

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
Pedagoška smer  
Kondicijsko treniranje

**VPLIV 6 MESEČNE TEKAŠKE VADBE NA AEROBNE  
SPOSOBNOSTI IN SESTAVO TELESNA REKREATIVNIH  
TEKAČEV**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR  
Dr. Branko Škof  
SOMENTOR  
Dr. Radoje Milić  
RECENZENTKA  
Dr. Mirjam Lasan

Avtorica:  
MATEJA HABJANIČ

Ljubljana, 2008

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem se dr. Branku Škofu in dr. Radoje Miliću za informacije in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.*

*Hvala vsem, ki ste mi kakorkoli pomagali in stali ob strani pri izdelavi diplomske naloge!*

**Ključne besede:** aerobna vadba, rekreativni tek, poraba kisika, sestava telesa

## **VPLIV 6-MESEČNE TEKAŠKE VADBE NA AEROBNE SPOSOBNOSTI IN SESTAVO TELESA REKREATIVNIH TEKAČEV**

**Mateja Habjanič**

**Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 2008**

**Pedagoška smer, kondicijsko treniranje**

Število strani: 70; število preglednic: 16; število grafov: 1; število virov: 51.

### **IZVLEČEK**

Današnji način življenja v marsičem zmanjšuje kakovost življenja. Telesna vadba pa deluje kot protiutež, saj vpliva na sposobnosti organizma, na spremembe v sestavi telesa in ohranja njegovo vitalnost. Vzdržljivostna vadba ima številne pozitivne učinke na posameznika in njegovo zdravje. Problem diplomske naloge je bil ugotoviti, v kakšni meri je 6-mesečna vodena rekreativna tekaška vadba vplivala na izboljšanje njihove vzdržljivosti, fiziološke in biokemijske parametre njihove telesne pripravljenosti ter na sestavo telesa.

V vzorec je bilo vključenih 47 merjencev, od tega 22 moških in 25 žensk, s povprečno starostjo 42,4 let. Vadbeni program je potekal 6 mesecev od 2-5-krat tedensko. Vseboval je neprekinjeno tekaško vadbo, vadbo za moč in vadbo za gibljivost. Zahtevnost programa se je razlikovala glede na skupino, v katero so bili merjenci razvrščeni: začetna, srednja in zahtevnejša – tekmovalno usmerjena skupina. Pred in po vadbenem programu so bila opravljene antropometrične meritve ter obremenilni test na tekoči preprogi. Tako smo dobili antropometrične, fiziološke, biokemijske in vzdržljivostne parametre.

Rezultati so pokazali, da so merjenci najbolj napredovali v vzdržljivosti (hitrosti teka, pretečena razdalja, trajanje). Vsi vzdržljivostni parametri so se izboljšali za 7 do 17%. Tudi funkcionalni parametri (dihalni, metabolični, parametri srčne funkcije in porabe kisika) so se izboljšali in prilagodili na vzdržljivostno vadbo. Najbolj opazne so bile prilagoditve srčne funkcije, saj je bilo opaziti povečanje utripnega volumna in minutnega volumna srca pri vseh opazovanih točkah s statistično značilno spremembo pri  $VO_2$  max. Opaziti je bilo tudi majhno prilagoditev dihalnih funkcij. Do sprememb je prišlo predvsem pri ventilaciji, kjer je prišlo do napredka v vseh točkah, in sicer za 5,9 do 10,4%. Prišlo je tudi do metaboličnih sprememb in

sicer se je maksimalna koncentracija laktata statistično pomembno zvišala za 10,5%. Vse prilagoditve funkcionalnih parametrov pa se združeno kažejo v porabi kisika, ki se je statistično pomembno zvišala v vseh opazovanih točkah za 8,9 do 13,2%. Do majhnih, a statistično pomembnih sprememb, je prišlo tudi pri sestavi telesa. Telesna teža se je znižala za 2,1%, maščobna masa za 0,5%, znižale so se tudi vse kožne gube. Odstotek mišične mase se je povišal za 0,7%, kostna masa pa je ostala nespremenjena. Pri vseh parametrih pa je bilo opaziti tudi razlike med moškimi in ženskami ter razlike v napredku med začetno, srednjo in tekmovalno usmerjeno skupino.

Raziskava je pokazala, da je tekaška vadba vplivala na vse opazovane parametre in s tem vplivala na izboljšanje tako rezultatov pri teku, kot funkcionalnih sposobnosti posameznika in s tem na boljše zdravje posameznikov. Vse štiri hipoteze so torej potrjene.

**Keywords:** aerobic training, recreational running, oxygen consumption, body composition

## **INFLUENCE OF 6 MONTHS RUNNING TRAINING ON AEROBIC CAPACITY AND BODY COMPOSITION OF RECREATIVE RUNNERS**

**Mateja Habjanič**

**Faculty of sport, Ljubljana**

Pages: 70; tables: 16; charts: 1; references: 51.

### **ABSTRACT**

Today's lifestyle is reducing the quality of life in different ways. As it effects the ability of organism, the changes in the body composition and maintains body vitality, physical activity works as counter balance to the negative effects of today's lifestyle. Endurance training has many positive effects on individual and his health. The objective of this thesis was to find out, how does a six month of recreative running training effects the endurance, physiologic and biochemical parameters of physical preparedness and body composition of individuals.

The average age of 47 people (22 males and 25 females) that were included in the sample was 42,2 years. As already mentioned, the program lasted for 6 months, with 2 to 5 trainings a week. It included endurance training, resistance training and flexibility training. The difficulty of the program depended on the group in which each individual, included in the sample, was placed - beginners group, middle group, advanced – competitors group. Before and after the program we made anthropometric measurements and progressive incremental treadmill test. In this way we received anthropometric, physiological, biochemical and endurance parameters.

The results have shown that individuals made the biggest progress in endurance (velocity of running, running distance, duration of the test). All endurance parameters have improved between 7 and 17%. Functional parameters (breathing parameters, metabolic parameters, heart function parameters and oxygen consumption parameters) adjusted to endurance training and also improved. The most noticeable were adjustments of heart function where the increase of stroke volume and cardiac output was noticed in all three observed points with

statistical significant change in  $VO_2$  max. Small adjustment in breathing parameters could also be noticed. Changes mainly occurred with ventilation, where improvements between 5,9 and 10,4 % in all observed points were noticed. Metabolic changes also occurred – maximum concentration of blood lactate has increased by 10,5%. All adjustment of functional parameters could be seen in oxygen consumption, which increased statistically significant in all observed points between 8,9 and 13,2%. Small but statistically significant changes also occurred in body composition. Body weight has decreased by 2,1% and body fat mass by 0,5%. Body girths have also been reduced. Percent of muscle mass has increased by 0,7%, bone mass did not change. Differences in changes (improvements) of all parameters between men and women and also between all three groups were noticed.

Research showed that running training had influenced all parameters that were observed and consequently improved the running results and also functional abilities of individuals. In this way it has also improved individual's health. All four hypothesis are therefore confirmed.

## **KAZALO:**

1.0. UVOD.....	8
2.0. PREDMET IN PROBLEM.....	11
2.1. Prilagoditve organizma na aerobno vadbo.....	11
2.1.1. Srčnožilne in pljučne (dihalne) prilagoditve.....	11
2.1.2. Mišične in metabolične prilagoditve.....	16
2.1.3. Spremembe v sestavi telesa.....	20
2.1.4. Povečana maksimalna poraba kisika (VO <sub>2</sub> max).....	22
2.1.5. Vpliv staranja in telesne vadbe na funkcionalne sposobnosti in sestavo telesa.....	23
2.2. Vsebine vadbe za ohranjanje telesne kondicije.....	25
3.0. CILJI.....	30
4.0. HIPOTEZE.....	30
5.0. METODE DELA.....	31
5.1. Vzorec merjencev.....	31
5.2. Program vadbe.....	31
5.3. Opis merskih postopkov in spremenljivk.....	33
5.4. Statistične metode obdelave podatkov.....	40
6.0. REZULTATI IN INTERPRETACIJA.....	40
6.1. Vpliv vadbe na vzdržljivost preiskovancev.....	40
6.2. Fiziološki parametri.....	41
6.1.1. Dihalni parametri.....	41
6.1.2. Parametri srčne funkcije.....	44
6.1.3. Metabolični parametri.....	48
6.1.4. Poraba kisika.....	51
6.3. Antropometrični parametri.....	55
6.4. Primerjava med različnimi skupinami.....	60
7.0. ZAKLJUČEK.....	63
8.0. LITERATURA.....	66

## 1.0. UVOD

V današnjem času smo podvrženi številnim negativnim dejavnikom – hiter tempo življenja, prenajedanje, nezdrava prehrana, živčna napetost, sedeč način življenja, veliko razvad: kajenje, pitje kave, pitje alkohola; zanemarjanje telesne aktivnosti... (Ulaga, 1996; Lajovic, 1996; Jerše in Pokorn, 1980) Tak način življenja pa vodi v bolezni srca in ožilja, ki so danes najbolj pogoste bolezni v razvitem svetu. Najbolj pogosta bolezen v večini industrijsko razvitih držav je ateroskleroza – kronično bolezensko dogajanje v žilnih stenah, ki se začne že v otroštvu. Prizadane predvsem velike in srednje velike arterije in povzroča nastanek oblog iz maščob, kalcijevih soli in veziva. Stena take arterije ni več gladka, njena svetlina pa se zoži. Če pride vanjo krvni strdek jo povsem zapre. Posledica je srčni infarkt, možganska kap ali gangrena (Lajovic, 1996).

Nagel razcvet tehnike je prinesel človeku vrsto strojev, ki opravljajo dela namesto njega, mu močno zmanjšal telesno aktivnost, ga odtujil od narave, mu dal množico delovnih mest v zaprtih prostorih in ga prisilil v številne miselne naloge ali enolična dela. Zato bi moral človek čas, ki mu ga prihranijo pripomočki, izkoristiti v naravi za utrjevanje svojega telesa, sprostitvev in rekreacijo.

Danes govorimo o dejavnikih tveganja. To so tisti dejavniki, ki so posledica nezdravega načina življenja in ki spodbujajo nastajanje bolezni srca in ožilja. V današnjem svetu so žal zelo pogosti in nekaterim se težko izognemo.

Dejavniki tveganja so zvišan krvni pritisk, motnje v presnovi maščob, kajenje, duševna preutrujenost in stres, telesna neaktivnost, sladkorna bolezen, povečana količina sečne kisline v krvi, debelost, zvišane krvne maščobe, pretirane razvade: pitje kave, alkoholnih pijač, uživanje zdravil; vnetna in gnojna žarišča, povišan holeserol, nezdrava prehrana (Jerše in Pokorn, 1980; Lajovic, 1996; McArdle, 1996).

Kot protiutež dejavnikom tveganja pa lahko izpostavimo telesno aktivnost, ki pomaga odpraviti ali vsaj omiliti nekatere negativne dejavnike.

(Ulaga, 1996) Na pomen telesne aktivnosti je opozarjal že starogrški zdravnik *Hipokrat* (460 – 377 pr. n. št.). Priporočal je zlasti hojo in tekanje do take stopnje, da se človek prepoti,



gimnastične vaje za krepitev mišic, jutranjo telovadbo, kopeli v vodi različne temperature. Opozarjal je predvsem na to, da ljudje preveč jedo in se premalo gibljejo. Podobno je opozarjal tudi *Klavdij Galen* (131 – 201) in učil, da bi morali biti ljudje aktivni v vseh starostnih obdobjih, ker telesna aktivnost upočasnjuje staranje.

Znameniti rek rimskega satirika *Juvenala* (60 – 140) »mens sana in corpore sano« (lat) – zdrav duh v zdravem telesu, poudarja pomen tako duševnega kot telesnega zdravja.

Dr. Kenneth H. Cooper, ameriški zdravnik, je leta 1968 prvi dal poudarek vzdržljivostni vadbi za krepitev srca in ožilja pred vajami za krepitev telesa, ki so bile do tedaj na prvem mestu. Ugotovitve o pomenu telesne aktivnosti segajo že daleč v zgodovino, danes pa zdravniki in drugi strokovnjaki še bolj opozarjajo na redno telesno vadbo za zdravje in dobro počutje.

Po definiciji Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) je zdravje popolno duševno in telesno ravnovesje ter socialno dobro počutje in ne samo odsotnost bolezni ali hibe (Ulaga, 1996). Skrbeti je treba torej za telesno, duševno in socialno ravnovesje.

Posledice neaktivnosti so znane: mišic je vedno manj, maščevja pa vedno več. Tudi umske sposobnosti pešajo, če se v stvareh izobraževanja in drugih umskih aktivnosti zanemarimo. Ostale posledice so še: opešanje srca, manj kalcija v kosteh, zmanjšanje količine krvi, poslabšanje reagiranja (Ulaga, 1996; Rotovnik Kozjek, 2004). Na drugi strani pa lahko z redno telesno aktivnostjo te posledice v veliki meri omilimo kot tudi ostale učinke staranja, ki se jim ne moremo izogniti. Naše ožilje lahko ohranimo v dobrem stanju, sklepi so bolj funkcionalni, zmanjša se možnost nastanka rakavih obolenj in tihih ubijalcev – visokega krvnega tlaka ter sladkorne bolezni. Gibanje znižuje LDL holesterol – »slabi« holesterol, ki prispeva k nastanku oblog na žilah in zvišuje HDL holesterol – »dobri« holesterol, ki naj bi pomagal »čistiti« žile. Redna vzdržljivostna dejavnost znižuje raven trigliceridov, vrste maščob, ki prispevajo k razvoju srčnih bolezni. Veliko pripomore k znižanju oz. vzdrževanju telesne teže in tako posredno zmanjšuje vsa tveganja (Rotovnik Kozjek, 2004).

Redna vadba izboljša kvaliteto življenja in dvigne pričakovano življensko starost (Barder, 2002).

Na srečo danes številne revije, oglasi, zdravstvene in športne organizacije promovirajo zdrav način življenja, tako da je skrb za zdravje – zdravo in vitko telo, aktivnost in zdrava, celo biološko pridelana prehrana - postala trend, zdravje pa pomembna vrednota. Predvsem v

razvitem svetu se je dotaknilo velikega števila ljudi, zato se pogosto srečamo z izrazi biti fit, fitness, dobra telesna kondicija...

Fitness (ang. sposobnost, pripravnost, prilagodljivost) pomeni stanje, ko je človek čil, zdrav in treniran ter kot tak usposobljen tudi za zahtevnejše obremenitve pri športu in delu.

Kondicija je funkcionalno stanje organizma, pri katerem so zlasti razvite osnovne psihomotorne sposobnosti, pomembne za različne gibalne aktivnosti (Ulaga, 1996).

Tako kot pove že definicija, dober fitness ali kondicija pomeni tudi boljše in lažje premagovanje telesnih naporov, opravljanje dela, premagovanje stresov in usklajevanje vseh obveznosti, ki nam jih nalaga življenje. Tega so se ljudje začeli zavedati in se začeli redno ukvarjati z najrazličnejšimi oblikami rekreacije. Žal pa to ni zajelo vseh populacij ljudi, še zlasti ne tistih, ki bi bili tega najbolj potrebni.

Pojavlja se vse več organiziranih rekreativnih vadb – aerobika, rekreativne tekaške in kolesarke skupine, plavalni tečaji, tečaji nordijske hoje, množica rekreativnih prireditev... Za popolno zdravje in telesno pripravljenost pa je pomembna zdrava prehrana, aerobna vadba, vadba za moč in vadba za gibljivost oz. fleksibilnost telesa.

Aerobna vadba je po definiciji dlje trajajoča vzdržljivostna vadba ob zadostnem dovajanju kisika, ki je visoko povezana z srčnožilnim in dihalnim sistemom (Ulaga, 1996; Škof, 2007). Sem spadajo ciklične obremenitve, ker jih sestavljajo ponavljajoči se enaki gibalni cikli kot so hitra hoja, tek, kolesarjenje, hoja v hrib, tek na smučeh, plavanje veslanje, rolanje in njihovi nadomestki na ustreznih fitnes (kardio) napravah.

Vse več ljudi se danes odloča za tek v naravi, s katerim želijo izboljšati telesno kondicijo, ohranjati telesno težo ali se sprostiti od vsakdanjih naporov in stresov. Lahko ga izvajamo v vseh letnih časih, poteka v naravi, sami se odločimo kam in kdaj gremo, ne potrebujemo veliko drage opreme. Zato je tek najboj enostaven in ljudem najbolj blizu – tečejo lahko vsi. Tek izboljša tako človekov fitnes kot zdravje. S tekom se duševno sprostimo in napolnimo energijo za vsakodnevne obremenitve, zagotovimo si zdrav spanec in se učinkovito otepamo učinkov staranja (Barder, 2002).

V nalogi želim ugotoviti, katere pozitivne učinke je imela redna rekreativna tekaška vadba po 6-mesečnem tekaškem programu na merjence.

## 2.0. PREDMET IN PROBLEM

### 2.1. PRILAGODITVE ORGANIZMA NA AEROBNO VADBO

Aerobna vadba – tek in druge aerobne aktivnosti - ima številne in raznovrstne vplive na organizem. Kako velike so prilagoditve na aerobno vadbo, je odvisno tudi od dednosti, spola, starosti in količine treninga.

#### 2.1.1. SRČNOŽILNE IN PLJUČNE (DIHALNE) PRILAGODITVE:

Srcežilje je zelo pomemben sistem v našem telesu, saj dovaja hrano v vse celice organizma in torej omogoča življenje. Glavni organ je srce, ki je pravzaprav črpalka, ki potiska oksigenirano kri po telesu do vseh tkiv in črpa venozno kri nazaj v srce in od tu v pljuča. Pljuča so aktivni del dihal. Dihanje je izmenjavanje plinov med zunanjim okoljem in celicami. Omogoča ga usklajeno delovanje dihal, srcežilja in krvi (Lasan, 2005).

Srčnožilni in dihalni sistem sta ključnega pomena za vzdržljivostno vadbo, zato pride tudi do več prilagoditev:

**Poveča se srčna mišica.** Pride do zadebelitve mišične stene ter povečanja volumna srca, predvsem levega ventrikla. To poveča iztisno moč ventrikla in količino krvi, ki jo srce lahko sprejme. Zato se povečata UV in MVS (Lasan, 2005).

Ena od najbolj pomembnih prilagoditev organizma na športno vadbo je **znižanje frekvence srca**. Zniža se FSU v mirovanju ter pri submaksimalnih obremenitvah. Bradikardija – spremembe, ki se pojavijo v avtonomnem živčnem sistemu in povzročijo ali povečanje vzdraženosti parasimpatika ali znižanje vzdraženosti simpatika. Posledica pa je nižja frekvenca srca (Lasan, 2004; deVries, 1986).

**Poveča se utripni volumen srca (UV)** v mirovanju in med vadbo, kot posledica povečanega volumna srca ter iztisne moči srčne mišice.

**Povečanje minutnega volumna srca (MVS)** je najbolj opazna sprememba srčnožilnega sistema pod vplivom aerobnega (vzdržljivostnega) treninga, ki močno loči trenirane ljudi od netreniranih. MVS določa količino krvi, ki steče po srcežilju v 1 minuti – pretok krvi. ( $MVS = HR \times UV$ ) Poveča se zaradi povečane frekvence srca in utripnega volumna. MVS se pri netreniranih ljudeh povečuje predvsem zaradi povečevanja srčne frekvence, pri treniranih pa tudi zaradi večjega UV srca (Lasan, 2005).

**Poveča se arterio-venska diferenca za kisik**, ki je posledica bolj učinkovite porazdelitve krvnega pretoka skozi aktivne mišice, ter večje sposobnosti treniranih mišic, da izločijo kisik iz arterijske krvi ter ga porabijo – večja poraba kisika.

Te prilagoditve so bile opisane v številnih raziskavah.

