

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

ANA NOVAK

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Kineziologija

UPORABA IZOMETRIČNE VADBE PRI BOLNIKI H S POVIŠANIM KRVNIM TLAKOM

DIPLOMSKO DELO

MENTORICA:

izr. prof. dr. Maja Pori, prof. šp. vzg.

SOMENTOR:

asist. Vedran Hadžić, dr. med.

RECENZENT:

prof. dr. Damir Karpljuk, prof. šp. vzg.

Avtorica dela
ANA NOVAK

Ljubljana, 2014

Ključne besede: hipertenzija, izometrična vadba, znižanje krvnega tlaka

UPORABA IZOMETRIČNE VADBE PRI BOLNIKI S POVIŠANIM KRVNIM TLAKOM

Ana Novak

IZVLEČEK

Glavni namen in cilji diplomske naloge so bili izpostaviti hipertenzijo kot svetovni zdravstveni problem sodobnega časa, predstaviti zadnje ugotovitve znanstvenih raziskav na področju hipertenzije in izometrične vadbe ter sestaviti enostaven program izometričnih vaj.

Diplomsko delo je monografskega tipa, ki temelji na ugotovitvah raziskav, ki smo jih pridobili preko spletnih iskalnikov PubMed, Ebsco host, Google učenjak in Google. Ugotovitve člankov smo dopolnili s strokovno literaturo, pri tem pa uporabili komparativno in deskriptivno metodo.

Bolezni srca in ožilja so globalni problem, zaradi katerega letno umre okoli 17 milijonov ljudi. V primeru, da se bo ta trend umrljivosti nadaljeval, bo do leta 2030 za posledicami kardio-vaskularnih bolezni umrlo že okoli 23 milijonov ljudi letno. Arterijska hipertenzija ali na kratko hipertenzija je kronično povišanje krvnega tlaka (KT) in predstavlja dejavnik tveganja za srčno-žilne bolezni. Ocenjuje se, da prizadene 1 milijardo odraslih po vsem svetu in da zaradi zapletov povezanih s hipertenzijo letno umre približno 9,4 milijonov ljudi, kar je 16,5 % vseh smrti. Zdravniki in avtorji številnih raziskovalnih člankov pozivajo k njenemu zdravljenju – znižanju krvnega tlaka. Primarno priporočajo spremembe življenjskega sloga (tj. izguba odvečne telesne teže, aktivno preživljanje prostega časa oziroma redna telesna aktivnost večino dni v tednu, zdrava in uravnotežena prehrana, zmanjšanje vnosa soli ter opustitev kajenja), šele sekundarno pa dodajanje antihipertenzivnih zdravil (v primeru, da primarni ukrepi ne zadostujejo, ne učinkujejo). V mnogih študijah so z dokazi podprli pomembnost strategij preprečevanja in obvladovanja krvnega tlaka z redno telesno vadbo in zmanjšanjem sedečega načina življenja. V skladu s tem sedanje uveljavljene smernice za zmanjšanje KT priporočajo aerobno vadbo in (uporne) dinamične vaje za moč z obremenitvijo, odsvetujejo pa izometrično vadbo. Toda najnovejše raziskave so nakazale, da ima izometrična vadba še pozitivnejše učinke na preprečevanje, obvladovanje in zdravljenje hipertenzije. Zabeležile so znižanje KT s pomočjo izometričnih vaj povprečno med 10 in 13,5 mmHg sistoličnega in med 6 in 8 mmHg diastoličnega krvnega tlaka. Ostaja še kar nekaj odprtih vprašanj na to temo, vendar smernice in najnovejši izsledki kažejo na pozitivne učinke izometrične vadbe ter potrjujejo njen klinični pomen kot časovno in oblikovno učinkovito vadbo za zmanjšanje krvnega tlaka.

Key words: hypertension, isometric exercise training, reducing blood pressure

THE USE OF ISOMETRIC EXERCISE TRAINING WITH PATIENTS WITH HIGH BLOOD PRESSURE

Ana Novak

ABSTRACT

The main aim and goal of this diploma thesis was to expose hypertension as a world health problem of modern times, to present the latest scientific discoveries in the field of hypertension and isometric training as well as to compose a simple programme of isometric exercises.

The diploma thesis is of a monographic type that is based on research findings that we acquired via web browsers such as Ebsco host, PubMed, Google scholar and Google. The findings from the articles were filled out with scientific writings by using the comparative and descriptive method.

Cardiovascular diseases (CVDs) are the number one cause of death globally - accounts for approximately 17 million deaths a year. The number of people, who die from CVDs, mainly from heart disease and stroke, will increase to reach 23 million by 2030. Artery hypertension or shortly hypertension is a chronic raise of blood pressure and represents a risk factor for cardio-vascular diseases. It is estimated that 1 billion adults are affected by it all over the world and approximately 9.4 million deaths each year, or 16.5 % of all deaths can be attributed to high blood pressure. Doctors and authors of numerous research articles are appealing to its treatment - the lowering of blood pressure. Primarily they advise a lifestyle change as in loss of excessive body mass, spending free time actively or frequent physical activity nearly every day, a balanced and healthy diet, reducing the input of salt and to terminate smoking. The adding of antihypertensive drugs is a secondary solution to this problem and only in case the primary measures do not suffice. Numerous studies have proof to support the strategy of preventing and controlling blood pressure with regular physical activity and lessening of sitting way of life. In line with this the asserted trends on lowering blood pressure advise dynamic resistance training but do not advise isometric training. The latest studies have shown that isometric training has even more positive effects on the prevention, control and cure of hypertension. Authors recorded the lowering of blood pressure, with the help of isometric training, on average between 10 and 13.5 mmHg the systolic and between 6 and 8 mmHg diastolic blood pressure. There are still some questions that are left unanswered about this topic, however guidelines and the newest research results show the positive effects of isometric training and confirm its health meaning as a temporal and time effective exercise on lowering the blood pressure.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	7
1.1	Srčno-žilne bolezni	7
1.2	Krvni tlak in arterijska hipertenzija.....	7
1.2.1	Merjenje krvnega tlaka.....	10
1.2.2	Dejavniki tveganja	11
1.2.3	Zdravljenje hipertenzije.....	13
1.3	Hipertenzija in telesna aktivnost.....	14
1.4	Izometrična mišična aktivnost.....	15
1.5	Cilji in odprta vprašanja.....	16
2	JEDRO	18
2.1	Vadbena priporočila.....	18
2.2	Študije izometrične vadbe na KT.....	18
2.3	Učinki izometrične vadbe na KT v mirovanju	19
2.3.1	Intenzivnost mišičnega krčenja	19
2.3.2	Frekvenca vadbe	19
2.3.3	Mišična masa	20
2.3.4	Vzdrževanje adaptacije na vadbo.....	20
2.4	Izometrična vadba in možni mehanizmi odgovorni za zmanjšanje KT v mirovanju.....	20
2.4.1	Srčne prilagoditve	21
2.4.2	Prilagoditve avtonomnega živčnega sistema	21
2.4.3	Živčna regulacija vaskularnega tonusa	21
2.5	Oksidativni stres.....	22
2.6	Varnost izometrične vadbe	22
2.7	Program vadbe.....	23
2.7.1	Primeri izometričnih vaj.....	25
3	SKLEP	41
4	VIRI	43

1 UVOD

Kakovost in način življenja se z evolucijo in napredkom na številnih (predvsem zdravstvenih in tehničnih) področjih zelo spreminjata. Nekoč zdrav in aktiven življenjski slog danes izrivajo številne nezdrave navade in razvade, kot so: hitra in nezdrava prehrana, višek vnosa kalorij (debelost), prekomerno uživanje alkohola in soli, kajenje, (kroničen) stres, hitenje, preobremenjenost ter sedeče in neaktivno preživljanje tako delovnega kot tudi prostega časa. Vse te negativne značilnosti življenja sodobnega človeka se odražajo na zdravju ljudi, saj skozi leta prinašajo številne zdravstvene posledice. Narašča delež obolelih s kroničnimi nenalezljivimi boleznimi, kot so: sladkorna bolezen, debelost, rak, osteoporoza ter bolezni srca in ožilja, s katerimi se sooča vse več ljudi.

1.1 Srčno-žilne bolezni

Živimo v času, ko sta srce in ožilje, dva življenjsko pomembna organa, zelo ogrožena. Srčno-žilne bolezni (SŽB) so postale svetovni zdravstveni problem, saj vsako leto zahtevajo največ življenj. Svetovna zdravstvena organizacija (SZO; *angl.* World Health Organization, WHO) ocenjuje, da zaradi bolezni srca in ožilja letno umre 17 milijonov ljudi po vsem svetu in v primeru, da se bo ta trend umrljivosti zaradi kardio-vaskularnih bolezni nadaljeval, (predpostavlja, da) bo do leta 2030 umrlo že okoli 23 milijonov ljudi letno. Podatki SZO razkrivajo še, da so bolezni srca in ožilja "razvojna" težava držav z nizkimi in srednjimi prihodki, kjer je več kot 80 % vseh svetovnih smrti zaradi SŽB. Med njimi prevladujejo: koronarna bolezen – bolezen venčnih odvodnic, ateroskleroza, revmatična bolezen srca in arterijska hipertenzija – povišan krvni tlak (KT) ("A global brief on hypertension", 2013; Cardiovascular diseases", 2013; Jerše, 1984).

1.2 Krvni tlak in arterijska hipertenzija

Krvni tlak je tlak krvi v žilah (arterijah) ("Krvni tlak", 2013). Zupanc (2009) ga definira kot silo, s katero kri pritiska na enoto površine žilne stene, Brguljan-Hitij (2014) pa pojasnjuje, da je KT odvisen od utripnega volumna srca in togosti žil(e).

KT določata dve vrednosti (Slika 1): višja vrednost, ki predstavlja zgornji/sistolni krvni tlak (tlak ob iztisu krvi iz srca v žile), in nižja vrednost, ki predstavlja spodnji/diastolni krvni tlak (ko srce miruje in se polni s krvjo) (Mezgec, 2011). Izmerjene vrednosti v Sloveniji izražamo v milimetrih živega srebra (mmHg), v mednarodnem sistemu enot pa se uporablja enota paskal (Pa); $1 \text{ mmHg} = 133,3223684211 \text{ Pa}$, $1 \text{ Pa} = 0,00750061683 \text{ mmHg}$ ("Milimeter živega srebra", 2013; "Pascal To Torr (mmHg) Conversion", 2014; "Pressure Unit Conversion", 2104).

	Sistolični krvni tlak (mmHg)	Diastolični krvni tlak (mmHg)
<i>Optimalni krvni tlak</i>	< 120	< 80
<i>Normalni krvni tlak</i>	< 130	< 85
<i>Visoko normalni krvni tlak</i>	130–139	85–89
<i>Hipertenzija 1. stopnje</i>	140–159	90–99
<i>Hipertenzija 2. stopnje</i>	160–179	100–109
<i>Hipertenzija 3. stopnje</i>	≥ 180	≥ 110
<i>Izolirana sistolična hipertenzija 1. stopnje</i>	140–159	< 90
<i>Izolirana sistolična hipertenzija 2. stopnje</i>	≥ 160	< 90

Slika 1. Vrednosti krvnega tlaka (Cigale, 2011).

Na Sliki 1 so prikazane vrednosti sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka, ki so razvrščene v posamezne kategorije. Optimalen KT je < 120/80 mmHg. Vrednosti SKT med 120 in 139 mmHg in/ali DKT med 80 in 89 mmHg v literaturi obravnavajo kot pred stopnjo hipertenzije, za katero obstajajo omejeni dokazi zdravstvenega tveganja. Pomembna meja, za katero pa obstajajo močni dokazi o negativnih učinkih na zdravje, je KT z odčitki ≥ 140/90 mmHg. Višji kot je KT od optimalne vrednosti, večje je tveganje. "Blood Pressure Chart By Age" (2014) pa opozori tudi na (zelo) nizke vrednosti KT, kar imenujemo hipotenzija (katere mejna vrednost je KT < 90/60 mmHg; KT < 60/40 mmHg označuje kot resno hipotenzijo; KT < 50/33 mmHg pa predstavlja zelo resno hipotenzijo).

Arterijska hipertenzija ali na kratko hipertenzija označuje kronično zvišanje (sistemskega) arterijskega krvnega tlaka v mirovanju, tj. ≥ 140/90 mmHg (Košnik, Mrevlje, Štajer, Koželj in Černelč, 2011; Millar, McGowan, Cornelissen, Araujo in Swaine, 2014). Imenujemo jo lahko tihi ubijalec, saj velikokrat ne občutimo (začetnih) težav in zato ne opazimo sprememb. Posledično zanemarimo bolezen, s tem pa povečamo tveganje za nastanek srčnih in ledvičnih boleznih ter možganske kapi ("Več o arterijski hipertenziji", 2014). "High Blood Pressure" (2014) pa opozarja, da so ravno ledvice primarni organ, ki uravnava KT, in v kolikor hipertenzija povzroči kronično bolezen ledvic, omeji tudi njihovo sposobnost za nadaljnje uravnavanje tega. Velja tudi obratno – bolezen ledvic lahko povzroči visok krvni pritisk. Ob tem dodaja še, da je KT potrebno obravnavati v kontekstu starosti, saj se le-ta s starostjo povečuje (Slika 2). Večja verjetnost je, da bo prišlo do zapletov pri 40-letniku s pritiskom 150/70 kot pri 70-letniku z enakim KT.

