

VPLIV 6-MESEČNEGA VADBENEGA PROGRAMA NA VZDRŽLJIVOST IN PARAMETRE AEROBNE SPOSOBNOSTI ODRASLIH ŽENSK

THE EFFECT OF A SIX-MONTH TRAINING PROGRAMME ON THE ENDURANCE AND AEROBIC CAPACITY PARAMETERS OF ADULT WOMEN

Branko Škof¹, Radoje Milić¹

Prispelo: 27. 10. 2009 - Sprejeto: 20. 2. 2010

Pregledni znanstveni članek
UDK 796.012.12:796.422

Izvleček

Namen študije je bil ugotoviti vpliv kompleksnega polletnega rekreativnega programa na tekaško vzdržljivost žensk srednjih let z nizko telesno pripravljenostjo in ugotoviti, na katere parametre aerobne sposobnosti vpliva izbrana vadba.

V eksperiment je bilo vključenih 11 žensk povprečne starosti $48,7 \pm 11,9$ let. Njihova telesna višina je bila $165,5 \pm 7,1$ cm, telesna masa $74,1 \pm 10,7$ kg, delež maščobne mase pa $25,6 \pm 5,6$ %. Največja poraba kisika je znašala $33,7 \pm 6,1$ mlO₂/kg/min.

Program je potekal 24 tednov 4-krat tedensko. Za razvoj vzdržljivosti so preiskovanke opravljale vadbo teka in hoje ter druge oblike aerobne vadbe. Pomembna vsebina programa pa je bila tudi vadba za razvoj mišične moči in gibljivosti.

Preiskovanke so pred končanim vadbenim programom in po njem opravile antropometrične meritve in meritve funkcionalnih ter biokemijskih parametrov z obremenilnim testom na tekoči preprogi.

Vsi izbrani parametri tekaške vzdržljivosti so se izboljšali za 10 do 19,7 % ($P < 0,01$). Vrednost VO₂max se je povečala za 360 ml/min oziroma 5,5 ml/kg/min, kar pomeni $14,1 \pm 1,2$ -odstotni oziroma $16,9 \pm 1,5$ % napredek ($P < 0,001$). K povečani aerobni sposobnosti preiskovank po končanem vadbenem protokolu so najpomembneje vplivali parametri srčne funkcije in dihalni kazalci. Utripni volumen srca se je povečal za $11,5 \pm 3,1$ %; z $80,2 \pm 11,5$ ml na $89,4 \pm 7,6$ ml; ($P < 0,05$), največja minutna ventilacija pa za $13,7 \pm 1,4$ % ($P < 0,01$).

Na osnovi rezultatov je mogoče ugotoviti, da je bil kompleksen tekaški program za izbran vzorec žensk srednjih let z nizko telesno pripravljenostjo učinkovit. Ni zagotovil le pozitivnega biološkega odziva in posredno zmanjšanega zdravstvenega tveganja, temveč je bil tudi pomemben dejavnik pri razvijanju zdravega, tj. aktivnega načina življenja odraslih žensk.

Ključne besede: aerobne sposobnosti, vzdržljivost, učinki vadbe, ženske

Review article
UDC 796.012.12:796.422

Abstract

The aim of the study was to determine the effect of a complex six-month recreational running programme on the aerobic capacity of middle-aged women with poor physical fitness, and to establish which physiological and biochemical parameters are affected by the selected training. The study included 11 females with the average age of 48.7 ± 11.9 years. Their body height was 165.5 ± 7.1 cm, body mass 74.1 ± 10.7 kg and body fat percentage 25.6 ± 5.6 %. The maximum oxygen uptake was 33.7 ± 6.1 mlO₂/kg/min.

The training programme took place four times a week over a 24-week period. The endurance training consisted of running, walking and walking uphill. Another important element of the programme were exercises for muscle strength and flexibility.

¹Univerza v Ljubljani; Fakulteta za šport, Fiziološki laboratorij, Gortanova 22, 1000 Ljubljana
Kontaktni naslov: e-pošta: branko.skof@fspuni-lj.si

Before and after the training programme, the participants underwent anthropometrical measurements and measurements of functional and biochemical parameters using a loading test on a treadmill.

All the selected running endurance parameters improved by 10 % to 17% ($P < 0.01$). VO_{2max} increased by 360 ml/min or 5.5 ml/kg/min, which means $14.1 \pm 1,2$ % or $16.9 \pm 1,5$ % ($P < 0.001$). The increase in the runners' aerobic capacity after completing the training protocol was mainly due to improved cardiac function parameters. The heart stroke volume rose by $11.5 \pm 3,1$ %, i.e. from 80.2 ± 11.5 ml to 89.4 ± 7.6 ml; ($P < 0.05$).

The study results confirmed the efficiency of the complex running programme in the selected sample of middle-aged women with poor physical fitness. It not only brought about a positive biological response with an indirect decrease in health risk, but also encouraged the participants to adopt a healthy and active lifestyle.