Tulppo idr. (2002) so proučevali učinke aerobne vadbe na dinamiko srčnega utripa pri vzorcu sedeče populacije. V raziskavo so vključili 55 moških, ki so jih razdelili v 3 skupine. 20 jih je delalo srednje težki aerobni trening, 20 težki aerobni trening, 15 je bilo kontrolnih. Vadili so 8 tednov, 6-krat tedensko, prva skupina 30 min in druga skupina 60 min, na intenzivnosti 70 – 80%.

Pri obeh skupinah je bilo opaziti povečano maksimalno porabo kisika in znižano submaksimalno frekvenco srca in FS v mirovanju (s  $70 \pm 7$  na  $64 \pm 8$  udarcev/min za srednje intenzivno skupino, in s  $67 \pm 5$  na  $60 \pm 6$  udarcev/min za visoko intenzivno skupino), vendar med skupinama ni bilo statistično pomembnih razlik. Pri drugi skupini, ki je trenirala bolj intenzivno, je bilo opaziti spremembe v diastoličnem krvnem tlaku. Pri kontrolni skupini ni bilo nobenih sprememb. Zaključili so, da je osemtedenska aerobna vadba vplivala na prilagoditev delovanja srčne mišice, kar se kaže tudi v znižani FSU.

Cunningham in Hill (1975) sta ugotavljala učinke treninga na srčnožilni sistem pri ženskah. 17 žensk s povprečno starostjo 31 let je izvajalo aerobni trening. Prvih 9 tednov uvodni trening in nadaljnjih 52 tednov nadaljevalni trening, s katerim je nadaljevalo samo 6 žensk.

Rezultati:  $VO_2$  max se je opazno povečal (za 34%) po prvih 9 tednih, povečanje po 52 tednih pa je bilo manjše (za 5%). Štiri ženske so prenehale s treniranjem pred koncem in njihov  $VO_2$  max se je zmanjšal za 10%. Med prvimi 9 tedni je bilo opaziti centralne prilagoditve. Utripni volumen pri 80%  $VO_2$  max se je povečal za 28%. Perifernih sprememb – arterio-venska diferenca ni bilo. Vendar pa se je utripni volumen pri submaksimalni obremenitvi rahlo

zmanjšal po koncu 52. tedna, pojavile pa so se periferne spremembe – povečanje arteriovenske diference. Zaključili so, da se pri neaktivnih ženskah najprej pojavijo centralne prilagoditve organizma na aerobno vadbo in se šele po daljšem vadbenem obdobju pojavijo tudi periferne prilagoditve.

Seals, Hagberg, Hurley, Ehsani in Holloszy (1984) so proučevali vplive aerobnega treninga na srčnožilni sistem pri starejših moških in ženskah.

11 merjencev (63 +/- 2 let) je treniralo 6 mesecev na srednji intenzivnosti in 6 mesecev na visoki intenzivnosti. Rezultati so pokazali povečanje  $VO_2$  max za 11% po srednje intenzivnem treningu ter skupno za 30% (25,4 +/- 4,6 ml/kg/min pred treningom, 28,2 +/- 5,2 ml/kg/min po srednje intenzivnem treningu ( $P < 0.05$ ) in 32,9 +/- 7,6 ml/kg/min po visoko intenzivnem treningu ( $P < 0.01$ )). Do tega je prišlo predvsem na račun povečane arteriovenske diference kisika ( $P < 0.01$ ), manjši delež pa na račun povečanega utripnega volumna ( $P < 0.05$ ). Utripni volumen pri submaksimalni obremenitvi se je povečal, frekvenca srca in krvni tlak pa sta se znižala. Rezultati so pokazali, da se tudi starejši ljudje lahko prilagodijo na aerobno vadbo in povečajo svojo aerobno moč.

**Spremembe v pretoku in razporeditvi krvi.** Treniran organizem je sposoben izvajati submaksimalno obremenitev z manjšim pretokom krvi (MVS), kar je posledica bolj učinkovitega pretoka krvi – prerazporeditev krvi iz neaktivnih mišic v aktivne in večje sposobnosti mišic, da porabijo kisik (McArdle idr., 1996).

Hepple, Mackinnon, Goodman, Thomas in Plyley (1997) so ugotavljali vpliv treninga moči in aerobnega treninga pri starejših moških na maksimalno porabo kisika in preskrbo skeletnih mišic s kapilarami.

20 zdravih moških (65-74 let) so razdelili v 2 skupini, vadili so 18 tednov. Prva skupina je delala 9 tednov vadbo za moč (3-krat na teden, 3 serije po 4 vaje, 6–12 maksimalnih ponovitev), drugih 9 tednov pa aerobno vadbo (3x na teden, 30 min pri 60–70% FSU max). druga skupina pa je vseh 18 tednov izvajala aerobno vadbo. Pri obeh skupinah se je povečal  $VO_2$  max (iz  $2,13 \pm 0,13$  l/min na  $2,48 \pm 0,13$  l/min pri prvi skupini in iz  $2,15 \pm 0,14$  l/min na  $2,51 \pm 0,10$  l/min pri drugi skupini), največja frekvenca srca in R – respiratorni kvocient se nista statistično značilno spremenila. Pri obeh se je povečalo število kapilar na mišično vlakno, debelina kapilar pa se je povečala samo pri tistih, ki so izvajali aerobni trening.

Zaključili so, da imata aerobni trening in vadba za moč za posledico podobne mehanizme, ki povečajo  $VO_2$  max.

**Poveča se volumen plazme**, kar izboljša transport kisika in termoregulacijo. Volumen krvi vpliva na utripni volumen in s tem na preskrbo celic s kisikom.

Mier, Domenick, Turner in Wilmore (1996) so ugotavljali učinke povečanja volumna krvne plazme (PVK) in 10-dnevnega treninga na utripni volumen pri submaksimalnem kolesarjenju in na tekoči preprogi pri moških in ženskah.

Merjenci so izvajali submaksimalni test na cikloergometru in tekoči preprogi do izčrpanosti pod 3 pogoji: tisti, ki so imeli povečan volumen krvne plazme, tisti, ki so izvajali trening in kontrolni. Izmerjena je bila  $VO_2$  max in količina krvi. Trening je potekal 10 zaporednih dni na cikloergometru po 1 uro (30 min na 80% maksimalne frekvence srca + 10 x 2 minutni intervali na 95% HR max z 1 min odmora – počasno kolesarjenje).

Rezultati:

Pri testu na kolesu se je pod vplivom treninga povečala  $VO_2$  max tako pri moških (9%) kot pri ženskah (12%), ter volumen krvi pri moških (7%) in ženskah (5%). Zaradi povečanega volumna krvi pod vplivom PVK in treninga se je povečal utripni volumen med submaksimalnim testom na cikloergometru pri moških (kontrolni 110 +/- 4; PVK 123 +/- 4; trenirani 121 +/- 4) in ženskah (kontrolni 87 +/- 5; PVK 95 +/- 6, trenirani 96 +/- 7).

$VO_2$  max pri testu na tekoči preprogi se s PVK ni zmanjšal kljub zmanjšanju koncentracije hemoglobina za 6–7% (na račun povečanega utripnega volumna). Trening pa je povzročil povečanje  $VO_2$  max pri moških (kontrolni 47,9 +/- 2,8; PVK 46,7 +/- 2,8; trenirani 49,9 +/- 2,6) in ženskah (kontrolni 38,0 +/- 1,2; PVK 36,9 +/- 1,2; trenirani 39,2 +/- 1,2).

Pod vplivom treninga in PVK se je povečal  $VO_2$  max, volumen krvi in utripni volumen tako na cikloergometru kot na tekoči preprogi. Učinki se niso razlikovali med moškimi in ženskami. Opaziti pa je bilo povečanje diastoličnega in povprečnega krvnega tlaka pri 65%  $VO_2$  max pri kolesarjenju tako po PVK kot po treningu pri ženskah.

### **Lastnost krvi.**

Hemoglobin je sestavni del krvne plazme in je osnovni prenašalec kisika v organizmu. Hemoglobin veže nase železo (Fe), na železo pa se veže kisik. Večja je koncentracija hemoglobina, več kisika se lahko prenese v enoti krvi. Koncentracija hemoglobina in železa sta torej pomembna dejavnika, ki vplivata na aerobno sposobnost posameznika.

Hinton, Giordano, Brownlie, in Haas (2000) so proučevali pomen količine železa pri izboljšanju aerobne zmogljivosti. 42 žensk, starih od 18 do 33 let so razdelili v 2 skupini. Pred vadbo sta imeli obe skupini normalno vrednost hemoglobina in feritina. Za test so uporabili 15 km kolesarjenja na cikloergometru. Obe skupini sta trenirali 6 tednov, 5-krat na teden po 30 min na 75–85%. Ena skupina je dobivala dodatek železa, kontrolna pa ne.

Rezultati: Zaloge feritina so se povečale samo pri skupini, ki je dobivala dodatek. Obe skupini sta izboljšali čas na testu in znižali frekvenco dihanja, vendar je skupina, ki je dobivala dodatek bolj izboljšala svoj rezultat, bolj povečala količino hemoglobina in  $VO_2$  max. To lahko kaže na vpliv zalog železa na povečanje vzdržljivosti. Ob premajhni količini železa eritrociti ne morejo pripeljati dovolj  $O_2$  do telesnih celic, prav tako pa se v mioglobinu shrani manj kiska. Raziskave (Wilkinson idr., 2002) poročajo o zmanjšanih zalogah železa pri vzdržljivostnih športnikih, ki veliko trenirajo. To zmanjša sposobnost organizma za porabo kisika ( $VO_2$  se zmanjša) in rezultati se slabšajo (DeVries, 1986).

**Znižanje krvnega tlaka.** V mirovanju se zniža tako sistolični kot diastolični krvni tlak, največje razlike so v sistoličnem krvnem tlaku. Pri obremenitvi določata krvni tlak zlasti 2 dejavnika: minutni volumen srca (MVS) in periferni upor (PU) – odpor žilnega sistema pretoku krvi. Zaradi povečanega MVS sistolični krvni tlak naraste. PU se zmanjša, ker je odprtih je veliko število arteriol, da omogočijo boljši pretok krvi in zato se diastolični tlak ne spremeni, pri dobro treniranih športnikih celo pade. (Bravničar, 1994) To so v že omenjeni raziskavi dokazali Tulppo idr. (2002), vendar samo pri testih, ki so trenirali bolj intenzivno, ter Seals idr. (1984).

Srčni utrip ter sistolični in diastolični krvni tlak sta osnovna kazalca funkcionalne sposobnosti srčno-žilnega sistema (Bravničar, 1994).

**Izboljša se delovanje pljuč.** Poveča se vitalna kapaciteta pljuč in moč dihalnih mišic, ventilacija je bolj ekonomična, dihanje pa bolj učinkovito.

### 2.1.2. MIŠIČNE IN METABOLIČNE PRILAGODITVE:

Mišice so tisti del telesa, ki omogoča premikanje. Pri telesni aktivnosti so še posebej obremenjene, zato svoje lastnosti in procese v mišičnih celicah čim bolj prilagodijo tej obremenitvi, da lahko izvajajo delo čim bolj ekonomično in učinkovito.

Pride do sprememb v **tipu mišičnih vlaken** in njihovih značilnostih. Vsako mišično vlakno poveča svoje aerobne sposobnosti. Pride predvsem do povečane aerobne presnove v tipih vlaken I in IIa ter do kvalitativne spremembe vlaken iz tipa IIb v IIa. Pride tudi do povečane gostote kapilarne mreže predvsem okrog vlaken tipa I in IIa (Ušaj, 2003).

Učinke treninga na mišična vlakna so proučevali tudi Trappe idr. (2005) Ugotavljali so učinke maratonskega treninga pri skupini 7 rekreativnih tekačev ( $22 \pm 1$  let,  $177 \pm 3$  cm in  $68 \pm 2$  kg). 13 tednov so izvajali maratonski tekaški trening in 3 tedne trening z zmanjšanim obsegom (tapering – T). Pred in po vadbenem procesu je bila narejena biopsija gastrocnemiusa. Opazovali so počasna oksidativna mišična vlakna TIP 1 in hitra oksidacijska mišična vlakna TIP 2a: velikost, jakost (P), hitrost (V) in moč (power). Debelina mišičnih vlaken se je zmanjšala do 20% pri obeh tipih vlaken. P se je ohranjala pri obeh tipih mišičnih vlaken, pri tipu 2a se je povečala za 18% po T. To se kaže v 60% povečanju v sili glede na prečni presek mišice pri obeh tipih mišičnih vlaken. Hitrost krčenja vlaken TIPa 1 se je povečala za 28%, pri tipu 2a je ostala nespremenjena. Moč (power) se je povečala pri vlaknih TIP-a 1 in 2a po treningu, s še dodatnim povečanjem pri TIP-u IIa po T. S treningom se je izboljšala maksimalna poraba kisika in aktivnost citrat sintaze.

Zaključili so, da se je funkcija in učinkovitost vlaken po maratonskem treningu ohranila ali izboljšala, 3-tedensko T obdobje na koncu treninga pa je še dodatno izboljšalo funkcionalno sposobnost mišic, predvsem vlaken tipa 2a.

Energijska kapaciteta in intenzivnost energijskih sistemov v mišičnih celicah je odvisna od količine energijskih substanc v mišici (ATP, CP, glikogen, trigliceridi) od količine in vrste encimov v mišičnih celicah (atepeaza, kreatinkinaza, glikolitični encimi, encimi cikla limonske kisline in dihalne verige) in od količine mioglobina (Lasan, 2004).

Mioglobin je globularna beljakovina, ki je skladišče kisika. Najdemo ga v skeletnih in srčni mišici in vsebuje železo. Predstavlja dodatni vir kisika v mišici in olajša difuzijo  $O_2$  v celico.



Počasna mišična vlakna imajo večje količine mioglobina, ker se v njih tvori veliko ATP energije v aerobnih procesih. Trenirani ljudje imajo **večje količine mioglobina** kot posledica prilagoditve na vadbo (McArdle idr., 1996).

**Poveča se število in velikost mitohondrijev** v treniranih mišicah, kar omogoča večjo zmogljivost za aerobno razgradnjo goriv, še posebej maščob (McArdle idr., 1996).

Mitohondriji so energijski centri celice. V njih potekata procesa Krebsovega kroga in dihalne verige, pri čemer se proizvaja ATP (Lasan, 2005).

Hoppeler idr. (1985) so ugotavljali vpliv aerobnega treninga na aerobno kapaciteto in strukturo mišičnih vlaken. V vzorcu je bilo 10 merjencev, 5 moških in 5 žensk. Trening je potekal 6 tednov, 2–3-krat na teden na cikloergometru 30 minut pri 85% naporu. Posledica je bila povečanje  $VO_2$  max za 14%, maksimalna moč, ki so jo lahko vzdrževali se je povečala za 33%, predvsem pa se je povečala debelina mitohondrijev – skupna površina za 40%.

**Število aerobnih encimov v mišici** se poveča za skoraj 2-krat. To omogoča povečano sposobnost mišičnih celic da proizvajajo ATP po aerobni poti z oksidacijsko fosforilacijo. Tako lahko oseba ohranja visok procent aerobne kapacitete pri dolgotrajni obremenitvi brez izrazitega povišanja vrednosti laktata (McArdle idr., 1996). Ušaj (2003) navaja, da se poveča njihova aktivnost, predvsem SDH – sukcijske dehidrogenaze, tudi CS - citrat sintaze.

Trenirana mišica ima večjo sposobnost **metabolizma ogljikovih hidratov** zaradi večjega števila mitohondrijev ter **večje zaloge glikogena** v trenirani mišici.

**Povečan je tudi metabolizem maščob.** Vzdržljivostna vadba vpliva na povečano mišično sposobnost, da mobilizira in oksidira maščobe - poveča metabolizem maščob. To omogoča varčevanje z ogljikovimi hidrati, kar podaljša trajanje aktivnosti in izboljša aerobno sposobnost posameznika (McArdle idr., 1996).

Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen in Spriet (2006) so proučevali vpliv visoko intenzivne aerobne intervalne vadbe na oksidacijo maščob pri ženskah.

Testirali so 8 žensk, starih  $22,1 \pm 0,2$  let s telesno težo  $65,0 \pm 2,2$  kg in maksimalno porabo kisika  $2,36 \pm 0,24$  l/min. V dveh tednih so naredile 7 visoko intenzivnih aerobnih intervalnih treningov (10 x 4 min kolesarjenja na 90%  $VO_2$  max, odmor 2 min).

Cilj je bil proučiti: vsebnost goriv skeletnih mišic, aktivnost encimov v mitohondrijih, transport maščobnih kislin, maksimalno porabo kisika ter metabolične, hormonske in kardiovaskularne odzive na vadbo. Pred in po vadbenem obdobju so izvedle test maksimalne porabe kisika ter 60 min kolesarjenja na 60%  $VO_2$  max.

Trening je povečal maksimalno porabo kisika za 13%. Frekvenca srca se je znižala v drugi polovici 60 minutnega kolesarjenja na 60%  $VO_2$  max. Oksidacija maščob med vadbo se je povečala za 36%. Raven glikogena in triacilglicerola v mišici v mirovanju se ni spremenila, zmanjšala pa se je celotna poraba glikogena po 60 minutnem testu na kolesu. Vadba je tudi opazno vplivala na količino in aktivnost encimov v mitohondrijih (hidroksiacil – Koencim A dehidrogenaza povečanje za 32%, citratna sintaza povečana za 20%). Zaključili so, da je 7 kratni visoko intenzivni aerobni intervalni trening opazno povečal kapaciteto mišic za oksidacijo maščobnih kislin pri zmerno aktivnih ženskah.

Na drugačno presnovo vpliva tudi **vsebnost hormonov** med in po naporu. Aerobna vadba vpliva na zmanjšano vsebnost kateholaminov (adrenalina in noradrenalina) v plazmi (Astrand in Rodahl, 1986). To športniki zaznavajo kot manjši napor pri enaki obremenitvi, ker je manjša aktivnost anaerobnih laktatnih energijskih procesov (glikogenolize). Ker pa ostaja območje največje vsebnosti kateholaminov nespremenjeno pomeni, da je pri enaki največji vsebnosti kateholaminov mogoče premagovati večjo obremenitev (Ušaj, 2003).

Pod vplivom aerobne vadbe pa se spremeni tudi vsebnost hormonov inzulina in glukagona, kar vpliva na presnovo ogljikovih hidratov. Med naporom se vsebnost inzulina zmanjša, glukagona pa zviša. Inzulin poveča porabo glukoze v mišicah in zmanjša sproščanje glukoze iz jeter in maščevja v kri. Vloga glukagona pa je ravno obratna, pospešuje sproščanje glukoze iz jetrnega glikogena in podkožnega maščevja v kri. Koncentracija glukoze v krvi se torej zviša (Ušaj, 2003, Lasan, 2004).

**Vsebnost laktata** se med vadbo poveča, v mirovanju pa pride do znižanja njegove vsebnosti kot prilagoditev na vadbo. Med intenzivno vadbo se izrazito poveča koncentracija mlečne kisline, ki pa razpade na laktat in  $H^+$  jone.  $H^+$  pa povzroča zakislenost. Treniran športnik je sposoben prenašati večje spremembe kislno-bazičnega ravnovesja (nižje vrednosti pH). Pravilno voden trening povečuje pufersko kapaciteto organizma in njegovo toleranco za večje spremembe kislno-bazičnega ravnovesja (Astrand in Rodahl, 1986). Torej lahko športnik izvaja neko obremenitev, kljub nižji vrednosti pH.

Green idr. (1992) so proučevali metabolične prilagoditve na kratko obdobje trajajoči aerobni trening. Ugotavljali so vpliv povečanega števila mitohondrijev, ki je posledica aerobne vadbe, na manjšo porabo glikogena med vadbo in nižji laktat. Merjenci (9 moških) so kolesarili 2 uri na dan na 67%  $VO_2$  max 5-7 dni. Na začetku in na koncu so izvedli testiranje - biopsija vastusa lateralisa med kolesarjenjem na cikloergometru pri 30 min na 67% in 30 min na 76%  $VO_2$  max.

