

# Vpliv 8-tedenske vzdržljivostne vadbe na kvalitativne in kvantitativne parametre utripnega volumna

Impact of 8-week endurance training on qualitative and quantitative parameters of stroke volume

Suzana Pustivšek, Irena Auersperger, Branko Škof

Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za šport,  
Gortanova 22, Ljubljana

## Korespondenca/ Correspondence:

Suzana Pustivšek  
e: suza.pustivsek@gmail.com

## Ključne besede:

frekvenca srca; tekačice;  
dinamika UV; plato;  
aerobne sposobnosti

## Key words:

heart rate; female  
runners; stroke volume  
dynamics; plateau;  
aerobic capacity

## Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2014;  
83: 513–20

Prispelo: 17. maj 2013,  
Sprejeto: 14. nov. 2013

## Izvleček

**Izhodišča:** Dinamika spreminjanja utripnega volumna med postopno naraščajočo obremenitvijo se med posamezniki razlikuje. Podatki do sedaj znanih študij, ki opisujejo vpliv dolgotrajne vzdržljivostne vadbe na dinamiko utripnega volumna srca, so si nasprotujoči. Namen te študije je bil oceniti spremembo dinamike utripnega volumna po 8-tedenski vzdržljivostni vadbi pri rekreativnih tekačicah ter vpliv slednje na nekatere kvantitativne značilnosti srčne funkcije.

**Metode:** Meritve so bile opravljene v fiziološkem laboratoriju na Inštitutu za šport Fakultete za šport v Ljubljani. Uporabljena je bila oprema CosmedK4b,<sup>2</sup> ki omogoča kontinuirano t. i. on-line in breath-by-breath spremljanje porabe kisika in plinov v izdihanem zraku. Minutni volumen srca je bil izračunan po metodi, ki so jo opisali Stringer in sodelavci.

**Rezultati:** Rezultati raziskave so pokazali značilno povečan utripni volumen v mirovanju in prvih dveh minutah testa. Maksimalni utripni volumen se ni povečal, prišlo pa je do znižanje srčne frekvence v času maksimalnega utripnega volumna s 126,65 ( $\pm$  27,14) na 120,15 ( $\pm$  26,56) udarcev na minuto. Dinamika utripnega volumna se pri večini merjenk ni spremenila in se tako pred vadbo kot po njej najpogosteje pojavlja s platojem. Kot posledica treninga se je pokazala povečana tekaška vzdržljivost, končna hitrost teka med testom se je v povprečju povečala za 4,41 ( $\pm$  4,62) %.

**Zaključek:** Vadba je povzročila minimalne spremembe srčne funkcije in značilno izboljšanje parametrov vzdržljivosti.

## Abstract

**Background:** Dynamics of stroke volume during increasing progressive load varies widely among individuals. The data of current studies describing the impact of long-term endurance training on the dynamics of cardiac stroke volume are conflicting. The purpose of this study was to evaluate the impact of 8-week endurance training on the dynamics of stroke volume and some quantitative features of cardiac function in recreational female runners.

**Methods:** Measurements were performed in the physiological laboratory at the Institute of Sport, Faculty of Sport in Ljubljana. Cosmed-K4b<sup>2</sup> equipment that allows continuous “on-line”, “breath-by-breath” monitoring of oxygen consumption and gases in exhaled air was used. Cardiac output was calculated by the method described by Stringer et al.

**Results:** The results showed a significant increase in stroke volume at rest and during the first two minutes of the test. Maximum stroke volume did not increase, but there was a decrease in heart rate during maximal stroke volume from 126.65 ( $\pm$  27.14) to 120.15 ( $\pm$  26.56) beats per minute. The dynamics of stroke volume in a majority of participants did not change. The most common dynamics of stroke volume before and after test was plateau dynamics. The training resulted in an increase in running endurance and the average increase in running speed during the final test by 4.41 % ( $\pm$  4.62).

**Conclusion:** The exercise resulted in minimal changes in cardiac function and a significant improvement in endurance parameters.

## 1. Uvod

Utripni volumen srca (UV) je pomemben dejavnik aerobne učinkovitosti človeka. Predstavlja količino krvi, ki jo ob enem stisku iztisne levi srčni prekat. Pri splošni populaciji je utripni volumen v mirovanju mogoče napovedati na podlagi prekatne in končne diastolične dimenzije, sposobnosti krčljivosti in polnjenja srca.<sup>1</sup>

