tělesné zdatnosti	105
Tabulka 45 Porovnání výsledků s referenčními hodnotami dle Massy-Westroppa a kol. (2011). Zdroj tabulky: [300].....	106
Tabulka 46 Výsledky testování svalové síly pro 15RM, 10RM, 5RM a 1RM u skupiny s normotenzí.....	108
Tabulka 47 Výsledky testování svalové síly pro 15RM, 10RM, 5RM a 1RM u skupiny s hypertenzí	109
Tabulka 48 Výsledky výchozích hodnot kardiovaskulárních parametrů před začátkem průřezových studií	110
Tabulka 49 Výsledky subjektivního vnímání zátěže u jednotlivých cviků pro 10RM dle Borgovi škály CR-10.....	113
Tabulka 50 Jednorázové změny vyvolané agonistickým a antagonistickým silovým tréningem u obou experimentálních skupin	114
Tabulka 51 změny v potréningových hodnotách mezi antagonistickým a aerobním tréningem ve fázi uklidnění	115
Tabulka 52 Celkové změny STK, DTK a PWVao vyvolané průřezovými studiemi u jednotlivých experimentálních skupin	116
Tabulka 53 Statisticky významné změny u hypertenzní skupiny mezi výchozími a potréningovými hodnotami	118
Tabulka 54 Změny systolického tlaku krve vyvolané komplexností cviků v průběhu tréningové jednotky.....	119
Tabulka 55 Změny diastolického tlaku krve vyvolané komplexností cviků v průběhu tréningové jednotky.....	120

Tabulka 56 Změny rychlosti šíření aortální pulzní vlny vyvolané komplexností cviků v průběhu tréninkové jednotky.....	121
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

10 Přílohy

Příloha 1 Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

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

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

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

Forma projektu: doktorská práce

Období realizace: 1-6/2020

Předkladatel: Mgr. Roman Juřík, Katedra sportovních her FTVS-UK

Hlavní řešitel: Mgr. Roman Juřík, Katedra sportovních her FTVS-UK

Místo výzkumu (pracoviště): Posilovna UK FTVS, Laboratoř tréninkové adaptace, Laboratoř sportovní motoriky FTVS UK

Vedoucí práce (v případě studentské práce): PhDr. Petr Šťastný, Ph.D., Katedra sportovních her FTVS UK

Odborný lékař (garant): MUDr. Tomáš Větrovský

Popis projektu: Projekt disertační práce je zaměřen na zdravotní aspekty krátkodobého i dlouhodobého tréninkového programu u jedinců s hypertenzí I. stupně. V současných doporučeních se nevěnuje silovému tréninku dostatečná pozornost, jako například aerobnímu tréninku či stravovacímu programu. Zpracováním problematiky na téma: Vliv modifikací zátěžových parametrů silového tréninku na hodnoty krevního tlaku během a po skončení tréninkové jednotky, lze přispět k celkové osvětě tohoto problému. Cílem této práce je stanovení optimálních zátěžových parametrů a metod tak, aby odpovídaly principům bezpečného, ale zároveň efektivního silového tréninku vedoucího ke snížení hodnot krevního tlaku, během a po skončení tréninkové jednotky, u jedinců s klasifikovanou hypertenzí I. stupně.

Závěrečná doktorská práce je založena na teoreticko-empirických základech, vycházejících z kvalitativní metody výzkumu. Na základě literární rešerše budou sestaveny dva specializované tréninkové programy silového tréninku, které budou experimentálně ověřovány. První z nich bude antagonisticky zaměřený a druhý bude metodou v jednosériích. Ve fázi familiarizace proběhne nácvik techniky jednotlivých cviků, na jehož konci proběhne úvodní měření. Zde se budou měřit a zapisovat hodnoty krevního tlaku a tepu pomocí automatického tonometru. Ten bude vybrán na základě validace a doporučení dle British and Irish Hypertension Society a literární rešerše, týkající se monitorování krevního tlaku v praxi. Tělesná kompozice se bude měřit na fakultním impedančním přístroji Tanita. Měření silových schopností jako např. síla stisku ruky bude probíhat na fakultním dynamometru, síla pro 10 RM (horizontální leg press, překopávání, tlaky na vsedě, veslování v sedě) proběhne ve fakultní posilovně, společně se Step up testem. Poté již budou následovat šesti týdenní tréninkové programy v prostorách fakultního fitness centra. Následně proběhnou dvě kontrolní měření a to 6 a 10 týden. Následovat bude druhá část tréninkového programu s tím, že se jednotlivé tréninkové protokoly prohodí. 16 a 20 týden proběhnou zbylé dvě kontrolní měření. V průběhu všech tréninků bude u jedinců neinvazivním způsobem měřen tlak a srdeční tep. Veškeré výsledky budou statisticky vyhodnoceny. Na jejich základě vzniknou konkrétní doporučení, jakými zátěžovými parametry a metodami lze snížit hodnoty krevního tlaku a nepřekročit doporučené hodnoty krevního tlaku v průběhu cvičení u jedinců s hypertenzí I. stupně. Ze získaných údajů bude vytvořen anonymizovaný seznam. Tyto databáze budou statisticky zpracovány a budou určeny korelační závislosti mezi zátěžovými parametry, metodami a hodnotami krevního tlaku u obou skupin. Na základě těchto závislostí bude určena predikční validita zátěžových parametrů a metod silového tréninku u testovaných jedinců vedoucí k potvrzení či zamítnutí stanovených hypotéz.