Rezultati so pokazali nižjo porabo glikogena po vadbi, ki je bila povezana z nižjo koncentracijo laktata (mmol/kg) (pri 15 min s 37,4 +/- 9,3 na 20,2 +/- 5,3; pri 30 min s 30,5 +/- 6,9 na 17,6 +/- 3,8, pri 60 min s 26,5 +/- 5,8 na 17,8 +/- 3,5)  $VO_2$  max je ostal nespremenjen. Aktivnost encimov Krebsovega cikla je bila nespremenjena pred in po treningu. Zaključili so, da je povečano število mitohondrijev zgodnji odziv na aerobni trening, ki vodi tudi do drugih metaboličnih sprememb.

Nato so isti avtorji (Green, Jones, Ball-Burnett, Farrance in Ranney, (1995) – ugotavljali vpliv aerobnega treninga, ki je trajal daljše časovno obdobje.

V raziskavi so želeli ugotoviti, kako še dodatno povečan aerobni potencial poveča metabolične prilagoditve na vadbo. Sodelovalo je 7 zdravih moških ( $VO_2$  max = 45,1 +/- 1,1 ml/kg/min), ki so trenirali 8 tednov, 5-6 x na teden po 2 uri kolesarjenja na 62%  $VO_2$  max izmerjenega pred vadbo.

Analize po 4 tednih treninga so po 60 minutni vadbi pokazale znižano koncentracijo laktata, manjšo hidrolizo fosfokreatina in manjše praznenje zalog glikogena. Po nadaljnjih 8 tednih ni bilo nobenih sprememb. Indeks aktivnosti encima fosfofruktokinaze se ni spremenil.

Stopnjo mišične oksidacije so določili iz aktivnosti sukcininske dehidrogenaze. Ta je narasla za 31% po 4 tednih treninga in dosegla plato sredi zadnjega tedna treninga. Tudi do povečanja  $VO_2$  max za 15,6% je prišlo po prvih 4 tednih vadbe. Poraba kisika pri submaksimalni obremenitvi je bila nespremenjena. Zaključili so, da do velikih odzivov na aerobno vadbo pride že po krajšem času treninga. Spremembe po nadaljnji vadbi so minimalne.

Ena od prilagoditev je tudi **hipertrofija mišic** – zadebelitev mišičnih vlaken. Pri vzdržljivostnih športnikih se bolj zadebelijo počasna mišična vlakna (McArdle idr., 1996).

### **2.1.3. SPREMEMBE V SESTAVI TELESA**

Človeško telo (po poenostavljenem 3 delnem modelu) sestavlja maščobna masa, pusta telesna masa (mišice in kosti) ter notranji organi (McArdle idr., 1996). Telesna vadba vpliva na njihov procentualni delež v telesu, kar pa vpliva tudi na zdravje in počutje posameznika.

Dalj časa trajajoča aerobna vadba vpliva na povečano porabo maščob (Talanian idr., 2006) in s tem na zmanjšanje maščobne mase. Pride do zmanjšanja kožnih gub, obsegov in procenta podkožnega maščevja.

Nindl idr. (2000) so ugotavljali spremembe v sestavi telesa pri ženskah po 6 mesečnem treningu. V raziskavo je bilo vključenih 31 žensk, ki so 6 mesecev izvajale kombinacijo aerobne vadbe in vadbe za moč, 5-krat na teden po 1h in pol. Prisotna je bila tudi kontrolna skupina žensk, ki ni vadila, ter skupina moških, ki so jih izmerili samo enkrat in je služila za primerjavo med spoloma. Proučevali so predvsem delež maščobne, mišične in kostne mase.

Rezultati so pokazali, da se je telesna masa znižala za 2,2%, maščobna masa za 10%, pusta telesna masa pa se je zvišala za 2,2% predvsem na račun povečanja mišične mase. Na kostno maso ni bilo nobenih sprememb.

Prišlo je do velikih razlik med zgornjimi in spodnjimi okončinami. Na zgornjih okončinah se je delež maščobne mase znižal za 31%, mišična masa pa se ni spremenila. Na spodnjih okončinah pa se je mišična masa povečala za 5,5%, maščobna masa pa je ostala nespremenjena (ni se znižala).

Ta raziskava je pokazala, da je spremembe potrebno opazovati glede na različne dele telesa, saj ne prihaja do enakih sprememb na vseh delih telesa. Znano je, da je pri ženskah potrebno daljše vadbeno obdobje, da so opazni učinki hipertrofije.

Med različnimi športi: tek, kolesarjenje, hoja v hrib, ni nobenih razlik glede velikosti vpliva. Vendar pa je pomembno, da je trening dovolj pogost. Vaditi je potrebno vsaj 3-4-krat na teden, saj 1-2-krat tedenska vadba ne povzroči značilnih sprememb. (Pollock idr., 1975) Za željene učinke pa mora biti vadbeni enota dovolj dolga (povzeto po McArdle idr., 1996).

Milesis idr. (1976) so primerjali med sabo učinke 15, 30 in 45 minutne vadbe pri enaki obremenitvi. Merjence so razdelili v 3 skupine, ki so izvajale 15, 30 ali 45 minutno vadbo (hoja in tek), izmerili pa so tudi kontrolno skupino, ki ni vadila. Vse tri skupine so značilno

znižale maščobno maso, kožne gube in obsege, vendar je bilo znižanje največje pri 45 minutni skupini. Vzrok za to je bil v največji porabi kalorij zaradi najdaljšega trajanja. Telesna masa se je znižala samo pri 30 in 45 minutni skupini (povzeto po McArdle idr., 1996).

Aerobna vadba povzroči le majhno povečanje mišične mase (Nindl idr. 2002 so ugotovili povečanje za 2,2%). Za povečanje mišične mase (hipertrofijo) je potrebna vadba za moč, ki mora prav tako potekati dovolj pogosto. Učinki vadbe so vidni že po 6–8 tednih. Posledica vadbe za moč pa je tudi zmanjšanje maščobne mase. Ballor idr. (1988) so v svoji raziskavi ugotavljali vplive vadbe za moč pri ženskah s prekomerno telesno težo, ki so vadile 3x tedensko 8 tednov. Ugotovili so zvišanje mišične mase za 1,1 kg (2,3%) in znižanje maščobne mase za 0,6 kg (2,3%) (povzeto po Mcardle idr., 1996).

Za še večje spremembe v sestavi telesa pa je nujno potrebna tudi ustrezna prehrana. Raziskave so pokazale, da je najbolj učinkovita redna, dovolj dolgo trajajoča telesna aktivnost skupaj z prehrano.

Dengel, Pratley, Hagberg, Rogus in Goldberg (1996) so ugotavljali vpliv vadbe in diete na homeostazo glukoze pri sedečih moških s prekomerno telesno težo.

Predpostavljali so, da je porušenje homeostaze glukoze s starostjo lahko posledica slabe telesne kondicije in prekomerne telesne teže, ki sta posledici staranja.

V raziskavi je sodelovalo 47 neaktivnih starejših moških, ki so jih razdelili v 4 skupine:

1. je izvajala program za zmanjšanje telesne teže (TT) - dieto,
2. je izvajala 3-krat tedenski vadbeni program,
3. je izvajala 3-krat tedenski vadbeni program + program za zmanjšanje telesne teže,
4. kontrolna skupina.

Program so izvajali 10 mesecev.

Rezultati:

- $VO_2$  max se je povečal pri 2. in 3. skupini, ki je izvajala vadbo, ne pa v 1. in 4. skupini.
- 1. in 3. skupina – obe skupini, ki sta izvajali program za zmanjšanje TT, sta opazno znižali telesno težo in odstotek maščobe. 2. skupina, ki je samo vadila, ni izrazito zmanjšala TT.
- Test je pokazal manjšo aktivnost inzulina pri 1., 2. in 3. skupini, vendar najbolj izrazito pri 3. V 1. in 3. skupini se je znižala tudi koncentracija glukoze, medtem ko v 2. in 4. skupini ni bilo značilnih sprememb.

Raziskava je pokazala, da tako vadba kot dieta vplivata na zmanjšanje aktivnosti inzulina, na pospešen metabolizem glukoze pa vpliva predvsem dieta – ustrezna prehrana. Za zmanjšanje TT pa je pomembna tako vadba kot dieta.

#### **2.1.4. POVEČANA MAKSIMALNA PORABA KISIKA (VO<sub>2</sub> MAX)**

Sinteza vseh prilagoditev pa se kaže v največji prilagoditvi na aerobno vadbo, to je povečana maksimalna poraba kisika (VO<sub>2</sub> max). VO<sub>2</sub> max je sposobnost organizma, da proizvede kolikor je mogoče veliko energije z oksidacijo organskih substanc v eni minuti. Z maksimalno porabo kisika se izraža aerobna moč ali aerobna sposobnost. Količina kisika, ki se v enoti časa prenese od pljuč do celic je odvisna od delovanja srca (MVS), od stanja žil (upor pretoku krvi) in od lastnosti krvi (oksiforna kapaciteta) (Lasan, 2005).

Veliko raziskav je dokazalo, da se maksimalna poraba kisika pod vplivom vzdržljivostne vadbe poveča, tudi vse v nalogi omenjene.

Raziskavo, kjer so ugotavljali povečano VO<sub>2</sub> max so delali tudi Hickson, Bomze in Holloszy (1977). Merili so 8 ljudi, ki so trenirali 10 tednov, 6-krat na teden po 40 min. Od tega so 3-krat delali 5 minutne intervale na cikloergometru (intenzivnost na VO<sub>2</sub> max) z 2 minutnim odmorom (intenzivnost na 50–60% VO<sub>2</sub> max), 3x pa sa tekli čim hitreje 40 minut. VO<sub>2</sub> max se je konstantno dvigala skozi vseh 10 tednov v povprečju za 0,12 l/min in se skupno povečala za kar 44%. Zaključili so, da se aerobna sposobnost pod vplivom treninga zelo hitro izboljša in, da jo lahko v veliki meri povečamo.

Carter idr. (2000) so ugotavljali učinke aerobnega treninga na kinetiko porabe kisika pri srednje intenzivnem (pod laktatnim pragom (LP)) in pri visoki intenzivnem (nad LP) teku.

Sodelovalo je 23 študentov športne fakultete. Trening je potekal 6 tednov in je zajemal dolgotrajni tek in intervalni tek 3–5-krat na teden po 20 do 30 minut. Pred in po vadbenem procesu so izvedli obremenilni test na tekoči preprogi do izčrpanosti, da so določili LP in VO<sub>2</sub> max.

Traning je povzročil majhno, a značilno zvišanje LP in VO<sub>2</sub> max (3–4%). Pri srednje intenzivnem treningu se kinetika porabe kisika ni značilno spremenila. Pri visoko intenzivnem treningu pa se je znižala koncentracija laktata in spremenila druga polovica kinetične verige

VO<sub>2</sub> max. Zaključili so, da je bila ta sprememba povezana z znižanjem MVV, ki se je znižal zaradi znižane koncentracije laktata.

V že omenjeni raziskavi, ki sta jo izvedla Cunningham in Hill (1975), so tudi ugotovili opazno povečanje VO<sub>2</sub> max (za 34%), vendar pa so ugotovili tudi njegovo zmanjšanje za 10% po prenehanju vadbenega procesa.

**OSTALE PRILAGODITVE:** Boljše uravnavanje telesne temperature - bolj trenirani ljudje lažje prenašajo vroče okolje zaradi boljšega in večjega pretoka krvi ter boljših mehanizmov termoregulacije. Izboljšanje izvedbe, večja učinkovitost in ekonomičnost. Pride pa tudi do psiholoških prilagoditev na vadbo (McArdle idr., 1996).

Barder (2002); Jerše in Pokorn (1980) navajajo naslednje pozitivne učinke teka na zdravje: nižja verjetnost srčnih bolezni in kapi, močnejše kosti - zmanjšanje tveganja za osteoporozo, nižja verjetnost obolezlosti za rakom ali diabetesom, izboljššan imunski sistem, manjša verjetnost poškodbe sklepov, zmanjšane bolečine v križu, zmanjšani znaki depresije in anksioznosti, povečana koordinacija in mobilnost, ščiti krvožilje in vzdržuje zdravo kri in celice, poživl presnovo in s tem preprečuje presnovne bolezni, boljše splošno počutje...

#### **2.1.5. VPLIV STARANJA IN TELESNE VADBE NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI IN SESTAVO TELESA**

Znano je, da smo z leti podvrženi številnim učinkom staranja, ki se jim ne moremo izogniti. Organizem peša, funkcije srčnožilnega in dihalnega sistema se slabšajo, mišice atrofirajo, njihova prožnost se slabša, pride do degenerativnih sprememb kostnega sistema... (Sperry, 1983; Rotovnik Kozjek, 2004). Vendar pa so sledeče raziskave dokazale, da učinke staranja lahko v veliki meri omilimo s telesno vadbo. Starejši se lahko celo približajo vrednostim mlajše populacije.

Pollock, Foster, Knapp, Rod in Schmidt (1987) so proučevali vplive staranja in telesne vadbe na aerobno kapaciteto in telesno strukturo starejših profesionalnih atletov. V študiji je sodelovalo 24 starejših (50-82 let), nekdanjih profesionalnih atletov tekačev. Opazovali so jih skozi obdobje 10 let, da bi ugotovili vpliv staranja in telesne aktivnosti – treninga. Vsi so nadaljevali z aerobnim treningom, a le 11 jih je ohranilo njihov tekmovalni protokol treninga.

Rezultati so pokazali da se aerobna sposobnost ( $\text{VO}_2$  max in kisikov pulz) pri tistih, ki tekmovalno trenirajo ohranja, pri drugih pa pada. Maksimalna frekvenca srca se je znižala pri obeh skupinah za 7 udarcev. Pri obeh skupinah se je malenkost zmanjšala teža telesa (s 70,0 na 68,9 kg), povečal odstotek maščobe (iz 13,1 na 15,1%) in zmanjšala pusta telesna masa (iz 61,0 na 59,0 kg). Zaključili so, da je aerobna kapaciteta odvisna predvsem od treninga in jo z vadbo lahko ohranjamo. Isto pa ne velja za sestavo telesa, ki se spreminja predvsem pod vplivi staranja.

Tudi Seals idr. (1984) so v že omenjeni raziskavi ugotovili, da se tudi starejši ljudje lahko prilagodijo na aerobno vadbo (povečanje  $\text{VO}_2$  max in UV, znižanje FSU v mirovanju in krvnega tlaka) in povečajo svojo aerobno moč.

Makrides, Heigenhauser in Jones (1990) so proučevali vpliv visoko intenzivnega aerobnega treninga, ki je trajal 12 tednov glede na starost.

Merjenci so bili zajeti iz moške sedeče populacije in so jih razdelili v 2 skupini: S – starejši, bilo jih je 12 starih od 60 do 70 let, M – mlajših pa 10, starih od 20 do 30 let.

**$\text{VO}_2$  max** se je pri S povečal za 38% (z 1,60 +/- 0,073 na 2,21 +/- 0,073 l/min), pri M pa za 29% (z 2,54 +/- 0,141 na 3,26 +/- 0,181 l/min). **MVS** se je pri S povečal za 30% (z 12,7 na 16,5 l/min), s 6% povečanjem arterio-venske diference za  $\text{O}_2$  (s 126 na 135 ml/l); pri M sta se oba parametra povečala za 14% (MVS z 18,0 na 20,5 l/min in (a-v) dif.  $\text{O}_2$  s 140 na 159 ml/l). Pri S se je znižal **krvni tlak** in MVS pri submaksimalni obremenitvi, pretok krvi in utripni volumen sta se povečala.

Povečalo se je tudi opravljeno delo v 30 sekundah kolesarjenja s frekvenco 110 obratov/minuto pri obeh skupinah z 11,2 na 12,6 kJ (za 12,5%) pri S in s 15,7 na 16,9 kJ (za 7,6%) pri M. Pri istem testu se je znižala utrujenost in koncentracija laktata v plazmi.

Po 12-tedenskem visoko intenzivnem aerobnem treningu so bile opažene spremembe pri obeh skupinah. Pri S skupini je prišlo tudi do 2-krat večjih sprememb predvsem v pretoku krvi, MVS in utripnem volumnu. Vendar pa so spremembe večje tudi zato, ker ima S skupina precej nižje začetne vrednosti, do katerih je prišlo s starostjo, in so zato lahko več napredovali kot M, pri katerih vplivi starosti še niso bili veliki.

Vrednosti  $\text{VO}_2$  max pri različnih starostnih skupinah in različni stopnji treniranosti so v svoji raziskavi proučevali tudi Pimentel, Gentile, Tanaka, Seals in Gates (2003). Imeli so skupino merjencev starih od 20 do 75 let. 89 jih je bilo treniranih in 64 sedeče populacije. Testirali so



jih z obremenilnim testom na tekoči preprogi. Relativna  $VO_2$  maks je bila obratno sorazmerna z starostjo (leti), vendar je bila pri vseh starostnih skupinah višja pri treniranih. Stopnja zmanjševanja  $VO_2$  max je bila večja pri treniranih – ker so imeli večje vrednosti, se je lahko tudi bolj zmanjšala. Pri sedeči populaciji je bilo zmanjšanje  $VO_2$  max linearno, pri treniranih pa se je vrednost ohranjala do približno 50 leta in šele nato začela padati.

Podobno so Fitzgerald, Tanaka, Tran, in Seals (1997) ugotovili pri ženskah različnih starosti. Ženske so razdelili v 3 skupine na sedeče, aktivne in vzdržljivostno trenirane z maksimalno porabo kisika  $29,7 \pm 7,8$ ;  $38,7 \pm 9,2$ ;  $52,0 \pm 10,5$  ml/kg/min. V vseh skupinah so bile ženske različnih starosti, velikost  $VO_2$  max je bila v obratnem sorazmerju s starostjo. Stopnja upadanja  $VO_2$  max je bila največja pri treniranih, nato aktivnih in nazadnje sedečih. Ker so bile vrednosti ravno obratne, je upad pri treniranih lahko največji.

Meredith idr. (1989) so proučevali učinke 12-tedenskega aerobnega treninga pri 70%  $VO_2$  max pri 10 starejših ( $65,1 \pm 2,9$  let) in 10 mlajših ( $23,6 \pm 1,8$  let) zdravih moških in ženskah.

Trening pri nobeni skupini ni vplival na telesno težo ali sestavo telesa. Starejši so imeli več maščobnega tkiva in manj mišične mase. Na začetku so imeli starejši nižji  $VO_2$  max, ki se zniža z starostjo in neaktivnostjo, vendar pa so s treningom vsi enako izboljšali  $VO_2$  max za 5,5-6,0 ml/kg/min. Pred vadbo je biopsija pokazala 61% višje zaloge glikogena pri mladih. Poraba glikogena med submaksimalno obremenitvijo je bila višja pri starejših.

Po treningu so se izboljšale zaloge glikogena ter poraba kisika v mišici, vendar samo pri starejših. Zmanjšal se je delež ogljikovih hidratov kot vir energije pri submaksimalni obremenitvi, vendar samo pri mlajših.

Pri obeh skupinah se je izboljšala mišična oksidacijska sposobnost, vendar veliko bolj pri starejših – za 128%, kar kaže, da so periferni faktorji zelo pomembni pri adaptaciji na aerobni trening pri starejših.