Key words: aerobic capacities, endurance, effects of training, women

1 Uvod

Slaba vzdržljivost in nizka aerobna sposobnost človeka velja za pomemben dejavnik tveganja za različne bolezni srca in ožilja ter druge bolezni (1, 2).

Parameter, ki nam pokaže in ovrednoti aerobno sposobnost človeka, imenujemo sprejem kisika. Človek doseže najvišje vrednosti sprejema kisika (VO_{2max}) med 15. in 30. letom, nato pa vrednost vedno hitreje pada. Zmanjševanje VO_{2max} je povprečno 8 - 10 % na 10 let (2, 3).

Vzporedno z upadanjem vrednosti VO_{2max} upada tudi sposobnost človeka za opravljanje osnovnih telesnih dejavnosti. V vrsti raziskav, ki so proučevale povezanost med ravnijo funkcionalne sposobnosti merjencev z neposrednim merjenjem in določanjem ali ocenjevanjem najvišjega sprejema kisika (VO_{2max}) ter dejavniki tveganja za razvoj koronarne bolezni srca, so ugotovili, da imajo merjenci z najboljšimi srčno-žilnimi sposobnostmi nižje vrednosti maščob v krvi, nižji arterijski tlak, nižje vrednosti glukoze in sečne kisline v krvi ter nižjo telesno težo (4, 5). Ljudje z vrednostjo VO_{2max} pod 29,1 ml/kg/min imajo skoraj sedemkrat večjo možnost za razvoj vsaj enega od dejavnikov metaboličnega sindroma kot tisti z vrednostmi VO_{2max} , ki so enake ali višje od 35,5 ml/kg/min (4). Redna aerobna in druga telesna dejavnost v srednjih letih in starosti upočasnjuje upadanje funkcionalnih sposobnosti človeka (6-8). Vendar pa so podatki o vplivu telesne dejavnosti na povečanje aerobnih sposobnosti (VO_{2max}) pri odraslih ljudeh zelo različni: od nikakršnega do zelo izrazitega izboljšanja (od 0 % do 44 %) (9-11). Velikost sprememb je povezana s stanjem telesne pripravljenosti posameznikov, njihovo starostjo in tudi z vsebino, intenzivnostjo ter trajanjem vadbe.

V znanstveni literaturi so v večini ovrednoteni učinki vsebinsko zelo enostranskih vadbenih protokolov, ki

se običajno močno razlikujejo od programov, ki jih izvajamo v praksi. Športno-rekreativni programi v praksi morajo biti raznovrstni in zanimivi, da ljudi pritegnejo in motivirajo za redno delo skozi daljši čas. Danes številni ponudniki športno-rekreativnih dejavnosti, mediji in drugi ponujajo različne programe z zelo smelimi obljubami in brez poznavanja dejanskih učinkov take vadbe. Tudi v literaturi ni zaslediti znanstvenega vrednotenja v praksi izvajanih kompleksnih rekreativnih vadbenih programov.

Zato smo želeli z objektivnimi parametri ovrednotiti vadbeni program, ki so ga ljudje v Sloveniji zaradi široke medijske podpore Delove priloge Polet vsaj v osnovnih izhodiščih množično izvajali. Namen študije bil ugotoviti vpliv 24-tedenskega celostnega programa rekreativne vadbe (začetniški program) na tekaško vzdržljivost in aerobne sposobnosti žensk s pretežno sedečim načinom življenja in posledično nizko ravnijo telesne pripravljenosti. Hkrati pa smo želeli ugotoviti, na katere kazalce aerobne sposobnosti preiskovank vpliva izbrani vadbeni program.

2 Metode dela

2.1 Vzorec merjenk

V eksperiment je bilo izbranih 14 žensk, vendar je celoten eksperimentalni program in protokol merjenj izpolnilo 11 oseb.

V vzorec so bile izbrane posameznice, ki v zadnjih petih letih niso bile redno telesno aktivne, brez tekaških izkušenj in s slabimi telesnimi zmogljivostmi; njihova povprečna vrednost VO_{2max} je bila 2488 ml O_2 /min oziroma 33,7 ml O_2 /kg/min. Vse preiskovanke smo pred začetkom eksperimenta natančno seznanili z merskimi postopki in tveganji v zvezi z njimi. Vse so podpisale pisno privoljenje v skladu s Helsinško

deklaracijo. Osnovne značilnosti preiskovank so prikazane v Tabeli 1.

Tabela 1. *Osnovne značilnosti preiskovank (AS ± SD).*

Table 1. *Participant characteristics.*

Parameter	AS ± SD
N	11
Starost Age	48,7 ± 11,9
TV (cm) BH (cm)	165,9 ± 7,1
TT (kg) BW (kg)	74,1 ± 10,7
BMI	27,0 ± 3,6
FM (%)	25,6 ± 5,6
VO ₂ max (ml/min)	2488 ± 685
VO ₂ max (ml/kg/min)	33,7 ± 6,1

AS=aritmetična sredina; SD=standardni odklon; TV=telesna višina; TT=telesna masa; BMI=indeks telesne mase; FM=delež maščobne mase; VO₂max=največja poraba kisika.

