

**Branko Škof,**  
**Radoje Milić,**  
**Mateja Fabjanič**

*Univerza v Ljubljani; Fakulteta za šport*

## UTICAJ 6-MESEČNOG PROGRAMA TRČANJA NA IZDRŽLJIVOST I PARAMETRE AEROBNE EFIKASNOSTI KOD ODRASLIH LJUDI

### 1. UVOD

Nizak nivo  $VO_{2max}$  je u ranijim studijama prepoznat kao jedan od najvažnijih i najčešćih faktora rizika za nastanak različitih kardiovaskularnih oboljenja i povećanje incidence prerane smrti. Ispitivanja nam pokazuju (Tanaka, H. idr., 1997), da treniranim osobama čak i u visokoj starosti uprkos padu aerobne efikasnosti, vrednost  $VO_{2max}$  ne pada pod 32 ml/kg/min, što predstavlja prag povećanog rizika za mnoge bolesti i preranu smrt. Zato je preventiva usmerena na preprečavanje upada aerobnog kapaciteta održavanjem odgovarajuće telesne aktivnosti u srednjem životnom dobu i kasnije od ključnog značaja i prioritetni zadatak preventive u okviru gerontologije.

Redovan i sistematičan aerobni trening ima brojne i raznovrsne uticaje na zdravstveni fitness (Health related fitness - HRF); posebno na sposobnost kardiovaskularnog sistema, odgovarajući sastav i kompoziciju tela, količinu minerala i gustinu kostiju (Asikainen, Kukkonen-Harjula, Miilunpalo, 2004). Redovna telesna aktivnost nam pomaže da se i u starosti aerobna efikasnost i izdržljivost zadržava na relativno visokom nivou (Pollock idr., 1987; Meredith idr., 1989).

Osnovni cilj ove studije je bio ustanoviti kakav je uticaj 24-sedmičnog kompleksnog rekreativnog vežbanja na trkačku pripremljenost (aerobnu izdržljivost) odraslih ljudi i u kakvoj se meri odgovarajući mehanizmi aerobne efikasnosti odazivaju na kompleksno sastavljen program rekreativnog trčanja. Pored toga smo želeli ustanoviti uticaj programa na izdržljivost in parametre aerobnog kapaciteta kod osoba veoma različite inicijalne fizičke pripremljenosti.

### 2. UZORAK I METODE

#### 2.1 Uzorak ispitanika

U uzorak ispitanika je bilo uključeno 47 osoba, od toga 22 muškarca in 25 žena. Karakteristike (prosečna vr.  $\pm$  SD) ispitanika su prikazane u tabeli 1.

*Tabela 1. Osnovne karakteristike ispitanika*

| Parameter |                 |
|-----------|-----------------|
| n         | 47              |
| Starost   | 42,8 $\pm$ 10,1 |
| Pol       | 22 ♂ + 25 ♀     |
| TV (cm)   | 172 $\pm$ 8,9   |
| TM (kg)   | 72,2 $\pm$ 12,3 |

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| BMI                | 24,2 ± 3,3  |
| LBM (kg)           | 60,9 ± 12,4 |
| FM (kg)            | 11,4 ± 5,5  |
| FM (%)             | 18,1 ± 6,1  |
| VO2max (ml/min)    | 3046 ± 783  |
| VO2max (ml/kg/min) | 42,2 ± 7,84 |

## 2.2 Eksperimentalni program vežbanja

Ciljevi eksperimentalnog programa vežbanja su bili usmereni u poboljšanje opšte telesne in trkačke pripremljenosti za nastup na 10 ili 21 kilometarskoj distanci. Pored toga je osnovni cilj bio i usvajanje osnovnih principa zdravog načina života kod odraslih ljudi.

Program je trajao 24 sedmice i uzimao je u obzir sve osnovne zakonitosti periodizacije razvoja izdržljivosti i mišićne snage. Trening je trajao 2 sata 4 do 5 puta sedmično.