Ob tem pa se pojavlja vprašanje, kako dolgotrajna in intenzivna mora biti športna vadba, da povzroči povečanje UV in s tem srčnega dela. Rezultati nam znanih študij so si nasprotujoči. V raziskavi, v kateri so izvajale 12-mesečno aerobno vadbo osebe z boleznijo venčnih arterij, so ugotovili 18-odstotno povečanje UV srca, medtem ko Park in sodelavci niso ugotovili sprememb pri UV srca po 36 tednih aerobne vadbe pri starejših zdravih ženskah.<sup>2,3</sup> Večina literature govori v prid povečanju utripnega volumna po dalj časa trajajoči aerobni vadbi pri osebah s koronarno boleznijo.<sup>1-3</sup> Škof in Milić (2010) sta v raziskavi, v kateri sta proučevala 6-mesečni vpliv vadbenega programa na vzdržljivost in parametre aerobnih sposobnosti žensk, dokazala, da je program, ki so ga izvajale, vplival na povečanje minutnega volumna srca pri maksimalni obremenitvi za  $13,2 \pm 3,2\%$  ( $p < 0,05$ ). Znano je, da je pri zdravih treniranih posameznikih utripni volumen srca večji kot pri netreniranih pri vseh stopnjah napora.<sup>4</sup> Prav tako na utripni volumen poleg stopnje treniranosti med postopno naraščajočo obremenitvijo vplivata tudi spol in starost. Pri treniranih moških se največje vrednosti UV gibljejo med 120 in 160 ml/udarec, medtem ko so pri netreniranih vrednosti med 100 in 115 ml/udarec. Prav tako se razlika pojavlja pri ženskah (trenirane: 100–125 ml/udarec, netrenirane: 70–80 ml/udarec).<sup>5</sup>

Dinamika spreminjanja utripnega volumna med postopno naraščajočo obremenitvijo se med posamezniki razlikuje. Literatura navaja štiri različne tipi dinamike utripnega volumna.

- plato,<sup>6-11</sup>
- plato s padcem,<sup>9,11-13</sup>
- plato s sekundarnim porastom,<sup>14-16</sup>
- progresivno naraščanje.<sup>9,10,17-22</sup>

Nekatere študije poročajo o postopnem naraščanju utripnega volumna med nizko intenzivno obremenitvijo do točke, pri kateri UV ne narašča, kar je pojav platoja.<sup>6,23</sup> Nastanek platoja pri utripnem volumnu lahko razlagamo kot posledico zmanjšanega časa polnjenja preddvora v času diastole in iztiska v času sistole, ki se pojavi med obremenitvijo z naraščajočo intenzivnostjo.<sup>7</sup> Študije navajajo, da utripni volumen doseže plato pri 40-odstotni maksimalni porabi kisika ( $VO_2max$ ).<sup>5</sup>

Novejše študije poročajo trend postopnega naraščanja utripnega volumna pri nekaterih visoko treniranih športnikih do vrednosti  $VO_2max$ .<sup>18-20</sup> Rezultati raziskav so pokazali, da imajo trenirani kolesarji večjo porabo kisika na vseh stopnjah obremenitve. Do podobne ugotovitve so prišli tudi avtorji raziskave, v kateri so primerjali utripne volumne treh različno treniranih skupin med postopno naraščajočo obremenitvijo. Tu se je pri netreniranih in rekreativnih tekačih pojavil plato, pri visoko treniranih tekačih na dolge razdalje pa je utripni volumen naraščal do maksimalne vrednosti.<sup>22</sup> Izboljšanje UV na podlagi fizioloških mehanizmov med vadbo je rezultat povečanega polnjenja srca v času diastole, ki je povezano s povečanim volumnom krvi, spremenjenega premera levega prekata in hitrejšega praznjenja srca v času sistole, kar je posledica povečane sposobnosti krčenja srčne mišice.<sup>5</sup>

Zaradi nasprotujočih si rezultatov glede vpliva vadbe na spremembo UV in ostale parametre srčnega dela smo želeli preveriti, ali lahko tudi kratkotrajna 8-tedenska vzdržljivostna vadba vpliva na spremembo velikosti UV srca in minutnega volumna srca. Ob pomanjkanju študij, ki obravnavajo dinamiko srčnega utripa med postopno naraščajočo obremenitvijo, je bil naš namen ugotoviti tudi, ali med 8-tedensko vzdržljivostno vadbo pride tudi do sprememb v odzivu UV na postopno naraščajočo obremenitev.

## 2. Metode dela

### 2.1 Vzorec merjenk

V vzorec je bilo vključenih 18 rekreativnih tekačic, ki so se prostovoljno javile za

sodelovanje v eksperimentalnem programu. Komisija Republike Slovenije za medicinsko etiko je raziskavo *Spremljanje izbrane vadbe dveh podskupin tekačic na dolge proge v času dvomesečnih priprav na tekmovanje: analiza izbranih fizioloških, biokemijskih, imunoloških in psiholoških spremenljivk* označilna kot etično neoporečno in izdala soglasje dne 13. 5. 2008 (ŠT: 29/05/08).

Osnovne izhodiščne značilnosti merjenk so predstavljene v Tabeli 1.

Tekačice so vadile po specifičnem programu. Intenzivnost vadbenih enot je bila prilagojena trenutnim sposobnostim vsake preiskovanke, tako da so bile vadbene enote oblikovane glede na povprečno vrednost njihove maksimalne srčne frekvence in hitrosti teka, dosežene na izhodiščnem testu funkcionalnih sposobnosti in izhodiščnem Cooperjevem testu.