2.2 Eksperimentalni postopek

Preiskovanke so pred vključitvijo v vadbeni program opravile pregled pri zdravniku športne medicine (biokemijska analiza krvi, EKG srca in spirometrični test). Sledile so antropometrične meritve in meritve funkcionalnih in biokemijskih parametrov z

obremenilnim testom na tekoči preprogi. Te meritve so preiskovanke opravile pred vadbenim programom in 7 do 10 dni po končanem vadbenem programu.

Na osnovi rezultatov začetnega obremenilnega testa smo za vsako preiskovanko pripravili vadbeni program. Program je potekal 24 tednov - od maja do konca oktobra - in upošteval zakonitosti ciklizacije razvoja vzdržljivosti in mišične moči. Treningi so trajali 1,5 do 2 uri in so potekali 4-krat tedensko.

Dvakrat tedensko so treningi potekali pod vodstvom usposobljenih trenerjev. Individualni program vadbe pa je vključeval še 2-krat tedensko samostojno tekaško ali drugo aerobno vadbo doma. Za vsako preiskovanko smo vodili dnevnik vadbe. Vse tekaške treninge smo spremljali tudi s monitorji srčnega utripa Polar S 800 in S 400.

Opis vadbenega programa

Vadbeni program je vključeval 2-krat (v prvih 8. tednih) oziroma 3-krat tedensko (v drugem obdobju) trening teka in hoje za razvoj vzdržljivosti. Te vadbene enote so vsebovale 2- do 3- minutne cikle menjavanje hoje in pogovornega teka (intenzivnost med 80–85 % največje frekvence srca – FS max) v obsegu od 30 do 60 minut. Intervali hoje so se postopoma skrajševali, teka pa podaljševali. Po 12 tednih so bile vse sposobne brez vmesne hoje preteči vsaj 45 minut. Pomembna vsebina programa je bila tudi vadba za razvoj mišične moči in gibljivosti. Trening moči je vključeval vaje za razvoj mišične moči vseh večjih mišičnih skupin. Vaje smo izvajali na prostem z elastičnimi trakovi, žogami, obtežilnimi vrečami ali brez dodatne obtežitve. Skupni treninki so se zaključili z 10-minutnim raztezanjem vseh večjih mišičnih skupin in sklepov.

Poleg tekaške vadbe je bila 1-krat tedensko predvidena hoja v hrib (krajši, približno 40-minutni vzpon) in 1-krat tedensko daljši nizkointenzivni planinski ali kolesarski izlet.

Primer vadbenega programa v prvem obdobju vadbe skupine začetnikov

Ponedeljek: Tek in hoja 30 - 45 min (3-minutni cikel: 0,5 - 2 minuti teka; 2 - 0,5 minut hoje); cikel se ponovi 10- do 15-krat

vaje za moč (25 min); raztezne vaje (10 min)

Torek: Počitek; dan brez zahtevnih telesnih dejavnosti

Sreda: Tek in hoja 30 - 40 min (2-minutni cikel: 0,5 - 1,5 teka; 1,5 - 0,5 minut hoje) + 5 do 15 min neprekinjenega lahkotnega teka; vaje za moč (25 min) + raztezne vaje (10 min)

Četrtek: Počitek; dan brez zahtevnih telesnih dejavnosti

Petek: Tek in hoja 30 - 45 min (3-minutni cikel); vaje za moč (25 min) + raztezne vaje (10 min)

Sobota: Kolesarski ali planinski izlet (nizkointenzivno; 2 do 3h z vmesnimi odmori)

Nedelja: Dan brez zahtevnih telesnih dejavnosti

Realizacija vadbe:

Preiskovanke so v 24 tednih opravile 58 (od 49 do 68 treningov s tekom in hojo (povprečno 2,43 tedensko) in pretekle povprečno 137 minut tedensko (od približno 16 km do 23 km/teden). Skupni čas tekaške vadbe je bil povprečno 53,5 ur na posameznico (Tabela 2). Ob tem so se še enkrat tedensko (povprečno 65 minut) ukvarjale z drugo aerobno dejavnostjo (planinarjenje, kolesarjenje).

Realizacija vadbe razen pri redkih posameznicah ni v celoti dosegla načrtovanega obsega. Povprečna realizacija (število opravljenih treningov glede na planirane je bila 84 %).