Najvažniji deo treninga je bio trkački deo treninga – za razvoj izdržljivosti i unapređenje odn. poboljšanje tehnike trčanja. Taj segment je bio uključen u program od 3 do 4 puta sedmično po 30 do 60 minuta. Važan sadržaj programa je bilo vežbanje za razvoj mišićne snage i elastičnosti (2 puta nedeljno). Trening snage je uključivao vežbe za razvoj mišićne snage svih većih mišićnih grupa. Zajednički treninzi su se završavali sa 10 minutnim rastezanjem (stretching) svih većih mišićnih grupa i zglobova.

Tri puta sedmično su treninge vodili školovani atletski treneri. Svaki ispitanik je dobio individualni program vežbanja, koji je uključivao još 1 - 2 puta sedmično individualni trening za poboljšanje tehnike trčanja ili aerobno vežbanje.

### *Realizacija treninga.*

Za svakog ispitanika smo vodili dnevnik vežbanja. Ispitanici su u 24 sedmice obavili od 57 do 80 treninga trčanja (prosečno 2,7 sedmično) i pretrčali prosečno 137 minuta sedmično (od 16 km/sed. do 37 km/sed.). Celokupno vreme treninga trčanja je bilo u proseku 53,5 sati na pojedinca. Pored toga su dodatno jedanput sedmično upražnjavali drugačiju aerobnu aktivnost kao što je brzo pešačenje ili vožnja bicikla (prosečno 82 min).

Realizacija treninga, osim kod retkih pojedinaca, nije u potpunosti realizovan u odnosu na obim planiranog programa. Prosečna realizacija (broj relizovanih treninga u odnosu na planirani broj treninga) je bila 84 %.

## 2.3 Opis merskih postupaka i varijable

Ispitanici su pre uključenja u program vežbanja obavili zdravstveni pregled kod specijaliste sportske medicine (hemogram, biohemijska analiza krvi i EKG, spirometrija). Zatim je sledila antropometrija i merenje funkcionalnih i biohemijskih parametara pre, u toku i posle testa opterećenja na tekućoj traci (tredmilu). Identična merenja su napravljena pre i posle završetka eksperimentalnog programa.

### *Antropometrija.*

Merenje morfoloških karakteristika ispitanika je bilo obavljeno u skladu sa uputstvima Međunarodnog Biološkog Programa (IBP, Weiner in Lourie, 1969). Izmerene su bile: telesna masa i visina, širina zglobova, obimi i debljina kožnih nabora a takođe je bila izmerena i impendanca kompletnog tela (BIA). Iz izmerenih vrednosti su izračunati sledeći parametri:

*Indeks telesne mase (BMI), Odstotak mastne mase od celokupne mase tela (AMASPP), Mišićna masa (AMIS)-(kg) i Odstotak mišićne mase od celokupne mase tela (AMISP).*

### *Merenje ventilacijskih i metaboličkih parametara.*

Za ocenu aerobne i anaerobne energijske kapacitete upotrebili smo parametre izmerene progresivnim kontinuiranim spiroergometrijskim testom na tekućoj traci (3 min na 5 km/h, 3 min na 6 km/h + 1 km/h svake dve minute do otkaza). Za izvođenje spirometrijskog testa smo upotrebili Woodway ELG6 tredmil i prenosni sistem za spiroergometriju sa pripadajućom programskom opremom Cosmed, model K4 b<sup>2</sup>. Od izmerenih parametara statistički smo obradili sledeće: *Maksimalna apsolutna potrošnja kiseonika (VO<sub>2max A</sub>)-(l/min); maksimalna relativna potrošnja kiseonika (VO<sub>2maxR</sub>)-(ml/kg/min), Kiseonikov puls (VO<sub>2</sub>/HR)- (mlO<sub>2</sub>/utrip), Frekvencija disanja (FD)-(udisajji/minut), respiratorni volumen (TV)-(l), maksimalna minutna Ventilacija (VE)-(l), Ventilacijski ekvivalent za kiseonik (VE/VO<sub>2</sub>), Srčana frekvencija (FS-(udara/minut), Udarni volumen srca (UV)-(ml), Minutni volumen srca (MVS)-(l/min), Respiratorni koeficijent (RQ) i Laktat u mikrouzorku krvi (LA, mmol/l)-*

*Merenje laktata.* Koncentracija laktata u uzorku periferne krvi je određena testiranjem uzorka na laktatnom analizatoru marke Eppendorf Ebio+. Uzorak veličine 20μl krvi je dobijen iz hipereminizirane ušne resice, odmah na kraju testa i 5 minuta posle završetka testa. Rezultat se ocenjuje sa tačnošću od  $\pm 0,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ .

### *Merenje izdržljivosti*

Pored izmerenih vrednosti u opisu merskih postupaka na kraju testa su zabeležene sledeći podaci kojim omogućavaju da kvantifikujemo i kvalifikujemo izdržljivost: *Trajanje testa ( T-testa)-(min), Pretrčana (savladana) distanca (D-testa)-(m), Brzina na nivou VO<sub>2max</sub> ( vVO<sub>2max</sub>)-(km/h), Konačna-maksimalna brzina (v-kon)-(km/h), Brzina trčanja na laktatnem ventilatornom pragu (vLT)-(km/h) i Brzina trčanja na tački respiratorne kompenzacije ( vRC)-(km/h).*

## **2.4 Statistične metode obrade podataka**

Za analizu ustanovljenih razlika između odgovarajućih parametara pre i posle 24 sedmičnog rekreativnog programa trčanja smo upotrebili T-test za zavisne uzorke. Za analizu ustanovljenih razlika između ispitanika različitih grupa je bila upotrebljena analiza variance (ANOVA) i post hoc test. Prag statistične signifikantnosti smo definisali pri 5 % .

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### Uticaj treninga na trkačku pripremljenost (izdržljivost) ispitanika

Kakav je bio uticaj treninga na pojedine parametre izdržljivosti svih ipitanika i trkača pojedinih podgrupa je prikazano u tabeli 2.

Svi izabrani parametri za ocenu izdržljivosti su pokazali očekivanu promenu na bolje. Trkači su po eksperimentalnom programu bili sposobni pretrčati za jedan nivo više opterećenje na testu. Za približno 1 km/h je bila viša brzina na laktatnom pragu i pragu respiratorne kompenzacije te brzina na  $VO_{2max}$ . Dužina pretrčane distance se povećala za 17,1 % u odnosu na početno stanje.

**Tabela 2:** Razlike kod parametara izdržljivosti kod prvog i drugog merenja

|                                       | Inicijalno stanje<br>(AS ± SD) | Konačno stanje<br>(AS ± SD) | Promena<br>(%) |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------|
| <b>VSI</b>                            |                                |                             |                |
| - Takmičarski rezultat na 10 km (min) |                                | 53:47 ± 10,1                |                |
| - D-testa (m)                         | 2372,9 ± 779,5                 | 2778,5 ± 863,4***           | + 17,1         |
| - v-kon (km/h)                        | 12,39 ± 2,19                   | 13,44 ± 2,04***             | + 8,47         |
| - vLT (km/h)                          | 8,06 ± 1,2                     | 8,71 ± 1,35**               | + 8,06         |
| - vRC (km/h)                          | 10,04 ± 1,7                    | 11,04 ± 1,14***             | + 9,96         |
| - vVO <sub>2max</sub> (km/h)          | 11,92 ± 2,3                    | 12,89 ± 2,03***             | + 8,05         |

Legenda: \*\*\* statistično signifikantna promena ( $p < 0,001$ ).

Zbog vrlo različite fizičke i trkačke pripremljenosti ispitanika na početku programa (približno 1/3 ispitanika nije ni bila sposobna trčati bez prekida) nemamo podatak inicijalnog stanja takmičarske uspešnosti za sve ispitanike. Kada analiziramo i kompariramo takmičarski napredak kod onih ispitanika koji su imali taj podatak pre početka 24 sedmičnog programa, dolazimo da podatka da su se poboljšali približno u istoj meri kao što to pokazuju parametri za ocenu izdržljivosti pridobijeni testom na tekućoj traci (tredmilu).