## 2.2 Opis vadbenega programa

Vadbeni program je vključeval tri tekaške vadbe tedensko: eno visoko intenzivno intervalno vadbo (HIT) in dva submaksimalna neprekinjena teka ter en testni tek (2400 m) vsake tri tedne. HIT in dolgotrajnejši neprekinjen tek so preiskovanke opravile v organizirani tekaški skupini pod vodstvom usposobljenih vaditeljev. Visoko intenzivna intervalna vadba je vključevala ponavljalne teke (1–2 km) (skupaj 5 do 8 km) v hitrosti 85 %  $vVO_{2max}$  z vmesnimi odmori lahkotnega teka (1 : 1 hitri tek : regeneracijski tek). Submaksimalna neprekinjena teka – enkrat 8 do 10 km in drugič 12 do 16 km so tekačice opravile pri intenzivnosti med 70 % in 87 % maksimalne frekvence srca ( $FS_{max}$ ). V obeh tednih zmanjšane obremenitve so opravile dva submaksimalna neprekinjena teka 8–10 km pri intenzivnosti med 70 % in 87 %  $FS_{max}$ . Vsaka je prejela program vadbe

s svojo določeno ciljno vrednostjo frekvence srca za posamezno enoto vadbe.

Skozi celoten poskusni program so merjenke na vsaki vadbi nosile merilce srčnega utripa Polar (Polar RS400sd, Finland), s katerim smo beležili njihovo frekvenco srca, čas vadbe in pretečeno razdaljo. Dnevna in tedenska obremenitev je bila izračunana po metodi Edwards. Indeks napora je bil izračunan tako, da smo čas (min), ki ga je posameznica pretekla v minutah v določenem območju frekvence srca (FS), pomnožili z vrednostjo, ki velja za posamezno območje, in s seštevkem vseh območij ( $\Sigma$  FS točk) dobili želeno tedensko obremenitev.<sup>24</sup> Za razdelitev območij frekvenc so bili upoštevani naslednji parametri:  $\leq 70$  % (območje 1 = 1), 71–79 % (območje 2 = 2), 80–87 % (območje 3 = 3), 88–93 % (območje 4 = 4) in  $\geq 94$  % (območje 5 = 5) predstavlja njihova maksimalna frekvenca srca, izmerjena pred poskusom.<sup>25</sup>

## 2.3 Opis merskih postopkov in spremenljivk

Merjenje funkcionalnih sposobnosti je bilo izvedeno pred poskusom in teden dni po poskusu. Vse meritve so bile opravljene v fiziološkem laboratoriju na Inštitutu za šport Fakultete za šport v Ljubljani. Uporabljena je bila oprema CosmedK4b<sup>2</sup>, ki omogoča kontinuirano t. i. on-line breath-by-breath spremljanje porabe kisika in plinov v izdihanem zraku, s pomočjo katere se je merila maksimalna poraba kisika, ki se pogosto uporablja kot ocena aerobnih sposobnosti posameznika. Uporabljen je bil specialni protokol GXT za rekreativne tekače, ki je bil izveden na tekoči preprogi Woodway EG6.

**Tabela 1:** Osnovne izhodiščne značilnosti merjenk pred začetkom vadbenega procesa (povprečna vrednost  $\pm$  standardni odklon).

	Starost (let)	Telesna teža (kg)	Telesna višina (cm)	Indeks telesne mase (BMI)	$VO_{2max}$ (mL/min)
N = 18	32,3 ( $\pm$ 5,3)	59,5 ( $\pm$ 7,4)	167,9 ( $\pm$ 5,6)	21,1 ( $\pm$ 2,67)	2808,97 ( $\pm$ 266,40)

## 2.4 Opis stopnjevanega testa

Vse merjenke so izvedle test maksimalne obremenitve po protokolu Nowacki. To je test postopnega povečevanja obremenitve, ki se uporablja za določanje maksimalne porabe kisika. Za spremljanje porabe kisika in srčne funkcije se je uporabljal Cosmed K4B2, Hans Rudolpfova maska, telemetrija, tekoča preproga Woodway ELG, EGK in Polar S810. Protokol se je začel s spremljanjem dihalnih in presnovnih spremenljivk v mirovanju (1 minuta). Po ogrevanju – 3 minute hoje pri hitrosti 7 km/h in 3 minute pri hitrosti 8 km/h pri 0 % naklona – se je nagib preproge povečal na 2 %. Začetna hitrost teka je bila 8 km/h in se je povečala za 1 km/h vsakih 120 s do izčrpanosti preiskovank. Zadnja stopnja (polovica ali celotna), ki jo je preiskovanka zmogla preteči, je bila opredeljena kot končna hitrost teka (v-kon). Za spremljanje obnove po naporu so preiskovanke nadaljevale s 5 minut hoje pri hitrosti 5 km/h. Trajanje testa smo določili s časom od začetka protokola do konca teka. V tem času je bila izmerjena tudi pretečena razdalja (m).