2.3 Opis merskih postopkov in spremenljivk

Merjenje morfoloških značilnosti. Merjenje je bilo opravljeno v skladu z navodili Mednarodnega Biološkega Programa (IBP) (12, 13). Izmerili smo telesno višino, telesno maso ter premere sklepov, obsege na posameznih delih udov in kožne gube. Iz izmerjenih vrednosti smo izračunali naslednje spremenljivke sestave telesa: *indeks telesne mase* (BMI), *delež maščobno maso* (AMASPP), *mišična masa (kg)* (AMIS) in *delež mišične mase* (AMISP).

Tabela 2. Povprečni tedenski obseg realizirane vadbe po posameznih vadbenih skupinah.

Table 2. Average amount of completed weekly training, by training groups.

Parametri vadbe Training parameters	Realizacija vadbe Completed amount of training
Število tekaških vadbenih enot/teden No. of running sessions/week	2,43 (načrtovanih 67VE, opravljenih 58 VE ali 87 %) 2.34 (planned-67sessions, completed-58 sessions, i.e 87%)
Število enot vadbe z drugo športno vsebino/teden No. of other sports sessions /week	0,9 (načrtovanih 28VE, opravljenih 22 VE ali 78 %) 0.9 (planned-28 sessions, completed -22 sessions, i.e. 78%)
Obseg teka/teden (minut) Amount of weekly running training (minut)	137
Obseg celotne športne aktivnosti/teden (min) Total amount of weekly sports activities (min)	201.8

VE=vadbena enota

Opis testnega protokola na tekoči preprogi.

Vzorec spremenljivk za oceno aerobnih in anaerobnih energijskih zmogljivosti predstavljajo spiroergometrijski parametri, ki smo jih izmerili s stopnjevanim obremenilnim testom na tekoči preprogi. Za merjenje teh parametrov smo uporabili spiroergometrijski sistem s pripadajočo programsko opremo italijanskega proizvajalca Cosmed, model K4 b², ki omogoča kontinuirano *on-line, breath-by-breath* spremljanje sprejema kisika (O₂) in produkcije CO₂ v izdihanem zraku. Za podatke, pridobljene po metodi Breath-by-breath med obremenilnim testom, smo izračunali povprečje na 5-sekundni časovni interval.

Protokol smo pričeli s spremljanjem ventilacijskih in metaboličnih parametrov v mirovanju (1 minuta).

Po ogrevanju (3 minute hoje pri hitrosti 5 km/h in 3 minute pri hitrosti 6 km/h pri 0 % naklona) se je nagib preproge povečal na 2 %. Začetna hitrost teka je bila 6 km/h in se je povečala za 1 km/h vsakih 120 s do izčrpanosti preiskovank. Za spremljanje obnove po naporu so preiskovanke nadaljevale s 5 minutami hoje pri hitrosti 5 km/h.

Za potrebe predstavljene študije smo izbrali sledeče spremenljivke:

Spremenljivke tekaške vzdržljivosti: *čas teka na tekoči preprogi (T)*, *pretečena razdalja v testu na tekoči preprogi (PR)*, *hitrost VO₂max (vVO₂max)*, *končna hitrost (Vkon)* - najvišja hitrost, ki jo je preiskovanka zmogla preteči) in *čas teka na 10 km* na tekaški prireditvi.

Spremenljivke zmogljivosti srčno-žilnega sistema: *frekvenca srca (FS)*, *utripni volumen srca pri maksimalni obremenitvi (UV max)* in *minutni volumen srca pri maksimalni obremenitvi (MVS)*.

Utripni volumen srca (UVS) je bil izračunan po metodi Stringer–Wasserman (14). Izračun je implementiran v računalniški program spiroergometrijskega sistema Cosmed, model K4 b², ki je bil uporabljen v študiji.

Spremenljivke dihalne funkcije: *frekvenca dihanja (FD)*, *vdihni volumen (TV)* in *največja minutna ventilacija (VE)*.

Spremenljivke presnove: *Največja absolutna vrednost sprejema kisika (VO₂max_A)*, *največja relativna vrednost sprejema kisika (VO₂max_R)*, *respiratorni količnik (R)*, *(VCO₂/VO₂)* in *vsebnost laktata v krvi (LA)*.

Za določanje največje vrednosti porabe kisika v testu smo uporabili sledeča merila (15):

- 1) dinamika VO₂ doseže plato (porast Vo₂ manjši od 2 ml/kg/min ali <5 %) s povečanjem obremenitve;
- 2) frekvenca srca preseže 95 % glede na starost predvidene frekvence;
- 3) VE/VO₂ (dihalni ekvivalent) >30;
- 4) RQ (respiratorni količnik) > 1,10.

Za merjenje vsebnosti laktata v krvi smo uporabili analizator Eppendorf Ebio + lactate analyser (Eppendorf HQ Barkhausenweg 1 22339 Hamburg Germany). 20ml vzorec krvi smo odvzeli iz hiperemične ušesne mečice v mirovanju pred testom in 3 ter 5 minut po končanem testu.

Vrednost arteriovenske razlike smo izračunali po enačbi: $(A-v) \text{ dif} = \text{VO}_2 \text{ max} / \text{MVS}$.