## 2.2. VSEBINE VADBE ZA OHRANJANJE TELESNE KONDICIJE

Kondicija je funkcionalno stanje organizma, pri katerem so zlasti razvite osnovne psihomotorne sposobnosti, pomembne za različne gibalne aktivnosti (Ulaga, 1996). Biti v dobri telesni kondiciji pomeni, da nam napori v vsakdanjem življenju in napori v športu ne

predstavljajo večjih ovir in jih zlahka premagujemo. Za dobro telesno kondicijo so pomembne različne funkcionalne in motorične sposobnosti. Za rekreativnega športnika so pomembne predvsem:

- VZDRŽLJIVOSTNA VADBA
- VADBA ZA RAZVOJ MIŠIČNE MOČI
- VADBA ZA RAZVOJ GIBLJIVOSTI

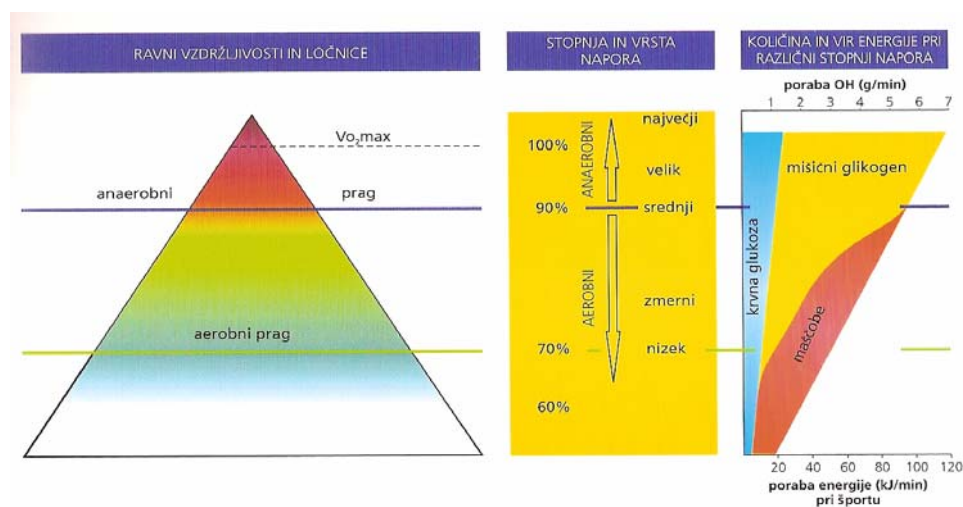
## 1. Vzdržljivostna vadba

Vzdržljivost je sposobnost, ki omogoča, da se določen telesni napor (telesna aktivnost) izvaja daljši čas brez zmanjšanja njegove intenzivnosti (brez pojava utrujenosti) (Lasan, 2004).

Vadbo vzdržljivosti lahko razdelimo na različne ravni glede na različne kriterije. Za šport je zanimiva razdelitev glede na vrsto napora.

Pri rekreativnih športnikih se največ izvaja *aerobni napor*. Predstavlja nizko do srednje intenzivne dalj časa trajajoče napore, v katerih prevladujejo aerobni energijski procesi (odvisni so od zadostnega dovajanja kisika). Aerobni napor je torej odvisen od oksidacijske energijske kapacitete posameznika, ki je opredeljen z  $VO_2 \max$  (Ušaj, 2003; Lasan, 2005; Škof, 2007).

Graf 1: Vrste naporov (Škof, 2007)



*Aerobno-anaerobni napor* presega nivo laktaknega praga (LP), to je tiste točke, kjer začne vsebnost laktata v krvi naraščati. Poraba kisika pri tovrstnih naporih začne naraščati premosorazmerno z intenzivnostjo obremenitve. *Anaerobno-aerobni* napor presega stopnjo največje porabe kisika. Potekajo izključno anaerobni laktatni energijski procesi (glikoliza). *Anaerobni alaktatni napor* je značilen za najvišjo intenzivnost obremenitve, ki jo mišice lahko premagujejo tja do 10 sekund (Ušaj, 2003; Lasan, 2005; Škof, 2007).

V trening za vzdržljivost je smiselno vključiti vse štiri vrste napora.

(povzeto po Škof, 2004; Škof 2007)

Pri športni rekreaciji je smiselno najprej narediti dobro aerobno bazo, kjer gre za čisti aerobni napor. To so daljši teki v pogovornem tempu, pri katerih pride do številnih bioloških prilagoditev organizma, ki so potrebne za povečanje intenzivnosti vadbe. Taka vadba mora trajati daljše obdobje. Vadba v tem območju pa je primerna tudi za kontrolo telesne teže.

Nato sledi trening vzdržljivosti (aerobno – anaerobni napor), ki vsebuje hitrejša (tempo) teke, kjer zmanjšamo razdaljo in povečamo hitrost. Sem sodijo ponavljalni teki, fartlek in teki s stopnjevano hitrostjo v območju anaerobnega praga (92-95 % FSU max). V tej fazi pride do povečevanja vzdržljivosti.

Anaerobno aerobni napor je napor v območju  $VO_2$  max in je primeren samo za zelo izkušene, tekmovalno usmerjene tekače, saj vključuje zelo zahtevno vadbo pri visoki intenzivnosti. Sem sodi intervalna vadba. Anaerobnega napora za rekreativnega tekača ni potrebno vključevati v trening.

## **2. Vadba za razvoj mišične moči**

Moč je motorična sposobnost, kjer gre za premagovanje največjih bremen z največjo silo, ali premagovanje bremen s kar največjim pospeškom, dolgotrajnejše premagovanje bremen ali silo izometričnega krčenja. Glede na razlago razdelimo moč na več vrst. Na statično, kjer gre za izometrično delo - zadržujemo v nekem položju in dinamično, kjer pride do gibanja v sklepu oz. približevanja ali oddaljevanja mišičnih pripojev. Dinamično razdelimo na maksimalno moč, hitro ali eksplozivno moč ter vzdržljivost v moči (Ušaj, 2003).

Zato ločimo tudi različne tipe vadbe moči. Poznamo metode za povečanje: mišične mase, maksimalne moči, hitre moči / reaktivnih sposobnosti, vzdržljivosti v moči in statične moči.

Vadba za moč ima velik pomen tudi za vzdržljivostnega tekača in predstavlja dopolnitev tekaški vadbi. Z ojačanjem telesne muskulature se izboljša tudi izvedba posameznika, izboljša se tehnika in poveča ekonomičnost teka. Vadba moči ima velik pomen tudi na zmanjševanje poškodb, saj ojačane mišice dajejo sklepom večjo stabilnost in varujejo kosti. Ohranjanje moči pa je zelo pomembno predvsem za starejše, saj se začneta mišična in kostna masa s starostjo zmanjševati, vadba za moč pa ju ohranja (Škof, 2004).

Za vzdržljivostnega tekača je najbolj pomembna dobra bazična priprava, nato sledi vadba za povečanje mišične sile (1-3 serije, 60–75 1 RM, 12 ponovitev) in vadba vzdržljivosti v moči (večje število ponovitev z manjšimi bremenimi).

Za tekača so pomembne močne mišice trupa, ki omogočajo vzravnani položaj telesa med tekom. Priporočljive vaje so upogibi, zakloni in zasuki trupa ter vaje za stabilizacijo.

Pomembne so tudi vaje za spodnje okončine. Zadnjo mečnično mišico krepimo z dvigovanjem na prste ali hojo po prstih. Sprednje mečnične mišice pa s hojo po petah na iztegnjenih nogah. Za sprednje stegenjske mišice izvajamo počepe in izpadne korake, za zadnje stegenjske in zadnjične mišice pa dvig bokov v opori ležno na hrbtu, počepe na eni nogi, skoke iz čepa, vlečenje pete navzgor.

### **3. Vadba za razvoj gibljivosti**

Pod pojmom gibljivost razumemo možnost izvajanja giba z največjo možno amplitudo v enem ali več funkcionalno povezanih sklepih. Gibljivost značilno pogojuje manifestacijo drugih gibalnih sposobnosti in je kot taka pomemben dejavnik naše optimalne telesne (splošne) pripravljenosti in bi jo morali vzdrževati do smrti. Je pogoj za razvoj in izražanje vseh ostalih motoričnih sposobnosti in predstavlja edino preprečevanje poškodb. Gibljivost se zmanjšuje skupaj s poslabševanjem splošne telesne pripravljenosti. Sklepi neaktivne osebe so vedno manj gibljivi in izgube celo tisti razpon gibljivosti, ki je nujen za številna vsakdanja opravila, zato se zmanjša delovna učinkovitost ljudi. Primerna gibljivost je eden od dejavnikov splošnega dobrega počutja, ker je sproščenost mišic povezana s sprostitvijo psihične napetosti v organizmu (Lasan, 2004).

Raztezne vaje za izboljšanje / vzdrževanje prožnosti imajo širok spekter učinkovanja. Z njihovo uporabo se: (Lasan, 2004; Kragelj, 2001)

- zagotavlja optimalna dolžina mišic, ki je pogoj za razvoj maksimalne mišične sile
- prepreči ali zmanjša možnost poškodb, predvsem mišic, kit in vezi
- zagotavlja dobro počutje, ker obstaja vzvratna povezanost med zmanjšanjem mišične napetosti in zavestno psihično sproščenostjo
- pripravi telo na napor in s tem olajša telesno dejavnost (manjši mehanski upor v mišici)
- pospeši regeneracijo z izboljšanjem prekrvavljenosti in limfne drenaže, kar izboljša presnovo tkiv
- ozavesti dihanje
- poveča elastičnost mišic, tkiv in ovojnic, ki s tem pridobijo dodatno kapaciteto za učinkovito delo

Pri tekaški vadbi se delajo vaje za gibljivost na začetku in na koncu vadbene enote, predvsem za tiste mišične skupine, ki so med tekom najbolj obremenjene. Na začetku se dela predvsem balistično in dinamično raztezanje. Ta pospeši krvni obtok in pripravi telo na fizično aktivnost, zmanjšuje možnost poškodb in izboljša izvedbo telesne dejavnosti (Škof, 2004).

Na koncu vadbe pa sledi statično raztezanje, kjer vse obremenjene mišične skupine raztezamo in zadržimo v končnem položaju od 15 do 30 sekund.

## PROBLEM

Glede na predstavljeno in spoznanja številnih študij telesna vadba vpliva na sposobnosti organizma, na spremembe v sestavi telesa in ohranja njegovo vitalnost. Problem diplomske naloge je ugotoviti, v kakšni meri je 6-mesečna vodena rekreativna tekaška vadba, ki so jo posamezniki opravljali v pripravah za nastop na Ljubljanskem maratonu (različnih razdaljah), vplivala na izboljšanje njihove vzdržljivosti, fiziološke in biokemijske parametre njihove telesne pripravljenosti ter na sestavo telesa. Ker so bili tekači razdeljeni v 3 skupine glede na svoje tekaške izkušnje in telesno pripravljenost, smo želeli ugotoviti tudi vpliv vodene vadbe na posamezno skupino.

### 3. CILJI

Cilji naloge so:

- Ugotoviti kako 6-mesečna rekreativna aerobna vadba vpliva na vzdržljivost tekačev.
- Ugotoviti kako 6-mesečna rekreativna aerobna vadba vpliva na izbrane funkcionalne in biokemijske parametre:
  - a) dihalne parametre (minutno ventilacijo, frekvenco dihanja, respiracijski volumen, ventilacijski ekvivalent kisika, vitalno kapaciteto)
  - b) na parametre srčnega dela (frekvenco srca, utripni volumen, minutni volumen srca)
  - c) metabolične parametre (vsebnost laktata, respiratorni kvocient)
  - d) aerobno učinkovitost (maksimalno porabo kisika, kisikov pulz)
- Ugotoviti kako 6-mesečna rekreativna aerobna vadba vpliva na posamezne komponente sestave telesa (delež mišične, maščobne in kostne mase).
- Ugotoviti morebitne razlike v vplivu različnih vadbenih protokolov (izvajanih v različnih vadbenih skupinah) na izbrane funkcionalne in biokemijske parametre ter parametre telesne sestave.

### 4. HIPOTEZE

Glede na pregledano literaturo in dosedanje raziskave so hipoteze naslednje:

H1: Vadba je vplivala na izboljšanje vzdržljivosti.

H2: Vadba je vplivala na izboljšanje funkcionalnih in biokemijskih parametrov: dihalnih parametrov, parametrov srčnega dela, metaboličnih parametrov in parametrov aerobne učinkovitosti.

H3: Vadba je vplivala na sestavo telesa: poveča se delež mišične mase, zmanjša se delež maščobne mase, indeks telesne mase se zniža, kožne gube se zmanjšajo.

H4: Med različnimi vadbenimi skupinami je prišlo do razlik v napredku v funkcionalnih in biokemijskih parametrih ter v parametrih sestave telesa.

## 5. METODE DELA

### 5.1. VZOREC MERJENCEV

V vzorec je bilo vključenih 47 merjencev od tega 22 moških in 25 žensk. Njihova povprečna starost je bila 42,5 let, najmlajši merjenec je bil star 27 let, najstarejši pa 63 let. Povprečna višina je bila 172,5 cm, povprečna teža pa 72,2 kg. Starost žensk je bila  $41,3 \pm 10,4$  let, moških pa  $44,4 \pm 10,0$  let.

Tekači so bili člani Poletovih tekaških ekip v letih 2005, 2006 in 2007.

Vadili so v treh različno zahtevnih vadbenih skupinah, kamor so bili vključeni glede na njihovo predhodno tekaško pripravljenost.

a) V začetniški skupini je bilo 11 preiskovancev (2 moška in 9 žensk) povprečne starosti  $48,6 \pm 9$  let. To so bili posamezniki brez tekaških izkušenj in slabimi telesnimi zmogljivostmi (ob vključitvi niso bili sposobni neprekinjeno teči več kot 10 minut).

b) V srednji zahtevnostni skupini je vadilo 26 preiskovancev (11 moških in 15 žensk) s povprečno starostjo  $41,6 \pm 8,5$  let. (To so bili posamezniki, ki so bili ob vključitvi v program sposobni preteči 10 km v počasnem tempu; 60-70 minut.)

c) V bolj tekmovalno ambiciozni tekaški skupini je vadilo 10 preiskovancev (9 moških in 1 ženska) starosti  $38,8 \pm 9,5$  let. (To so bili tekači že z nekaj tekaških tekmovalnih izkušenj.)

### 5.2. PROGRAM VADBE

Vadba je potekala 6 mesecev, od začetka maja do konca oktobra.

Dvakrat tedensko so potekali skupni treningi pod vodstvom trenerjev – diplomantov Fakultete za šport, v parku Tivoli. Individualni program vadbe, ki ga je prejel vsak posameznik, pa je vključeval tudi 2-3-krat samostojno vadbo doma.

Zahtevnost programa se je razlikovala glede na skupino, v katero so bili merjenci razvrščeni: začetna, srednja in zahtevnejša – tekmovalno usmerjena skupina.

### Začetna skupina

Program začetniške skupine je vključeval 2-3-krat tedensko tekaško/hodalni trening. Te vadbene enote so vsebovale menjavanje hoje in pogovornega teka (70–85% FSU max) v obsegu od 30 do 50 minut. Čas hoje se je postopoma skrajševal. Tem vadbenim enotam (3-krat tedensko) je sledila vadba za moč vseh strateško pomembnih mišičnih skupin (skupaj 10-12 vaj ) in 10 minutno raztezanje.

Vadbeni program je bil pester in ni vključeval samo tekaških treningov. Enkrat tedensko je bil predviden krajši vzpon v hrib (okrog 40 minut) z razteznimi vajami na koncu, enkrat tedensko pa daljši sproščujoč, nizko intenziven planinski ali kolesarski izlet, trajajoč 1 do 2 uri z vmesnimi odmori. Dva dneva v tednu sta bila predvidena za odmor brez posebnih športnih aktivnosti.

### Srednja skupina

Program vadbe za srednjo skupino je bil podoben. Razlikoval se je v obsegu in intenzivnosti tekaškega dela. Ena vadbena enota je vključevala od 30 do 50 minut aerobnega neprekinjenega teka (80–85% FSU max), en daljši tek (50 do 90 minut v intenzivnosti pogovornega teka (75-85% FSUmax) in en v obliki fartleka ali tempo teka (85–95% FSU max). Obseg in intenzivnost vadbe sta se povečevala zelo postopno.

Program vadbe moči, gibljivosti in domače aerobne vadbe (hoja, kolesarjenje, planinarjenje) je bil podoben kot pri prejšnji skupini.

### Zahtevnejša – tekmovalna skupina

Program vadbe je vključeval 4 do 5 vadbenih (predvsem tekaških) enot tedensko. Dvakrat (v drugem obdobju enkrat) enakomeren aerobni tek 35 do 50 minut, ki mu sledi trening tehnike teka in hitrosti. En (kasneje dva) trening vključuje stopnjevani tek, fartlek, tempo tek (40-50 minut) ali intervalne teke.

Program je predvidel tudi en dolgotrajen aerobni tek 60 do 80 minut (12 do 15 km), ki se je postopoma še podaljševal.



Realizacija treningov:

Realizacija vadbe razen pri redkih posameznikih ni dosegla planiranega obsega. V povprečju so preiskovanci tekaške treninge izvajali 2,7-krat na teden. Tisti z najmanj vadbe so v povprečju vadili samo 1-2-krat na teden, tisti z največ pa 4-5-krat tedensko. Glavni problem natančnega spremljanja njihove športne aktivnosti je bil v tem, da nekateri niso oddajali zahtevanega dnevnika vadbe, pri nekaterih pa so bili le-ti pomanjkljivo izpolnjeni.

### 5.3. OPIS MERSKIH POSTOPKOV IN SPREMENLJIVK

Preiskovanci so najprej (pred vključitvijo v vadbeni program) opravili zdravstvene preiskave (biokemijska analiza krvi, EKG, spirometrični test).

Preizkus telesnih zmogljivosti (funkcionalni in biokemijski parametri) in antropometrične meritve za izračun parametrov sestave telesa so preiskovanci opravili pred začetkom vadbe (v maju) in po končanem 6-mesečnem vadbenem obdobju (novembra).

Vsi v vzorec vključeni preiskovanci so opravili vsa merjenja in testiranja prostovoljno in na lastno odgovornost. Pred testiranjem smo jim natančno opisali vse merske postopke. Testiranje je potekalo v Fiziološkem laboratoriju na Fakulteti za šport v Ljubljani.

#### 1.0. ANTROPOMETRIČNE MERITVE

Merjenci so bili izmerjeni z razširjenim antropometrijskim programom (Mednarodni biološki program).

- *Telesna teža* (kg) je bila izmerjena z digitalno tehtnico japonskega proizvajalca Tanita, model TBF-105. Po podatkih proizvajalca meri na 0,1 kg natančno.

Na tehtnico stopi merjenec bos, oblečen samo v lahko športno opremo in mirno stoji. Telesna teža je pomembna pri določanju sestave telesa in za določanje idealne telesne mase.

- *Telesna višina* (cm) je bila izmerjena z višinomerom. Uporabljali smo standardni antropomer švicarskega proizvajalca GPM (Siber Hagner & Co., Ltd.). Merjenec se bos

vzravnano postavi ob navpično palico. Merilec spusti horizontalno prečko do najvišje točke – temena, kjer odčitamo višino. Rezultat se oceni z natančnostjo do 0,5 cm.

- Izmerjeni so bili vsi *premeri* kosti in sklepov, *obsegi* in *kožne gube*. Za to smo uporabili naslednje antropometrične inštrumente: šestilo, kljunasto merilo, meter in kaliper.

Iz izmerjenih vrednosti smo izračunali naslednje spremenljivke:

- *Indeks telesne mase* (BMI)

(body mass index) nam pove kakšna je telesna teža posameznika glede na njegovo višino.

$$\text{BMI} = \text{telesna teža (kg)} / \text{telesna višina (m)}^2$$

- *% maščobne mase* (AMASPP) nam pove kolikšen delež predstavlja maščobna masa glede na celotno težo telesa. Izračunan je bil iz povprečij petih maščobnih indeksov, in sicer: Matiegka (1933), Yuhasz (1982), Durnin&Womersley (1974), Sloan&Weir (1970), Jackson&Pollock (1980) – samo za ženske in Lohman (1981) – samo za moške.

- *Mišična masa (kg)* (AMIS) pove, koliko mase, izraženo v kilogramih, pri posamezniku predstavlja mišični del. Za izračun mišične mase sta bili uporabljeni 2 metodi. Upoštevana pa je bila njuna povprečna vrednost.