Za potrebe raziskave smo izbrali in izračunali sledeče parametre:

Minutni volumen srca (Q; L/min) je bil izračunan po metodi, ki so jo opisali Stringer in sodelavci.<sup>26</sup>

$$Q = VO_{2\text{uptake}} / [5,721 + (0,1047 \times \% VO_{2\text{max}})]$$

Utripni volumen srca (UV; mL/utrip) je bil izračunan po formuli, navedeni v nadaljevanju.

$$UV = Q / FS \text{ (FS = frekvenca srca; udarci na minuto)}$$

Dinamika utripnega volumna srca je bila analizirana na podlagi do sedaj objavljenih priporočil.<sup>27</sup>

## 2.5 Antropometrične značilnosti

Pred poskusom in po njem sta bili izmerjeni telesna masa (TM) in telesna višina (TV) ter izračunan indeks telesne mase ( $ITM = TM/TV^2$ ) ter površina telesa ( $BSA = m^2$ ). Telesna masa (kg) je bila izmerjena z digitalno tehtnico japonskega proizvajalca Tanita, model TBF-105. Po podatkih proizvajalca meri na 0,1 kg natančno. Telesna višina (cm) je bila izmerjena s standardnim antropometrom švicarskega proizvajalca GPM (Siber Hagner & Co., Ltd.). Rezultat je bil ocenjen z natančnostjo do 0,5 cm.

## 2.6 Statistične metode obdelave podatkov

Statistična obdelava podatkov je bila narajena s pomočjo programa SPSS Statistics 17.0. Za ugotavljanje razlik posameznih parametrov med začetnim in končnim stanjem je bil uporabljen T-test za ponovljene vzorce in ANOVA. S pomočjo testa  $\chi^2$  smo ugotavljali možne razlike med skupinami. Prag statistične pomembnosti smo opredelili pri 5 %.

## 3. Rezultati

Cilj raziskave je bil ugotoviti vpliv 8-tedenske vzdržljivostne vadbe na spremembo dinamike utripnega volumna srca. V Tabeli 2 so navedene povprečne vrednosti obremenitve in intenzivnosti vadbe.

8-tedenska vzdržljivostna vadba je povzročila izboljšanje vzdržljivosti preiskovank. Končna pretečena razdalja na testu se je povečala za 6,6 % ( $p < 0,001$ ), čas trajanja testa se je podaljšal za 3 minute in 33 sekund, kar znaša 4,3 % ( $p < 0,001$ ), končna hitrost pa je narasla za 0,52 km/h ( $p < 0,001$ ).

**Tabela 2:** Povprečna vrednost ( $\pm$  SD) posameznih parametrov vadbe med celotnim obdobjem raziskave.

Število pretečenih kilometrov (km)	239,91 ( $\pm$ 38,85)
Trajanje–čas tekaške vadbe (min)	1428,11 ( $\pm$ 212,64)
Intenzivnost vadbe ( $\Sigma$ FS po 5 vadbenih conah) (točke)	4510,44 ( $\pm$ 656,81)
Število vadbenih enot	26,89 ( $\pm$ 0,73)

### 3.1 Vpliv vadbe na parametre srčnega dela (kvantitativne spremembe)

8-tedenska vzdržljivostna vadba je povzročila dvig nekaterih kvantitativnih lastnosti srca, vendar do statistično značilnih razlik pri absolutnih vrednostih ni prišlo:

- maksimalna poraba kisika na kilogram telesne teže ( $VO_{2max}$ ; mL/min/kg) se je od prve meritve v povprečju povečala za 3,12 % ( $p = 0,55$ ) ( $VO_{2/kg\ sept} = 46,52 \pm 4,71$ ;  $VO_{2/kg\ nov} = 47,98 \pm 5,77$ );
- največja frekvenca srca (ud/min) se je dvignila za 2,07 % ( $p = 0,101$ ) ( $FS_{max1} = 176,30 \pm 10,24$ ;  $FS_{max2} = 179,95 \pm 8,37$ );
- absolutna vrednost maksimalnega minutni volumen srca (L/min) je dosegla za 2,6 % višje vrednosti ( $p = 0,109$ ) ( $Q_{sept} = 17,31 \pm 1,64$ ;  $Q_{nov} = 17,76 \pm 1,85$ ), medtem ko relativna vrednost, preračunana na kilogram telesne teže posameznice, kaže statistično značilno poveča-