Izračunani kazalci: *hitrost teka pri laktatnem pragu (vLP)* in *hitrost teka pri točki respiratorne kompenzacije (vRC)*.

Laktatni prag in točka respiratorne kompenzacije sta določena na osnovi presečišča funkcij VCO₂ in VO₂ (metoda V-slope) (16-18) z vizualnim določanjem dveh neodvisnih in izkušenih ocenjevalcev.

2.4 Statistične metode obdelave podatkov

Za ugotavljanje razlik v posameznih parametrih med začetnim in končnim stanjem je bil uporabljen t-test za odvisne vzorce. Prag statistične pomembnosti smo opredelili pri 5 %.

3 Rezultati

Preiskovanke so v 24 tednih izgubile 2 kg (p<0,05) oziroma 2,7 % telesne mase. Delež maščobnega tkiva v telesu se je znižal od 25,6 ± 5,6 % na 24,3 ± 4,1 %

(p = 0,064), delež mišičnega tkiva pa povečal s 40,2 ± 3,7 % na 42,2 ± 2,4 % (p = 0,112). ITM preiskovank se je znižal iz 27,0 ± 3,6 na 26,4 ± 2,9, vendar spremembe niso statistično značilne.

3.1 Vpliv vadbe na tekaško vzdržljivost

Vpliv 24-tedenskega vadbenega programa na posamezne parametre tekaške vzdržljivosti preiskovank je prikazan v Tabeli 3.

Izbrani parametri tekaške vzdržljivosti so se po 24-tednih vadbe pričakovano izboljšali. Čas testnega teka se je povečal za 91 s ali 10,6 % (p<0,05). Za podoben rang velikosti se je izboljšala tudi končna hitrost testa (p<0,01), hitrost pri Vo₂max (p <0,01) pragu respiratorne kompenzacije (p<0,01).

Kljub povečanju hitrosti teka pri pragu respiratorne kompenzacije, se razmerje med vRC in vVO₂max ni spremenilo. Pred programom in po njegovem zaključku je bila vrednost VCR 87 % vrednosti vVO₂max.

Pretečena razdalja testnega teka na tekoči preprogi se je izboljšala za 318 m ali 19,7 % (p<0,01). Nobena od preiskovank na začetku eksperimentalnega programa ni bila sposobna neprekinjenega teka več kot nekaj minut. Po 24-tedenskem programu pa so brez večjih težav pretekle 10-kilometrsko razdaljo s povprečno hitrostjo 6,42 min/km.

3.2 Vpliv vadbe na parametre aerobne sposobnosti

Na aerobno sposobnost preiskovank v največji meri vplivajo dihalni parametri, parametri srčne funkcije in kazalci presnove. V Tabeli 4 so predstavljene razlike v teh parametrih med prvim in drugim merjenjem.

Preiskovanke so s 24-tedensko vadbo izboljšale VO₂max za 360 ml/min (14,1 ± 1,2 %) oziroma 5,5 ml/kg/min (16,9 ± 1,5 %) (p<0,001). Večje povečanje relativne vrednosti VO₂max je posledica zmanjšane telesne mase za 2 kg.

Največja minutna VE se je povečala za več kot 12 l (P<0,01), kar je predvsem posledica povečanja vdihnega volumna za 0,2 l ali 10,9 ± 1,2 % (P<0,05). Frekvenca dihanja ni spremenila.

Na arteriovensko diferenco za kisik, ventilacijski ekvivalent za kisik VE/VO₂, RQ, in LA max pri največji obremenitvi vadbeni program ni povzročil statistično pomembnih razlik.

K povečani aerobni sposobnosti preiskovank po končanem vadbenem protokolu so najpomembneje vplivali parametri srčne funkcije. Minutni volumen srca pri maksimalni obremenitvi (MVS max) se je povečal za 1,2 l ali za 13,2±3,2 % (P<0,01). Ob nespremenjenem

Tabela 3. Razlike v osnovnih telesnih in v vzdržljivostnih parametrih med prvim in drugim merjenjem.
Table 3. Differences in basic physical endurance parameters, results of initial and final measurements.

Parametri (N=11) Parameters (N=11)	Začetno stanje Initial results (AS ± SD) (AM ± SD)	Končno stanje Final results (AS ± SD) (AM ± SD)	Sprememba Change (%)
- Rezultat 10 km (min) - Result 10 km (min)		67,3 ± 6,3	
- T testa (s) - Treadmill test (s)	859 ± 126	950 ± 139 *	+10,6 ± 2,1
- PR (m) - Distance run (m)	1613 ± 328	1931 ± 339 **	+ 19,7 ± 2,8
- v-kon (km/h)	10,35 ± 1,77	11,38 ± 1,29 **	+ 10 ± 0,9
- v _{LT} (km/h)	7,10 ± 1,05	7,64 ± 1,01	+ 7,6 ± 1,2
- v _{RC} (km/h)	8,5 ± 1,33	9,48 ± 1,22 **	+ 11,7 ± 1,9
- vVO ₂ max (km/h)	9,82 ± 1,5	10,96 ± 1,06 **	+ 11,6 ± 0,9