Starost	Min	Normalno	Maks
1 - 12 mesecev	75 / 50	90 / 60	100 / 75
1 - 5 leta	80 / 55	95 / 65	110 / 79
6 - 13 leta	90 / 60	105 / 70	115 / 80
14 - 19 leta	105 / 73	117 / 77	120 / 81
20 - 24 leta	108 / 75	120 / 79	132 / 83
25 - 29 leta	109 / 76	121 / 80	133 / 84
30 - 34 leta	110 / 77	122 / 81	134 / 85
35 - 39 leta	111 / 78	123 / 82	135 / 86
40 - 44 leta	112 / 79	125 / 83	137 / 87
45 - 49 leta	115 / 80	127 / 84	139 / 88
50 - 54 leta	116 / 81	129 / 85	142 / 89
55 - 59 leta	118 / 82	131 / 86	144 / 90
60 - 64 leta	121 / 83	134 / 87	147 / 91

Slika 2. Razvrstitev vrednosti krvnega tlaka glede na starost merjenca ("Blood pressure Chart By Age", 2014).

Slika 2 prikazuje razvrstitev vrednosti KT glede na starost. V prvem stolpcu razberemo starost, v tretjem normalne vrednosti SKT in DKT za posamezno starostno skupino. Drugi in četrti stolpec predstavljata možna odstopanja od optimalne vrednosti v – (Min) in + (Maks).

V zgodnji fazi hipertenzije ima diastolični krvni tlak (DKT) večji prognostični pomen, vendar pa je sistolični krvni tlak (SKT) pri starejših najpomembnejši kazalec kardiovaskularnih zapletov. Različne študije kažejo, da je zdravljenje izolirane sistolične hipertenzije pri starejših povezano z zmanjšanjem celokupne kardiovaskularne umrljivosti za 22 %, zmanjšanjem umrljivosti zaradi koronarnih bolezni srca za 26 % in smrtnosti zaradi kapi za 33 %. Na splošno večji odstotek bolnikov (73 %) doseže želeni DKT < 90 mmHg, medtem ko jih le 34 % doseže želeni SKT < 140 mmHg (Campo, Segura in Ruilope, 2014).

Glede na vzroke nastanka ločimo esencialno-primarno hipertenzijo (90–95 % bolnikov) in sekundarno hipertenzijo (5–10 % bolnikov) (Brguljan-Hitij, 2014; Zupanc, 2009). Na primarno hipertenzijo vplivajo genetika, faktorji okolja in razni možni mehanizmi, vendar vzroka njenega nastanka ne poznamo, ni jasen (Brguljan-Hitij, 2014). Če pa vzrok hipertenzije poznamo in je posledica neke druge bolezni, uporabimo izraz sekundarna hipertenzija, ki je praviloma reverzibilna, če odpravimo vzrok njenega nastanka (Brguljan-Hitij, 2014; Košnik idr., 2011).

Diagnoza primarne hipertenzije je pri posameznikih mlajših od 20 let zelo redka, vendar pa s starostjo prevalenca hipertenzije narašča. Ugotovitve iz leta 1985, ko je bila opravljena prva epidemiološka raziskava, kažejo, da je imelo kar 42 % odrasle populacije krvni tlak višji od 140/90 mmHg (Košnik idr., 2011). Združenje za hipertenzijo ("Več o arterijski hipertenziji", 2014) navaja še višji odstotek hipertonicov med populacijo starejšo od 60 let, in sicer več kot 50 %. Millar idr. (2014) pa

ocenjujejo, da hipertenzija prizadene dobro milijardo ljudi po vsem svetu (kar je približno ena od sedmih oseb) in ostaja ena od najpomembnejših spremenljivih dejavnikov tveganja za bolezni srca in ožilja (npr. koronarne arterijske bolezni, kapi, odpovedi srca), ledvične bolezni in sladkorno bolezen. Hipertenzija je neposredno odgovorna za približno 7 milijonov svetovnih smrtnih žrtev letno in predstavlja epidemijo globalne razsežnosti ter znatno gospodarsko in družbeno breme. Resnost zdravstvenega problema potrjujejo tudi podatki Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) ("Cardiovascular diseases", 2013), ki kažejo, da letno zaradi zapletov povezanih s hipertenzijo umre približno 9,4 milijonov ljudi, kar je 16,5 % vseh smrti.

Namen klinične prakse je doseči ciljne vrednosti KT v mirovanju $< 140/90$ mmHg, ker višji, kot je KT od optimalne vrednosti, večje je tveganje za nastanek ostalih srčno-žilnih bolezni. KT z odčitki 120–139 mmHg sistoličnega in 80–89 mmHg diastoličnega tlaka že predstavlja predstopnjo hipertenzije (predhipertenzija). Nove smernice zato predlagajo nižje ciljne vrednosti KT z željo zmanjšanja obolevnosti in umrljivosti, zlasti pri bolnikih, ki istočasno obolevajo za ledvičnimi boleznimi in diabetesom (Košnik idr., 2011; Millar idr., 2014; Zupanc, 2009). Ciljni krvni tlak za posebne skupine se nekoliko razlikuje – sladkorni bolniki $< 140/85$ mmHg, starejši od 80 let $< 150/90$ mmHg, posamezniki z manjšo proteinurično ledvično boleznijo (izgubljanje beljakovin ≤ 1 g/dan) $< 130/80$ mmHg ter bolniki z večjim izgubljanjem beljakovin (> 1 g/dan) $< 125/75$ mmHg (Brguljan-Hitij, 2014; Kaplan-Pavlovič in Accetto, 2005).

1.2.1 Merjenje krvnega tlaka

Krvni tlak merimo z živosrebrnim sfigmomanometrom, manometrom na pero ali pa z elektronskimi merilci (Slika 3) (Švigelj, 2014). Za meritve KT je značilna velika spontana spremenljivost v enem dnevu, med dnevi, meseci in letnimi časi. Zato je pomembno, da se diagnoza hipertenzije postavi na podlagi več meritev KT, ki jih izmerimo ob več priložnostih v določenem časovnem obdobju. Splošno velja, da bi morala diagnoza hipertenzije temeljiti na vsaj dveh meritvah KT ob vsakem obisku pri vsaj 2–3 obiskih (Košnik idr., 2011).

Mezeg (2011) ter Košnik idr. (2011) za pravilno merjenje KT svetujejo:

- pri prvem merjenju krvni tlak izmerimo na obeh nadlahteh, saj so manjše razlike v KT med obema rokama povsem normalne, v nadaljevanju pa upoštevamo in merimo KT na roki z višje izmerjeno vrednostjo (z meritvama na obeh rokah pa lahko zdravnik ugotovi tudi morebitne razlike zaradi periferne žilne bolezni);
- KT merimo sede, pri starejših in bolnikih s sladkorno boleznijo pa KT merimo stoje;
- 30 min pred meritvijo ne zaužijemo obroka, prave kave, ne kadimo in uživamo alkohola;
- KT ne merimo kmalu po naporu ali po zaužitju zdravil;
- pred meritvijo si je potrebno pripraviti pisalo in preglednico za zapisovanje vrednosti krvnega tlaka, datuma in časa;
- merjenec naj pred meritvijo KT nekaj minut počiva v mirnem prostoru (3–5 minut sedi na stolu, s podprtim hrbtom in nogami na tleh);
- uporabimo primerno velikost manšete – najpogosteje standardno, ki je široka 12–13 cm in dolga 35 cm;

- manšeto namestimo na ustrezno mesto (na nadlakti ali podlakti), tako da bo povezovalna cevka izhajala iz manšete na notranji strani komolca (merilniki z manšeto na nadlakti);
- manšeta mora biti v višini srca ne glede na položaj manšete (nadlaket ali podlaket) in merjenčev položaj (stoje, sede, leže);
- med meritvijo smo sproščeni, ne govorimo, ne poslušamo sogovornika ali radia in ne gledamo televizije;
- opravimo vsaj dve meritvi (zlasti, če je KT visok) s presledkom 1 do 2 minut, dodatne meritve pa opravimo, če se vrednosti močno razlikujeta;
- KT izmerimo takoj zjutraj in pred večerjo (pri urejenem KT zadoščata meritvi zjutraj in zvečer enkrat na teden).

"Merjenje krvnega tlaka doma" (2013) dodaja še, da je pred meritvijo dobro opraviti potrebo, saj tiščanje na vodo zvišuje krvni tlak, in da naj (merjena) roka počiva podprta v udobnem položaju z dlanjo obrnjeno navzgor. Navadno je pri desničarjih krvni tlak rahlo višji na desni roki, pri levičarjih pa na levi roki.



Slika 3. Elektronski merilec krvnega tlaka ("Blood pressure Chart By Age", 2014).

Na Sliki 3 vidimo primer sodobnega elektronskega merilca krvnega tlaka, ki omogoča hitro in enostavno izmero njegovih vrednosti v mmHg.

1.2.2 Dejavniki tveganja

Dejavniki tveganja za hipertenzijo so zelo podobni dejavnikom tveganja za visok holesterol. Brguljan-Hitij (2014) ter Košnik idr. (2011) navajajo dejavnike, ki povečujejo možnost nastanka hipertenzije in ostalih srčno žilni bolezni. V primeru, ko se njihova priporočila malenkostno razlikujejo, sta zapisani obe različici – vrednosti z * navaja Brguljan-Hitij (2014), vrednosti z ** navaja Košnik idr., (2011):

- visok sistolični in diastolični KT $\geq 140/90$ mmHg,
- pulzni tlak (pri starejših) ≥ 60 mmHg,
- starost (moški > 55 let, ženske > 65 let),
- kajenje,
- dislipidemija:
 - o holesterol $> 4,9$ mmol/L* oziroma $> 5,0$ mmol/L** ali
 - o LDL $> 3,0$ mmol/L ali

- HDL: moški < 1,0 mmol/L; ženske < 1,2 mmol/L* oziroma < 1,3 mmol/L** ali
- trigliceridi > 1,7 mmol/L,
- krvni sladkor na tešče 5,6–6,9 mmol/L,
- motena toleranca na glukozo,
- debelost ITM $\geq 30 \text{ kg/m}^2$,
- abdominalna/visceralna debelost (obseg trebuha: moški $\geq 102 \text{ cm}^*$ oziroma $> 94 \text{ cm}^{**}$, ženske $\geq 88 \text{ cm}^*$ oziroma $> 80 \text{ cm}^{**}$),
- družinska anamneza o prezgodnji srčno-žilni bolezni (moški < 55 let, ženske < 65 let),
- sladkorna bolezen:
 - glukoza na tešče $\geq 7,0 \text{ mmol/L}$ ob večkratnih meritvah ali
 - glukoza postprandialno $> 11,0 \text{ mmol/L}$.

Spol, starost in dednost so dejavniki tveganja, ki so neodvisni in na katere ne moramo vplivati, na ostale dejavnike tveganja pa lahko vplivamo in jih nadzorujemo z zdravim življenjskim slogom (Košnik idr., 2011). Brguljan-Hitij (2014) pa opozarja, da se povišan krvni tlak in drugi dejavniki tveganja ne le seštevajo, temveč potencirajo (Slika 4).

dejavniki tveganja (DT), asimptomatska okvara organov (OO), simptomatske bolezni	Krvni tlak (mmHg)			
	Visoko normalen KT SKT 130–139 ali DKT 85–89	AH 1. stopnje SKT 140–159 ali DKT 90–99	AH 2. stopnje SKT 160–179 ali DKT 100–109	AH 3. stopnje SKT ≥ 180 ali DKT ≥ 110
0 DT		Nizko tveganje	Zmerno tveganje	Visoko tveganje
1-2 DT	Nizko tveganje	Zmerno tveganje	Zmerno do visoko tveganje	Visoko tveganje
≥ 3 DT	Nizko do zmerno tveganje	Zmerno do visoko tveganje	Visoko tveganje	Visoko tveganje
OO, ledvična bolezen 3. st. ali SB	Zmerno do visoko tveganje	Visoko tveganje	Visoko tveganje	Visoko do zelo visoko tveganje
simptomatska SŽ bolezen, ledvična bolezen 4. st., SB z OO/DT	Zelo visoko tveganje	Zelo visoko tveganje	Zelo visoko tveganje	Zelo visoko tveganje

-DT: dejavniki tveganja; OO: okvara organov; SŽ: srčno žilno; SB: sladkorna bolezen

Slika 4. Ocena srčno-žilnega tveganja bolnikov z arterijsko hipertenzijo (Brguljan-Hitij, 2014).

Slika 4 z barvno ponazoritvijo opozarja na stopnjo srčno-žilnega tveganja glede na število dejavnikov tveganja in v povezavi z drugimi boleznimi.