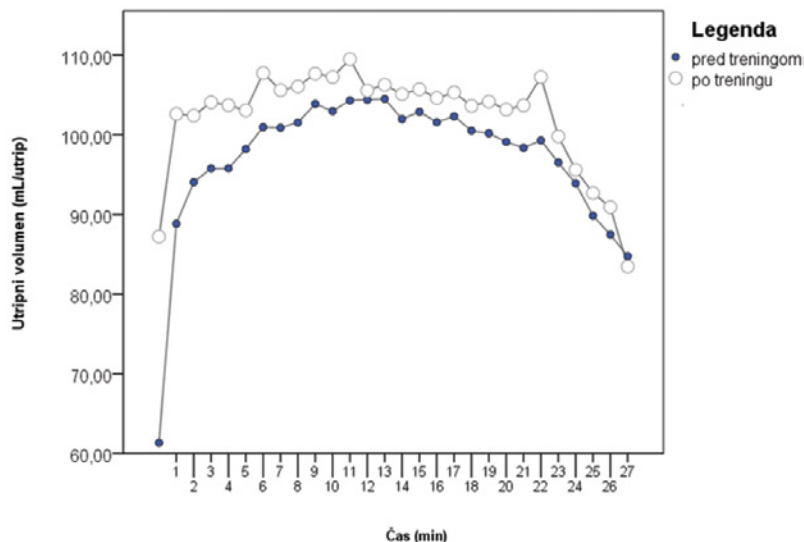
nje ( $VO_{2\ max1/kg\ TT} = 47,4 \pm 5,8$  ml/kg;  $VO_{2\ max2/kg\ TT} = 49,3 \pm 6,0$  ml/kg;  $p = 0,028$ ).

V Tabeli 3 so prikazani nekateri parametri srčne funkcije doseženi pri maksimalnem utripnem volumnu in maksimalni porabi kisika. Vidne so minimalne spremembe parametrov srčne funkcije po vadbi, ki pa niso značilne, saj se intervali zaupanja za povprečje posameznih vrednosti pred in po vadbi prekrivajo in tako ne nakazujejo klinično značilnih sprememb. Odstotek  $VO_{2max}$  pri maksimalnem utripnem volumnu se je pri večini merjenk po treningu zmanjšal iz 61,84 ( $\pm 22,71$ ) % na 55,91 ( $\pm 20,86$ ) %, prav tako je prišlo do 3,57 % padca srčne frekvenice v trenutku največjega utripnega volumna. Maksimalni utripni volumen se je povečal za 2,8 % ( $p > 0,05$ ), hkrati pa je prišlo tudi do povečanja razlike v UV pri maksimalni vrednosti in vrednosti UV pri maksimalni porabi kisika.

**Tabela 3:** Povprečne vrednosti ( $\pm$  SD) nekaterih parametrov srčne funkcije izmerjenih pred in po 8-tedenskem programu vadbe ter statistična značilnost razlik med vrednostmi na podlagi treninga.

	Pred vadbo ( $\pm$ SD)	95-odstotni interval zaupanja za povprečje		Po vadbi ( $\pm$ SD)	95-odstotni interval zaupanja za povprečje		Povprečje razlik ( $\pm$ SD)	T-test (p)
		Spodnja meja	Zgornja meja		Spodnja meja	Zgornja meja		
UVmax (mL/ud)	109,67 ( $\pm 14,72$ )	102,78	116,56	112,85 ( $\pm 14,26$ )	106,18	119,53	-3,186 ( $\pm 11,710$ )	0,239
VO <sub>2</sub> /kg (mL/min/kg) pri UVmax	29,18 ( $\pm 12,92$ )	23,14	35,23	26,76 ( $\pm 10,28$ )	21,95	31,57	2,522 ( $\pm 12,76$ )	0,407
Qt pri UVmax (L/min)	13,76 ( $\pm 3,02$ )	12,35	15,17	13,39 ( $\pm 2,59$ )	12,18	14,60	0,370 ( $\pm 3,10$ )	0,6
padec UV (%) (od UVmax do UV pri VO <sub>2</sub> max)	9,9 ( $\pm 5,32$ )	7,37	12,35	12,2 ( $\pm 4,92$ )	9,87	14,48	-2,321 ( $\pm 6,08$ )	0,104
Qt pri VO <sub>2</sub> max (L/min)	17,3 ( $\pm 1,85$ )	16,45	18,18	17,8 ( $\pm 2,05$ )	16,80	18,72	-0,451 ( $\pm 1,20$ )	0,109
UV pri VO <sub>2</sub> max (mL/ud)	98,5 ( $\pm 11,46$ )	93,10	103,83	98,8 ( $\pm 11,32$ )	93,81	104,12	-0,354 ( $\pm 8,91$ )	0,861
Napor (% FSmax pri UVmax)	67,65 ( $\pm 14,79$ )	60,73	74,57	64,08 ( $\pm 14,00$ )	57,52	70,63	5,872 ( $\pm 26,78$ )	0,351
Napor (% VO <sub>2</sub> max pri UVmax)	61,84 ( $\pm 22,71$ )	51,31	72,47	55,97 ( $\pm 20,86$ )	46,20	65,73	5,871 ( $\pm 26,78$ )	0,339

UV – utripni volumen v mililitrih na udarec; UVmax (mL/ud) – maksimalni utripni volumen v mililitrih na udarec; VO<sub>2</sub>/kg (mL/min/kg) – trenutna poraba kisika na kilogram telesne teže v mililitrih na minuto; Qt – minutni volumen srca v litrih na minuto; VO<sub>2</sub>max – maksimalna poraba kisika; FS – frekvenca srca.