Charakteristika účastníků výzkumu:

V projektu doktorské práce je počítáno s intervenční studii, jejíž výzkumný soubor bude čítat cca 40 - 60 dospělých jedinců, ve věkovém rozmezí 18 - 50 let. Jedinci budou rozděleni do třech skupin dle hodnot krevního tlaku. První dvě skupiny budou jedinci s hypertenzí I. stupně, která bude potvrzena lékařsky. Třetí kontrolní skupina bude tvořena jedinci s normotenzí. Všechny skupiny vyplní úvodní dotazník s anamnézou zdravotního stavu. Výběr účastníků bude probíhat na podkladě stanoviska (posudku o způsobilosti) odborného lékaře se specializací tělovýchovné lékařství (viz příložený dokument). Výzkum bude prováděn na běžné populaci, nikoliv výkonnostních a profesionálních sportovců. Předchozí zkušenost se silovým tréninkem není podmínkou. Jedinci budou ve fázi familiarizace důkladně seznámeni s celým tréninkovým programem i technikou jednotlivých cviků.

Kontraindikace vedoucí k vyloučení z výzkumu: kolísavý krevní tlak, závratě při cvičení, diabetes I. a II. typu, infarkt myokardu, cévní mozková příhoda, infekční onemocnění, obezita 3. stupně, hypertenze II. - IV. stupně.

Zajištění bezpečnosti:

Obecně k největším rizikům krátkodobé silové intervence patří akutní přetížení, které bývá nejčastěji u jedinců bez pravidelné pohybové aktivity. Případně u těch, kteří změnili pohybovou aktivitu nebo tréninkové proměnné. Trénink však bude sestaven tak, aby přiměřeně zatěžoval pohybový aparát a to na všech jeho úrovních (biologické, psychologické apod.). Rozsah a intenzita pohybové zátěže bude posouzena odborným lékařem MUDr. Tomáš Větrovský a odborníkem na silový trénink doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D. FTVS UK.

Tréninkový program bude probíhat třikrát týdně, podobu max. 60 min./jednotka a vždy ve stejném předem domluveném čase. Mezi jednotlivými tréninky bude minimálně 24 hod pauza na regeneraci. Cvičenci budou seznámeni s možnostmi aktivní i pasivní regenerace, kterou lze zařadit ve dnech volna.

Na základě literární rešerše budou k problematice silového tréninku u jedinců s hypertenzí sestaveny dva specializované tréninkové programy, respektující fyziologické zákonitosti jedinců s hypertenzí a to, i pokud jsou bez předchozí zkušenosti se silovým tréninkem. Vybrané budou pouze základní cviky s volnou vahou v různých modifikacích (dřep, tlak, tah) a na cviky na strojích, které vyžadují základní instrukce a nehrozí u nich zranění z nevládnuté techniky.

Cvičit se bude v malých skupinkách od 5 do 10 lidí, tak aby byl trenér (hlavní řešitel) schopen dohlédnout na technicky správné provedení jednotlivých cviků a zároveň, aby byly dodrženy stanovené tréninkové proměnné. Přítomen bude též odborný lékař MUDr. Tomáš Větrovský.