1.2.3 Zdravljenje hipertenzije

Sedanje mednarodne in nacionalne smernice zdravljenja kot prvi korak primarnega in sekundarnega preprečevanja hipertenzije splošno priporočajo nefarmakološke spremembe načina življenja. Salobir (2013) ter Williams idr. (2004) iz Britanske skupnosti za visok krvni tlak predlagajo:

- redno telesno aktivnost (predvsem aerobna vadba, ≥ 30 min na dan, večino dni v tednu),
- zmanjšanje (normalizacijo) in ohranjanje telesne teže (na indeks telesne mase $20\text{--}25 \text{ kg/m}^2$ in/ali zmanjšanje obsega pasu < 102 cm za moške in < 88 cm za ženske),
- zdravo in uravnoteženo prehrano (veliko sadja in zelenjave, najmanj 5 enot na dan; uživanje hrane z manjšo vsebnostjo nasičenih in skupnih maščob),
- zmanjšan vnos natrija (< 100 mmol/dan oziroma < 6 g NaCl ali $< 2,4$ g natrija na dan),
- prenehanje kajenja,
- zmerne količine alkohola (največ 3 enote na dan za moške in največ 2 enoti za ženske oziroma moški $< 20\text{--}30$ g/dan (in ne več kot 120 g/teden) in ženske $< 10\text{--}20$ g/dan (in ne več kot 80 g/teden)).

Vse te spremembe je potrebno ohraniti tudi v primeru nuje in začetka zdravljenja z antihipertenzivskimi zdravili.

Tabela 1

Učinki sprememb življenjskih navad na krvni tlak (Brguljan-Hitij, 2014; Salobir, 2013)

	Priporočilo	Pričakovano znižanje sistoličnega krvnega tlaka
Telesna masa	Vzdrževanje normalne telesne teže: ITM $18,5\text{--}24,9 \text{ kg/m}^2$	5–20 mmHg/10 kg
Prehrana	Uživati hrano z veliko sadja in zelenjave, s čim manjšo vsebnostjo nasičenih in drugih maščob	8–14 mmHg
Sol (NaCl)	Zmanjšan vnos Na ≤ 100 mmol/dan (2,4 g ali 6 g NaCl)	2–8 mmHg
Aerobna vadba	Redna aerobna vadba (npr. hitra hoja), najmanj 30 min/dan, večino dni v tednu	4–9 mmHg
Omejeno uživanje alkohola	Moški ≤ 2 »pijači«/dan oziroma $< 20\text{--}30$ g/dan (< 140 g/teden) Ženske ≤ 1 »pijača«/dan oziroma $10\text{--}20$ g/dan (< 80 g/teden)	2–4 mmHg

V Tabeli 1 so prikazani pričakovani učinki na znižanje KT ob upoštevanju priporočil glede sprememb življenjskega sloga.

Antihipertenzijska zdravila prvega izbora uvrščamo v pet farmakoloških skupin:

- blokatorji receptorjev beta (tiazidi, klortalidon in indapamid),
- diuretiki,
- kalcijevi antagonisti,
- zaviralci angiotenzinske konvertaze in
- blokatorji receptorjev angiotenzina.

Druga antihipertenzijska zdravila pa so:

- direktni inhibitor renina,
- centralno delujoča zdravila in
- zaviralci alfa receptorjev.

Pri večini hipertnikov je za uspešen nadzor KT potrebna kombinacija zdravil (Košnik idr., 2011).

1.3 Hipertenzija in telesna aktivnost

Stroka opozarja na pomembnost zdravega življenjskega sloga – zdrava in uravnotežena prehrana ter redna telesna aktivnost. Raziskave dokazujejo, da imajo ljudje, ki se pogosto ukvarjajo z aerobno telesno aktivnostjo, manj zapletov in smrtnih izidov povezanih s hipertenzijo (Durstine in Moore, 2003).

Prav tako Salobir (2013) poudarja, da je za ohranjanje zelenega KT ter za preventivo in zdravljenje hipertenzije pomembna redna telesna dejavnost, ki ima številne pozitivne učinke. V svojem članku za zbornik XXII. strokovnega sestanka Sekcije za hipertenzijo priporoča vsakodnevno (vsaj 30 minutno) aerobno aktivnost zmernega navora (tek, (hitra) hoja, plavanje, kolesarjenje) in ugotavlja, da se tlak z redno telesno dejavnostjo zniža za 3,0/2,4 mmHg, pri ljudeh s hipertenzijo pa celo za 6,9/4,9 mmHg. Istočasno se zmanjša tudi tveganje za druge srčno-žilne bolezni in za umrljivost kot posledico teh bolezni. Avtorica članka ne priporoča izometrične vadbe.

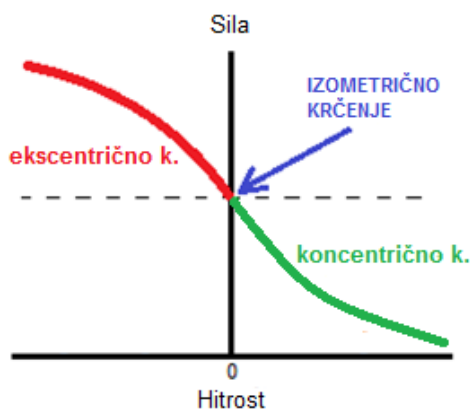
Kot najpomembnejši strategiji preprečevanja in obvladovanja krvnega tlaka tudi Millar idr. (2014) izpostavijo redno vadbo in zmanjšanje sedečega načina življenja. Vendar v nasprotju z dosedanjimi smernicami, ki za zmanjšanje KT priporočajo samo aerobne vadbe in uporne dinamične vaje za moč (hipertonikom pa odsvetujejo izometrično aktivnost), predstavijo najnovejše raziskave, ki nakazujejo, da ima izometrična vadba še večje in pozitivnejše učinke na potek hipertenzije. Poročajo o očitnejših znižanjih KT, povprečno med 10 in 13 mmHg sistoličnega in med 6 in 8 mmHg diastoličnega krvnega tlaka. Tudi Cornelissen, Fagard, Coeckelberghs in Vanhees (2011) potrjujejo večje zmanjšanje KT po izometrični vadbi, v povprečju za 13,5 mmHg sistoličnega in 6,1 mmHg diastoličnega KT.

Številne študije tako poročajo o znižanju KT v mirovanju med udeleženci, ki se ukvarjajo z redno dinamično aerobno vadbo in vadbo z obremenitvijo. Z novimi raziskavami in ugotovitvami pa se odpira novo vprašanje o smotrnosti, učinkovitosti in varnosti izometrične vadbe pri bolnikih s povišanim krvnim tlakom.

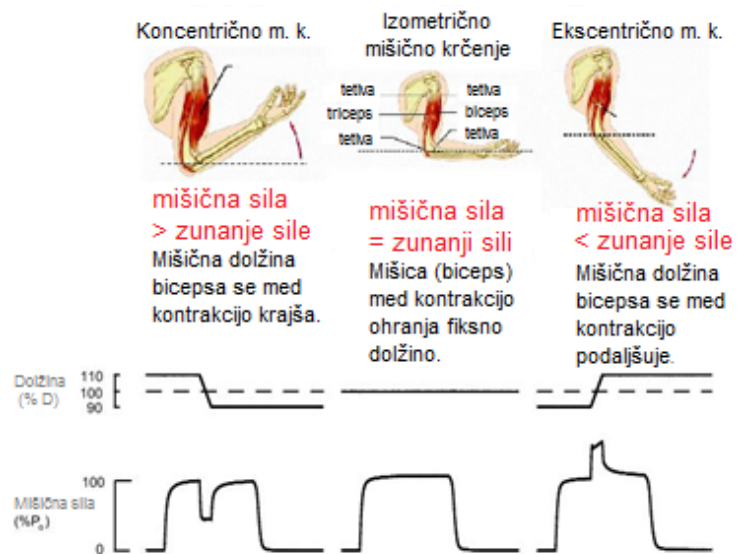
1.4 Izometrična mišična aktivnost

O izometrični (statični) mišični aktivnosti govorimo takrat, ko mišična aktivnost vrši silo na kost, ob tem pa ohranja svojo dolžino in tako ne pride do giba (Zatsiorsky, 1995). Dick (1989) opozarja, da se statično ali izometrično mišično aktivnost zmotno, a pogosto označuje samo kot maksimalno silo kontrakcije, in pravi, da se med izometrično mišično aktivnostjo sila športnika enači s silo upora. Z drugimi besedami: večji upor (večja zunanja sila) zahteva večjo moč športnika, da ohrani razmerje med ročicami v aktivnem sklepu. Ko upor preseže statično moč športnika, mišična kontrakcija ni več izometrična – vadeči ob kontrakciji ni več sposoben ohraniti mišične dolžine (Slika 5 in Slika 6).

Izometrično ali statično mišično kontrakcijo Millar idr. (2014) definirajo kot zadržano, daljše mišično krčenje (tj. povečanje napetosti) brez spremembe mišične dolžine oziroma brez spremenjene dolžine vključene mišične skupine. Tako se popolna statična kontrakcija opazuje samo z modeli *in vitro* (poskusi v umetnem, nadzorovanem okolju, v laboratoriju), toda za potrebe uporabljenih raziskav se kot izometrična kontrakcija upošteva daljše mišično krčenje z minimalno spremembo njene dolžine.



Slika 5. Odnos sila : hitrost (krčenja oziroma spremembe dolžine mišice) (Huei-Ming, 2008).



Slika 6. Prikaz koncentrične, izometrične in ekscentrične mišične kontrakcije ter meritev s pretvornikom sile (Faulkner, Larkin, Claflin in Brooks, 2007).

Na Sliki 5 je prikazan graf sila : hitrost (krčenja). Hitrost krčenja ponazarja spremembo dolžine mišice v času ekscentrične, izometrične in koncentrične mišične aktivnosti. Odnos med hitrostjo in silo je obratno sorazmeren. Večja je hitrost mišičnega krčenja, manjšo silo mišica razvije; velike sile pa doseže pri majhni hitrosti (Enoca, 2002; Strojnik, 2011).

Sliki 5 in 6 prikazujeta dogajanje med ekscentrično, izometrično in koncentrično mišično kontrakcijo. O ekscentričnem (negativnem izotoničnem) mišičnem krčenju govorimo takrat, ko je mišična sila manjša od zunanje sile – povečata se dolžina mišice in kot v aktivnem sklepu. Ko mišica ustvari enako silo zunanji ali ko je predmet nepremičen (Slika 7), med mišičnim krčenjem ne pride do giba (kot v sklepu ostaja enak), mišična dolžina se ne spremeni – tj. izometrična mišična kontrakcija. Mišična aktivnost, pri kateri je mišična sila večja od zunanje sile in pride do krajšanja mišice in zmanjšanja kota v sklepu, predstavlja koncentrično (pozitivno izotonično) kontrakcijo. Hitrost krčenja mišice je odvisna od velikosti zunanje sile – večja je zunanja sila, manjša je hitrost krčenja (Faulkner idr., 2007; Strojnik, 2011).



Slika 7. Nepremičen predmet in izometrična mišična kontrakcija (na sliki desno) ("Bullworker Fake or Muscle Builder", 2014).

Na Sliki 7 vidimo primer nepremičnega predmeta, s pomočjo katerega lahko kontroliramo mišično dolžino in kot v sklepu, ob tem pa poljubno povečamo mišično silo, napetost.

1.5 Cilji in odprta vprašanja

Diplomska naloga monografskega tipa je izdelana s pomočjo komparativne in deskriptivne metode. Vsebuje pregled tujih in domačih virov ter primerjavo rezultatov in ugotovitev že objavljenih znanstvenih raziskav in člankov na izbrano temo. Elektronske vire, dobljene preko spletnih iskalnikov PubMed, Google učenjak in Google (z iskalnim nizom: »training«, »exercise«, »isometric« in »blood pressure« oziroma »trening«, »vadba«, »vaje«, »izometričen« in »krvni tlak«), dopolnjuje strokovna literatura.

Cilji diplomskega dela so:

- opisati hipertenzijo, značilnosti bolnikov s povišanim KT;
- ugotoviti, kako telesna aktivnost vpliva na potek hipertenzije in življenja bolnikov;
- opisati glavne značilnosti izometrične vadbe;
- povzeti razpoložljivo literaturo o učinkih izometrične vadbe na KT v mirovanju;

- strniti in primerjati ugotovitve najnovejših raziskav na tem kontroverznem področju (z dokaj nasprotujočimi dokazi) o varnosti in učinkovitosti izometrične vadbe za potek hipertenzije;
- izdelati preprost program izometrične vadbe za bolnike s povišanim krvnim tlakom.

Z diplomsko nalogo izpostavljam vprašanje in klinični pomen izometrične telesne vadbe kot časovno in oblikovno učinkovite vadbe za zmanjšanje krvnega tlaka. Na podlagi pridobljenih informacij, ugotovitev in prebrane literature je sestavljen preprost program vadbe, ki temelji na najnovejših priporočilih. S tem je zajet tudi praktičen namen in uporabnost diplomskega dela za posameznika, ki se srečuje z omenjeno srčno-žilno boleznijo.