**Slika 1:** Dinamika utripnega volumna pri merjenkah pred in po treningu.

### 3.2 Vpliv vadbe na kvalitativne parametre srčne funkcije

Rezultati kažejo, da je imel trening statistično značilen vpliv na povečanje UV v mirovanju in prvih dveh minutah testa. Medtem ko se v nadaljevanju testa vpliv vadbe na UV zmanjšuje. Iz Slike 1 so vidne dosežene višje povprečne vrednosti UV na vsako minuto testa po treningu, kar nakazuje, da je prišlo do minimalnih sprememb.

Z ANOVO (Tabela 4) smo primerjali UV merjenk med sabo v mirovanju in na vsako minuto testa pred treningom in po njem. Odvisna spremenljivka je bil utripni volu-

**Tabela 4:** Vpliv vadbe na utripni volumen vsako minuto obremenitvenega testa (do 10. minute).

	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Mirovanje	7659,03	7659,03	48,09	0,00
1 min	1249,41	1249,41	7,92	0,01
2 min	960,51	960,51	4,85	0,03
3 min	578,23	578,23	2,50	0,12
4 min	753,80	753,80	3,48	0,07
5 min	366,87	366,87	2,22	0,15
6 min	323,04	323,04	1,62	0,21
7 min	301,02	301,02	1,43	0,24
8 min	370,28	370,28	1,81	0,19
9 min	138,48	138,48	0,70	0,41
10 min	82,42	82,42	0,43	0,52

men, ki je bil beležen med obremenitvenim testom, neodvisna spremenljivka pa je bila prisotnost (po vadbi) ali odsotnost treninga (pred vadbo).

Minimalne spremembe nakazujejo tudi spremembe v dinamiki utripnih volumnov. Pred treningom so imele vse merjenke razen dveh dinamiko UV s platojem. Pri ostalih dveh je bila dinamika platoja s padcem, saj je prišlo do več kot 20 % padca. Po treningu se je dinamika platoja pojavila pri vseh merjenkah, razen pri eni, pri kateri pa je prišlo do platoja s sekundarnim porastom.

## 4. Razpravljanje

Glavne ugotovitve raziskave so, da 8-tedenska vzdržljivostna vadba minimalno vpliva na kvalitativne spremembe srčne funkcije, saj so bile vidne spremembe v dinamiki UV, vendar niso bile statistično značilne. Vadba je povzročila dvig utripnega volumna v mirovanju in prvih dveh minutah testa ( $p < 0,05$ ) ter relativno maksimalno vrednost UV izraženega na kilogram telesne teže. Do napredka je prišlo na področju vzdržljivosti, ker so hitrost teka, čas teka in pretečena razdalja na končnem testu bili značilno večji kot na uvodnih meritvah.

V raziskavi smo primerjali maksimalni UV in dinamiko UV pred in po 8-tedenski vzdržljivostni vadbi ter padec UV od maksimuma do UV pri  $VO_{2max}$  ter še nekatere druge lastnosti srčne funkcije. Rezultati, ki se nanašajo na kvantitativne parametre srčne funkcije, se popolnoma ujemajo z dosedanjimi študijami, ki navajajo, da se pri netreniranih posameznikih najpogosteje pojavlja dinamika UV s platojem.<sup>6,27</sup> Pred treningom je imelo 88 % merjenk dinamiko utripnega volumna s platojem, po treningu pa se je ta odstotek dvignil na 94 %. Literatura navaja, da pri dobro treniranih posameznikih UV narašča skupaj z naraščanjem obremenitve do maksimuma, ali pa je tip dinamike UV odvisen od individualnega odziva na trening.<sup>18-20,22</sup> Očitno je, da lahko tip progresivnega naraščanja UV do maksimuma dosežejo samo dobro trenirani posamezniki in da rekreativna telesna aktivnost ne povzroča takšnih kvalitativnih sprememb v učinkovitosti srčne funkcije. To so deloma

potrdili tudi rezultati raziskave, pri kateri so primerjali odziv UV med netreniranimi odraslimi, dobro treniranimi in vrhunskimi tekači. Ugotovili so, da se pri netreniranih in dobro treniranih pojavi dinamika UV s platojem, med tem ko pri vrhunskih tekačih UV narašča postopoma do maksimalne vrednosti.<sup>22</sup> Nekateri avtorji razlagajo, da je vzrok za pojav postopnega naraščanje UV pri atletih povečano polnjenje levega prekata med diastolo.<sup>27</sup>