Metoda po Matiegk-i (1933):

$$\text{Mišična masa 1 (kg)} = 0,0065 \times AV \times r^2$$

$$r = (\text{AON} + \text{AOP} + \text{AOM}) / 25,12 - (\text{AKGB} + \text{AKGP} + \text{AKGS} + \text{AKGM}) / 8$$

Metoda po Martin-u (1990):

Mišična masa 2 (g) =

$$= AV \times \{0,0553 \times (\text{AOS} - \text{AKGS})^2 + 0,0987 \times (\text{AOM})^2 - 0,0331 \times (\text{AOM} - \text{AKGM})^2\} - 2445$$

$$\text{AMIS} = (\text{mišična masa 1} + \text{mišična masa 2}) / 2$$

- *% mišične mase* (AMISP) nam pove kolikšen delež predstavlja mišična masa glede na celotno težo telesa.

$$\% \text{ mišične mase} = (\text{mišična masa (kg)} \times 100) / \text{TT}$$

- *Kostna masa (kg) (AKOS)* pove, koliko mase, izraženo v kilogramih, pri posamezniku predstavlja kostni del.

Izračunana je bila z metodo po Matiegk-i (1933):

$$\text{Kostna masa} = (\text{APKOM} + \text{APZ} + \text{APKOL} + \text{APG}) / 4 \times \text{AV} \times 1,2$$

- *% kostne mase (AKOSP)* nam pove kolikšen delež predstavlja kostna masa glede na celotno težo telesa.

$$\% \text{ kostne mase} = (\text{kostna masa (kg)} \times 100) / \text{TT}$$

Z tehtnico so bile izmerjene naslednje spremenljivke:

- *% maščobne mase (IMFAT)*

- *Maščobna masa (kg) (IMFATmass)*

- *Pusta telesna masa (kg) (IMLBM)*

Telesno maso lahko razdelimo na 2 komponenti: nemastno komponento ali pusto telesno maso (LBM – lean body mass) ter mastno ali maščobno komponento.

LBM zajema mišice, kosti, živčevje, notranje organe in esencialno maščobo, ki je sestavni del celic. Ta del maščobe predstavlja 2-5% nemastne komponente in je vedno prisotna v organizmu. Maščobna komponenta pa predstavlja neesencialni del maščobnega tkiva. Večji del te maščobe se nahaja v podkožju, nekaj v rumenem kostnem mozgu in v trebušni votlini okrog notranjih organov (Bravničar, 1994).

- *Količina vode v telesu (% od telesne mase) (IMTBW) (TBW – total body water)*

Voda sestavlja 40–60% celotnega telesa. Razdelimo jo na znotrajcelično (62%) in zunajcelično (38%). Večino zunajcelične tekočine predstavlja krvna plazma. Mišica je sestavljena iz 65 – 75% vode, telesna maščoba pa je 50% iz vode (McArdle idr., 1996).

## 2.0. SPIROMETRIČNE MERITVE

Uporabljali smo spirometer nizozemskega proizvajalca Mijnhardt, model Vicatest P2a (VCT P2a). Spirometer je naprava za merjenje pljučnih volumnov. Ima ustnik, skozi katerega

merjenec piha v skladu z navodili. Dosežene vrednosti se takoj izpišejo na vgrajenem tiskalniku v napravi. Uporablja se ščipalka za nos, ki onemogoča pretok zraka skozi nos.

Izmerjena je bila *vitalna kapaciteta* (VC). To je volumen zraka, ki ga oseba vdihne in izdihne pri maksimalnem dihalnem naporu. Glede na starost, telesno višino in telesno težo se izračuna predikcijska VC. % VC nam pove kolkšen delež izračunane VC dosežemo.

### 3.0. OBREMENILNI TEST

Za merjenje funkcionalnih in biokemijskih parametrov so preiskovanci opravili obremenilni test na tekoči preprogi. Izbran je bil sledeč protokol: 1 min mirovanja + 6 minut ogrevanja (3 minute pri hitrosti 5 km/h in 3 minute pri hitrosti 6 km/h) pri naklonu 0. Nato se začne test 2 minuti pri hitrosti 6 ali 7 km/h pri naklonu 2°. Hitrost se povečuje vsaki 2 minuti za 1km/h. Merjenec vztraja do izčrpanosti.

Test se je izvajal na tekoči preprogi. Nekateri merjenci tekoče preproge niso bili vajeni, zato so se nanjo najprej privajali.

Vse meritve so se izvajale v dopoldanskem času med 9.00 in 13.00 uro, tako, da čas ni vplival na rezultate.

Pred testom se merjencu namesti merilnik frekvence SU ter napravo za merjenje porabe kisika in izmenjavo plinov s pripadajočo masko.

Za merjenje porabe kisika in izmenjavo plinov smo uporabili telemetrijski spirometrični sistem italjanskega proizvajalca Cosmed, model K4 b<sup>2</sup>. Naprava izpiše več kot 30 fizioloških parametrov.

Glavna, prenosna enota je s pomočjo trakov preko ramen in trupa pritrjena na merjenca. Sistem za analizo in shranjevanje podatkov ima sprejemnik za merjenje FSU, ki bazira na sistemu finskega proizvajalca tovrstnih naprav Polar Electro Oy. Vgrajene ima senzorje za merjenje zunanjih pogojev, zunanje temperature in zračnega tlaka. Sistem vsebuje, poleg prenosne naprave, tudi sprejemnik telemetrijskih podatkov, ki je priključen na osebni računalnik. Omogoča neposredno spremljanje poteka meritve na razdalji 1000 metrov. Neposrednemu spremljanju in analizi meritev pa je namenjen računalniški program, ki deluje

v okolju Microsoft Windows. Program je zasnovan tako, da je mogoče spremljati podatke in izvajati analize v obliki tabel ali grafični podobi (Žele, 2003).

Napaka merjenja je po navajanju proizvajalca v okviru enega odstotka.

Iz testa dobimo naslednje spremenljivke:

- *Trajanje (s)* testa nam pove, kako dolgo je merjenec lahko vztrajal pri izvajanju testa. Daljše je trajanje, boljša je posameznikova pripravljenost.

- *Razdalja (m)* nam pove, kolikšno razdaljo je merjenec pretekel v času testa. Večja je razdalja, boljša je pripravljenost posameznika. Pomeni, da je bila tudi hitrost teka večja.

- *Hitrost (km/h)* nam pove najvišjo hitrost ob koncu testa, s katero je merjenec še lahko izvajal test.

– *Frekvenca dihanja (vdihov/minuto)* (FD, angleško RF – respiratory frequency) pove kolikokrat vdihnemo v eni minuti.

- *Respiracijski volumen (l)* (RV, angleško TV – tidal volume) je volumen zraka, ki ga vdihnemo pri enem vdihu. Razdelimo ga na inspiracijski (vdihani) in ekspiracijski (izdihani) volumen (Lasan, 2005).

– *Ventilacija (l)* (VE) je izmenjavanje zraka med zunanjim in notranjim okoljem (pljuči), ki je posledica razlike v tlaku. Minutni volumen ventilacije (MVV) nam pove kolikšen volumen zraka se izmenja v eni minuti in je produkt respiracijskega volumna in frekvence dihanja ( $MVV = RV \times Fd$ ) (Lasan, 2005).

Funkcija ventilacije je izmenjavanje  $CO_2$  in  $O_2$  med pljuči in krvjo ter uravnavanje kislo-bazičnega ravnovesja. Je ključni parameter pri oskrbovanju organizma s kisikom. Je pa tudi zelo dober indikator funkcionalne sposobnosti organizma (Žele, 2003).

– *Poraba kisika (l/min)* ( $VO_2$ ) nam pove, koliko kisika (l) naš organizem porabi v eni minuti. Maksimalna poraba kisika ( $VO_2 \max$ ) – je največja količina kisika, ki jo lahko organizem porabi v eni minuti in predstavlja naš energijski potencial.

VO<sub>2</sub> max predstavlja sposobnost organizma, da proizvede kolikor je mogoče veliko energije z oksidacijo organskih substanc v eni minuti. Z maksimalno porabo kisika se izraža aerobna moč ali aerobna sposobnost (Lasan, 2004).

– *Relativna maksimalna poraba kisika (ml/kg/min) (VO<sub>2</sub>R)*

Maksimalna poraba kisika pokaže absolutno vrednost, zato športnike med seboj težko primerjamo. Relativna maksimalna poraba kisika pa je preračunana na telesno težo posameznika in je izražena v ml/kg/min. Pove nam, koliko je posameznik sposoben porabiti kisika na kilogram TT. Ta parameter nam omogoča, da merjence primerjamo med seboj, saj ni odvisna od posameznikove telesne teže.

- *Ventilacijski ekvivalent kisika (l) (VEQ (O<sub>2</sub>))* je eden od kazalnikov ekonomičnosti. Pove nam koliko litrov zraka mora posameznik vdihniti za vsak porabljen liter VO<sub>2</sub> (Lasan, 2004).  
Ventilacijski ekvivalent O<sub>2</sub> = VE / VO<sub>2</sub>

– *Respiratorni kvocient (R)* pokaže izmenjavo plinov – kisika in ogljikovega dioksida.

R = proizveden VO<sub>2</sub> / porabljen O<sub>2</sub>

– *Kisikov pulz (VO<sub>2</sub>/HR)* pove porabo kisika na utrip.

- *Utripni volumen srca (UV ang. SV)* je volumen krvi, ki ga vsak ventrikel iztisne v času sistole. Odvisen je od volumna na koncu diastole in volumna na koncu sistole.

- *Minutni volumen srca (MVS)* določa količino krvi, ki steče po srecežilju v 1 minuti. Določata ga frekvenca srca (kolikokrat srce potisne kri po telesu) in utripni volumen (kolikšna količina krvi steče po telesu) (MVS = HR x UV) (Lasan, 2005).

– *Frekvenca srčnega utripa (utripov/minuto) (HR)* se spremlja celotno trajanje testa in 5 minut po končanem testu do umiritve srčnega utripa.

Uporabljali smo merilce frekvence srčnega utripa finskega proizvajalca Polar Electro Oy, model Vantage NV. Merilec je sestavljen iz oddajnika, elastičnega pasu, in sprejemnika. Oddajnik je podolgovate oblike z vgrajneima elektrodama, ki zaznavata električne spremembe kože. Te so posledica električnih signalov, ki so potrebni za delovanje srca. Oddajnik se

pritrudi na prsni koš s pomočjo elastičnega traku. Trak ne ovira merjenja pri dihanju, njegova teža pa je zanemarljiva. Sprejemnik je ura. V uri je mikroprocesor velikosti 8 kilobytov. Ura nam prikazuje in shranjuje različne podatke, mi smo spremljali frekvenco srčnega utripa. Merilec FSU meri z EKG natančnostjo. Po tehničnih specifikacijah je natančnost v okviru enega odstotka oziroma enega srčnega utripa na minuto, katera vrednost pač presega te okvire (Žele, 2003).

Število krčenj srca v času ene minute imenujemo frekvenca srčnega utripa. FSU je dober pokazatelj funkcionalne sposobnosti srčnožilnega sistema in organizma v celoti. Je pa tudi dobro merilo za določanje intenzivnosti treninga. Je zelo enostavno merljiv, danes so merilci srčnega utripa ceneni in dostopni vsem.

- *Koncentracija laktata (mmol/l krvi)* (La mir, La max) je bila izmerjena pred začetkom in po koncu obremenilnega testa. Vzorec krvi je bil vzet iz hiperemične ušesne mečice. Koncentracija laktata v krvi nam da informacijo, na kakšen način in s kakšno intenzivnostjo je bilo opravljeno delo.

Vsi parametri so bili izmerjeni pri točki LT – laktatnega praga, točki RC – respiratorne kompenzacije in pri  $VO_2$  max.

LT je tista intenzivnost napora, kjer se začnejo bolj intenzivno vključevati anaerobni laktatni energijski procesi in začne vrednost laktata v krvi strmo naraščati (Ušaj, 2003). Naprava Cosmed K4<sub>b</sub> izračuna mejo laktatnega praga s pomočjo matematične formule, ki jo je razvil priznani strokovnjak na tem področju dr. Karlmann Wasserman (Wasserman idr., 1986). Matematična formula imenovana V slope, temelji na primerjavi krivulj vrednosti kisika ( $VO_2$ ) in ogljikovega dioksida ( $CO_2$ ) s pomočjo regresijske analize. Prednost je v neinvazivnosti metode (Žele, 2003).

Za napor je značilno kopičenje laktata in zato pojav metabolične acidoze. Znižanje pH krvi in povečanje tlaka  $CO_2$  vzburi receptorje, ki povzročijo povečanje aktivnosti respiratornih mišic. Zato se poveča ventilacija pljuč. Posledica povečane ventilacije pljuč je znižanje tlaka  $CO_2$  v krvi in povišanje vrednosti pH krvi. Ta proces se imenuje respiratorna kompenzacija (Ušaj, 1990).

Točka respiratorne kompenzacije (RC) je tista točka, kjer začneta ventilacija in poraba kisika naraščati nesorazmerno glede na količino izločenega ogljikovega dioksida med obremenitvijo (Simon, Young, Gutin, Blood in Case, 1983).

#### 5.4. STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV

Uporabljen je bil statistični paket SPSS. Izračunani so bili osnovni statistični podatki za vsako od spremenljivk. Za ugotavljanje sprememb med začetnim in končnim stanjem je bil uporabljen T test za odvisne vzorce.

## 6. REZULTATI IN INTERPRETACIJA

### 6.1. VPLIV VADBE NA VZDRŽLJIVOST PREISKOVANCEV

Med vzdržljivostne parametre sodijo trajanje testa, pretečena razdalja in končna hitrost, ki so jih merjenci dosegli med obremenilnim testom na tekoči preprogi. Kako je vadba vplivala nanje, je prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 1: Rezultati meritev vzdržljivostnih parametrov

	začetno stanje (AS ± SD)	končno stanje (AS ± SD)	povečanje	P
TRAJANJE TESTA	1031 s +/- 193	1106 s +/- 194	7,3%	p < 0,05
PRETEČENA RAZDALJA	2372,9 m +/- 779,5	2778,5 m +/- 863,4	17,1%	p < 0,05
KONČNA HITROST	11,7 km/h +/- 2,2	12,8 km/h +/- 2,0	9,4%	p < 0,05

Vsi parametri so se statistično pomembno spremenili. *Trajanje* se je podaljšalo za 1 min in 15 s, kar predstavlja 7,3%. *Pretečena razdalja* se je povečala za 406 m, kar je 17,1%. *Končna hitrost* s katero je posameznik še vztrajal pri testu, se je povišala za 1,1 km/h, kar je 9,5%.

Ženske so dosegle precej nižje začetne vrednosti vzdržljivostnih parametrov, vendar pa so procentualno bolj napredovale od moških, čeprav bomo v nadaljevanju videli, da so v vseh ostalih parametrih ženske napredovale manj.



Vsi vzdržljivostni parametri so se izboljšali, kar kaže, da je vadba vplivala na povečanje vzdržljivosti. To je bil tudi pričakovan odziv na 6-mesečno načrtno izvajano vzdržljivostno tekaško vadbo. Tekači so v povprečju treninge izvajali 2,7-krat na teden (kar pomeni, da so pretekli v povprečju okrog 20 do 30 km tedensko). Vadba je vsebovala tako daljše teke nižje intenzivnosti, kar je služilo za osnovo vzdržljivost, kot tudi teke v območju anaerobnega praga, kjer pride do povečevanja tekmovalne vzdržljivosti. Posledica vadbe je bila tudi psihična prilagoditev na napor, pridobitev vztrajnosti in motivacije. Vse to pa je vplivalo na povečanje vzdržljivosti in izboljšanje rezultatov pri testu na tekoči preprogi.

Prvo hipotezo, ki pravi, da vadba vpliva na vzdržljivost, torej lahko potrdimo.

## **6.2. FIZIOLOŠKI PARAMETRI**

Vzdržljivost je kompleksna sposobnost in odvisna od številnih dejavnikov. Med parametre, ki v največji meri vplivajo na izboljšanje vzdržljivosti, sodijo tudi fiziološki in biokemijski parametri, ki so bili spremljani med in po obremenilnem testu na tekoči preprogi. Sem sodijo dihalni parametri, parametri srčne funkcije, metabolični parametri in poraba kisika, kot najpomembnejši parameter pri vzdržljivostnih športnih, ki je sinteza vseh ostalih.

### **6.2.1. DIHALNI PARAMETRI**

Od dihalnih parametrov smo spremljali ventilacijo (VE), respiracijski volumen (RV), frekvenco dihanja (FD), ventilacijski ekvivalent kisika (VEQ O<sub>2</sub>) in vitalno kapaciteto (VC). Pokažejo, kako se je dihalni sistem in način dihanja merjencev prilagodil na vzdržljivostno vadbo. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli. Vrednosti so bile izmerjene v mirovanju (MIR), točki laktatnega praga (LP), točki respiratorne kompenzacije (RC) in pri maksimalni porabi kisika (MAX).

Tabela 2: Rezultati meritev dihalnih parametrov

		začetno stanje (AS ± SD)	končno stanje (AS ± SD)	sprememba	P
<b>VE (l)</b>	MIR	32,8 +/- 11,2	34,4 +/- 12,1	+ 4,9%	ni stat. znač.
	LP	52,7 +/- 16,1	58,2 +/- 15,7	+ 10,4%	p < 0,05
	RC	76,1 +/- 22,4	82,2 +/- 20,9	+ 8,0%	p < 0,05
	MAX	103,8 +/- 26,4	109,9 +/- 27,5	+ 5,9%	p < 0,05
<b>RV (l)</b>	MIR	1,24 +/- 0,51	1,33 +/- 0,64	+ 7,3%	ni stat. znač.
	LP	1,84 +/- 0,66	1,95 +/- 0,63	+ 6,0%	ni stat. znač.
	RC	2,15 +/- 0,63	2,32 +/- 0,68	+ 7,9%	p < 0,05
	MAX	2,34 +/- 0,65	2,40 +/- 0,63	+ 2,6%	ni stat. znač.
<b>RF (vdihov / minuto)</b>	MIR	27,6 +/- 5,10	27,4 +/- 5,55	ni sprememb	ni stat. znač.
	LP	30,0 +/- 6,32	31,1 +/- 6,39	+ 3,7%	ni stat. znač.
	RC	36,1 +/- 6,52	36,4 +/- 6,50	+ 0,8%	ni stat. znač.
	MAX	45,1 +/- 6,78	46,3 +/- 6,71	+ 2,7%	ni stat. znač.
<b>VEQ (O<sub>2</sub>)</b>	MIR	25,6 +/- 4,8	27,1 +/- 4,21	+ 5,9%	ni stat. znač.
	LP	26,1 +/- 3,4	26,3 +/- 3,1	+ 0,8%	ni stat. znač.
	RC	29,2 +/- 4,1	28,4 +/- 3,7	- 2,7%	ni stat. znač.
	MAX	33,3 +/- 4,5	32,4 +/- 4,0	- 2,7%	ni stat. znač.
<b>VC (l)</b>	MIR	3,9 +/- 0,9	3,9 +/- 0,9	ni sprememb	ni stat. znač.

**Ventilacija** med obremenitvijo se je statistično značilno povečala. Največ v točki RC 10,4 % in LT 8,0 %. McArdle idr. (1996) navajajo, da je ventilacija v mirovanju 6 l na minuto. Med telesnim naporom naraste nad 100 l na minuto (17-kratna vrednost v mirovanju) pri vrhunskih športnicah do 160 l, pri športnikih pa celo do 200 l na minuto. Merjenci so pri maksimalnem naporu dosegli vrednosti, ki so presegle vrednost 100 l, 104 pri prvi in 110 pri drugi meritvi. Povprečna vrednost VE MAX se je povečala za 5,9%, pri moških je presegla vrednost 130 l/min, ženske pa so dosegle vrednosti okrog 90 l/min.