2 JEDRO

2.1 Vadbena priporočila

Salobir (2013), Durstine in Moore (2003), Millar idr. (2014) ter številni drugi avtorji priporočajo redno telesno aktivnost, ki naj bo predvsem aerobnega značaja, (vsaj) zmerne intenzivnosti ≥ 30 min, večino dni v tednu, najbolje vsak dan. Kot dopolnilo pa predlagajo trening z obremenitvijo, npr. dvigovanje uteži. Ta skupna priporočila so podkrepljena z meta-analitičnimi dokazi, ki kažejo majhno, a pomembno povprečno znižanje KT v mirovanju po predhodni aerobni vadbi (Δ 2-4/1-3 mmHg) in po dinamični vadbi z obremenitvijo (Δ 3-5/3-4 mmHg).

Millar idr. (2014) navajajo, da je bilo največje znižanje KT po aerobni vadbi izmerjeno pri udeležencih s hipertenzijo, v povprečju Δ 6-7/5 mmHg. Ob tem pa opozarjajo, da je bilo v preteklosti razmeroma malo pozornosti namenjeni vplivu izometrične vadbe na KT v mirovanju, kar pa se v zadnjih 20 letih počasi spreminja. Izvajajo se številne randomizirane klinične študije (RCT; *angl.* randomised control trial), ki raziskujejo vlogo izometrične vadbe nog in rok na zmanjšanje KT pri hipertoničnih in normotenzivnih posameznikih.

2.2 Študije izometrične vadbe na KT

Meta-analitični dokazi so nakazali, da lahko izometrična vadba v primerjavi z aerobno vadbo in dinamičnim treningom za moč z obremenitvijo povzroči večjo povprečno znižanje KT v mirovanju (Δ 10-14/6-8 mmHg). Poleg tega so izpostavili prednost izometričnega treninga, in sicer občutno manjšo časovno angažiranost za doseg učinkov vadbe (11–20 min/vadbena enota), v primerjavi s tradicionalnimi priporočili aerobnega treninga ≥ 30 min/dan (Millar idr., 2014). Tudi Cornelissen idr. (2011) so z meta-analizo študij naključno izbranih vzorcev odrasle populacije (≥ 18 let) potrdili večje zmanjšanje KT po izometrični vadbi, v povprečju za 13,5 mmHg sistoličnega in 61 mmHg diastoličnega KT, v primerjavi z zmanjšanjem KT po dinamični vadbi za moč, kjer so v povprečju zabeležili zmanjšanje KT za 2,8 mmHg SKT in 2,7 mmHg DKT. Vendar pa so pri slednji ugotovili ugoden vpliv še na nekatere druge kardiovaskularne dejavnike tveganja.

Najpogosteje preučevan protokol izometričnih vadb, ki so jih povzeli Millar idr. (2014), se je izvajal 3–5-krat na teden v obdobju 4–10 tednov in je bil sestavljen iz 4 serij 2-minutnega izometričnega mišičnega krčenja rok ali nog pri 30–50 % maksimalnega zavestnega mišičnega krčenja (MVC) ali pri enakovredni elektromiografski vrednosti, serije pa je ločil 1–4 minutni odmor. Vključenih je bilo tudi nekaj protokolov s krajšim (45 s) ali daljšim (3 min) mišičnim krčenjem in protokolov pri nižji intenzivnosti (≤ 20 % MVC). Cornelissen idr. (2011) pa so strnili ugotovitve 8–10 tednov trajajočih izometričnih vadb unilateralnega ali bilateralnega stika rok, ki so potekale 3-krat tedensko pri 30–40 % MVC. 4 serije 2-minutne izometrične kontrakcije so ločili s 3- ali 1-minutnim odmorom.

2.3 Učinki izometrične vadbe na KT v mirovanju

Millar idr. (2014) so opredelili ugotovitve šestnajstih raziskav in razprav na temo proučevanja učinkov izometrične telesne vadbe na KT v mirovanju. V te študije izometričnega vadbenega protokola bodisi rok bodisi nog so bili vključeni ljudje z normalnim krvnim tlakom, ljudje z rahlo povišanim krvnim tlakom (t. i. prehipertenzija oziroma predstopnja hipertenzije) ter bolniki s hipertenzijo (zdravljena in nezdravljena populacija). Študije so podobno kot pri aerobni vadbi pokazale največje znižanje KT v mirovanju prav pri hipertonicih. Poleg tega so ugotovili močno korelacijo med velikostjo spremembe izmerjenega nižjega KT po končanem programu izometrične vadbe in izhodiščnim KT pred samim začetkom vadbenega programa – zmanjšanje KT v mirovanju je največje pri vadečih z višjim izhodiščnim («pred vadbenim») KT. Opozorili so še na dejstvo, da kljub dokazanemu znižanju KT v mirovanju po vadbi obstaja visoka variabilnost odziva na vadbeni dražljaj med posamezniki. Znižanje sistoličnega ali diastoličnega KT v mirovanju je znašalo ≥ 2 mmHg in je veljalo za klinično pomembno spremembo. Zanesljive in močne dražljaje izometrične vadbe ter posledično adaptacijo KT in njegovo pomembno znižanje v mirovanju pa so potrdili tudi izsledki RCT študije, v kateri so sodelovale mlade normotenzivne ženske.

Izpostavili so dve objavljeni nevtralni študiji, ki sta vključevali posameznike s hipertenzijo in se farmakološko zdravijo. Ena od teh študij je bila kohortno zasnovana brez uporabe kontrolne skupine, druga pa je bila RCT študija, ki pa ni zaznala statistično pomembnega zmanjšanja KT v mirovanju, vendar je kljub temu poročala o klinično pomembnem zmanjšanju povprečnega dnevnega 24-urnega sistoličnega KT in nočnega sistoličnega KT, v povprečju ~ 3 -4 mmHg (Millar idr., 2014).

Študije so pokazale nižjo stopnjo odzivnosti posameznikov, ki se zdravijo farmakološko. Razlog temu so iskali v dejstvu, da je verjetno prišlo do prekrivanja med mehanizmi odziva na izometrično vadbo in posebnimi kategorijami antihipertenzivnih zdravilnih terapij ter zdravljenj (Millar idr., 2014).

2.3.1 Intenzivnost mišičnega krčenja

Baross, Wiles in Swaine (2012) ter Wiles, Coleman in Swaine (2010) so v RCT študijah neposredno primerjali učinke izometrične bilateralne ekstenzije nog (4 serije 2-minutnega mišičnega krčenja) pri nižji (~ 10 % MVC) in višji (~ 20 % MVC) intenzivnosti ter dokazali, da je magnituda in povprečna hitrost zmanjšanja KT v mirovanju večja pri skupini z vadbo višje intenzivnosti. Baross idr. (2012) so opazovali še možen prag prilagoditve pri vadbi na ~ 8 % MVC, vendar le-ta ni prinesla zmanjšanja KT.

2.3.2 Frekvenca vadbe

Badrov idr. (2013) so v RCT zasnovano raziskavo vključili normotenzivne ženske in primerjali učinke 39 in 59 tednov trajajoče izometrične vadbe na znižanje KT v mirovanju. Vadbo so izvajali 3-krat oziroma 5-krat na teden, 4 serije 2-minutne unilateralne mišične kontrakcije rok pri 30 % MVC. Ugotovili so, da se je po 8 tednih

(39- in 59-tedenske) vadbe sistolični KT v mirovanju zmanjšal za enako vrednost v obeh skupinah normotenzivnih udeleženk, četudi se je sistolični KT pri 59-tedenski vadbi znižal že po četrtem tednu. Raziskavo, ki je neposredno preučevala pogostost izometrične vadbe in njenih učinkov, so zaključili z ugotovitvijo, da tovrstna vadba znižuje sistolični KT v mirovanju in izboljšuje endotelijsko funkcijo žil neodvisno od frekvence vadbe pri normotenzivnih ženskah. Millar idr. (2014) so povzeli isto raziskavo in zapisali, da lahko povečana frekvenca treninga pospeši časovni potek vadbenih prilagoditev, hkrati pa so opozorili na pomembnost intenzivnosti in trajanja samega mišičnega krčenja.

2.3.3 Mišična masa

Howden, Lightfoot, Brown in Swaine (2002) so izvedli kohortno nadzorovano študijo vpliva bilateralne izometrične vadbe rok in nog na krvni tlak in zaključili z ugotovitvijo, da je pri obeh protokolih prišlo do podobnega povprečnega znižanja KT v mirovanju (roke Δ 12/6 mmHg; noge Δ 10/4 mmHg). Millar idr. (2014) pa so opozorili na problem in omejitveni dejavnik te študije, saj vzorec študije ni bil izbran naključno in protokola nista potekala ter bila zaključena z enako relativno intenzivnostjo, obremenitvijo (roke 30 % MVC, noge 20 % MVC), kar je otežilo primerjavo. Ne glede na to je študija dokazala dosledno znižanje KT v mirovanju in ugotovila, da so učinki v veliki meri neodvisni od vpletene mišične mase.

2.3.4 Vzdrževanje adaptacije na vadbo

Tri študije so poročale o vplivu opustitve vadbe po končanem izometričnem vadbenem programu. Wiley, Dunn, Cox, Hueppchen in Scott (1992) so dokumentirali večje znižanje KT v mirovanju (Δ 16 mmHg sistoličnega KT) po 5 tednih izometrične vadbe rok, kar pa se je bistveno spremenilo že po 2 tednih prenehanja z vadbo in postopoma (po 5 tednih) se je KT merjencev vrnil na pred-vadbeno izmerjene vrednosti. Časovni potek nazadovanja (ponovnega povišanja) KT je bil enak vadbenemu obdobju. Drugi dve raziskavi (Devereux, Wiles in Swaine, 2012; Howden idr. 2002) sta poročali o še hitrejši izgubi pozitivnih učinkov vadbe. Znižanje sistoličnega KT (Δ 5–12 mmHg) je izzvenelo in bilo izgubljeno že po 7–10 dneh. Študiji so sklenili s sklepom, da hitra narava odgovorov in nazadovanje po končani vadbi kažeta, da mehanizmi odgovorno vplivajo na funkcijo srca in ožilja in ne na njuno strukturo.

2.4 Izometrična vadba in možni mehanizmi odgovorni za zmanjšanje KT v mirovanju

Mehanizem, s katerim je KT v mirovanju po izometrični vadbi znižan, mora vključevati enega ali oba dejavnika, ki določata srednje arterijski tlak (SAT; tj. diastolični KT + 1/3 sistoličnega KT), in sicer minutni volumen srca (MVS) in/ali skupen periferni upor (Millar idr., 2014).

2.4.1 Srčne prilagoditve

Študije izometrične bilateralne vadbe nog, izvedene na mladih normotenzivnih udeležencih, kažejo nepomembne spremembe v utripnem in minutnem volumnu srca, kljub temu da se sočasno pojavlja po-vadbeno znižanje povprečnega sistoličnega in diastoličnega KT (Δ 4-5/3 mmHg) (Devereux idr., 2010; Wiles idr., 2010). Nenavadno je, da te študije niso poročale o spremembi skupnega perifernega upora (Millar idr., 2014).

2.4.2 Prilagoditve avtonomnega živčnega sistema

Večina podatkov, pridobljenih iz raziskav o izometrični vadbi, ni potrdilo prilagoditve srčnega utripa v mirovanju, kar je posebnost aerobne vadbe, povezana s povečano vagalno modulacijo. Rezultati kažejo, da so lahko spremembe srčnega utripa v mirovanju populacijsko specifične in so pod vplivom izhodiščnega zdravstvenega statusa (Millar idr., 2014). O zmanjšanju povprečnega srčnega utripa v mirovanju (Δ 5 u/min), ki je sledilo zmanjšanju KT po izometrični vadbi nog za starejše nezdravljene, pred-hipertenzivne in hipertenzivne moške, so kot prvi poročali Baross idr. (2012). Millar idr. (2014) so ob tem dodali, da je pomembno upoštevati možnost, da lahko povprečen srčni utrip v mirovanju nenatančno predstavlja prispevke posameznih srčnih utripov avtonomnega živčnega sistema. Groba ocena spremenljivosti srčnega utripa omogoča vpogled v relativne spremembe kardiološke simpatične in vagalne modulacije.