Sistolična in diastolična funkcija srca se izboljšujeta vzporedno s povečevanjem intenzivnosti vadbe.<sup>28</sup> Večji maksimalni UV pri športnikih je močno povezan s povečanim UV v mirovanju, ki je posledica večjega končnega diastoličnega volumna levega prekata v mirovanju, in je del vsesplošnega izboljšanja delovanja srčno-žilnega sistema. V tem primeru so dejavniki, ki vplivajo na večji končni diastolični volumen levega prekata v mirovanju, odgovorni za večji maksimalni UV treniranih posameznikov. Torej so razlike v srčni funkciji med treniranimi in netreniranimi prej kvantitativne kot kvalitativne. Nanašajo se na razlike v dimenziji srca, ne pa na delovanje prekatov.<sup>27</sup> S tem se ujemajo tudi naši rezultati. Prišlo je namreč do povečanja UV v mirovanju in prvih dveh minutah testa. Tako lahko sklepamo, da je 8-tedenska vzdržljivostna vadba vplivala na povečanje levega prekata srca ali izboljšanje srčne funkcije v mirovanju.

Največje razlike so se pokazale na področju aerobnih sposobnosti in vzdržljivosti. Redna 8-tedenska aerobna vadba je povzročila dvig  $VO_{2max}$  za približno 1,3 mL $O_2$ /kg/min ali 3,12 %, kar je primerljivo z rezultati raziskave, ki so jo izvedli Carter in sodelavci.<sup>29</sup> V primerjavi z nekaterimi drugimi raziskavami pa je napredek bistveno manjši.<sup>30,31</sup> Odstotek  $VO_{2max}$  pri maksimalnem utripnem volumnu se je pri večini merjenk po treningu zmanjšal iz 61,84 ( $\pm$  22,71) mL/min na 55,91 ( $\pm$  20,86). S tem so se rezultati približali rezultatom do sedaj znanih študij, ki navajajo, da se maksimalni utripni volumen doseže pri 40–50 %  $VO_{2max}$ .<sup>18</sup> Značilen dvig maksimalne porabe kisika se je pokazal pri relativnih vrednostih, pri katerih smo absolutne vrednosti preračunali na kilogram telesne teže posameznice. V tem primeru je

bilo povečanje  $VO_{2max}$  po treningu statistično značilno in je znašalo 3,85 % ( $p = 0,028$ ). Razlike med absolutnimi in relativnimi vrednostmi so nastale zaradi zmanjšanja telesne teže posameznic med vadbo, kar privede do sorazmerno večje porabe kisika na kilogram telesne teže. Največji odziv na trening se je pokazal na parametrih vzdržljivostne vadbe, kjer so se hitrost, čas trajanja in dolžina pretečene razdalje ob zaključku vadbe statistično povečali ( $p = 0,00$ ). Do podobnih ugotovitev sta v svoji raziskavi prišla tudi Škof in Milić, 2010.

Delež relativno nizkega izboljšanja aerobnih sposobnosti pri obravnavanih merjenkah bi lahko pripisali visoki začetni telesni pripravljenosti preiskovank in kratkemu času opazovanja. Ker nekatere od merjenk vadbenega programa niso opravile v skladu z načrtom, so pa izvedle vse meritve, so lahko rezultati nekoliko podcenjeni. Tako se ob izločitvi posameznih merjenk minutni volumen pri maksimalni porabi kisika in maksimalna poraba kisika na kilogram telesne teže pred in po vadbi približata statistični značilnosti ( $p(Q_t) = 0,054$ ;  $p(VO_2/kg) = 0,053$ ).

## 5. Zaključek

Rezultati študije kažejo na povečanje UV v mirovanju in prvih dveh minutah testa, kar lahko pripišemo kvantitativnim spremembam srčno-žilnega sistema. Pri merjenju maksimalnega UV pred in po treningu ni prišlo do značilnih razlik, saj se intervali zaupanja za povprečja pred in po treningu prekrivajo. Takšen rezultat je lahko posledica nižje frekvence srca v času maksimalnega UV po opravljenem treningu kljub povečanju UV v mirovanju. Kot rezultat treninga se je pokazala večja tekaška vzdržljivost. Prav tako po vadbi ni bilo mogoče ugotoviti sprememb v dinamiki utripnega volumna.

Rezultati raziskave so lahko zaradi malega vzorca in visoke začetne pripravljenosti posameznic podcenjeni. V prihodnje bi bilo smiselno ugotoviti vpliv različno intenzivnih in različnih tipov vadbe na srčno-žilno funkcijo. Prav tako bi bilo smotno v raziskavo vključiti neaktivno populacijo, podaljšati čas vadbe in povečati vzorec.