Speciální pozornost bude věnována tréninkovým parametrům, přičemž jednotka bude sestavena tak, aby v žádném případě nepřekročil krevní tlak hodnoty 210/110 mm Hg u mužů a 190/110 mm Hg u žen, během a po skončení tréninkové jednotky. V průběhu tréninku bude monitorován TK. Měření TK budou probíhat před, během a po skončení tréninku pod dohledem odborného lékaře. Cvičit se bude v samostatných prostorách bez přítomnosti ostatních návštěvníků posilovny/tělocvičny, tak aby nedocházelo k narušení pozornosti. Každému tréninku bude předcházet aktivní rozcvičení, stabilizace a mobilizace (cca 10 min), na závěr každé jednotky připadá závěrečný strečink (cca 10 min).

Veškerá měření (monitoring) budou probíhat neinvazivním způsobem. Společně s tréninkovým programem v prostorách laboratoří a posilovny FTVS UK na Praze 6. Pod dohledem hlavního řešitele, který má adekvátní vzdělání k dané problematice silového tréninku: trenér I. a II. třídy kulturistika a fitness, trenér III. třídy vzpírání, magisterský obor FTVS UK: Aktivita podporující zdraví.

Etické aspekty výzkumu: Výsledky této studie přispějí k upřesnění preventivních a protektivních opatření vedoucích ke snížení hodnot systolického a diastolického krevního tlaku u jedinců s hypertenzí I. stupně. Získané informace se stanou podkladem pro tvorbu specializovaných tréninkových programů. Očekávaným doplňkovým efektem silového tréninku bude nárůst svalové síly, změna tělesného složení, vytvoření si pozitivního návyku ve formě silového tréninku, který slouží jako prevence civilizačních onemocnění (obezita, deprese, osteoporóza apod.). V konečném důsledku zlepšení vlastního sebepojetí. Získaná osobní data účastníků budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě. To se týká jak doktorské práce, odborných časopisů, monografií, tak prezentací na konferencích. Zcela anonymní data mohou být případně využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti bude bezpečně uchován uzamčeném prostoru. Po anonymizaci budou osobní data smazána, tak aby nebylo možné je jakkoliv vyhledat a zneužít. Každý z účastníků bude vystupovat pod speciálním písemně-číselným kódem. V průběhu výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, videa nebo zvukový záznam probandů.

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

Text informovaného souhlasu: přiložen

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

V Praze dne: 16.5.2019

Podpis předkladatele:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

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

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 242/2018

dne: 16.5.2019

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.

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

-- 20 --

podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha 2 Informovaný souhlas a Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 – Veveřslavín

Příloha 1 Žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS: Informovaný souhlas

Návod k formulování Informovaného souhlasu

Formulování a získání informovaného souhlasu

Informovaný souhlas je vyžadován z důvodu ochrany účastníků ve výzkumných projektech. Informovaný souhlas vypracuje každý předkladatel projektu (tj. student či akademický pracovník, který je zároveň příslušně kvalifikovanou osobou) individuálně, aby odpovídal jeho výzkumnému projektu. Informovaný souhlas je oslovením potenciálního subjektu výzkumu (dále takéž „účastníka“), který tímto způsobem dostává stručné a jasné písemné informace o projektu a poučení o svých právech, tak aby byly pochopitelné i pro laika a aby byly respektovány specifické informační potřeby, napsané v jazyce, kterému účastník rozumí, aby se mohl zodpovědně, dobrovolně a bez nátlaku rozhodnout o své účasti ve výzkumném projektu.

Poté, co se předkladatel projektu ujistí, že potenciální účastník výzkumu porozuměl podaným informacím, musí získat bez nátlaku jeho písemný informovaný souhlas. Přitom musí být velmi obezřetný, aby s ním nebyl potenciální účastník výzkumu v závislém postavení či nepodléhal jeho nátlaku. Pokud je potenciální účastník výzkumu v závislém postavení s předkladatelem projektu, musí od něj informovaný souhlas získat jiná příslušně kvalifikovaná osoba, se kterou není potenciální účastník v závislém postavení (v níže uvedeném formuláři je tato osoba označena jako „osoba, která provedla poučení“).

Informovaný souhlas je třeba opatřit datem v den podpisu a náležitými podpisy, podepsán musí být každý list papíru Informovaného souhlasu. Je-li podpis pouze na poslední z mnoha předchozích stránek, nebude tento souhlas Etickou komisí UK FTVS akceptován.