2.4.3 Živčna regulacija vaskularnega tonusa

Obstaja malo podatkov o vplivu izometrične vadbe na delovanje perifernega simpatičnega živčevja ali o vplivu na modulacijo žilnega tonusa. Ray in Carrasco (2000) sta poročala, da se je po 5 tednih izometrične vadbe stiska rok znižal diastolični KT in povprečen arterijski tlak pri mladih, zdravih udeležencih, brez spreminjanja mišične simpatične živčne aktivnosti v mirovanju, kar so ocenili z mikronevrografijo. Poleg tega izometrični trening ni spremenil odzivov mišične simpatične živčne aktivnosti na 2-minutno izometrično kontrakcijo rok (pri 30 % MVC) ali na kasnejšo po-vadbeno mišično ishemijo. Ti rezultati kažejo, da zmanjšanje KT pri zdravih merjencih z normalnim KT ni odvisno od zmanjšanja osrednjega eferentnega simpatičnega proženja. Mišična simpatična živčna aktivnost v mirovanju ni bila povišana (v primerjavi z opaženimi vrednostmi pri bolnikih s hipertenzijo). V nasprotju s tem so Taylor, McCartney, Kamath in Wiley (2003) v RCT raziskavi starejših bolnikov s težko kontrolirano, vendar zdravljeno hipertenzijo poročali, da se je po 10-tedenskem programu izometrične vadbe (stisk rok) znižal sistolični KT in srednje arterijski tlak sorazmerno z znatnim zmanjšanjem nizkofrekvenčnega spektra variabilnosti sistoličnega KT, ki je kazalec barorefleksno posredovane periferne simpatične modulacije. Pri bolnikih s primarno hipertenzijo je bolezen označena s povečanim simpatičnim proženjem in ravno izometrična vadba lahko KT zmanjša s pomočjo atenuacije (oslabitve) periferne simpatične vazokonstriktorne aktivnosti (Millar idr., 2014).

2.5 Oksidativni stres

Oksidativni stres je patološko stanje, ki se pojavi zaradi prevelike tvorbe radikalov in/ali zmanjšana učinkovitosti antioksidativnih sistemov. Osredkar (2011) ga definira kot vrsto kemičnega stresa, ki je navzoč v živih organizmih zaradi povečane količine potencialno škodljivih agensov, t. i. reaktivnih kisikovih zvrsti – ROS (*angl.* reactive oxygen species). Označi ga kot neposredno posledico škodljivega delovanja teh snovi na celice in tkiva v organizmu (radikali ali molekule s kisikom reagirajo s sestavnimi deli celice in ob tem povzročijo potencialno nevarne spremembe). Oksidativni stres je odgovoren za zgodnje staranje ter za številne bolezni (ateroskleroza, srčni infarkt, možganska kap, Alzheimerjeva bolezen, sladkorna bolezen, kronični bronhitis, siva mrena, nekatere vrste raka itd.). Oksidativni stres ne kaže simptomov oz. nima tipične klinične slike, ki bi opredelila njegovo prisotnost v organizmu.

Raziskovalci izometrične vadbe so menili, da ima povečan oksidativni stres ključno vlogo pri patofiziologiji hipertenzije. Predhodni dokazi namreč kažejo, da lahko izometrična vadba izboljša oksidativni stres – npr. študija izometričnega stiska rok je pokazala, da se je po šestih tednih povečal delež oksidirane glutationa in da se je sorazmerno z zmanjšanjem KT v mirovanju pri nezdravljenih bolniki z visokim krvnim tlakom zmanjšalo (z aerobno vadbo povzročeno) nastajanje reaktivnih kisikovih zvrsti (Millar idr., 2014). Poleg tega lahko izometrična vadba pri posameznikih z visokim krvnim tlakom poveča lokalno arterijsko od dušikovega oksida (NO) odvisno vazodilatacijo in bazalno od NO odvisno upornost žil (McGowan idr., 2006; McGowan idr., 2007b; McGowan, Levy, McCartney in MacDonald, 2007a). Negativni učinki oksidativnega stresa se tako lahko ublažijo s povečanjem razpoložljivosti in dostopnosti NO, ki je močan antioksidant in protivnetna molekula (Millar idr., 2014).

2.6 Varnost izometrične vadbe

Številne študije izvajajo izometrično vadbo pri zmerni intenzivnosti (20–50 % MVC), saj je izometrična vadba splošno opisana kot tlačna obremenitev na srcu, ki lahko poveča sistolični in diastolični KT (v primerjavi z dinamično aerobno vadbo, ki povzroči volumensko obremenitev zaradi sočasnega povečanja minutnega volumna srca in zmanjšanja celotne periferne upornosti). Pri visoko intenzivni izometrični kontrakciji do utrujenosti so opazili velike odzive KT, kar je vzbudilo zaskrbljenost, da bi se bilo morda potrebno izogniti izometrični vadbi v mnogih kliničnih populacijah, tudi v primeru hipertenzije. V objavljeni študiji akutnih hemodinamičnih odgovorov so ob izometričnem stisku rok (4 x 2 min, 1 min počitka, 30 % MVC) poročali o zmernem povečanju srčnega utripa ($\Delta 3 \pm 4$ u/min (srednja vrednost \pm SD)) in KT ($\Delta 16 \pm 10/7 \pm 6$ mmHg (srednja vrednost \pm SD)) pri starejših osebah, predvsem pri bolnikih z boleznimi koronarnih arterij. Številne druge študije pa so poročale, da posamezno izometrično krčenje povzroči enakovreden odziv ali celo nižji sistolični KT in srčni utrip kot dinamična aerobna vadba, zlasti kadar se vadba izvaja na isti stopnji razvoja napetosti (torej pri enaki intenzivnosti). Istočasno je izometrična vadba povezana tudi s povečanjem diastoličnega KT (za razliko od dinamične aerobne vadbe, kjer do te spremembe ne pride). To bi lahko prispevalo k povečevanju koronarnega perfuzijskega tlaka, kar teoretično zmanjša možnost za z vadbo povzročeno ishemijo miokarda (Millar idr., 2014).

Eden od ključnih vidikov zagotavljanja ustreznih odzivov KT na izometrično vadbo je ohranjanje spontanega dihanja brez uporabe manevra po Valsavi. Kljub temu, da nizka do zmerna intenzivnost izometrične vadbe akutno povečuje KT, je lahko klinično dovoljena tudi bolnikom s hipertenzijo – priporočljiva kot ekvivalentno intenzivna dinamična vadba z ustreznim upoštevanjem standarda absolutnih in relativnih kontraindikacij za vadbo, kot je nenadzorovan KT (180/110 mmHg). Izometrično kontrakcijo lahko spremljajo tudi sekundarni znaki lokalne parestezije in manjše nelagodje, kar so najpogosteje opazili ob koncu vsake serije, zlasti med protokolom mišičnega krčenja, ki je trajalo 2 minuti ali več in se verjetno nanaša na zmanjšanje intramuskularnega pretoka in na kopičenje lokalnih krvnih metabolitov. Vsi ti simptomi po mišični sprostitvi in obnovi ustreznega pretoka krvi hitro izzvenijo. Po skupnih izkušnjah avtorjev, ki so neodvisno zaključili 25.000 izometričnih vadbenih enot, ni bilo nobenih poročil o pomembnih neugodnih kliničnih dogodkih med ali zaradi izometrične vadbe (Millar idr., 2014).

2.7 Program vadbe

Namen vadbe je stabilizirati in izboljšati zdravstveno stanje bolnika s povišanim krvnim tlakom ter izboljšati kvaliteto njegovega življenja. Vadba naj bo zato načrtno izvedena, postopno stopnjevana in prilagojena posameznikovim sposobnostim ter trenutnemu zdravstvenemu stanju. Že vpeljano aerobno vadbo in vadbo za moč z obremenitvijo lahko popestrimo in dopolnimo z izometrično vadbo. Intenzivnost izometrične vadbe opredeljujemo kot odstotek maksimalnega zavestnega mišičnega naprežanja (% MVC). Če upoštevamo vadbene protokole opravljenih študij, je priporočena izometrična vadba za hipertonike med 20 in 50 % MVC. Napornejše in večje izometrične obremenitve naj bodo redke izjeme ter izvedene pod zdravniškim nadzorom (npr. merjenje največjega zavestnega mišičnega krčenja, ki je temelj za natančno nadaljnje vodenje vadbe ter načrtovanje in določitev vadbenega območja izometrične kontrakcije pri priporočenih vrednostih med 20 in 50 % MVC).

Natančno spremljanje izometrične kontrakcije/vadbe je možno tudi s pomočjo fitnes naprav. Breme določimo na podlagi predhodno izmerjenega 1RM (tj. repetition maximum – največje breme, ki ga je posameznik sposoben dvigniti samo enkrat, brez druge ponovitve) in glede na zeleno vadbeno območje (za hipertonike je to med 20 in 50 % 1RM). 1RM izmerimo pod zdravniškim nadzorom.

Pred vadbo se vsakemu izmed vadečih preventivno izmeri KT v izogib nevšečnostim in posledicam zaradi telesne aktivnosti pri zelo visokem KT. Prav tako se lahko med vadbo meri frekvenca srčnega utripa – npr. na zapestju poiščemo srčni utrip, preštejemo število utripov v času 15 sekund, dobljeno vrednost pomnožimo s 4 in dobimo število srčnih utripov na minuto. Na ta način lahko enostavno preverimo in kontroliramo napor vadbe pri vsakem posamezniku. Vadeče med vadbo konstantno opazujemo in reagiramo na vidne znake utrujenosti, slabosti ipd. Spodbujamo jih k samoopazovanju in opozarjamo na pravilno dihanje, da ne zadržujejo zraka, temveč dihajo globoko in umirjeno.

Pri oblikovanju našega vadbenega programa smo upoštevali tipičen izometrični vadbeni protokol v že opravljenih študijah ter zadnja priporočila o telesni aktivnosti, zato svetujemo:

- izometrična vadba naj se izvaja kot dodatek k aerobni vadbi in dinamični vadbi za moč z obremenitvijo, 3–5-krat na teden;
- upoštevamo območje zmerne intenzivnosti (60–75 % maksimalne frekvence srca, ki se izračuna po formuli: $220 - \text{leta}$);
- ena vadbena enota naj traja 30–60 minut (prilagodimo sposobnostim posameznika);
- pogostost in intenzivnost vadbe stopnjujemo postopno;
- izometrična krčenja naj se izvajajo v glavnem delu vadbene enote;
- izometrični del vadbe:
 - o v eni vadbeni enoti naredimo 4 različne izometrične vaje – po eno vajo za roke, noge, trup ter eno poljubno; 4 serije 2-minutne izometrične kontrakcije, 2 minuti počitka, 20–30 % MVC (za začetnike in tudi za redno aktivne, telesno zmogljivejše posameznike) in/ali
 - o 4 serije 45-sekundne izometrične kontrakcije, 1 minuta počitka, 40–50 % MVC (redno aktivni, telesno zmogljivejši);
 - o zadrževanje izometrične kontrakcije in dolžino odmora med serijami lahko po potrebi prilagajamo – podaljšamo/skrajšamo (glede na stopnjo telesne pripravljenosti posameznika oziroma skupine, glede na napor vadbe ali posamezne vaje in dejstva, ali ponovno obremenimo isto mišično skupino ali ne);
 - o v odmoru izvajamo dihalne vaje ali pa ga preživimo aktivno (nizko intenzivno gibanje – npr. hoja);
 - o v začetku vadbenega programa izvajamo lažje vaje, ki vključujejo manjše mišične skupine (npr. stisk pesti) pri nižjem % MVC, nato postopoma dodajamo težje vaje (ki vključujejo več oz. večje mišične skupine) ali različice "osnovnih" vaj pri višjem % MVC.

Tabela 2

Primer kombinacije izometričnih vaj za eno vadbeno enoto.

Ime vaje	Mišična skupina	Trajanje izometrične kontrakcije	Število serij (ponovitev)	MVC	Opombe
Dlan ob dlan (vaja št. 2)	Horizontalne upogibalke ramen in upogibalke komolca	2 min	2	30 %	Po končani 2-minutni izometrični kontrakciji obrnemo/zamenjamo roki.
Izometrična addukcija nog (vaja št. 14)	Primikalke nog	2 min	1	30 %	Med nogami stiska žogo.
Zadrževanje nagiba trupa nazaj (vaja št. 10)	Upogibalke trupa	2 min	1	30 %	Z naklonom trupa nazaj določamo težavnost vaje.

Prenos (deleža) telesne teže na roke (vaja št. 20 A)	Upogibalke trupa, iztegovalke komolca, upogibalke kolka	45 s	1	30 %	Zadnjice ne dvignemo od sedala.
--	---	------	---	------	---------------------------------

Na začetku vadbene enote je pomembno, da se vadeči dobro dinamično ogrejejo in pripravijo telo na napornejši in intenzivnejši del vadbe. Priporočljivo je ciklično aerobno gibanje: hitra hoja, stopanje in sestopanje s stopničke (*angl.* stepper), lahkotni tek in (sobno) kolo, ki mu sledijo raztezne dinamične gimnastične vaje. V tem delu vadbene enote pripravimo gibalni in krvožilni sistem ter gibalne centre, ki jih spravimo na višji nivo delovanja – ogrejemo vse poglobitvene mišične skupine in sklepe, povečamo lokalno temperaturo in prehranjenost mišic, zmanjšamo njihovo viskoznost, dvignemo frekvenco bitja srca in dihanja. Z dobro načrtovanim in izvedenim pripravljalnim delom zmanjšamo možnost nastanka poškodb in pripravimo telo na večje obremenitve v glavnem delu vadbene enote (Pistotnik, 2003). V ta del vadbene enote lahko vključimo tudi pendularne (nihajne) vaje.