AS=aritmetična sredina; SD=standardni odklon; v_{LT}=hitrost teka pri laktatnem pragu; v_{RC}=hitrost teka pri točki respiratorne kompenzacije; vVO₂max=hitrost teka pri izmerjeni najvišji porabi kisika

* p<0,05; ** p<0,01; p<0,001- statistično značilna sprememba glede na začetno stanje

Tabela 4. Razlike v fizioloških in biokemijskih parametrih pri maksimalni obremenitvi med prvim in drugim merjenjem.

Table 4. Differences in physiological and biochemical parameters at maximum load between the first and second measurement.

Parametri (N=11) Parameters (N=11)	Začetno stanje Initial results (AS ± SD) (AM ± SD)	Končno stanje Final results (AS ± SD) (AS ± SD)	Sprememba Change (%)
- VO ₂ max (ml/min)	2488 ± 685	2839 ± 618 ***	+ 14,1 ± 1,2
- VO ₂ max (ml/kg/min)	33,7 ± 6,1	39,4 ± 4,5 ***	+ 16,9 ± 1,5
- VE (l)	86,8 ± 17,4	98,7 ± 19,1 **	+13,7 ± 1,4
- TV (l)	1,93 ± 0,55	2,14 ± 0,54*	+ 10,9 ± 1,2
- FD (l) - FB (l)	45,2 ± 5,1	46,5 ± 5,3	+ 2,9 ± 0,4
- VE/VO ₂	34,0 ± 4,7	33,6 ± 3,7	
- FSmax (ut/min) - HRmax (beat/min)	168 ± 9,5	171 ± 12	+ 1,8 ± 0,2
- UVS max (ml/utrip) - SV max (ml/beat)	80,2 ± 11,5	89,4 ± 7,6 *	+ 11,5 ± 3,1
- MVS max (l/min) - CO max (l min)	13,6 ± 1,9	15,4 ± 1,3 **	+ 13,2 ± 3,2
- RQ	0,98 ± 0,06	1,04 ± 0,11	+ 6,1 ± 1,1
- LA max (mmol/l)	5,9 ± 2	6,1 ± 1,57	+ 3,2 ± 0,6

AS=aritmetična sredina; SD=standardnodklon; VO₂max=največja poraba kisika; VE=največja minuta ventilacija; TV=vdični volumen; FD=frekvenca dihanja; VE/VO₂=ekvivalent za kisik; FSmax=največja frekvenca srca; UVS=utripni volumen srca; MVS=minutni volumen srca; RQ=respiratorni količnik; LA max=najvišja vsebnost laktata

* p<0,05; ** p <0,01; p<0,001 - statistično značilna sprememba glede na začetno stanje

FS max po končanem eksperimentalnem programu je povečana vrednost MVS max predvsem posledica povečanega utripnega volumna srca (UV max). Volumen iztisnjene krvi iz levega ventrikla se je povečal za $11,5 \pm 3,1$ %; iz $80,2 \pm 11,5$ ml na $89,4 \pm 7,6$ ml; ($P < 0,05$).

4 Razpravljanje

Pol letni program aerobne vadbe je povzročil od 10 do 19,7 % izboljšanje vzdržljivosti oziroma tekaške pripravljenosti v vzorec vključenih žensk. Preiskovanke so po končanem vadbenem programu zmogle eno stopnjo višjega napora in pretekle za 19,7 % daljšo razdaljo na obremenilnem testu kot pred začetkom vadbe. Nobena od njih na začetku eksperimentalnega programa ni bila sposobna neprekinjenega teka več kot nekaj minut. Po 24-tedenskem programu pa so brez večjih težav pretekle 10-kilometrsko razdaljo v času od 57:55 do 1:20,18 oziroma s povprečno hitrostjo 6,43 minut/km.

Vzdržljivost pri dolgotrajnih obremenitvah je v največji meri odvisna od učinkovitosti aerobnih presnovnih procesov (VO_2max), ki celicam zagotavljajo energijo za delo, sposobnost dolgotrajnega opravljanja vadbe pri intenzivnosti, ki je čim bližja VO_2max , in ekonomičnost gibanja, ki omogoča racionalno uporabo ustvarjene energije (19).

Tekaški napredek je bil predvsem posledica izboljšanja aerobnih sposobnosti preiskovank. Redna tri- do štiri-krat tedenska aerobna vadba (povprečno 200 minut/teden) je povzročila za okrog 6 mlO₂/kg/min ali 17-odstotno povečanje vrednosti VO_2max , kar glede na rezultate drugih raziskav (9, 11, 20, 21), lahko opredelimo kot izrazit napredek.