Informovaný souhlas musí být vyhotoven ve dvou stejnopisech, z nichž jeden obdrží účastník (případně jeho zákonný zástupce) a druhý předkladatel výzkumného projektu.

Předkladatel projektu předá originál podepsaného Informovaného souhlasu od všech účastníků referentce Etické komise UK FTVS pí Kopřivové (kancelář E324, sekretariát katedry fyziologie a biochemie) při převzetí dvou originálů odsouhlasené Žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS.

Více informací k informovanému souhlasu viz dokument: **Informace k výzkumu zahrnujícímu lidské účastníky – informovaný souhlas.**

Formulář pro informovaný souhlas – viz následující stránka:

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci doktorské práce na UK FTVS s názvem: Vliv modifikací zátěžových parametrů silového tréninku na hodnoty krevního tlaku během a po skončení tréninkové jednotky, prováděné v Posilovně UK FTVS.

Veškeré vybavení a pomůcky budou zapůjčeny v rámci laboratoří UK FTVS, které jsou pro řešení projektu dostačující.

1. Cílem práce je stanovení optimálních zátěžových parametrů a metod, tak aby odpovídaly principům bezpečného a zároveň efektivního silového tréninku vedoucího k pozitivnímu ovlivnění srdečně-cévních parametrů, u jedinců s klasifikovanou hypertenzí I. stupně, který bude posuzován odbornými lékaři MUDr. Tomáš Větrovský a MUDr. Miroslav Vítovec, CSc. a specialistou na silový trénink doc. PhDr. Petr Šťastný Ph.D.
2. Struktura závěrečné doktorské práce je založena na teoreticko-empirických základech, vycházejících z kvalitativní metody výzkumu. Ze získaných údajů bude vytvořen anonymizovaný seznam. Zjištěná data budou anonymizována a statisticky zpracována. Budou určeny korelační závislosti mezi zátěžovými parametry, metodami a srdečně-cévními parametry u všech skupin. Na základě těchto závislostí bude určena predikční validita zátěžových parametrů a metod silového tréninku u testovaných jedinců, vedoucí k potvrzení či zamítnutí stanovených hypotéz.
3. Měření (monitoring) bude probíhat neinvazivním způsobem. Měření srdečně-cévních parametrů pomocí plně validovaného přístroje Arteriograph TensioMed. Tělesné složení (tělesná hmotnost, složení těla, tuk, tukuprostá hmota, množství vody v těle, BMI) bude měřeno na bioimpedančním stroji In Body. Silové schopnosti např. síla stisku ruky budou měřeny na fakultním dynamometru Takei A5401. Test svalové vytrvalosti s 50 % 1 RM u vybraných cviků na základě literární rešerše, bude probíhat v prostorách fakultní posilovny FTVS UK a Centra pohybové medicíny Pavla Koláře, společně s aerobním step up testem. V průběhu tréninku bude navíc zcela neinvazivně měřen intraabdominální tlak pomocí DNS brace a hodnocena intenzita vnímaného úsilí dle Borga. K těmto měřením a testům bude doplněno biochemické vyšetření provedené externí laboratoří BioLAB: lipidový profil, krevní glukóza, CRP atd. ze vzorků odebraných lékařskými pracovníky Centra pohybové medicíny Pavla Koláře
4. Tréninkový program bude probíhat třikrát týdně, po dobu max. 60 min. / jednotka v posilovně FTVS UK nebo Centru pohybové medicíny Pavla Koláře v předem dohodnutý čas, pod dohledem hlavního řešitele, který má magisterský titul z předmětu Aktivity podporující zdraví a dále má nejvyšší vzdělání v oblasti kulturistiky a fitness, tj. trenér 1. Třídy a za přítomnosti odborného lékaře MUDr. Tomáše Větrovského a nebo MUDr. Miroslava Vítovce, CSc. Mezi jednotlivými tréninky bude minimálně 24 hod pauza na regeneraci. Budete seznámeni/a s možnostmi aktivní i pasivní regenerace, kterou lze zařadit ve dnech volna. Před začátkem tréninkového programu proběhne úvodní konzultace, spojená s nácvikem a technikou jednotlivých cviků. Celková délka studie je dvacet dva týdnů z toho dva týdny fáze familiarizace (nácvik techniky, úvodní měření). Následovat budou dva specializované tréninkové programy, z nichž každý bude trvat šest týdnů s následnou čtyřtýdenní pauzou mezi tréninkovými bloky, ve kterých proběhnou dva post testy, viz úvodní měření. Délka jednoho vyšetření (úvodní, post test) je cca 60 min. Rozsah a intenzita silového tréninku bude probíhat dle doporučení odborných lékařů MUDr. Tomáše Větrovského a MUDr. Miroslava Vítovce, CSc. a specialisty na silový trénink doc. PhDr. Petra Šťastného Ph.D. Oba tréninkové programy budou mít nastaveny stejné tréninkové parametry (počet opakování, počet sérií, délka odpočinku atd.)