## Literatura

1. Robergs RA, Roberts, S.O., editor. Exercise physiology. ST. Louis: Mosby; 1996.
2. Spina RJ, Ogawa T, Martin WH, 3rd, Coggan AR, Holloszy JO, Ehsani AA. Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *J Appl Physiol* 1992; 72: 2458–62.
3. Hagberg JM, Ehsani AA, Holloszy JO. Effect of 12 months of intense exercise training on stroke volume in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1983; 67:1194–9.
4. Ehsani AA, Martin WH, 3rd, Heath GW, Coyle EF. Cardiac effects of prolonged and intense exercise training in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1982; 50: 246–54.
5. Ehsani AA, Ogawa T, Miller TR, Spina RJ, Jilka SM. Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. *Circulation* 1991; 83: 96–103.
6. Ekblom B, Astrand PO, Saltin B, Stenberg J, Wallstrom B. Effect of training on circulatory response to exercise. *J Appl Physiol* 1968; 24: 518–28.
7. Vella CA, Robergs RA. A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects. *Br J Sports Med* 2005; 39: 190–5.
8. Astrand PO, Cuddy TE, Saltin B, Stenberg J. Cardiac Output during Submaximal and Maximal Work. *J Appl Physiol* 1964; 19: 268–74.
9. Higginbotham MB, Morris KG, Williams RS, McHale PA, Coleman RE, Cobb FR. Regulation of stroke volume during submaximal and maximal upright exercise in normal man. *Circ Res* 1986; 58: 281–91.
10. McLaren PF, Nurhayati Y, Boutcher SH. Stroke volume response to cycle ergometry in trained and untrained older men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997; 75: 537–42.
11. Proctor DN, Beck KC, Shen PH, Eickhoff TJ, Halliwill JR, Joyner MJ. Influence of age and gender on cardiac output-VO<sub>2</sub> relationships during submaximal cycle ergometry. *J Appl Physiol* 1998; 84: 599–605.
12. Rivera AM, Pels AE, 3rd, Sady SP, Sady MA, Cullinane EM, Thompson PD. Physiological factors associated with the lower maximal oxygen consumption of master runners. *J Appl Physiol* 1989; 66: 949–54.
13. Spina RJ, Ogawa T, Kohrt WM, Martin WH, 3rd, Holloszy JO, Ehsani AA. Differences in cardiovascular adaptations to endurance exercise training between older men and women. *J Appl Physiol* 1993; 75: 849–55.
14. Ogawa T, Spina RJ, Martin WH, 3rd, Kohrt WM, Schechtman KB, Holloszy JO, et al. Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation* 1992; 86: 494–503.
15. Chapman CB, Fisher JN, Sproule BJ. Behavior of stroke volume at rest and during exercise in human beings. *J Clin Invest* 1960; 39: 1208–13.
16. Ferguson S, Gledhill N, Jamnik VK, Wiebe C, Payne N. Cardiac performance in endurance-trained and moderately active young women. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1114–9.
17. Wiebe CG, Gledhill N, Jamnik VK, Ferguson S. Exercise cardiac function in young through elderly endurance trained women. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 684–91.
18. Ekblom B, Hermansen L. Cardiac output in athletes. *J Appl Physiol* 1968; 25: 619–25.
19. Gledhill N, Cox D, Jamnik R. Endurance athletes' stroke volume does not plateau: major advantage is diastolic function. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26: 1116–21.
20. Krip B, Gledhill N, Jamnik V, Warburton D. Effect of alterations in blood volume on cardiac function during maximal exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1469–76.
21. Martino M, Gledhill N, Jamnik V. High VO<sub>2</sub>max with no history of training is primarily due to high blood volume. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 966–71.
22. Warburton DE, Gledhill N, Jamnik VK, Krip B, Card N. Induced hypervolemia, cardiac function, VO<sub>2</sub>max, and performance of elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 800–8.
23. Zhou B, Conlee RK, Jensen R, Fellingham GW, George JD, Fisher AG. Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1849–54.
24. Rowland TW. Circulatory responses to exercise: are we misreading Fick? *Chest* 2005; 127: 1023–30.
25. Edwards S. The heart rate monitor book. Sacramento: Fleet Feet Press; 1993.
26. Janssen TW, Dallmeijer AJ, van der Woude LH. Physical capacity and race performance of handcyclers. *J Rehabil Res Dev* 2001; 38: 33–40.
27. Stringer WW, Hansen JE, Wasserman K. Cardiac output estimated noninvasively from oxygen uptake during exercise. *J Appl Physiol* 1997; 82: 908–12.
28. Rowland T. Endurance athletes' stroke volume response to progressive exercise: a critical review. *Sports Med* 2009; 39: 687–95.
29. Rowland T, Heffernan K, Jae SY, Echols G, Fernhall B. Tissue Doppler assessment of ventricular function during cycling in 7- to 12-yr-old boys. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38: 1216–22.
30. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams C, Doust JH. Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Appl Physiol* 2000; 89: 1744–52.
31. Hoppeler H, Howald H, Conley K, Lindstedt SL, Claassen H, Vock P, et al. Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1985; 59: 320–7.
32. Cunningham DA, Hill JS. Effect of training on cardiovascular response to exercise in women. *J Appl Physiol* 1975; 39: 891–5.