MVV raste skladno z intenzivnostjo obremenitve, pulzom in porabo O<sub>2</sub>. Znotraj aerobne obremenitve narašča MVV linearno, soodvisno od porabe kisika. Ko pa obremenitev preseže intenzivnost, ko telo producira potrebno energijo izključno z oksidacijskimi kemičnimi

reakcijami, začne naraščati MVV hitreje. Prihaja do nelinearnega povečevanja pljučne ventilacije glede na porabo kisika in izločanje CO<sub>2</sub>.

Pri manjših telesnih naporih je povečanje MVV v glavnem posledica povečanja respiracijskega volumna (RV). Pri velikih naporih, ki so po intenzivnosti večji od posameznikove aerobne moči, se pojavi tendenca po povečevanju MVV na račun večje frekvence dihanja ( $\nu$ ), bolj kot RV. Pri ekstremnem povečanju MVV se RV celo zmanjša. Ventilacija je bolj ekonomična pri nižji frekvenci in večjem respiracijskem volumnu (Wilmore in Costill, 1999).

**Respiracijski volumen (RV)** je volumen zraka, ki ga vdihnemo pri enem vdihu. Razdelimo ga na inspiracijski (vdihani) in ekspiracijski (izdihani) volumen. V mirovanju je 0,5 l na vdih, pri obremenitvi pa 2 l in več na vdih (McArdle idr., 1996). Merjenci so pri maksimalnem naporu presegli vrednost 2 l. Vdihni volumen se je pod vplivom vadbe povečal, vendar spremembe niso statistično značilne razen pri točki respiratorne kompenzacije. Povprečna vrednost vdiha pri preiskovancih tega vzorca je 2,9 l/vdih, pri ženskah pa 1 l manj.

**Frekvenca dihanja** nam pove, kolikokrat vdihnemo v eni minuti. Pri velikih obremenitvah vdihan kisik ne dosega nivoja potrebe telesa po kisiku. Takrat se frekvenca dihanja močno poveča, kar je potrebno za visoko stopnjo ventilacije, ki je pomembna za večjo porabo kisika (Žele, 2003). Frekvenca dihanja v mirovanju je 12 vdihov na minuto. McArdle idr. (1996) navajajo, da med telesnim naporom naraste na 35–45 vdihov na minuto, pri elitnih atletih celo na 60–70 vdihov na minuto pri maksimalni obremenitvi. Merjenci so pri maksimalni obremenitvi presegli vrednosti 45 vdihov na minuto (enako pri obeh spolih) tako pri prvi, kot pri drugi meritvi. Vrednosti se med začetnim in končnim merjenjem niso statistično značilno spremenile pri nobeni točki. Žele (2003) pa navaja, da športni trening zmanjšuje frekvenco dihanja v mirovanju in med obremenitvijo.

**Ventilacijski ekvivalent kisika** je eden od kazalnikov ekonomičnosti dihalnih funkcij. Pove nam, koliko litrov zraka mora posameznik vdihniti za vsak porabljen liter O<sub>2</sub> (Lasan, 2004). Več se med obremenitvijo postopoma viša iz 18 do 30 proti koncu obremenitve (McArdle idr., 1996). Merjenci so pri maksimalni obremenitvi presegli vrednost 30; 33,3 pri prvi in 32,4 pri drugi meritvi. Več kisika se je v mirovanju in LT povečal, pri RC in MAX pa zmanjšal, vendar spremembe niso statistično značilne. Zmanjšanje Veq za kisik pomeni, da je bilo dihanje pri RC in MAX bolj ekonomično.

**Vitalna kapaciteta** je odvisna od telesnih razsežnosti, spola, starosti, načina življenja (telesna aktivnost) (McArdle idr., 1996). Pri odraslem človeku znaša od 3 do 5 l. Vzdržljivostni športniki imajo običajno večjo vitalno kapaciteto (Speryn, 1983). Merjenci so dosegli vrednost 4 l, ki pa se z vadbo ni statistično značilno spremenila. Vzrok za to pa menim, da je v prekratnem obdobju treninga. Astrand je v raziskavi iz leta 1952 ugotovil povezanost med VC in  $VO_2$  max. Večja je torej VC posameznika, večjo  $VO_2$  max lahko doseže (Astrand in Rodahl, 1986).

Dihalni parametri so se večinoma malenkost zvišali, vendar spremembe niso statistično značilne. Do sprememb je prišlo predvsem v ventilaciji v vseh točkah merjenja razen v mirovanju. Ventilacija je produkt frekvence dihanja in respiracijskega volumna. Do povečanja je prišlo predvsem na račun respiracijskega volumna, saj se frekvenca dihanja ni spremenila. Frekvenca dihanja se izrazito poveča samo pri največjih telesnih naporih, ki pa jih v trening rekreativnih tekačev ni bilo veliko vključenih. Respiracijski volumen pa se povečuje že pri manjših telesnih naporih. Povečal se je v vseh točkah, statistično značilna sprememba je v točki RC. To pomeni, da so merjenci začeli bolj globoko in s tem bolj ekonomično dihati, saj je ventilacija bolj ekonomična pri nižji frekvenci in večjem respiracijskem volumnu. Na večjo ekonomičnost kaže tudi znižanje  $V_{eq}$  za  $O_2$  pri RC in MAX.

### **6.2.2. PARAMETRI SRČNE FUNKCIJE**

Parametri srčne funkcije so pomemben dejavnik pri vzdržljivostnih aktivnostih in pokazatelj stanja srčnožilnega sistema in s tem tudi zdravstvenega stanja posameznika. Spremljali smo frekvenco srca (HR), utripni volumen (UV) in minutni volumen srca (MVS).

UV in MVS sta bila določena med telesnim naporom s pomočjo neinvazivne metode določanja  $VO_2$  max. ( $VO_2$  max = MVS x (a - v)dif  $O_2$ ). Arterio - vensko diferenco kisika ((a - v)dif  $O_2$ ) določimo glede na procent  $VO_2$  max. Utripni volumen pa izračunamo iz formule  $UV = MVS/HR$  (Stringer, Hansen in Wasserman, 1997).

Vrednosti so bile izmerjene v mirovanju (MIR), točki laktatnega praga (LP), točki respiratorne kompenzacije (RC) in pri maksimalni porabi kisika (MAX). Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 3: Rezultati meritev parametrov srčne funkcije

		začetno stanje (AS ± SD)	končno stanje (AS ± SD)	sprememba	P
<b>HR</b> (utripov / minuto)	MIR	114 +/-16	108 +/- 23	+ 5,3%	ni stat. znač.
	LP	138 +/-16	139 +/- 15	ni sprem.	ni stat. znač.
	RC	159 +/- 14	160 +/- 11	ni sprem.	ni stat. znač.
	MAX	174 +/- 10	173 +/- 11	ni sprem.	ni stat. znač.
<b>UV (ml)</b>	MIR	93,5 +/- 39,9	96,6 +/- 53,8	+ 3,3%	ni stat. znač.
	LP	97,1 +/- 43,4	106,4 +/- 53,5	+ 9,6%	ni stat. znač.
	RC	106,0 +/- 26,5	117,0 +/- 30,5	+ 10,4%	p < 0,05
	MAX	104,9 +/- 26,4	114,6 +/- 30,1	+ 9,2%	p < 0,05
<b>MVS (l)</b>	MIR	10,7 +/- 4,8	10,5 +/- 5,6	ni sprem.	ni stat. znač.
	LP	13,4 +/- 6,1	14,6 +/- 7,1	+ 8,9%	ni stat. znač.
	RC	15,6 +/- 6,4	16,6 +/- 8,0	+ 6,4%	ni stat. znač.
	MAX	18,2 +/- 4,7	19,7 +/- 5,1	+ 8,2%	p < 0,05

**Frekvenca srčnega utripa (FSU)** je v stanju mirovanja posledica ravnotežja med vzdraženostjo simpatika in parasimpatika. Pri normalnih zdravih osebah je 60–80 udarcev na minuto (Škof, 2007). Frekvenca srca v mirovanju se je pri merjencih znižala za 6 udarcev na minuto s 114 na 108 (za 5,3%), vendar ta sprememba ni statistično značilna. Frekvenca v mirovanju je bila izmerjena stoje pred začetkom testa, zato je vrednost višja kot če bi jo izmerili sede v mirovanju in odstopa od referenčnih vrednosti. Pri ostalih opazovanih točkah je FSU ostala nespremenjena. Znižano FSU v mirovanju in pri submaksimalnih obremenitavah so v svojih raziskavah ugotovili Seals idr., 1984 ter Talanian idr., 2006. Tulppo idr. (2002) so po 8-tedenski aerobni vadbi 6-krat na teden ugotovili znižanje frekvence srca v mirovanju s  $70 \pm 7$  na  $64 \pm 8$  udarcev/min (8,6%) za srednje intenzivno skupino, in s  $67 \pm 5$  na  $60 \pm 6$  udarcev/min (10,4%) za visoko intenzivno skupino. S treningom vzdržljivosti se pulz v mirovanju zniža, zaradi naraščanja vzdraženosti parasimpatika (pri visoko treniranih športnikih tudi na okoli 30 utripov / minuto). Bradikardija – spremembe, ki se pojavijo v avtonomnem živčnem sistemu in povzročijo ali povečanje vzdraženosti parasimpatika ali znižanje vzdraženosti simpatika. Posledica pa je nižja frekvenca srca (Lasan, 2004; deVries, 1986). Odvisna pa je tudi od starosti, spola, velikosti srca, položaja telesa, količine adrenalina v krvi, hidracije telesa, telesne temperature, telesne

obremenitve, emocionalnega stanja, ritma budnost – spanaje, krvnega tlaka, zunanjih okoliščin, idr. (Škof, 2007; Žele, 2003).

Maksimalna frekvenca srca (FSU max) je največja frekvenca srca, ki jo lahko dosežemo. Je genetsko pogojena - dosežemo lahko le v naprej določeno FSU max, vendar pa nanjo lahko vplivamo s treningom. Vrednost je od 180–200 utripov na minuto, ki pa se s starostjo znižuje (Bravničar, 1994). Obstaja enačba za oceno največjega srčnega utripa, ki pa se uporablja predvsem pri netreniranih začetnikih in starejših.

$$FSU_{max} = 220 - \text{starost (leta)}$$

Pri treniranih športnikih se uporabljajo druge metode za bolj natančno določitev FSU max. Če izračunamo maksimalno frekvenco srca po tej formuli za naše merjence dobimo vrednost 178 / minuto. Njihova izmerjena maksimalna FSU pa je bila 174. Pri ženskah se pod vplivom vadbe ni spremenila, pri moških pa se je s 174 zmanjšala na 171 utripov/min. Tudi Hepple idr., 1997 so v svoji raziskavi ugotovili, da se FSU max ni spremenila. Za spremembe maksimalne frekvence srca so potrebne velike količine vzdržljivostnega treninga in treninga z večjo intenzivnostjo. FSU max je poleg že prej omenjenih dejavnikov odvisna tudi od vplivov na delovanje avtonomnega živčnega sistema: strah, pričakovanje, temperaturne razlike, dihalna akcija, fizična obremenitev (Žele, 2003).

**Utripni volumen srca** je volumen krvi, ki ga vsak ventrikel iztisne v času sistole. Odvisen je od volumna na koncu diastole (EDV) in volumna na koncu sistole (ESV).  $SV = EDV - ESV$ . Utripni volumen se pri obremenitvi poveča. Glavni faktor, ki vpliva na utripni volumen je stopnja razširitve ventriklov. Če se bolj razširi, lahko ventikel napolni večja količina krvi, in se lahko tudi skrči z večjo silo. To imenujemo Frank – Starlingov zakon. To je lahko razlog, da se utripni volumen poveča pri obremenitvi (McArdle idr., 1996; Wilmore in Costill, 1999). UV se pod vplivom vadbe poveča tako v mirovanju kot med vadbo. V mirovanju je UV 70 ml, med obremenitvijo naraste do 130 ml pri netreniranih in tudi do 200 ml pri treniranih (Lasan, 2004). Merjenci so pri MAX dosegli vrednost 114 +/- 30 ml (ženske 87 ml pri prvem merjenju in 91 pri drugem; moški pa 131 ml pri prvem in 148 ml pri drugem merjenju). Med ženskami in moškimi prihaja do velikih razlik v začetni vrednosti utripnega volumna. Ženske so napredovale za 4,6%, moški pa za 13,0%. Vrednosti vseh preiskovancev so se povečale pri vseh točkah, vendar sta stistično pomembni povečanja le pri RC in MAX. Največje povečanje je bilo pri točki RC za 10,4%, pri MAX pa za 9,2%. Povečanje UV so v raziskavi ugotovili tudi Cunningham in Hill (1975) sta po 9 tedenski aerobni vadbi ugotovili povečanje

za 28% pri 80% VO<sub>2</sub> max, Mier idr. (1996) pa za 10% po treningu, ki je potekal 10 zaporednih dni po 1h.

**Povečanje minutnega volumna srca (MVS)** je najbolj opazna sprememba srčnožilnega sistema pod vplivom aerobnega (vzdržljivostnega) treninga, ki močno loči trenirne ljudi od netreniranih. Pove nam, koliko krvi steče po srcežilju v eni minuti. Določata ga že omenjena parametra frekvenca srca in utripni volumen ( $MVS = HR \times UV$ ) (Lasan, 2005). MVS se je pri merjencih povečal pri vseh točkah, razen v mirovanju, vendar je sprememba statistično pomembna le pri MAX s 18,2 +/- 4,7 l/min na 19,7 +/- 5,1 l/min (za 8,2%); (pri ženkah s 15,2 na 15,8 l/min in pri moških z 22,8 na 25,1 l/min.). To povečanje je bilo predvsem na račun utripnega volumna, saj se frekvca srca ni povečala. Zvišanje MVS je ena najpomembnejših in najbolj vidnih prilagoditev na vzdržljivostno vadbo. Kaže na prilagoditev srčne mišice na napor z bolj učinkovitim delom. MVS se pri netreniranih ljudeh povečuje predvsem zaradi povečevanja srčne frekvence, pri treniranih pa tudi zaradi večjega UV srca (Lasan, 2005). Makrides idr. (1990) so ugotovili povečanje MVS za 30% (z 12,7 na 16,5 l/min) pri starejših in za 14% (s 18.0 na 20.5 l/min) pri mlajših po 12 tedenskem visoko intenzivnem aerobnem treningu. Naši tekači so dosegli podobne vrednosti, kot v omenjeni raziskavi mlajši (20–30 let).

V spodnji tabeli so prikazane referenčne vrednosti za MVS, frekvenco srca (FSU) in utripni volumen (UV) po Lasan (2004).

Tabela 4: Referenčne vrednosti MVS (Lasan, 2004)

		MVS (l krvi/min)	FSU (utrip/min)	UV (ml krvi/utrip)
mirovanje		4,9	70	70
maximalni napor	netrenirani	20-26	220 – starost	100–30
	trenirani	do 40	220 - starost	do 200

Glede na referenčne vrednosti lahko vidimo, da merjenci niso dosegli visokih vrednosti MVS med naporom, sa je bila njihova najvišja vrednost 19,7 l/min pri drugi meritvi. Vendar so tudi Makrides idr. v raziskavi dobili podobne rezultate našim. Ta tabela je namenjena boljše treniranim moškim.

Srčni parametri pa se razlikujejo tudi po spolu. Vrednosti so prikazane v spodnji tabeli pri maksimalni porabi kisika.

Tabela 5: Rezultati srčnih parametrov glede na spol

	MOŠKI		ŽENSKE	
	zač. st. – konč. st.	povečanje	zač. st. – konč. st.	povečanje
MVS (l)	22,8 – 25,1	10,1%	15,1 – 15,8	4,6%
UV (ml)	130,1 – 148,0	13,8%	86,7 – 90,8	4,7%

Vse spremembe so statistično značilne ( $p < 0,05$ ).

Pri ženskah so začetne vrednosti nižje kot pri moških, oba MVS in UV za 35%. Moški pa so tudi bolj napredovali kot ženske in tako dosegli še višje vrednosti.

Rezultati kažejo, da so prilagoditve srčne funkcije najopaznejše prilagoditve na vzdržljivostno vadbo, hkrati pa so tudi najpomembnejše za zdravje posameznika, saj preprečujejo številne srčnožilne bolezni, ki so posledica nezdravega načina življenja. Pod vplivom vzdržljivostne vadbe postane srce močnejše, večje, bolj zdravo in bolj ekonomično. To se kaže v nižji frekvenci srca v mirovanju, večjem utripnem volumnu in minutnem volumnu srca, kar smo ugotovili tudi v naši raziskavi. Bolj močno in funkcionalno srce, pa nam omogoča premagovanje večjih naporov ter boljše in lažje življenje z odsotnostjo bolezni.

### 6.2.3. METABOLIČNI PARAMETRI

Od metaboličnih parametrov smo spremljali koncentracijo laktata (LA) in respiratorni kvocient (RC). Vrednosti so bile izmerjene v mirovanju (MIR), točki laktatnega praga (LP), točki respiratorne kompenzacije (RC) in pri maksimalni porabi kisika (MAX) in so prikazane v spodnji tabeli. Laktat je bil izmerjen pred in po obremenilnem testu.



Tabela 6: Rezultati meritev metaboličnih parametrov

		začetno stanje (AS ± SD)	končno stanje (AS ± SD)	sprememba	P
<b>RQ</b>	MIR	0,764 +/- 0,129	0,834 +/- 0,088	+ 9,2%	p < 0,05
	LP	0,863 +/-0,092	0,892 +/- 0,052	+ 3,4%	ni stat. zn.
	RC	0,924 +/- 0,082	0,944 +/- 0,059	+ 2,2%	ni stat. zn.
	MAX	0,976 +/- 0,081	1,013 +/- 0,085	+ 3,8%	p < 0,05
<hr/>					
<b>LA</b> <b>(mmol/l)</b>	MIR	1,28 +/- 0,34	1,35 +/- 0,32	+ 5,5%	ni stat. zn.
	MAX	6,40 +/- 1,97	7,07 +/- 1,89	+ 10,5%	p < 0,05

**Respiratorni kvocient (RQ)** pokaže izmenjavo kisika in ogljikovega dioksida. Izločanje CO<sub>2</sub> je povečano med hiperventilacijo (povečanim dihanjem), ko dihanje ne more zagotoviti vseh metaboličnih potreb v neki situaciji. Pri povečanem dihanju gre CO<sub>2</sub> z izdihom nazaj v okolje, zato je koncentracija CO<sub>2</sub> v krvi znižana. Izločanje CO<sub>2</sub> je večje in ne sovпада s povečano porabo O<sub>2</sub>, zato pride do povečane stopnje izmenjave plinov, ki je ne more zagotoviti oksidacija hrane. V takih primerih naraste RQ nad 1,00. Mlečno kislino, ki nastane pri anaerobnih naporih nevtralizirajo kemični pufri – bikarbonatni pufer, ki je v krvi in skrbi za ustrezno kislno-bazično ravnovesje. Nastane ogljikova kislina. V pljučnih kapilarah ogljikova kislina razpade na vodo in ogljikov dioksid ( $H_2CO_3 \leftrightarrow H_2O + CO_2$ ), ki se izloči skozi pljuča. To še poveča izločanje CO<sub>2</sub> in RQ se dvigne nad 1 (McArdle idr., 1996). Večji je napor, hitrejše je dihanje in izmenjava zraka med zunanjim okoljem in telesom. Posledično narašča RQ med obremenitvijo, kar je bilo opaziti tudi pri merjencih. Med začetno in končno meritvijo pa je bilo opaziti povečanje RQ v vseh točkah, vendar je bila sprememba statistično značilna le v mirovanju in pri VO<sub>2</sub> max. V mirovanju se je povečal za 9,2%, pri max pa za 3,8%. Povečanje je bila pričakovana sprememba RQ pod vplivom vadbe, saj se je povečala tudi ventilacija ter poraba kisika. Pri maksimalni vrednosti je pri drugi meritvi RQ presegel vrednost 1 (1,013).