2.7.1 Primeri izometričnih vaj

Vključili smo enostavne izometrične vaje, ki so primerne in dostopne večini. Manjša pomanjkljivost našega vadbene programa je ta, da ne moramo povsem natančno opredeliti vadbene obremenitve posamezne vaje (glede na % MVC), vendar se je mogoče dovolj natančno približati zeleni obremenitvi, poleg tega pa so vaje varne, saj ne zaidejo izven priporočenega izometričnega vadbene območja (20–50 % MVC).

Večino predstavljenih vaj izometričnega krčenja lahko izvajamo na več načinov: sede in/ali stoje in/ali leže. Poleg tega lahko vajo popestrimo z različnimi pripomočki – veliko in malo telovadno žogo, elastiko, kolebnico ipd.

1. Izometrični stisk pesti ali prijem/handgrip s pripomočkom



Slika 8.
Unilateralna izometrična kontrakcija.



Slika 9. Unilateralna izometrična kontrakcija v odročanju.



Slika 10. Bilateralna izometrična kontrakcija v odročanju skrčeno gor.



Slika 11. Unilateralna izometrična kontrakcija s pripomočkom.

- Začetni položaj A: vadeči vzravnano stoji v širini bokov.

- Začetni položaj B: vadeči sedi, glava je v podaljšku hrbtenice. Noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov.
- Izometrično mišično krčenje – stisk pesti ali pripomočka zadrži 2 minuti.
- Različice položaja rok:
 - unilateralna (Slika 8) ali bilateralna (Slika 10) izometrična kontrakcija;
 - sprememba položaja rok: odročenje skrčeno gor (Slika 10); odročenje (Slika 9); priročnje skrčeno (Slika 8) (modifikacije sicer niso ključne za samo izvedbo in spremembo težavnosti, lahko pa razbijejo monotonost);
 - različni pripomočki: mini žogica, gumijasti obroč (Slika 11), dinamometer itd.

2. Dlan ob dlan – izometrično potiskanje



Slika 12. Izometrična kontrakcija korenov dlani v odročanju skrčeno not.



Slika 13. Izometrična kontrakcija plosko z odprtimi dlanmi v predročanju skrčeno not.



Slika 14. Izometrična kontrakcija z objemom pesti v odročanju skrčeno not.

- Začetni položaj: vadeči vzravnano sedi, glava je v podaljšku hrbtenice. Noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov. Roke se v odročanju skrčeno not stikajo s koreni dlani (Slika 12).
- Izometrično mišično krčenje – dlan ob dlan zadrži 2 minuti, nato preprime in obrne položaj zgornje in spodnje dlani (2 min).
- Različice:
 - izometrična kontrakcija plosko z odprtimi dlanmi (Slika 13) na različni oddaljenosti rok od telesa, vse do predročanja ali z objemom pesti (Slika 14);
 - stisk žoge v odročanju skrčeno not v višini ramen;
 - izvedba stoje.

3. Izometrični poteg z zaobjemom prstov



Slika 15. Izometrični poteg v odročenu skrčeno not.

- Začetni položaj: vadeči vzravnano sedi, glava je v podaljšku hrbtenice. Noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov. V odročenu skrčeno not zaobjame prste (Slika 15).
- Izometrično mišično krčenje – poteg zadrži 2 minuti, nato preprime in obrne položaj zgornje in spodnje dlani (2 min).
- Različice:
 - sprememba položaja rok: priročenje skrčeno gor; vzročenje skrčeno not (izometrični poteg nad glavo);
 - kontrakcijo izvaja s skoraj stegnenimi rokami;
 - izvedba stoje.

4. Izometrično vlečenje in upiranje rok za hrbtom



Slika 16. Izometrično vlečenje za zapestje, zaročenje not.

- Začetni položaj: vadeči vzravnano sedi, glava je v podaljšku hrbtenice. Noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov. Roki namesti za hrbet in prime zapestje (Slika 16).
- Izometrično mišično krčenje – vlečenje zadrži 2 minuti. Ponovi še z drugo roko.

5. Izometrično potiskanje z rokami dol



Slika 17. Potisk z dlanmi dol, predročenje dol skrčeno.



Slika 18. Potisk z dlanmi dol ob letveniku, predročenje dol skrčeno (nadprijem).



Slika 19. Izometrični potisk dol s pestjo (in gor z dlanjo) v priročnju skrčeno not.

- Začetni položaj A: vadeči vzravnano sedi, glava je v podaljšku hrbtenice. Noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov. Roke ima v širini ramen in skrčene v komolcu (za približno 90°), dlani plosko položi na mizo ali drugo ravno površino.
- Začetni položaj B: vadeči vzravnano stoji čelno ob podporni površini. Roke ima v širini ramen in skrčene v komolcu, dlani plosko položi na mizo ali drugo ravno površino (Slika 17).
- Izometrično mišično krčenje – potisk rok dol zadrži 2 minuti.
- Različice:
 - potisk z rokami dol za drog ali letvenik (nadprijem) (Slika 18);
 - sprememba položaja rok – povečevanje kota v komolcu (vse do predročnja rahlo skrčeno);
 - potisk ob dlan nasprotne roke v priročnju skrčeno not (Slika 19) ali v predročnju rahlo skrčeno;
 - vadeči se namesto z dlanjo upira s pestjo.

6. Izometrično potiskanje z rokami gor



Slika 20. Izometrični potisk gor z dlanmi v priročnju skrčeno (podprijem).



Slika 21. Izometrični potisk gor (in dol) v priročnju skrčeno not.

- Začetni položaj A: vadeči vzravnano sedi, glava je v podaljšku hrbtenice. Noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov. Roke ima v širini ramen in skrčene v komolcu (za približno 90°), dlani v supinaciji plosko položi na spodnjo stran površine mize.
- Začetni položaj B: vadeči vzravnano stoji čelno na letvenik (ali drog) (Slika 20). Roke ima v širini ramen in skrčene v komolcih, dlani so v supinaciji (podprijem).
- Izometrično mišično krčenje – potisk rok gor zadrži 2 minuti.
- Različice:
 - sprememba položaja rok – povečevanje kota v komolcu (vse do predročnja rahlo skrčeno), dlani položi na spodnjo stran mize (oziroma letvice/droga) v širini ramen;
 - vadeči izvede potisk rok ob dlan ali pest nasprotne roke, v priročnju skrčeno not (Slika 21) ali predročnju rahlo skrčeno.

5. in 6. vaja se tako v določenih variacijah (z opiranjem na nasprotno roko) združita – prihaja do istočasnega potiska rok gor in dol. Primer: vadeči v priročnju skrčeno not položi pest na pest in ju potiska v nasprotno smer. Vajo lahko izvede tudi v paru s pomočjo (velike) gimnastične žoge. Prvi v paru ima dlani v supinaciji pod žogo (potiska gor), drugi v paru pa položi dlani na žogo (potiska dol).

7. Zadrževanje dviga ramen



Slika 22. Zadrževanje dviga ramen, priročnje.



Slika 23. Zadrževanje dviga ramen z dodatnim bremenom v priročnju.

- Začetni položaj A: vadeči vzravnano sedi; noge so skrčene in stopala na tleh v širini bokov; dlani počivajo na stegnih; glava je v podaljšku hrbtenice; dvigne rame.
- Začetni položaj B: vadeči stoji v širini bokov ali nekoliko širše, kolena ima rahlo skrčena; hrbet je raven; glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej; dvigne rame (Slika 22).
- Izometrično mišično krčenje – dvig ramen zadrži 2 minuti.
- Različica:
 - dvig izvede z dodatnim bremenom (Slika 23).

8. Zadrževanje skleka (opora stojno)



Slika 24. Zadrževanje skleka v odročenu skrčeno (viličast nadprijem).

- Začetni položaj: vadeči položi dlani na steno (ali prime letvenik, drog) nekoliko širše in nižje od ramen ter stopi korak nazaj; stopala ima v širini bokov ali nekoliko širše, noge so stegnjene; glava je v podaljšku hrbtenice. Nato pokrči roke in napne mišice trupa; pete rahlo dvigne od tal (Slika 24).
- Izometrično mišično krčenje – sklek zadrži 45 sekund.
- Trup je raven in napet. Pomembno je, da ne pride do uleknitve ledvenega dela hrbta.
- Težavnost vaje se stopnjuje s hkratnim oddaljevanjem stopal od stene in povečanjem naklona trupa.
- Različica vaje:
 - komolci so v času izometričnega krčenja v širini ramen oz. tesno ob telesu.

9. Izometrično iztegovanje in krčenje z nizko prekrižanimi nogami



Slika 25. Izometrično iztegovanje in krčenje nog v sedu.

- Začetni položaj: vadeči vzravnano sedi; eno (D) nogo postavi na tla nekoliko ožje od širine bokov; stopalo oziroma zunanji gleženj druge (L)

noge položi na nart prve (D) noge in tako nizko prekriža noge; roke so sproščene, dlani počivajo na stegnih; glava je v podaljšku hrbtenice (Slika 25).

- Izometrično mišično krčenje – iztegovanje prve – spodnje (D) noge naprej in krčenje druge – zgornje (L) noge nazaj zadrži 45 sekund.
- Vajo ponovi še z obratno prekrižanimi nogami.

10. Zadrževanje nagiba trupa nazaj



Slika 26. Zadrževanje nagiba trupa nazaj; sed, priročenje skrčeno not.

- Začetni položaj: vadeči vzravnano sedi na robu sedala stola; noge ima v širini bokov, stopala na tleh; roke ima prekrižane na prsnem košu, kateremu približa še brado; s trupom se počasi nagne nazaj (Slika 26).
- Izometrično mišično krčenje – nagib trupa zadrži 2 minuti brez dotika naslonjala stola.
- S povečevanjem naklona trupa stopnjujemo težavnost vaje. Naklon naj bo znotraj zelenega vadbenega območja za hipertonike (kot naj bo približno 110° – 120°).
- Različica: vajo lahko izvedemo na blazini v položaju vaje »zapiranje knjige.«

11. Zadrževanje stranskega nagiba trupa



Slika 27. Nagib trupa v stran z odročenjem.



Slika 28. Stranski naklon trupa z odročenjem.

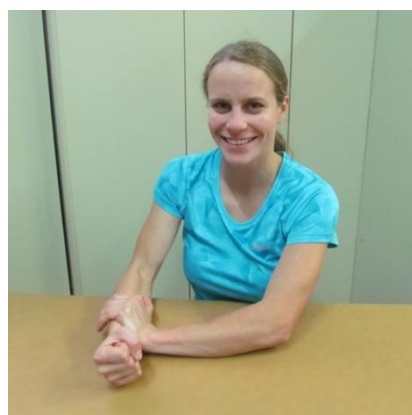
- Začetni položaj: vadeči vzravnano sedi; stopala ovije okoli nog stola (Slika 28); roke ima stegnjene v odročenju; glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej; s trupom se nagne v stran.

- Izometrično mišično krčenje – stranski nagib trupa in roke v odročenu zadrži 45 sekund. Vajo ponovi še na drugo stran.
- S povečevanjem odklona v stran stopnjujemo težavnost vaje. Naklon trupa naj ne bo prevelik.
- Različici:
 - vajo lahko izvede s stopali na tleh (pri tem pazi, da ne dvigne zadnjice s sedala) (Slika 27);
 - odklon trupa v stran z rokami prekrižanimi na prsih.

12. Preprečevanje zunanje in notranje rotacije ramena



Slika 29. Zunanja rotacija v predročenu skrčeno.



Slika 30. Notranja rotacija v predročenu skrčeno.

- Začetni položaj A: vadeči vzravnano sedi; kolena in stopala postavi v širino bokov; eno (L) roko pokrči v komolcu za 90°; z nasprotno (D) roko prime zunanjo stran podlahti (tik nad zapestjem) aktivne (L) roke; glava je v podaljški hrbtenice (Slika 29).
- Izometrično mišično krčenje – zunanjo rotacijo, ki jo preprečuje sila druge roke, zadrži 2 minuti. Zamenja roki in ponovi.
- Začetni položaj B: enak kot pri zunanji rotaciji, le da je prijem na podlahti nekoliko pomaknjen na njeno notranjo stran (Slika 30).
- Izometrično mišično krčenje – notranjo rotacijo, ki jo preprečuje sila druge roke, zadrži 2 minuti. Zamenja roki in ponovi.
- Zunanjo in notranjo rotacijo lahko izvede pri različni stopnji rotacije: 0°, 10°, 20°, 40° ...

13. Izometrično potiskanje komolcev



Slika 31. Izometrično potiskanje komolcev v steno; odročanje skrčeno.



Slika 32. Komolec in dlan vlečeta vsak na svojo stran; predročanje dol skrčeno not.