Dlouhodobému tréninkovému programu předcházejí jednotlivé průřezové studie hodnotící efekt antagonistického a tradičního silového tréninku v sériích. Průřezové studie budou probíhat 1x týdně, podobu max. 60 min s týdenními rozestupy, posilovně FTVS UK nebo Centru pohybové medicíny Pavla Koláře v předem dohodnutý čas. Mezi jednotlivými tréninky bude minimálně 7 dní pauza z důvodu regenerace a návratu hodnot na původní hladiny. Cvičení budou seznámeni s možnostmi aktivní i pasivní regenerace, kterou lze zařadit ve dnech volna. Před začátkem tréninkového bloku proběhne úvodní konzultace, spojená s nácvikem a technikou jednotlivých cviků a randomizace. Celková délka studie je osm týdnů z toho dva týdny fáze familiarizace (nácvik techniky, úvodní měření). Následovat bude šest průřezových studií, rozdělených do dvou tréninkových bloků. BLOK 1.: horní a dolní polovina těla BLOK 2.: trénink na celé tělo. Rozsah a intenzita silového tréninku bude probíhat dle doporučení odborných lékařů MUDr. Ing. Tomáše Větrovského a MUDr. Miroslava Vítovce, CSc. a specialisty na silový trénink doc. PhDr. Petra Šťastného Ph.D. Oba tréninky budou mít nastaveny stejné tréninkové parametry (počet opakování, počet sérií, délka odpočinku atd.).

5. Kontraindikace, které jsou důvodem k vyloučení z výzkumu: kolísavý krevní tlak, závratě při cvičení, diabetes I. a II. typu, infarkt myokardu, cévní mozková příhoda, infekční onemocnění, obezita 3. stupně a hypertenze II. – IV. Stupně. **U všech jedinců je vyžadován písemný odborný souhlas praktikujícího lékaře se zařazením do tohoto výzkumu. U jedinců s hypertenzí je vyžadována lékařská zpráva s potvrzenou hypertenzí I. stupně.** Tréninkový program bude sestaven na základě literární rešerše tak, aby neohrozil zdraví žádného z účastníků. Účastníci ve fázi regenerace mohou v začátcích tréninkového programu pociťovat mírnou svalovou bolest a únavu, která se pojí s adaptací organismu na silovou zátěž. Z důvodu minimalizace svalových obtíží je před hlavní částí tréninku zařazená aktivní forma rozcvičení a závěrečný strečink. Jedinci budou též poučeni o možnostech potréinkové regenerace.
6. Jednotlivé tréninky budou probíhat v maximálním počtu do 10 osob, tak aby byl hlavní řešitel schopen dohlédnout na technicky správné provedení jednotlivých cviků a zároveň, aby byly dodrženy stanovené tréninkové proměnné. Každému tréninku bude předcházet auto-myofasciální uvolnění, dynamický strečink, stabilizace a mobilizace (cca 10 min), na závěr každé jednotky připadá závěrečný strečink (cca 10 min). Každý z účastníků výzkumu bude smět využít kromě posilovny přilehlých prostor, tj. šaten pro převlečení a sprch. Přítomen bude i odborný lékař MUDr. Tomáš Větrovský nebo MUDr. Miroslav Vítovec, CSc.
7. Speciální pozornost bude věnována tréninkovým parametrům, přičemž jednotka bude sestavena tak, aby v žádném případě nepřekročil krevní tlak hodnoty 210/110 mmHg u mužů a 190/110 mmHg u žen, během a po skončení tréninkové jednotky. V průběhu tréninku budou monitorovány srdečně-cévní parametry a intraabdominální tlak. Měření budou probíhat před, během a po skončení tréninku pod dohledem odborného lékaře.
8. Výsledky této studie přispějí k upřesnění preventivních a protektivních opatření vedoucích ke snížení hodnot systolického a diastolického krevního tlaku, tak dalších srdečně-cévních parametrů u jedinců s hypertenzí I. stupně. Získané informace se stanou podkladem pro tvorbu specializovaných tréninkových programů. Na základě zjištěných výsledků budou stanoveny přesné zátěžové parametry a silové metody, pomocí kterých lze sestavit efektivní a bezpečný individuální tréninkový program pozitivně ovlivňující srdečně-cévní a další parametry žádoucím způsobem. Ten mohou využít pohybový specialista, osobní a kondiční trenéři a fyzioterapeuti při práci s klienty s vysokým krevním tlakem nebo jako jeho prevenci.
9. Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená. Veškerá měření mají účastníci v rámci výzkumu zcela zdarma v rámci praktické činnosti řešitele projektu.
10. Získaná osobní data účastníků budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě. To se týká jak doktorské práce, odborných časopisů, monografií, tak prezentací na konferencích. Zcela anonymní data mohou být případně využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána, tak aby nebylo možné je jakkoliv vyhledat a zneužít. V průběhu výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, videa nebo zvukový záznam.
11. Obdržíte speciální kód (písemně-číselný), pod kterým bude z důvodu anonymity po celou dobu vystupovat. S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v disertační práci v studentském informačním systému (SIS), v nebo na e-mail adrese: rijurik@centrum.cz.
12. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Mgr. Roman Juřík Podpis:

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení Podpis:.....

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

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti

Posuzovaná osoba:

.....
.....

(jméno a příjmení, datum narození, adresa trvalého pobytu)

Posouzení zdravotního stavu za účelem aktivní účasti na výzkumném projektu doktorské práce s názvem: Vliv modifikací zátěžových parametrů silového tréninku na hodnoty krevního tlaku během a po skončení tréninkové jednotky.

(účel vydání posudku, činnost, k níž bylo posouzení provedeno)

Poskytovatel zdravotních služeb vydávající zdravotní posudek:
název, adresa, IČ:

.....
.....

Posudkový závěr:

- a) zdravotně způsobilý(-á) pro uvedenou činnost
- b) zdravotně nezpůsobilý(-á) pro uvedenou činnost
- c) zdravotně způsobilý(-á) s následujícím omezením:

.....
.....

Datum vydání posudku:

razítko, podpis, jméno a příjmení lékaře

.....

Poučení o opravném prostředku: Proti tomuto posudku lze ve lhůtě deseti pracovních dnů od jeho prokazatelného předání podat návrh na přezkoumání poskytovateli, který jej vydal.

Potvrzení o prokazatelném doručení:

Převzal dne:

.....

Příloha 3 Lékařská zpráva

Centrum
pohybové
medicíny
Pavla Koláře

Centrum pohybové medicíny Pavla Koláře, a.s.
Walterovo náměstí 329/2, 158 00, Praha 5 - Jinonice, tel.: +420 222 204 304
V Parku 2326/18, 148 00 Praha 4 – Chodov, tel: +420 222 204 304
Chodov-Kardiologická amb, MUDr. Vítovec

strana 1/1

Tel. 222 204 304

Identifikace

Narozen

Pohlaví

Plátce

Adresa

tel.:

email:

15.6.2023

Návštěva ambulance / ordinace

Lékařská zpráva

Důvod vyšetření:

OA:

FA:

AA:

SA:

NO:

Subj.:

Obj.:

EKG: vyšetření na Schiller At -2Plus CH 6341

Echo: vyšetření provedeno na Toshiba AplioMxSSA 780A sonda 5MHz a 10MHz

Souhrn:

Doporučení:

Medicalc4 - KluD: 2129431

MUDr. Miroslav Vítovec, CSc.