## Koncentracija laktata

Vrednosti laktata v krvi so običajno podane v mmol/l krvi. V mirovanju je koncentracija laktata v krvi nizka – od 0,5 do 2,2 mmol/l (Žele, 2003). Pri merjenjih je bila pri prvem merjenju 1,28 pri drugem pa 1,35 mmol/l (povečanje za 5,5 %), vendar ta sprememba ni statistično značilna.

Količina laktata je odvisna od njegove proizvodnje in porabe. Pri obremenitvah, ki presegajo prag respiratorne kompenzacije (RC), telo laktata ne more porabljati tako hitro kot ga proizvaja, zato se začne vrednost laktata v krvi strmo povečevati (točka RC). Laktat nastaja v mišicah, kjer dotok kisika ni zadosten, da bi potekali aerobni energijski procesi, zato se vključijo anaerobni laktatni energijski procesi. Koncentracija laktata v krvi nam da informacijo, na kakšen način in s kakšno intenzivnostjo je bilo opravljeno delo (Astrand in Rodahl, 1986). Pri najbolj intenzivnih obremenitvah doseže koncentracija laktata pri vrhunskih športnikih vrednost 30–32 mmol/l. Pri tem se izrazito poveča koncentracija  $H^+$  jonov (Wilmore in Costill, 1999), znižan pH pa povzroča utrujenost (Ušaj, 2003), zato je zelo pomembno uravnavanje kislo bazičnega ravnovesja med telesno vadbo. Za regulacijo koncentracije  $H^+$  ionov skrbijo kemijski pufri. Treniran športnik je sposoben prenašati večje spremembe kislo-bazičnega ravnovesja in lahko izvaja neko obremenitev, kljub nižjemu pH (Astrand in Rodahl, 1986). Maksimalna koncentracija laktata se je pri merjenjih vključenih v eksperiment zvišala za 10,5%, s 6,40 na 7,07 mmol/l. ( $p < 0,05$ ) To pomeni, da imajo boljšo sposobnost vključevanja anaerobnih energijskih procesov (glikolize) ter, da so se prilagodili na višje vrednosti laktata v telesu, kar je posledica pravilno vodenega treninga.

Vrednost laktata v mirovanju se je rahlo povečala, sprememba sicer ni statistično značilna. Pod vplivom vzdržljivostne vadbe je pričakovana sprememba znižanje koncentracije laktata v mirovanju in pri enakih submaksimalnih naporih. To so v svoji raziskavi ugotovili tudi Green idr., 1992 ter Green idr. 1995.

Vrednost laktata pri maksimalni obremenitvi pa se je statistično pomembno zvišala, kot posledica večje učinkovitosti glikolitičnih procesov, delno pa tudi zaradi prilagoditve na zakislenost. Posledica povišanega laktata pa je tudi višji respiratorni kvocient, ki se je povišal v vseh točkah, spremembe so statistično značilne pri MIR in MAX.

## 6.2.4. PORABA KISIKA

Sinteza vseh prilagoditev se kaže v maksimalni porabi kisika. Telo večino energije, ki jo potrebuje, proizvaja s pomočjo kisika, ki ga dobi iz okolja. Torej z aerobnimi procesi. Povezava z okoljem se vzpostavi prek dihanja, kjer imajo pomembno vlogo pljuča in srcežilje. Ti vplivajo tudi na porabo kisika. Visoka poraba kisika je eden od glavnih pogojev za boljšo vzdržljivost in rezultate pri teku.

Izmerjena je bila absolutna (ABS) in relativna (REL) vrednost porabe kisika ter kisikov pulz ( $O_2$  PULZ), ki pove porabo kisika na utrip. Podatki so podani za mirovanje (MIR), točko laktatnega praga (LP), točko respiratorne kompenzacije (RC) in točko maksimalne porabe kisika (MAX). Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 7: Rezultati meritev porabe kisika

		začetno stanje (AS ± SD)	končno stanje (AS ± SD)	povečanje	P
<b>ABS</b> (ml/min)	MIR	1240,39 +/- 478,28	1236,68 +/- 535,88	/	ni st. znač.
	LP	1951,64 +/- 603,48	2142,67 +/- 580,12	9,8%	p < 0,05
	RC	2542,09 +/- 746,01	2828,59 +/- 725,77	11,3%	p < 0,05
	MAX	3046,46 +/- 783,33	3316,37 +/- 845,36	8,9%	p < 0,05
<b>REL</b> (ml/kg/min)	MIR	17,04 +/- 5,16	17,23 +/- 6,08	1,1 %	ni st. znač.
	LP	27,07 +/- 5,93	30,16 +/- 5,73	11,4%	p < 0,05
	RC	35,20 +/- 7,45	39,86 +/- 6,95	13,2 %	p < 0,05
	MAX	42,17 +/- 7,84	46,57 +/- 7,68	10,4 %	p < 0,05
<b>O<sub>2</sub> PULZ</b>	MIR	10,94 +/- 4,11	11,06 +/- 4,77	1,1%	ni st. znač.
	LP	14,27 +/- 4,44	15,59 +/- 4,54	9,3%	p < 0,05
	RC	16,02 +/- 4,76	17,84 +/- 5,04	1,4%	p < 0,05
	MAX	17,58 +/- 4,66	18,24 +/- 4,70	3,8%	p < 0,05

Poraba kisika v mirovanju pri merjencih je bila 1240 ml/min, relativna pa 17 ml/kg/min. Absolutna poraba med obremenitvijo se je statistično pomembno spremenila. Največ pri RC (za 11,3%), nato pri LP (za 9,8%) in maksimalna za 8,9%. Podobno je bilo tudi pri relativni porabi. Povečano maksimalno porabo kisika pod vplivom vzdržljivostne vadbe pa so

ugotovili tudi v številnih drugih raziskavah. Cunningham in Hill (1975) za 34% po 9 tednih aerobnega treninga pri ženskah, Hoppeler idr. (1985) za 14% po 6 tednih treninga, Hickson idr. (1977) za kar 44% po 10 tednih. Na drugi strani pa Carter idr. (2000) za samo 3,5% po 6 tednih vadbe, vendar je vadba potekala samo 20–30 minut. Green idr. (1992) so ugotovili celo, da se  $VO_2$  ni spremenil, vendar je vadba potekala samo 1 teden po 1 uro na intenzivnosti do 75%  $VO_2$  max. Kakšna bo sprememba  $VO_2$  max je odvisno tudi od intenzivnosti vadbe in trajanja. Green idr. (1995) so ugotovili povečanje za 16% po 4 tednih vadbe, po nadaljnjih 4 ni prišlo do sprememb, tudi Hepple idr. (1997) so ugotovili, da so vsi napredovali enako, eni po 9 in drugi po 18 tednih vadbe - za 16%. Seals idr. (1984) pa so ugotovili povečanje za 11% po prvih 6 mesecih in nato dodatnih 19% po nadaljnjih še bolj intenzivnih 6 mesecih ( $25,4 \pm 4,6$  ml/kg/min pred treningom,  $28,2 \pm 5,2$  ml/kg/min po srednje intenzivnem treningu in  $32,9 \pm 7,6$  ml/kg/min po visoko intenzivnem treningu ( $p < 0,05$ )).

Merjenci so dosegli absolutno vrednost 3064 ml/min pri prvi in 3316 ml/min pri drugi meritvi. Relativno pa 42 ml/kg/min ter 47 ml/kg/min. Večja je  $VO_2$  max posameznika, večja je njegova aerobna sposobnost. Visoka maksimalna poraba kisika je eden izmed ključnih dejavnikov, ki pogojujejo uspeh v vzdržljivostnih športih. Vrednost  $VO_2$  max pri vzdržljivostnih športnikih je visoko nad vrednostmi neaktivnih ljudi (Lasan, 2004; Žele, 2003). V spodnji tabeli so referenčne vrednosti porabe kisika za trenirane in netrenirane.

Tabela 8: Povprečne vrednosti  $VO_2$  max (Lasan, 2004)

		$VO_2$ max (ml/min)	Rel. $VO_2$ max (ml/kg/min)
natrenirani	moški	3000	45
	ženske	2000	35
trenirani	moški	6000	70-90
	ženske	4000 - 4500	55-70

Merjenci so dosegli vrednosti nad povprečjem, vendar pa prihaja tudi do velikih razlik med spoloma. Moški so absolutne vrednosti izboljšali z začetne vrednosti 3732 ml/min na 4087 (za 9,5%), ženske pa s 2443 ml/min na 2638 (za 8%). Relativne vrednosti so moški povečali s 46,3 ml/kg/min na 51,9 (za 12,1%), ženske pa s 38,5 ml/kg/min na 41,5 (za 8,8%). Ženske imajo že začetne vrednosti nižje, absolutne za 35%, relativne pa za 20%. Moški so tudi napredovali bolj kot ženske in so tudi bolj presegli povprečne vrednosti, ki jih navaja

Lasanova. Ženske imajo precej nižji  $VO_2$  max, celo do 43%, če gledamo absolutne vrednosti in 15–30%, če gledamo relativne vrednosti. Vzrok za to so predvsem morfološke značilnosti telesa, koncentracija hemoglobina, ki je nižja pri ženskah, ter procent telesne maščobe, ki je pri ženskah višji (McArdle idr., 1996).

Mier idr. (1996) so v svoji raziskavi ugotovili povečanje  $VO_2$  max za 4,2% (z 47,9 na 49,9 ml/kg/min) pri moških in 3,2% (z 38,0 na 39,2 ml/kg/min) pri ženskah po 10 zaporednih dneh treninga. V spodnji tabeli so referenčne vrednosti relativne porabe kisika za moške in ženske.

Tabela 9: Referenčne vrednosti ocenjenih relativnih vrednosti  $VO_2$  max (ml/kg/min) (Astrand, 1986)

		20 – 29 let	30 – 39 let	40 – 49 let
ŽENSKE	nizke	< 28	< 27	< 25
	podpovprečne	29 – 34	28 – 33	26 – 31
	povprečne	35 – 43	24 – 41	32 – 40
	visoke	44 – 48	42 – 47	41 – 45
	zelo visoke	> 49	> 48	> 46
MOŠKI	nizke	< 38	< 34	< 30
	podpovprečne	39 – 43	35 – 39	31 – 35
	povprečne	44 – 51	40 – 47	36 – 43
	visoke	52 – 56	48 – 51	44 – 47
	zelo visoke	> 57	> 52	> 48

Moški so pri prvem merjenju dosegli visoke, pri drugem pa zelo visoke vrednosti, ženske pa povprečne in so napredovale v visoke vrednosti relativne  $VO_2$  max glede na referenčne vrednosti po Astrandu, če gledamo starostno skupino od 40–49 let, kamor sodijo. Na  $VO_2$  max namreč vpliva tudi starost. Po 25 letu začne  $VO_2$  max konstantno padati, za približno 1% na leto (McArdle idr., 1996). Makrides idr. (1990) so ugotavljali razlike v napredku po aerobnem treningu med starejšimi (60–70 let) in mlajšimi (20–30 let). Starejši so napredovali s 1600 na 2200 ml/min (za 38%), mlajši pa z 2540 na 3260 ml/min (za 29%). Mlajši so imeli začetne vrednosti višje za 59%. So pa starejši več napredovali. Z redno telesno vadbo se lahko kljub visoki starosti vzdržuje vrednost  $VO_2$  max na visoki ravni, kar je bilo dokazano tudi v drugih raziskavah (Pollock idr., 1987; Seals idr., 1984; 1990; Meredith idr., 1989).

Tudi pri naših merjencih smo primerjali vrednosti maksimalne porabe kisika glede na starost:

Tabela 10: Rezultati meritev VO<sub>2</sub> max glede na spol

starost (število)	začetno stanje		končno stanje		povečanje	
	ml/min	ml/kg/min	ml/min	ml/kg/min	ml/min	ml/kg/min
<b>Do 35 let (14)</b>	2957	44,5	3189	48,2	7,8%	8,3%
<b>36–50 let (21)</b>	3163	42,2	3424	46,4	8,3%	10,0%
<b>Na 51 let (12)</b>	2945	39,3	3276	45,0	11,2%	14,5%

Vse spremembe so bile statistično značilne  $p < 0,05$ . Najbolj so napredovali najstarejši, najmanj pa najmlajši tekači. Začetne vrednosti so bile višje kot pri omenjeni raziskavi Makridesa, zato, ker so bili merjenci vzeti iz sedeče populacije, naši merjenci pa so bili že aktivni.

Na velikost VO<sub>2</sub> max poleg že zgoraj opisanih intenzivnosti, trajanja, spola in starosti vplivajo še: morfološke značilnosti telesa – površina telesa, telesna masa, delež puste telesne mase, volumen okončin, delež maščobne mase, raven treniranosti, športna zvrst, tip vadbe in dednost - VO<sub>2</sub> max je dedno določen v 20–30% (Lasan, 2004; McArdle idr., 1996).

Poraba kisika nam pove, koliko kisika (ml) naš organizem porabi v eni minuti. Količina kisika, ki se v enoti časa prenese od pljuč do celic, je odvisna od delovanja srca (MVS), od stanja žil (upor pretoku krvi) in od lastnosti krvi (oksiforna kapaciteta krvi) (Lasan, 2005). **Kisikov pulz** pa nam pove, koliko kisika se porabi na en utrip. Tudi kisikov pulz se je statistično značilno povečal pri vseh treh opazovanih točkah (LT, RC, MAX), podobno kot poraba kisika v minuti. Največje povečanje je bilo pri točki respiratorne kompenzacije (11,4%), ter pri točki LT (9,3%).

Tudi v tej raziskavi smo potrdili, da se maksimalna poraba kisika pod vplivom vzdržljivostne vadbe poveča. Povečala se je na vseh opazovanih točkah. Relativna VO<sub>2</sub> max se je procentualno povečala še bolj, ker so merjenci izgubili telesno težo in povečali absolutno VO<sub>2</sub> max. Povečanje VO<sub>2</sub> max je najbolj željena in pričakovana prilagoditev na vadbo, saj nam omogoča hitrejši in daljši tek, to pa je cilj vadbe. Povečana poraba kisika je vsota vseh ostalih prilagoditev: dihalnih, srčnih in metaboličnih kaže pa se v daljšem trajanju, večji hitrosti teka ter daljši pretečeni razdalji.

Vsi parametri: dihalni, metabolični, parametri srčne funkcije ter maksimalna poraba kisika so se pod vplivom vadbe izboljšali. Predvsem je prišlo do prilagoditev parametrov srčne funkcije – povečal se je UV in MVS, FSU se je znižala. Dihalni parametri so se spremenili v manjši meri, vendar tudi kažejo na bolj ekonomično dihanje, ki je bolj prilagojeno na telesni napor. Povečala se je koncentracija laktata pri maksimalni obremenitvi, kar kaže tudi na metabolične prilagoditve. Skupek vseh prilagoditev pa se kaže v največji in najpomembnejši prilagoditvi, to je poraba kisika. Drugo hipotezo, ki pravi, da vadba vpliva na izboljšanje fizioloških in biokemijskih parametrov, torej lahko potrdimo.

### **6.3. ANTROPOMETRIČNI PARAMETRI**

Antropometrični parametri dajo informacijo o telesni teži (TT) in sestavi telesa. Za šport in za boljše zdravje posameznika je pomemben nižji delež podkožnega maščevja in primerno visok delež mišičja. Pomemben je tudi višji odstotek kostne mase, saj pomeni močnejše okostje in s tem manjšo možnost poškodb. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 11: Rezultati meritev antropometričnih parametrov

	<b>ZAČETNO ST.</b> <b>(AS ± SD)</b>	<b>KONČNO ST.</b> <b>(AS ± SD)</b>	<b>SPREMEMBA</b>	<b>P</b>
<b>TT</b>	72,2 kg +/- 12,3	70,7 kg +/- 11,0	- 2,1%	p < 0,05
<b>BMI</b>	24,2 +/- 3,2	23,7 +/- 2,7	- 2,1%	p < 0,05
<b>% MAŠČ. MASE</b>	18,1% +/- 6,1	17,6% +/- 5,60	- 0,5%	p < 0,05
<b>MIŠIČNA MASA</b>	31,3 kg +/- 6,0	29,3 kg +/- 4,8	- 6,4%	p < 0,05
<b>% MIŠIČ. MASE</b>	43,0% +/- 4,3	43,7% +/- 2,2	+ 0,7%	ni stat. znač.
<b>KOST. MASA</b>	10,9 kg +/- 1,9	10,8 kg +/- 2,0	ni sprememb	ni stat. znač.
<b>% KOST. MASE</b>	15,1% +/- 1,5	15,3% +/- 1,4	ni sprememb	ni stat. znač.
<b>IMPEDANČNO MERJENJE</b>				
<b>MAŠČ. MASA</b>	11,4 kg +/- 5,7	10,7 kg +/- 5,0	- 6,1%	p < 0,05
<b>%MAŠČ. MASE</b>	15,9% +/- 7,4	15,4% +/- 6,9	- 0,5%	ni stat. znač.
<b>LBM</b>	61,0 kg +/- 12,4	60,0 kg +/- 11,7	- 1,6%	p < 0,05
<b>TBW</b>	44,5% +/- 9,1	43,9% +/- 8,6	- 0,6%	p < 0,05

BMI – indeks telesne mase

LBM – pusta telesna masa

TBW – količina vode v telesu

**Telesna teža** se je znižala za 2,1% (p < 0,05) z 72,2 na 70,7 kg.

Znižal se je tudi **indeks telesne mase** (BMI) za 2,1% (p < 0,05) z 24,2 na 23,7.

Klasifikacija BMI (Applied Human Nutrition, 1990, ed. A.F. Walker, iz: Tomazo – Ravnik, 1994, povzeto po Bravničar, 1994)

Pod 20 - suhost

20–25 - normalna, zaželjena telesna teža

25–30 – prekomerna telesna teža

nad 30 - debelost

Glede na klasifikacijo lahko določimo ali ima posameznik normalno, prekomerno ali prenizko telesno težo, ter mu damo napoteke glede željene TT. Vendar pa BMI ne upošteva deleža mišične mase pri posamezniku in zato za športnike ni primerna ocena njihove TT.



Merjenci sodijo v populacijo z normalno, željeno TT. Njihov BMI pa se je še malenkost zmanjšal. Pri ženskah je bil začetni BMI 23,2 +/- 3,6 in se je znižal na 22,9 +/- 3,2 (za 1,3%), pri moških pa se je znižal s 25,3 +/- 2,5 na 24,6 +/- 1,9 (za 2,8%). Moški so bolj zmanjšali svoj BMI, kar pomeni, da so bolj zmanjšali delež podkožnega maščevja. Vzrok za to je lahko v večji količini treninga.

Mcardle idr. (1996) pa navaja željeno vrednost za ženske 21,3–22,1; za moške pa 21,9–22,4. Bolj se viša BMI, večja je verjetnost za srčnožilna obolenja in druge bolezni. Po teh vrednostih merjenci presegajo želejne vrednosti.

### **Sestava telesa**

**Delež maščobne mase** se je znižal za 0,5%, z 18,1% na 17,6%. Pri ženskah za 0,8% ( $p < 0,05$ ), pri moških pa 0,3%, vendar sprememba ni statistično značilna.

**Mišična masa** se je znižala za 2 kg, s 31,3 kg na 29,3 kg, to je za 6,4% ( $p < 0,05$ ), **delež mišične mase** pa se ni statistično značilno spremenil in se je povečal za 0,7%, s 42,7% na 43,7%. Pri moških se je znižal za 0,2%, pri ženskah pa zvišal za 1,6%, vendar tidve spremembi nista statistično značilni.

**Delež kostne mase** je pri merjencih znašal 15%, kar je 10,9 kg. Kostna masa se pod vplivi treninga ni statistično pomembno spremenila.

Parametri so bili izmerjeni tudi s tehtnico. Rezultati so pokazali znižanje **maščobne mase** s 11,4 kg na 10,7 kg (za 6,1%) ( $p < 0,05$ ). Pri moških se je znižala za 8,1% ( $p < 0,05$ ), pri ženskah pa za 4,4%, vendar to ni statistično pomembna sprememba. **Delež maščobne mase** pa se je znižal za 0,5% z 15,9% na 15,4%, kar pa ni statistično pomembna sprememba. Znižanje je bilo enako pri moških in ženskah. Znižala se je tudi **pusta telesna masa (LBM)** z 61,3 kg na 60,5 kg (1,6%) ( $p < 0,05$ ) ter **količina vode v telesu (TBW)** za 0,5% ( $p < 0,05$ ).