Zaradi majhne telesne zmogljivosti preiskovank z v večini povečano telesno maso (BMI=27,1) je bil osnovni cilj programa predvsem postopno povečanje časa/obsega vadbe, intenzivnost vadbe pa je bila ustrezno nižja. Največji del aerobne vadbe je bil v območju zmerne intenzivnosti, in sicer med 80 in 90 % največje frekvence srca.

Na osnovi rezultatov lahko ugotovimo, da je bil obseg vadbe (povprečno vsak drugi dan s telesno dejavnostjo (137 minut teka in 65 minut drugih aerobnih dejavnosti na teden) za izbrane preiskovanke dovolj velik stres za biološke prilagoditve srčno-žilnega in dihalnega sistema ter izrazito izboljšanje vrednosti VO_2max .

Izboljšanje aerobne sposobnosti človeka ni odvisno le od vsebine, intenzivnosti in obsega vadbe, temveč tudi od številnih drugih dejavnikov, npr. stanja telesne

pripravljenosti in starosti preiskovancev (22-24). Prav gotovo je določen delež relativno velikega izboljšanja aerobnih sposobnosti pri obravnavanih preiskovankah moč pripisati tudi nizki izhodišni telesni pripravljenosti preiskovank. Toda zmanjšanje telesne teže, izboljšanje sestave telesa ter izdatno izboljšanje vzdržljivosti in aerobne sposobnosti (VO_2max) preiskovank v zrelih letih pomeni pomemben pozitiven premik v kakovosti njihovega življenja. Glede na rezultate študij (4, 5) je moč sklepati, da izboljšanje aerobne sposobnosti pomeni za preiskovanke tudi zmanjšanje tveganja za razvoj dejavnikov metaboličnega sindroma in zmanjšano zdravstveno tveganje nasploh.

Vpliv vadbe na posamezne mehanizme aerobne sposobnosti

Spina in sod. (25) so na vzorcu starejših neaktivnih preiskovank (nad 63 let) ugotovili, da je bilo izboljšanje VO_2max za 11 % do 30 % po 9- do 12-mesečni aerobni vadbi posledica predvsem povečane arteriovenske diference kisika v mišici in v manjši meri povečanega utripnega volumna srca.

Rezultati predstavljene študije kažejo drugače. Tekaaški vadbeni program je povzročil značilno povečanje zmogljivosti srca in dihalnih kazalcev preiskovank, vendar pa nikakršnega učinka pri izračunani vrednosti arterio-venske diference.

Po 24-tedenskem obdobju vadbe se je utripni volumen srca povečal za 11,3 %, srčno delo pa za 13,2 %. Največja minutna ventilacija se je povečala za 16 %, v največji meri na račun volumna vdiha.

Mogoče je sklepati, da je bil naš tekaški program za izbrane preiskovanke predvsem v zadnjih 12 tednih vsaj s posameznimi treningi tako zahteven (vadba blizu 90 % vrednost FSmax), da je v večji meri vplival na srčno in dihalno funkcijo, manj pa na obrobne dejavnike.

To razmišljanje potrjuje tudi dejstvo, da se odstotne vrednosti hitrosti teka ali izrabe kisika tako pri laktanem pragu, kot tudi pri točki respiratorne kompenzacije glede na hitrost teka (izrabo kisika) pri vrednosti VO_2max z vadbo niso spremenile. Kljub relativno velikemu obsegu vadbe (še posebej v primerjavi z obsegom telesne dejavnosti pred vstopom v vadbeno skupino) je prag respiratorne kompenzacije ostal na 87 % vrednosti VO_2max , laktatni prag pa na 71 % vrednosti VO_2max .

Vpliv vadbe je mogoče obravnavati še z enega vidika. Znano je namreč, da je dinamika vpliva vadbe na različne mehanizme aerobne funkcije različna. Nekateri učinki se pokažejo že zelo hitro, drugi potrebujejo daljši čas. Tako sta Cunningham in Hill (20) ugotovila, da je bilo 34-odstotni izboljšanje aerobnih sposobnosti 31-

letnih žensk po 9-tedenski vadbi predvsem posledica izboljšanja udarnega volumna srca (A-V diferenca za kisik se v tem času ni spremenila). V nadaljnjih 40 tednih vadbe pa se je vrednost $VO_2\max$ izboljšala le še za 5 %, vendar predvsem na račun povečane arteriovenske diference za kisik.

Tudi Green in sod. (21, 26) so ugotovili značilen porast vrednosti $VO_2\max$ že po 4 tednih vadbe, v nadaljnjih štirih pa sprememb ni bilo več. Tudi različni preiskovanci imajo specifično dinamiko biološkega prilagajanja na vadbo.

Naš program je trajal 24 tednov. Žal sprememb izbranih parametrov nismo uspeli spremljati tudi med programom. Prav tako bi bilo za dodatno osvetlitev učinkov vadbe na posamezne parametre aerobne sposobnosti zelo koristno, da bi vključili bolj natančna merjenja presnovnih dogajanj v mišici.