- Začetni položaj A: vadeči je s hrbtom naslonjen na steno, stopala ima v širini bokov in oddaljena od stene za dolžino manjšega koraka (približno za stopalo in pol); roke postavi v odročanje skrčeno, kot v komolcu je 90°; pogled je usmerjen naprej; boke odmakne stran od stene (Slika 31).
- Izometrično mišično krčenje – potisk komolcev v steno zadrži 1 minuto.
- Različica:
 - roke so v priročnju skrčeno, izometrično krčenje zadrži 2 minuti.
- Začetni položaj B: vadeči vzravnano sedi; kolena in stopala ima v širini bokov; roki ima v predročanju dol skrčeno not; z eno (L) roko prime komolec druge (D) roke; glava je v podaljškju hrbtenice, pogled usmerjen naprej (Slika 32).
- Izometrično mišično krčenje – potisk komolca nazaj in vlečenje dlani v nasprotno stran zadrži 2 minuti. Vajo ponovi še na drugo stran.
- Začetni položaj C: vadeči leži na hrbtu na blazini, noge ima skrčene in stopala na tleh v širini bokov; roke postavi v odročanje skrčeno gor (podlahti so dvignjene od tal), kot v komolcu je 90°.
- Izometrično mišično krčenje – potisk s komolci v blazino zadrži 2 minuti, ob tem pa ohranja krivino ledvenega dela trupa.
- Blazina mora biti dovolj široka, da komolci ne molijo čez njen rob.
- Različica:
 - roke so v priročnju skrčeno, mišično krčenje zadrži 2 minuti.

14. Izometrična addukcija nog



Slika 33. Stiskanje žoge v leži hrbtno skrčno.



Slika 34. Stiskanje žoge v sedu.



Slika 35. Potiskanje kolen skupaj; sed.

- Začetni položaj: vadeči leži na hrbtu na blazini, noge ima skrčene in v širini bokov, med kolena drži žogo; roke so stegnjene ob telesu (priročanje), z dlanmi v pronaciji (Slika 33).
- Izometrično mišično krčenje – stiskanje žoge zadrži 2 minuti.
- Različici:
 - vajo izvede sede - vzravnani trup, pogled usmerjen naprej, roke počivajo na stegnih (Slika 34);
 - vajo lahko izvede tudi sede brez žoge (vadeči sedi na robu stola, stopala so snožno na tleh, noge skrčene ($\leq 90^\circ$) in prekrižane v spodnjem delu; izometrično potiska kolena skupaj (Slika 35) ali pa prime za notranjo stran kolen in jih z rokami vleče narazen.

15. Pritiskanje ledvene krivine na podlago



Slika 36. Krivina ledvenega dela hrbta; leža hrbtno skrčno, priročanje.



Slika 37. Pritiskanje ledvenega dela hrbta na podlago; leža hrbtno skrčno, priročanje.



Slika 38. Krivina ledvenega dela hrbta; leža hrbtno skrčno, vzročanje.



Slika 39. Pritiskanje ledvenega dela hrbta na podlago; leža hrbtno skrčno, vzročanje.

- Začetni položaj: vadeči leži na hrbtu na blazini, noge ima skrčene in v širini bokov. Roke so stegnjene ob telesu (priročanje), z dlanmi v pronaciji (Slika 36 in Slika 37).
- Izometrično mišično krčenje – potiskanje ledvene krivine proti blazini zadrži 2 minuti.

- Roke so lahko tudi v vzročenu (Slika 38 in Slika 39) (stegnjeno ali skrčeno not).

16. Izometrično potiskanje z nogami »nožna preša«



Slika 40. Unilateralni nožni potisk v leži hrbtno skrčno.



Slika 41. Bilateralni nožni potisk v leži hrbtno skrčno.



Slika 42. Bilateralni nožni potisk; fiksacija telesa s kolebnico v priročnju.



Slika 43. Bilateralni nožni potisk; fiksacija telesa s kolebnico v priročnju skrčno gor.

- Začetni položaj: vadeči leži na hrbtu na blazini, noge ima skrčene in v širini bokov, stopala postavi na steno oziroma odzivno površino (kot v kolku in kolenu je približno 90°); položaj rok je odvisen od izbire fiksacije telesa (tretja alineja).
- Izometrično mišično krčenje – potiskanje z nogami v steno zadrži 2 minuti.
- Unilateralni (Slika 40) ali bilateralni (Slika 41) potisk z nogami.
- Pri vaji moramo poskrbeti, da se vadeči ob nožnem potisku v steno hkrati tudi ne odriva stran od nje. To lahko zagotovimo na več načinov:
 - vaja v paru – prvi izvaja potisk z nogami in ima roke stegnjene ob telesu (priročenje), z dlanmi v pronaciji; drugi v paru drži prvega za ramena in z nasprotno enako silo preprečuje odriv;
 - vadeči izvede potisk z nogami s sočasnim opiranjem v težji predmet (omara, švicarska skrinja, steber) s skrčenimi rokami v vzročenu (Slika 40 in Slika 41); vajo lahko na isti način izvede tudi v širšem podboju vrat;
 - na »odrivno« površino (npr. letvico letvenika) privežemo vrv (kolebnico), ki jo vadeči drži v rokah in se vleče z nasprotno enako silo (proti letveniku) (Slika 42 in Slika 43).

17. Dvig kolena in nasproten potisk z rokami dol



Slika 44. Dviganje kolena gor in nasprotno enak potisk z rokami dol; sed, predročenje dol.

- Začetni položaj: vadeči sedi na robu stola; eno nogo (D) ima skrčeno in v širini boka, stopalo je na tleh; drugo (L) nogo skrčeno dvigne in nanjo položi obe roki tik nad kolenom; glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej (Slika 44).
- Izometrično mišično krčenje – skrčena (L) noga potiska gor, roke ji nasprotujejo z nasprotno enako silo 45 sekund. Ponovi še z drugo nogo.
- Različici:
 - stoje na eni nogi ali
 - diagonalen potisk koleno-dlan v leži na hrbtu (eno (D) nogo pokrči, stopalo je na tleh v širini bokov; drugo (L) dvigne do približno 90° v kolku in se vanjo opre z nasprotno (D) roko; neaktivna (L) roka počiva stegnjena ob telesu).

18. Potiskanje skrčenega kolena dol, roka nasprotuje sili noge



Slika 45. Potisk z nogo dol in nasprotno enaka sila rok gor; sed, predročenje dol.

- Začetni položaj: vadeči sedi na robu stola; eno (D) nogo ima skrčeno in v širini "istega" (D) boka, stopalo je na tleh; s prepletenimi prsti rok

prime drugo (L) nogo tik pod kolenom; glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej (Slika 45).

- Izometrično mišično krčenje – dvignjena skrčena noga potiska dol, roke ji nasprotujejo z nasprotno enako silo; zadrži 1 minuto in ponovi še z drugo nogo.

19. Naslon na stegna in dvig pete



Slika 45. Sed v opori na podlahteh; vzpon na prste in izometrično potiskanje z rokami dol.

- Začetni položaj: vadeči sedi na robu stola; noge ima skrčene in kolena in stopala ima v širini bokov; s podlahtmi se nasloni na stegna, tako da je trup nagnjen naprej; glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej (Slika 45).
- Izometrično mišično krčenje – položaj zadrži 2 minuti.

20. Prenos (deleža) telesne teže na roke



Slika 46. Prenos dela teže na roke v sedu oporno.

- Začetni položaj A: vadeči sedi, noge ima skrčene in kolena skupaj, stopala so na tleh; trup je rahlo nagnjen naprej, glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej.

- Vadeči napne trebušne mišice in počasi prenaša del telesne teže na roke oprte v rob sedala; stopala ostanejo na tleh.
- Izometrično mišično krčenje – položaj zadrži 45 sekund (Slika 46).
- Začetni položaj B: vadeči stoji čelno proti letveniku; z viličastim podprijemom se prime za letvico nekoliko višje od ramen; glava je v podaljšku hrbtenice in pogled usmerjen naprej.
- Vadeči se počasi povleče in prenese del telesne teže na roke; stopala ostajajo na tleh.
- Izometrično mišično krčenje – položaj zadrži 45 sekund.

21. Dvig stegnenih nog



Slika 47. Bilateralni dvig stegnenih nog; sed oporno zadaj.



Slika 48. Unilateralni dvig noge; sed oporno zadaj.

- Začetni položaj: vadeči sedi na robu stola; noge so stegnjene, ena ob drugi; roke ima v zaročenju dol in se drži za stranski rob sedala (ali spodnji stranski del naslonjala); glava je v podaljšku hrbtenice, pogled usmerjen naprej; počasi dvigne stegnjene noge nekaj centimetrov od tal (Slika 47).
- Izometrično mišično krčenje – dvig stegnenih nog zadrži 45 sekund nekaj centimetrov nad tlemi.
- Vaja je enostavnejša, če dvignemo in zadržimo vsako nogo posebej (unilateralna kontrakcija) (Slika 48).
- Različica:
 - izvedba leže na hrbtu – eno nogo pokrči, drugo stegnjeno dvigne in zadrži 45 sekund.

22. Dvig bokov



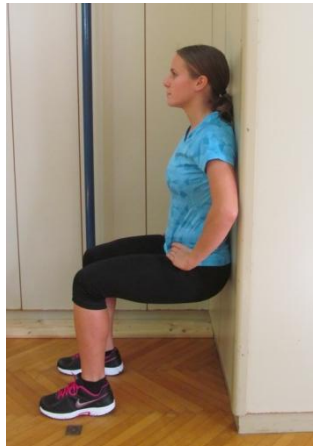
Slika 49. Dvig bokov v leži hrbtno skrčno.



Slika 50. Dvig bokov v leži hrbtno skrčno na eni nogi.

- Začetni položaj: vadeči leži na hrbtu na blazini, noge ima skrčene in stopala na tleh v širini bokov; roke so stegnjene ob telesu z dlanmi v pronaciji; pogled usmerjen proti stropu (Slika 49).
- Izometrično mišično krčenje – dvig bokov zadrži 45 sekund. Pomembno je, da ne pretirava z višino dviga bokov in pazi, da ne prekorači priporočene vrednosti 20–50 % MVC.
- Vajo lahko oteži z dvigom ene noge (Slika 50). Pomembno pa je, da ne pretirava z višino dviga bokov in pazi, da ne prekorači priporočene vrednosti 20–50 % MVC.

23. Vztrajanje v položaju polčepa ob steni



Slika 51. Vztrajanje v položaju polčepa, roke uprte v bok.

- Začetni položaj: vadeči je s hrbtom naslonjen na steno, stopala ima v širini bokov in oddaljena od stene za dolžino koraka (približno za dve stopali); roke ima uprte v bok, pogled usmerjen naprej; nato pokrči kolena, s hrbtom zdrsi ob steni in zavzame položaj polčepa s kotom 90° v kolku in kolenu (Slika 51).
- Izometrično mišično krčenje – položaj polčepa zadrži 45 sekund.
- Različica:
 - vadeči za hrbet namesti malo ali veliko telovadno žogo in si s tem vajo nekoliko olajša. Še lažja oblika vaje pa je, če poveča kot v kolenu (> 90°). Tako doseže priporočen % MVC.

Po glavnem delu vadbe zmanjšamo mišično napetost in splošno utrujenost, vadeči se telesno in duševno umiri (psihofizično sprostijo). Dinamika gibanja mora biti v zaključnem delu vadbene enote majhna, zato v gibanje ne vključujemo večjih mišičnih skupin in ne obremenjujemo dihalnega ter krvožilnega sistema. S tem zmanjšamo frekvenco srčnega utripa in dihanja ter znižamo telesno temperaturo. V ta del vadbene enote lahko vključimo vaje za ravnotežje, orientacijo (občutek položaja telesa v prostoru ob izključitvi vida), preciznost ter sprostilne in statične raztezne gimnastične vaje (Pistotnik, 2003). V ta del vadbene enote lahko vključimo tudi dihalne in pendularne (nihajne) vaje ter meditacijo.

3 SKLEP

Hipertenzija je globalna bolezen, ki pomembno prispeva k naraščajoči epidemiji srčno-žilnih bolezni in kapi. Približno 54 % vseh kapi in 47 % primerov bolezni srca je neposredno povezanih s povišanim KT. V okviru tega velikega in naraščajočega bremena bolezni so strategije za izboljšanje zdravja prebivalstva izredno pomembne (Brguljan-Hitij, 2014; Millar idr., 2014).

V študijah zadnjih nekaj let in meta-analizah se izometrični trening pojavlja kot enako ali celo bolj učinkovita vadba na znižanje KT kot dinamična aerobna vadba ali vadba za moč, pa čeprav v primerjavi z njima potrebuje bistveno manj časa. Millar idr. (2014) so opozorili, da do danes še ni bila izvedena študija, ki bi neposredno preučevala in primerjala učinke izometrične vadbe na KT v primerjavi z aerobno vadbo, dinamično vadbo z obremenitvijo ali pa v primerjavi z antihipertenzivni zdravili, vendar so podobno kot pri aerobnih vadbah tudi pri izometrični dokazali največje znižanje KT v mirovanju pri bolnikih s hipertenzijo.