#### Uticaj treninga na parametre aerobne efikasnosti

V tabeli 3 su prikazani rezultati izbranih parametara za ocenu izdržljivosti ispitanika kod prvog in drugog testa i razlike.

**Tabela 3:** Razlike fizioloških parametara na nivou maksimalnog opterećenja između prvog i drugog testa

|  | Inicijalno stanje<br>(AS ± SD) | Konačno stanje<br>(AS ± SD) | Promena<br>(%) |
|--|--------------------------------|-----------------------------|----------------|
| <b>VSI (N=47)</b>  |                                |                             |                |
| - VO <sub>2max</sub> (ml.min <sup>-1</sup> )                   | 3046 ± 783                     | 3316 ± 845 ***              | + 8,9          |
| - VO <sub>2max</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) | 42,17 ± 7,84                   | 46,57 ± 7,68 ***            | + 10,4         |
| - VE (L)   | 103,8 ± 26,4                   | 109,9 ± 27,5 *              | + 5,9          |
| - VE/Vo <sub>2</sub>   | 33,3 ± 4,5                     | 32,4 ± 4                    | - 2,7          |

|                   |                |                |       |
|-------------------|----------------|----------------|-------|
| - HR (ut/min)     | 174 ± 10       | 173 ± 11       | 0     |
| - UVS(mL)         | 104,9 ± 26,4   | 114,6 ± 30,1 * | + 9,2 |
| - MVS (L)         | 18,2 ± 4,7     | 19,7 ± 5,1 *   | + 8,2 |
| - (A-V)dif        | 16,1 ± 0,36    | 16,4 ± 0,43*   |       |
| - RQ              | 0,9736 ± 0,081 | 1,013 ± 0,085  | + 3,8 |
| - LA max (mmol/L) | 6,40 ± 1,97    | 7,07 ± 1,89 *  | +10,5 |

Legenda: \* statistično signifikantna promena ( $p < 0,05$ ); \*\* statistično signifikantna promena ( $p < 0,01$ ); \*\*\* statistično signifikantna promena ( $p < 0,001$ ).

Rekreativni trkači su sa 24 sedmičnim treningom popravili  $VO_{2max}$  za 10,4 % odnosno 8,9 % ; ( $P < 0,001$ ). Te promene su u saglasnosti sa objavljenim rezultatima drugih istraživanja koji su imali za cilj proveru sličnih eksperimentalnih programa za poboljšanje aerobnog kapaciteta: (Cunningham in Hill (1975) - povećanje za 34 %, Hoppeler idr. (1985) – povećanje za 14 % i Carter idr. (2000) - 3,5 % povećanje  $VO_{2max}$ ).

Najveća minutna ventilacija (VE) se povećala za 6L ( $P < 0,05$ ). Povećanje je posledica pre svega povećanja respiratornog volumena (TV) i manje povećanja frekvence disanja. Najveći respiratorni volumen se povećao za 0,2 L (za 10%); ( $P < 0,001$ ), frekvencija disanja pa sa  $45,1 \pm 0,67$  na  $46,7 \pm 0,65$  udisaja na minut ( $P > 0,05$ ). Na ventilatorni ekvivalent za kiseonik (VE/ $VO_2$ ), RQ i HR kod najvećeg opterećenja program nije uticao.

Povećanju aerobnog kapaciteta kod ispitivanih rekreativnih trkača po završetku eksperimenta najviše su uticali parametri za ocenu efikasnosti rada srca. Minutni volumen srca (MVS) se povećao za 1,5 L (od  $18,2 \pm 4,7$  L na  $19,7 \pm 5,1$  L ili za 8,2%) ( $P < 0,05$ ). Obzirom na činjenicu da se HRmax po završetku ekperimenta smanjio za 1 udar /min. je povećanje minutnog volumena srca isključivo posledica povećanja udarnog volumena srca (UV). Volumen istisnute krvi iz levog ventrikula se povećao za 9,2%; sa  $104,9 \pm 26,4$  ml na  $114,6 \pm 30,1$  ml; ( $P < 0,05$ ). A-V dif se povećala od  $16,1 \pm 0,36$  na  $16,4 \pm 0,43$  ( $P < 0,05$ ), mada izrazito manje od centralnih mehanizama (UV i MVS). Naši rekreativni trkači su dostigli slično poboljšanje MVS kao ispitanici u studiji Makridesa i dr. (1990) koji su ustanovili na populaciji neaktivnih mlađih ljudi (20 do 30 god) napredak MVS sa 12,7 na 16,5 l/min po 12 sedmičnom visoko intenzivnom aerobnom treningu.