5 Zaključek

Na osnovi rezultatov, ki izkazujejo izboljšanje tekaške pripravljenosti in pomembno izboljšanje aerobne sposobnosti posameznic, je mogoče ugotoviti, da je bil kompleksen tekaški program za izbran vzorec žensk srednjih let z nizko telesno pripravljenostjo učinkovit. Na osnovi znanstvenih spoznanj (4, 5) je moč sklepati, da izboljšanje aerobne sposobnosti preiskovank zanje pomeni tudi manjše tveganje za razvoj dejavnikov metaboličnega sindroma in manjše zdravstveno tveganje nasproh. Ob predstavljenem pozitivnem biološkem odzivu pa je bil pomemben tudi njegov neposredni in posredni vpliv na vztrajnosti in motivacijo (ni bilo poškodb niti opuščanja vadbe) ter oblikovanje zdravega, tj. aktivnega načina življenja.

Literatura

- Jette M, Sidney K, Quenneville J, Landry F. Relation between cardiorespiratory fitness and selected risk factors for coronary heart disease in a population of Canadian men and women. *Can Med Assoc J* 1992; 146: 1353-60.
- Pimentel, AE, Gentile CL, Tanaka H, Seals DR, Gates PE. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men. *J Appl Physiol* 2003; 94: 2406-13.
- Tanaka H, DeSouza CA, Jones PP, Stevenson ET, Davy KP, Seals DR. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physical active vs. Sedentary health women. *J Appl Physiol* 1997; 83(6): 1947-53.
- Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, Salonen JT. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA* 2003; 288(21): 2709-16.
- Terry T, Huang K, Ball BC, Franks PW. Metabolic syndrome in youth: current issues and challenges. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007; 32: 13-22.
- Asikainen TM, Kukkonen-Harjula K, Miilunpalo S. Exercise for Health for Early Postmenopausal Women. *Sports Med* 2004; 34(11): 753-78.
- Pollock ML. Frequency of training as a determinant for improvement in cardiovascular and body composition of middle-aged men. *Arch Phys Med Rehabil* 1975; 56:141-8.
- Meredith CN. Peripheral effects of endurance training in young and old subjects. *J Appl Physiol* 1989; 66: 2844-9.
- 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.
- Hepple RT, Mackinnon SLM, Goodman JM, Thomas SG, Plyley MJ. Resistance and aerobic training in older men: effect on VO_2 peak and the capillary supply to the skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1997; 82: 1305-10.
- Hoppeler H. Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1985; 59: 320-7.
- Weiner J, Lourie E. Human Biology. A Guide to Field Method - International Biological programme. Oxford – Edinburgh: Blackwell Scientific Publications, 1969.
- Mišigoj-Duraković M. Morfološka antropometrija u sportu. Zagreb: Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1996.
- Stringer WW, Hansen EJ, Wasserman K. Cardiac output estimated noninvasively from oxygen uptake during exercise. *J Appl Physiol* 1997; 82: 908-12.
- Green S, Dawson BT. Methodological effects on the VO_2 – power regression and the accumulated O_2 deficit. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1996; 28(3): 392-7.
- Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986; 60: 2020-7.
- Takano N. Respiratory Compensation Point during Incremental Exercise as Related to Hypoxic Ventilatory Chemosensitivity and Lactate Increase in Man. *Jpn J Physiol* 2000; 50(4): 449-55.
- Šentija D, Vučetić V. Estimation of anaerobic running capacity from a singleramp test. In: 11th Annual Congress of the European college of sport science. Lausanne, 2006: 293-4.
- Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2003; 136(1): 161-70.
- Cunningham DA, Hill JS. Effect of training on cardiovascular response to exercise in women. *J Appl Physiol* 1975; 39: 891-5.
- Green HJ, Helyar R, Ball-Burnett M, Kowalchuk N, Symon S, Farrance B. Metabolic adaptations to training precede changes in muscle mitochondrial capacity. *J Appl Physiol* 1992; 72: 484-91.
- Pollock ML, Foster C, Knapp D, Rod JL, Schmidt DH. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J Appl Physiol* 1987; 62: 725-31.
- Makrides L, Heigenhauser GJ, Jones NL. High-intensity endurance training in 20- to 30- and 60- to 70-yr-old healthy men. *J Appl Physiol* 1990; 69: 1792-8.
- Mier CM, Domenick MA, Turner NS, Wilmore JH. Changes in stroke volume and maximal aerobic capacity with increased blood volume in men and women. *J Appl Physiol* 1996; 80: 1180-6.
- 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(2): 849-55.
- Green HJ, Jones S, Ball-Burnett M, Farrance B, Ranney D. Adaptations in muscle metabolism to prolonged voluntary exercise and training. *J Appl Physiol* 1995; 78: 138-45.