Rezultati študij (večinoma na vzorcih < 50 udeležencev) niso enotni – povprečno oziroma srednje znižanje sistoličnega KT je tako v razponu med 0 in 19 mmHg, znižanje diastoličnega pa med 0 in 15 mmHg. Le okoli 50 % povzetih raziskav je uporabilo naključno izbrane vzorce in vključilo kontrolo skupino, kar povečuje tveganje za nastanek napake tipa I. Poleg tega udeleženci in preiskovalci v raziskavah niso bili "zaslepljeni" v smislu preprečevanja izključitve placebo učinka in raziskovalčeve pristranskosti na rezultate. Poleg tega je večina študij merila KT kot povprečje večkratnih meritev, opravljenih po odmoru, vendar pa pretečen čas med zadnjo vadbo in meritvami ni bil standardiziran oziroma enoten. Tako so bile meritve izvedene med 2. in 7. dnevom po vadbi. Same primerjave med posameznimi študijami so zaradi več sprememb značilnosti in karakteristik vadbe težke (Cornelissen idr., 2011; Millar idr., 2014).

Trenutni podatki kažejo, da 4–5 tednov izometrične vadbe zadostuje za zaznavanje pomembnega znižanja KT v mirovanju, (še) večja znižanja pa so izmerili po 8–10 tednih. Dosedanje študije so bile časovno omejene na 4–10 tednov, kar je pomemben dejavnik, da analize krvnega tlaka niso zaznale platoja učinkov vadbe. Slednje je še posebej pomembno, saj je hipertenzija kronična bolezen, ki zahteva stalno vseživljenjsko zdravljenje. Tako ni še nobenih informacij glede dolgoročnega vzdrževanja prilagoditev na izometrično vadbo v obdobju daljšem od 10 tednov. Potrebne so nadaljnje raziskave, da se določijo (kronični) dolgoročni učinki izometrične telesne vadbe na KT (Badrov idr., 2013; Baross idr., 2012; Cornelissen idr., 2011; Millar idr., 2014; Wiles idr., 2010). Vsi ti avtorji študij poudarjajo potrebo po prihodnjih obsežnejših in daljših, predvsem RCT raziskavah v potrditev zmanjšanja KT. Poleg tega bi bilo potrebno opraviti dodatne študije, da bi ugotovili, ali zdravljena hipertenzivna populacija zahteva večjo izpostavljenost izometričnim dražljajem in vadbi (npr. povečana pogostost vadbe, povečana dolžina samega programa), da izzove prilagoditve, in kaj je potrebno za vzdrževanje prilagoditev, da bi lahko vadbo obravnavali kot potencialno možnost zdravljenja hipertenzije.

Podrobneje je potrebno raziskati tudi srčno hemodinamiko pri različnih populacijah (npr. starejši ali klinična populacija) z alternativnimi metodologijami (npr. Doppler ultrazvok), pojasniti učinke izometrične telesne vadbe na spremenljivost srčnega

utripa in uporabiti ocene dinamike nelinearnega srčnega utripa kot dodatek tradicionalnim časovnim in frekvenčnim domenam meritev. Nadaljnje delo je potrebno za osvetlitev vloge izometrične vadbe na spreminjanje simpatičnega vazomotorne tonusa in metodično ocenitev od NO odvisne vazodilatacije (Millar idr., 2014).

Ne glede na to, da obstaja še nekaj odprtih vprašanj na to temo, smernice in najnovejši izsledki kažejo na pozitivne učinke izometrične vadbe ter potrjujejo njen klinični pomen kot časovno in oblikovno učinkovito vadbo za zmanjšanje krvnega tlaka.

4 VIRI

- A global brief on hypertension.* (2013). World Health Organization. Pridobljeno iz http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/79059/1/WHO_DCO_WHD_2013.2_eng.pdf?ua=1
- Badrov, M. B., Bartol, C. L., DiBartolomeo, M. A., Millar, P. J., McNevin, N. H. in McGowan, C. L. (2013). Effects of isometric handgrip training dose on resting blood pressure and resistance vessel endothelial function in normotensive women. *European Journal of Applied Physiology*, 113(8), 2091–100. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23588257>
- Baross, A. W., Wiles, J. D. in Swaine, I. L. (2012). Effects of the intensity of leg isometric training on the vasculature of trained and untrained limbs and resting blood pressure in middle-age men. *International Journal of Vascular Medicine*, 2012. Pridobljeno iz <http://www.hindawi.com/journals/ijvm/2012/964697/>
- Blood Pressure Chart By Age.* (2014). *Ideal Blood Pressure Info.* Pridobljeno iz <http://www.idealbloodpressureinfo.com/blood-pressure-chart-by-age/>
- Brguljan-Hitij, J. (7. 7. 2014). *Kako živeti s povišanim krvnim tlakom.* Predavanja. Ljubljana: Koronarni klub Ljubljana.
- Bullworker Fake or Muscle Builder. (2014). BullyXtreme Fitnes. Pridobljeno iz <http://www.bullyxtreme.com/2013/09/bullworker-fake-muscle-builder/>
- Campo, C., Segura, J. in Ruilope, L. M. (2002). Factors influencing the systolic blood pressure response to drug therapy. *The Journal of Clinical Hypertension*, 4(1), (35–40). Pridobljeno iz <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1524-6175.2002.00487.x/full>
- Cardiovascular diseases.* (2013). World Health Organization. Pridobljeno iz <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>
- Cigale, L. (2014). *Ali se lahko bolniki s povišanim krvnim tlakom ukvarjajo z vadbo v fitnesu.* Luciano Ultimate Fitness. Pridobljeno iz <http://www.luciano.si/blog/ali-se-lahko-bolniki-s-povi-anim-krvnim-tlakom-ukvarjajo-z-vadbo-v-fitnesu.php>
- Cornelissen, V. A., Fagard, R. H., Coeckelberghs, E. in Vanhees, L. (2011). Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors. *Hypertension*, (58), 950–958. Pridobljeno iz <http://hyper.ahajournals.org/content/58/5/950.full>
- Devereux, G. R., Wiles, J. D. in Swaine, I. L. (2010). Reductions in resting blood pressure after 4 weeks of isometric exercise training. *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 601–6. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20186425>
- Dick, F. W. (1989). *Sports training principles.* London: A & C Black.

- Durstine, J. L. in Moore, G. E. (2003). *Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities*. Champaign: American college of sports medicine.
- Enoca, R. M. (2002). *Neuromechanics of human movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Faulkner, J. A., Larkin, L. M., Claflin, D. R. in Brooks, S. V. (2007). *Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles*. Proceedings of the Australian Physiological Society (str. 69–75). Pridobljeno iz <http://aups.org.au/Proceedings/38/69-75/69-75.pdf>
- High Blood Pressure*. (2014). A Place fot Mom. Pridobljeno iz <http://www.aplaceformom.com/senior-care-resources/articles/high-blood-pressure>
- Howden, R., Lightfoot, J. T., Brown, S. J. in Swaine, I. L. (2002). The effects of isometric exercise training on resting blood pressure and orthostatic tolerance in humans. *Experimental Physiology*, 87, 507–15. Pridobljeno iz <http://ep.physoc.org/content/87/4/507.full.pdf+html>
- Huei-Ming, C. (2008). *Biomechanics of Skeletal Muscle*. Taipei: National Taiwan University. Pridobljeno iz <http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/BM03/BMmaterial/Muscle.htm>
- Jerše, M. (1984). *Vračanje življenja srčnim bolnikom*. Ljubljana: Rdeči križ Slovenije.
- Kaplan-Pavlovič, S. in Accetto, P. (2005). *Ledvice in zvišan krvni tlak - V skrbi za vaše zdravje*. Novo mesto: Krka
- Košnik, M., Mrevlje, F., Štajer, D., Koželj, M. in Černelič, P. (ur.). (2011). *Interna medicina*. Ljubljana: Littera picta: Slovensko medicinsko društvo.
- Krvni tlak*. (2013). Wikipedija. Prosta enciklopedija. Pridobljeno iz http://sl.wikipedia.org/wiki/Krvni_tlak
- McGowan, C. L., Levy, A. S., McCartney, N. in MacDonald, M. J. (2007a). Isometric handgrip training does not improve flow-mediated dilation in subjects with normal blood pressure. *Clinical Science*, 112, 403–409. Pridobljeno iz <http://www.clinsciusa.org/cs/112/0403/1120403.pdf>
- McGowan, C. L., Levy, A. S., Millar, P. J., Guzman, J. C., Morillo, C. A., McCartney, N. in MacDonald M. J. (2006). Acute vascular responses to isometric handgrip exercise and effects of training in persons medicated for hypertension. *American Journal Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 291(4), 1797–1802. Pridobljeno iz <http://ajpheart.physiology.org/content/291/4/H1797.short>

- McGowan, C. L., Visocchi, A., Faulkner M., Verduyn, R., Rakobowchuk, M., Levy, A. S., McCartney, N. in MacDonald, J. M. (2007b). Isometric handgrip training improves local flow-mediated dilation in medicated hypertensives. *European Journal of Applied Physiology*, 99(3), 227–34. Pridobljeno iz <http://link.springer.com/article/10.1007/s00421-006-0337-z>
- Merjenje krvnega tlaka doma.* (2013). Lek. Pridobljeno iz <http://www.lek.si/si/skrb-za-zdravje/bolezni-in-simptomi/srce-ozilje/merjenje-krvnega-tlaka/>
- Mezgec, T. (2011). *Merjenje krvnega tlaka.* Pridobljeno iz http://www.krl.si/file/merjenje_krvnega_tlaka.pdf
- Milimeter živega srebra.* (2013). Wikipedija. Prosta enciklopedija. Pridobljeno iz http://sl.wikipedia.org/wiki/Milimeter_%C5%BEivega_srebra
- Millar, P. J., McGowan, C. L., Cornelissen, V. A., Araujo, C. G. in Swaine, I. L. (2014). Evidence for the role of isometric exercise training in reducing blood pressure: potential mechanisms and future directions [Dokazi o vlogi izometrične vadbe na znižanje krvnega tlaka: možni mehanizmi in priporočila v bodoče]. *Sports Med*, 44, 345–356.
- Osredkar, J. (2011). Oksidativni stres. *Zdrav Vesten*, 81, 393–406. Pridobljeno iz http://www.szd.si/user_files/vsebina/Zdravniski_Vestnik/2012/maj/393-406.pdf
- Pascal To Torr (mmHg) Conversion.* (2014). Ask Numbers. Pridobljeno iz <http://www.asknumbers.com/WeightConversion.aspx>
- Pistotnik, B. (2003). *Vedno z igro.* Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Pressure Unit Conversion.* (2104). Unit Conversion. Pridobljeno iz <http://www.unit-conversion.info/pressure.html#>
- Ray, C. A. in Carrasco, D. I. (2000). Isometric handgrip training reduces arterial pressure at rest without changes in sympathetic nerve activity. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 279(1), 245–249. Pridobljeno iz <http://ajpheart.physiology.org/content/279/1/H245.short>
- Salobir, B. (december 2013). Spremembe življenjskega stila in farmakološko zdravljenje. V P. Dolenc (ur.), *XXII. strokovni sestanek Sekcije za hipertenzijo* (str. 29–40). Ljubljana: Slovensko zdravniško društvo, Sekcija za hipertenzijo.
- Strojnik, V. (21. 2. 2011). *Živčno-mehanske osnove gibanja.* Pridobljeno iz http://intranet.fsp.uni-lj.si/intranet_studenti/moj_predmetnik/2009041709265200/
- Švigelj, V. (2014). *Kaj je krvni tlak.* Zdravstveni nasveti. Pridobljeno iz <http://www.viktorsvigelj.si/opis.php?conid=132>

- Taylor, A. C., McCartney, N., Kamath, M. V. in Wiley, R. L. (2003). Isometric Training Lowers Resting Blood Pressure and Modulates Autonomic Control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 251–6. Pridobljeno iz <http://journals.lww.com/acsm-msse/pages/articleviewer.aspx?year=2003&issue=02000&article=00012&type=abstract>
- Več o arterijski hipertenziji. (21. 3. 2014). Slovensko zdravniško društvo, Združenje za hipertenzijo. Pridobljeno iz <http://www.hipertenzija.org/>
- Wiles, J. D., Coleman, D. A. in Swaine I. I. (2010). The effects of performing isometric training at two exercise intensities in healthy young males. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 419–428. Pridobljeno iz <http://link.springer.com/article/10.1007/s00421-009-1025-6#page-1>
- Wiley, R. L., Dunn, C. L., Cox, R. H., Hueppchen, N. A. in Scott, M. S. (1992). Isometric exercise training lowers resting blood pressure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(7), 749–754. Pridobljeno iz <http://europepmc.org/abstract/MED/1501558>
- Williams, B., Poulter, N. R., Brown, M. J., Davis, M., McInnes, G. T., Potter, J. F., Sever, P. S. in Thom, S. McG. (2004). Guidelines for management of hypertension: report of the fourth working party of the British Hypertension Society. *Journal of Human Hypertension*, 18, 139–185. Pridobljeno iz <http://www.nature.com/jhh/journal/v18/n3/full/1001683a.html>
- Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Zupanc. A. (2009). *Uspešnost zdravljenja arterijske hipertenzije v ambulanti*. Pridobljeno iz http://www.hipertenzija.org/pdf/Uspešnost_zdravljenja_arterijske_hipertenzije_v_ambulantni.pdf