Maksimalna koncentracija laktata se kod ispitanika povećala za 10,5 %; sa 6,40 na 7,07 mmol/l. ( $p < 0,05$ ) To praktično znači da je tening rekreativnih trkača povećao intenzivnost aktivnosti sporih mišićnih vlakana tipa I i verovatno povećao uključivanje brzih mišićnih vlakana Tipa IIa, što rezultira većim uključivanjem anaerobnih glikolitičkih procesa, produkciji laktata, i posledično omogućava veću brzinu trčanja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Najvažniji rezultati studije su:

1. Napredak u pripremljenosti rekreativnih trkača i poboljšanje aerobnog kapaciteta je više evidentan.
2. Program treninga i pratećih vežbi je prouzrokovao signifikantno značajno povećanje kako centralnih tako i perifernih mehanizama aerobne efikasnosti kod

rekreativnih trkača. Najveći efekat programa je bio uticaj na udarni volumen srca, maksimalnu minutnu ventilaciju pluća i na određene metaboličke promene u mišićima.

3. Program je uticao na signifikantno poboljšanje anaerobnog laktatnog kapaciteta kod rekreativnih trkača.

## 5. LITERATURA

1. Asikainen, T.M.; Kukkonen\_Harjula, K. & Miilumpalo, S. (2004). Exercise for Health for Early Postmenopausal Women. *Sports Med.*, 34,11:753-778.
2. Cunningham, D. A., Hill, J. S. (1975). Effect of training on cardiovascular response to exercise in women. *Journal of Applied Physiology*, 39, 891-895.
3. Hoppeler, H. idr. (1985). Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 59, 320 – 327.
4. Makrides, L., Heigenhauser, G. J. in Jones, N. L. (1990). High-intensity endurance training in 20- to 30- and 60- to 70-yr-old healthy men. *Journal of Applied Physiology*, 69, 1792-1798.
5. Meredith, C. N. (1989). Peripheral effects of endurance training in young and old subjects. *Journal of Applied Physiology*, 66, 2844-2849.
6. Pollock, M. L., Foster, C., Knapp, D., Rod, J. L. in Schmidt, D. H. (1987). Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *Journal of Applied Physiology*, 62, 725 – 731.
7. Tanaka, H.; DeSouza, C.A.; Jones, P.P.; Stevenson, E.T.; Davy, K.P. in Seals, D.R. (1997). Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs sedentary healthy women. *J. Appl. Physiol.* 83(6):1947-1953.
8. Weiner J., Lourie E. (Eds.). (1969). *Human Biology. A Guide to Field Method. International Biological programme.* Oxford – Edinburgh: Blackwell Scientific Publications.

## SUMMARY

*Preventing a decrease in aerobic capacity in middle age and later through regular physical activity, is the key task of preventive gerontology.*

*The study aimed to establish the effect of a complex, 24-week recreational running programme on endurance (running fitness) and the physiological and biochemical parameters of aerobic efficiency of people in medium and late-middle age. The study involved 25 women and 22 men of an average age of  $42.5 \pm 10.3$  years (from 27 to 63 years) and of very different physical conditions.*

*After the 24-week training, the runners'  $VO_{2max}$  improved by 10.4% and 8.9%, respectively; ( $P < 0.001$ ), whereas their endurance improved by 17.1% ( $P < 0.001$ ).*

*The improvement in the runners' aerobic capacity was mainly due to the increase in the heart stroke volume by 9.2%, ( $P < 0.05$ ) and to a smaller extent to A-V dif.*