24,3 cm

Příloha 4 Úvodní část – rozcvičení I a II

ÚVODNÍ ČÁST - ROZCVIČENÍ

Dosedý na paty

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



3 m (tříměsíční model) na zádech s míčem statický + diagonála

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Rotace C-Th v kleče

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Výdrž v šikmém sedu

výchozí pozice



průběžná pozice

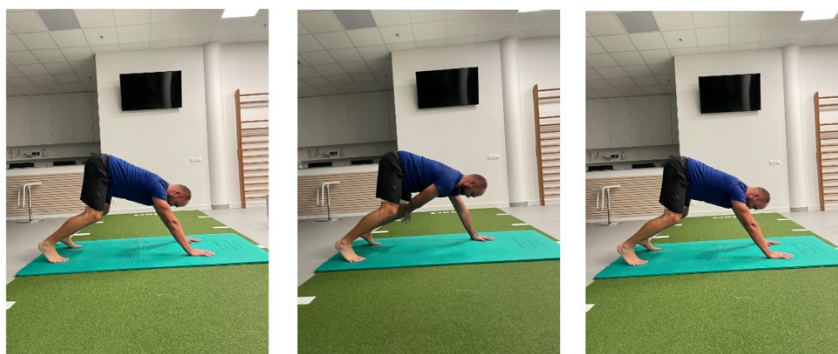


konečná pozice



ÚVODNÍ ČÁST - ROZCVIČENÍ II.

12 m (medvěd) s dotykem dlaní kolene



12-13 m přechod: medvěd - dřep - stoj

výchozí pozice



průběžná pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Rotace v kyčli s oporou o žebřiny

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Příloha 5 Komplexní cviky – horní polovina těla

KOMPLEXNÍ CVIKY HORNÍ POLOVINA TĚLA

Stahování horní kladky

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Veslování s kladkou vsedě

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Peck deck na stroji

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Tlak s jednoručkami na prsní svaly (náklon 40-45° nahoru)

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Příloha 6 Izolované cviky – horní polovina těla

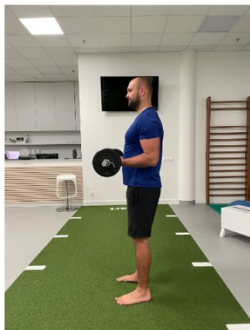
IZOLOVANÉ CVIKY HORNÍ POLOVINA TĚLA

Bicepsový zdvih s S osou

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Bicepsový zdvih v sedě s jendoručkami z neutrálního úchopu do supinace

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Francouzský tlak (náklon 30-40° nahoru)

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Tricepsová extenze s kladkou

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Příloha 7 Komplexní cviky – dolní polovina těla

KOMPLEXNÍ CVIKY DOLNÍ POLOVINA TĚLA

Čelní dřep s jendoručními činkami

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Legpress horizontální (náklon 30-45°)

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Rumunský mrtvý tah

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Zakopávání na spodní kladce vleže

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Příloha 8 Izolované cviky – dolní polovina těla

IZOLOVANÉ CVIKY DOLNÍ POLOVINA TĚLA

Výstupy na bednu stranou

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Unožování na spodní kladce

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Snožování na spodní kladce

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Snožování na spodní kladce vleže

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



ZÁVĚREČNÁ ČÁST S MASÁŽNÍM VÁLCEM

Zadní strana steh

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Přední strana steh

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Vnitřní strana steh

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



ZÁVĚREČNÁ ČÁST S MASÁŽNÍM VÁLCEM II

Vnější strana steh

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Hrudní páteř

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Protažení prsních svalů

výchozí pozice



průběžná pozice



konečná pozice



Příloha 10 Experimentální protokol

Subject:		Sex:		Age:		
Resistance training protocol						
Order	Upper body exercises	15 RM (kg)	10 RM (kg)	RM testing	5 RM (kg)	1 RM (kg)
1.	Lat pulldown					
2.	Seated rows					
3.	Seated peck deck					
4.	Dumbbell chest press - incline 40° - 45°					
5.	Biceps curls with 5 barbell					
6.	Seated biceps curls with dumbbells					
7.	Triceps extensions					
8.	French press - incline 30° - 40°					
Lower body exercises						
Order	Exercise	15 RM (kg)	10 RM (kg)	RM testing	5 RM (kg)	1 RM (kg)
1.	Dumbbell front squat					
2.	Horizontal leg press					
3.	Romanian deadlift					
4.	Lying leg curls					
5.	Side step up with barbell					
6.	Cable hip abduction					
7.	Cable hip adduction					
8.	Lying hip adduction					
Harvard step test - 5 min						
Baseline values	1 min after exercise (bpm)	2 min after exercise (bpm)	3 min after exercise (bpm)			
Result						
Grip strength protocol						
Total subjects	Dominant sides included	Measure used	Left (kg) mean	Right (kg) mean	Max DNS brace pressure (g)	Max DNS brace pressure (g)
	Both	Mean of three				