Opazne so bile razlike v spremembah med moškimi in ženskami, kar je prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 12: Primerjava rezultatov sestave telesa med spoloma

	MOŠKI		ŽENSKE	
	zač. st. – konč. st.	sprememba	zač.st. – konč. st.	sprememba
<b>BMI</b>	25,3 – 24,6**	- 2,8%	23,2 – 22,9**	- 1,3%
<b>% MAŠČ. MASE</b>	13,1 – 12,8	- 0,3%	22,6 – 21,8 **	- 0,8%
<b>% MIŠIČ. MASE</b>	44,7 – 44,5	- 0,2%	41,4 – 43,0	+ 1,6%
<b>% KOST. MASE</b>	15,7 – 15,9	+ 0,2%	14,7 – 14,8	+ 0,1%
<b>IMPEDANČNO MERJENJE</b>				
<b>MAŠČ. MASA</b>	8,6 – 7,9**	- 8,1%	13,7 – 13,1	- 4,4%
<b>%MAŠČ. MASE</b>	10,4 – 9,8**	- 0,6%	20,8 – 20,2	- 0,6 %
<b>LBM</b>	72,5 – 71,1**	- 1,9%	50,5 – 50,2	- 0,6%
<b>TBW</b>	53,1 – 52,0**	- 2,1%	37,0 – 36,8	- 0,5%

\*\* - statistično značilna sprememba

BMI – indeks telesne mase

LBM – pusta telesna masa

TBW – količina vode v telesu

Opaziti je, da so moški bolj znižali indeks telesne mase. Ženske imajo precej višji delež podkožnega maščevja, vendar so ga tudi bolj znižale. Odstotek mišične mase se je pri moških znižal za 0,2 %, pri ženskah pa zvišal za 1,6 %, vendar spremembe niso statistično značilne. Opaziti je tudi razlike v rezultatih, ki so bili pridobljeni z antropometričnimi meritvami, in tistimi, ki so bili pridobljeni z impedančnim merjenjem s tehtnico. Pri merjenju s tehtnico je prišlo do večjih sprememb pri moških, ki so tudi statistično značilne.

### **Kožne gube (KG)**

Spremembe v vrednosti podkožnega maščevja – kožnih gub so prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 13: Rezultati meritev kožnih gub

	<b>začetno stanje (AS ± SD)</b>	<b>končno stanje (AS ± SD)</b>	<b>zmanjšanje</b>	<b>P</b>
<b>KG hrbta</b>	14,6 +/- 5,9	14,0 +/- 5,5	4,1%	ni stat. znač.
<b>KG tricepsa</b>	10,9 +/- 5,5	9,5 +/- 4,3	12,8%	p < 0,05
<b>KG bicepsa</b>	7,4 +/- 3,7	7,0 +/- 2,9	5,4%	ni stat. znač.
<b>KG podlakti</b>	7,1 +/- 2,6	6,8 +/- 2,6	4,2%	ni stat. znač.
<b>KG trebuha</b>	19,7 +/- 9,7	18,5 +/- 8,5	6,1%	p < 0,05
<b>KG prsna</b>	9,6 +/- 3,6	9,3 +/- 3,5	3,1%	ni stat. znač.
<b>KG suprailiakalna</b>	15,3 +/- 6,6	13,9 +/- 4,9	9,2%	p < 0,05
<b>KG stegna</b>	21,9 +/- 9,8	20,1 +/- 8,6	8,2%	p < 0,05
<b>KG meč</b>	13,3 +/- 7,2	12,2 +/- 6,0	8,3%	p < 0,05

Kožne gube telesa so se zmanjšale, kar kaže na zmanjšanje podkožnega maščevja merjencev. Znižale so se vse kožne gube od 3,1–12,8%. Najbolj se je zmanjšala kožna guba tricepsa, za 12,8%, drugi dve gubi zgornjih okončin (KG bicepsa in podlakti) se nista statistično pomembno spremenili. Na trupu se je najbolj zmanjšala suprailiakalna (za 9,2%) in KG trebuha (za 6,1%), to sta na mestih, kjer se najbolj nalaga podkožno maščevje – na trebuhu in v pasu, zato sta se tudi najbolj znižali. Znižali sta se tudi hrbtne in prsne KG, vendar ne statistično značilno. Do velikega zmanjšanja pa je prišlo tudi na spodnjih okončinah: KG stegna za 8,2% in KG meč za 8,3%. Pri teku so noge tudi najbolj aktivne in je to možen razlog za visok odstotek zmanjšanja telesne maščobe. Nindl idr. (2000) pa so po 6-mesečni aerobni vadbi ugotovili znižanje maščobne mase na zgornjih okončinah za 31%, na spodnjih pa ni bilo sprememb.

Sestava telesa se je za malenkost spremenila. Prišlo je do majhnega znižanja telesne teže, za 2,1%, čeprav je bilo pričakovati večje znižanje TT. Vendar so v raziskavi sodelovali merjenci, ki so sodili v skupino normalni/željeni glede na BMI. Zato znižanje TT ni bilo tako veliko. Tudi Nindl idr. (2000) so ugotovili znižanje TT za samo 2,2%. TT se je zmanjšala na račun maščobne ter mišične mase. Znižanje maščobne mase je željeni in pričakovani učinek vadbe, saj aerobna telesna aktivnost spodbuja porabo maščob v telesu, dolgotrajnejše in bolj intenzivne obremenitve pa tudi praznijo zaloge glikogena. Znižanje maščobne mase je bilo

opaziti tudi v drugih omenjenih raziskavah. Za 10 % v raziskavi Nindl idr. (2000) ter za 2,3 % v raziskavi Balor idr. (1988). Dangel idr. (1996) so v svoji raziskavi potrdili, da je za znižanje maščobne mase nujno potrebna tudi ustrezna dieta. Znižanje maščobne mase v naši raziskavi (za 6,4 %) potrjuje tudi znižanje vseh kožnih gub, do večje spremembe pa ni prišlo tudi zaradi tega, ker vadeči niso imeli tudi ustrezne diete.

Znižala pa se je tudi mišična masa. Pričakovano je bilo zvišanje mišične mase, ker so merjenci izvajali tudi vadbo za moč, in ker so bili vsi bolj aktivni kot pred vadbenim obdobjem. Majhno zvišanje mišične mase so v svoji raziskavi ugotovili tudi Nindl idr. (2000) za 2,2% ter Balor idr. (1988) za 2,3%. Ti so, tako kot v naši raziskavi ugotovili tudi nespremenjeno kostno maso. Procentualno pa se je mišična masa malenkost zvišala za (0,7%), saj se je znižala skupna telesna masa .

Tretjo hipotezo, ki pravi, da vadba vpliva na sestavo telesa, lahko potrdimo.

#### **6.4. PRIMERJAVA MED RAZLIČNIMI SKUPINAMI**

Merjenci so vadili v treh različnih skupinah: začetni, srednji in tekmovalno usmerjeni skupini in tudi njihov vadbeni program se je razlikoval. Glede na to je pričakovati spremembe v napredku med skupinami. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 14: Primerjava rezultatov pri MAX glede na skupine

	1. skupina (11)		2. skupina (26)		3. skupina (10)	
	vrednost (zač.–konč.)	% poveč.	vrednost (zač.–konč.)	% poveč.	vrednost (zač.–konč.)	% poveč.
<b>VO2 MAX A</b> (ml/min)	2610 – 2970 **	13,8%	2964 – 3184 **	7,4%	3737 – 4039 **	8,1%
<b>VO2 MAX R</b> (ml/kg/min)	35,0 – 40,8 **	16,6%	42,1 – 45,6 **	8,3%	50,2 – 55,3 **	10,2%
<b>VE</b> (l)	90,1 – 102 **	13,2%	101,8 – 107,1	5,2%	124 – 125	0,8%
<b>RV</b> (l)	2,03 – 2,21 **	8,9%	2,35 – 2,39	1,7%	2,66 – 2,66	ni sprem.
<b>RF</b> (vdihov/minuto)	45 - 47	4,4%	44 - 45	2,3%	47 – 47	ni sprem.
<b>RQ</b>	0,98 – 1,04	6,1%	0,97 – 1,00	3,1%	0,96 – 0,99	3,1%
<b>HR</b> (utripov/minuto)	168 - 171	1,8%	174 - 173	- 0,6%	178 – 173	- 2,8%
<b>UV</b> (ml/utrip)	80,2 – 89,4 **	11,5%	106 – 112,9 **	6,5%	124 – 140,8 **	13,5%
<b>MVS</b> (l/min)	13,6 – 15,4 **	13,2%	18,2 – 19,4 **	6,6%	22,4 – 24,5 **	9,4%
<b>O2 PULZ</b>	15,6 – 17,4 **	11,5%	17,08 – 18,50 **	8,3%	20,9 – 23,5 **	12,4%

\*\* - statistično značilna sprememba

RF, RQ in in HR se niso statistično pomembno spremenili pri nobeni od skupin. Frekvenca srca se je pri prvi skupini povečala za 3 utripe na minuto, pri drugi in tretji pa znižala za 1 oz. 5 utripov na minuto. Tudi RF in RQ sta se največ povečala v 1. skupini.

VE in RV sta se statistično značilno povečala samo v 1. skupini. Do majhnega povečanja je prišlo tudi v 2. skupini, v tretji pa ni bilo sprememb.

Do statistično pomembnih sprememb pa je prišlo v VO<sub>2</sub> max A in VO<sub>2</sub> max R, UV, MVS in O<sub>2</sub> pulzu. Procentualno je do največjih sprememb prišlo v prvi, začetni skupini, saj so bili prej neaktivni in je vsakršna vadba za njih pomenila dražljaj za povečanje in prilagoditev na napor. Za velik odstotek je napredovala tudi tretja, najboljša skupina. Ti so sicer že na začetku imeli visoke vrednosti parametrov, ker so bili kondicijsko dobro pripravljene, vendar so po treningu z ustreznimi vadbenimi sredstvi in metodami svojo pripravljenost in funkcionalne parametre še izboljšali. Srednja skupina je bila najštevilčnejša in je tudi najmanj napredovala. Ti tekači niso bili začetniki, tako da so bili že prilagojeni na vzdržljivostno vadbo, niso pa trenirali dovolj intenzivno, da bi lahko parametre v veliki meri izboljšali.

Tabela 15: Primerjava rezultatov sestave telesa glede na skupine

	<b>1. skupina</b>	<b>2. skupina</b>	<b>3. skupina</b>
	<b>sprememba</b>	<b>sprememba</b>	<b>sprememba</b>
<b>TT</b>	- 2,5% **	- 1,6% **	- 2,3% **
<b>% MAŠČ. MASE</b>	- 1,3% **	- 0,4%	- 0,4%
<b>MIŠIČNA MASA</b>	+ 1,0%	- 0,3% **	- 3,8% **
<b>% MIŠIČ. MASE</b>	+ 1,9%	+ 0,7%	- 0,7%
<b>% KOST. MASE</b>	+ 0,4% **	+ 0,7%	ni spremembe
<b>IMPEDANČNO MERJENJE</b>			
<b>MAŠČ. MASA</b>	- 3,4%	- 6,7% **	- 7,2%
<b>% MAŠČ. MASE</b>	- 0,2%	- 0,7%	- 0,4%

\*\* - statistično značilna sprememba

Tudi pri sestavi telesa je do največjih sprememb prišlo v prvi skupini. Mišična masa se je pri 2. in 3. skupini zmanjšala, pri prvi pa celo povešala, vendar ne statistično značilno. Mislím, da je vzrok za v tem, da so bili ti tekači prej neaktivni ali zelo malo aktivni, in se je zato po vadbi mišična masa povečala. Do najmanjših sprememb pa je tudi tu prišlo v drugi skupini. Podobno je bilo tudi pri kožnih gubah, kar je prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 16: primerjava rezultatov kožnih gub glede na skupine

	<b>1. skupina</b>	<b>2. skupina</b>	<b>3. skupina</b>
	<b>% znižanja</b>	<b>% znižanja</b>	<b>% znižanja</b>
<b>KG hrbta</b>	8,0%	2,7%	0,9%
<b>KG tricepsa</b>	18,3% **	9,7%	6,3%
<b>KG bicepsa</b>	11,2%	1,5%	4,3%
<b>KG podlakti</b>	6,3%	3,0%	5,4%
<b>KG trebuha</b>	7,7% **	3,4%	11,7%
<b>KG prsna</b>	11,0%	1,1%	+ 2,6%
<b>KG suprailiakalna</b>	8,7% **	8,8%	9,2%
<b>KG stegna</b>	8,5% **	8,3% **	7,6%
<b>KG meč</b>	14,1% **	5,1%	10,1%

\*\* - statistično značilna sprememba

Pri prvi skupini se je večino gub statistično pomembno znižalo, medtem ko v tretji skupini ni bilo statistično pomembnih sprememb. Mislim, da je vzrok za to v tem, da so bili v tretji skupini že izkušeni tekači, ki so trenirali že pred vadbo, in se zato delež podkožnega maščevja ni toliko spremenil.

Potrdimo lako tudi zadnjo, četrto hipotezo, ki pravi, da je med vadbenimi skupinami prišlo do razlik v napredku.

## **7. ZAKLUČEK**

Glede na pregledano literaturo in spoznanja številnih študij lahko trdim, da telesna vadba vpliva na sposobnosti organizma, na spremembe v sestavi telesa in ohranja njegovo vitalnost. Vzdržljivostna vadba ima številne pozitivne učinke na posameznika in njegovo zdravje. Problem diplomske naloge je bil ugotoviti, v kakšni meri je 6-mesečna vodena rekreativna tekaška vadba, ki so jo posamezniki opravljali v pripravah za nastop na Ljubljanskem maratonu (različnih razdaljah) vplivala na izboljšanje njihove vzdržljivosti, fiziološke in biokemijske parametre njihove telesne pripravljenosti ter na sestavo telesa. Ker so bili tekači razdeljeni v 3 skupine glede na svoje tekaške izkušnje in telesno pripravljenost, smo želeli ugotoviti tudi vpliv vadbe na posamezno skupino.

V vzorec je bilo vključenih 47 merjencev, od tega 22 moških in 25 žensk, s povprečno starostjo 42,4 let. Preiskovanci so bili člani Poletovih tekaških ekip v letih 2005, 2006 in 2007. Vadbeni program je potekal 6 mesecev in je vseboval rekreativno tekaško vadbo, ki je potekala 2–5-krat tedensko. Vsebovala je neprekinjeno tekaško vadbo zmerne in srednje intenzivnosti, ter intervalne teke srednje in občasno visoke intenzivnosti, vadbo za moč in vadbo za gibljivost. Zahtevnost programa se je razlikovala glede na skupino, v katero so bili merjenci razvrščeni: začetna, srednja in zahtevnejša – tekmovalno usmerjena skupina. Pred in po vadbenem programu so bila opravljena testiranja v fiziološkem laboratoriju na Fakulteti za šport. Opravljene so bile antropometrične meritve ter obremenilni test na tekoči preprogi pri čemer so bili izmerjeni fiziološki in biokemijski parametri. Tako smo dobili naslednje spremenljivke: antropometrične (telesna teža, index tel. mase, maščobna masa, mišična masa, kostna masa, kožne gube), funkcionalni (ventilacija, frekvenca dihanja, respiracijski volumen, ventilacijski ekvivalent kisika, vitalna kapaciteta, frekvenca srca, utripni volumen, minutni

volumen srca, kisikov pulz, koncentracija laktata, respiratorni kvocient in poraba kisika) in vzdržljivostne (čas, hitrost, razdalja).

Rezultati so pokazali, da so merjenci najbolj napredovali v vzdržljivosti. Vsi vzdržljivostni parametri so se izboljšali za 7 do 17%. Merjenci so napredovali tako v hitrosti teka, pretečeni razdalji in trajanju. Tako lahko prvo hipotezo, da vadba izboljšuje vzdržljivost, potrdimo. Druga hipoteza se je nanašala na funkcionalne parametre: dihalne, metabolične, parametre srčne funkcije in porabo kisika. Tudi ti parametri so se izboljšali in prilagodili na vzdržljivostno vadbo, tako, da tudi to hipotezo lahko sprejmemo. Najbolj opazne so bile prilagoditve srčne funkcije, saj je bilo opaziti povečanje utripnega volumna ter minutnega volumna srca pri vseh opazovanih točkah s statistično značilno spremembo pri  $VO_2$  max (povečanje za 8,2 do 10,4%). Pri frekvenci srčnega utripa je bilo opaziti le znižanje v mirovanju, vendar sprememba ni statistično značilna. Opaziti je bilo tudi majhno prilagoditev dihalnih funkcij, vendar spremembe niso bile statistično značilne, razen pri ventilaciji, kjer je prišlo do napredka v vseh točkah za 5,9 do 10,4%. To kaže na prilagoditev dihalnih funkcij na telesni napor. Prišlo je tudi do metaboličnih sprememb in sicer maksimalna koncentracija laktata se je statistično pomembno zvišala za 10,5%. Prišlo pa je do neznačilne spremembe koncentracije laktata v mirovanju, saj se je laktat povišal. Vse prilagoditve funkcionalnih parametrov pa se združeno kažejo v porabi kisika, ki se je statistično pomembno zvišala v vseh opazovanih točkah za 8,9 do 13,2%. Vrednosti so se najbolj povečale pri točki respiratorne kompenzacije – absolutna vrednost za 11,3%, relativna pa za 13,2%. Relativne vrednosti so se procentualno še bolj povečale, saj se je zmanjšala telesna teža preiskovancev. Majhne a statistično pomembne spremembe je bilo opaziti tudi pri sestavi telesa. Telesna teža se je znižala za 2,1% predvsem na račun znižanja deleža maščobne mase za 0,5%, na kar kaže tudi znižanje vseh kožnih gub, predvsem gub na spodnjih ekstremitetah. Odstotek mišične mase se je povišal za 0,7%, vendar se je, sicer nepričakovano, znižala tudi mišična masa – za 6,4%, vendar ta sprememba ni statistično značilna. Kostna masa je ostala nespremenjena.

Pri vseh parametrih pa je bilo opaziti tudi razlike med moškimi in ženskami. Biološke razlike med spoloma obstajajo že od rojstva tako antropometrične kot funkcionalne. Moški so že na začetku imeli višje vrednosti parametrov, pod vplivi vadbe pa so tudi bolj napredovali in te razlike še povečali. Vzrok za to je lahko tudi v tem, da je bilo največ žensk v drugi skupini, ki je najmanj napredovala. Tudi telesna sestava se je bolj spremenila pri moških. Bolj so znižali telesno težo, in delež podkožnega maščevja.



Narejena je bila tudi primerjava med skupinami. Ugotavljali smo razlike v napredku med začetno, srednjo in tekmovalno usmerjeno skupino. Prišlo je do razlik v napredku in sicer je najbolj napredovala začetna skupina, saj so bili prej neaktivni in je vsakršna vadba za njih pomenila. Za velik odstotek je napredovala tudi tretja, najboljša skupina, saj so tudi najbolj intenzivno trenirali. Do najmanjših sprememb je prišlo v srednji skupini.

Raziskava je pokazala, da je tekaška vadba vplivala na vse opazovane parametre in s tem vplivala na izboljšanje tako rezultatov pri teku, kot funkcionalnih sposobnosti posameznika in s tem na boljše zdravje posameznikov. Vse štiri hipoteze so bile torej potrjene. Za še večje napredke pa bi morala biti vadba tudi bolj spremljana in v večji meri realizirana. Vendar gre tu za rekreativno populacijo, ki je bila pred vadbo manj aktivna, in mislim, da je svoj cilj marsikdo dosegel.

## 8. LITERATURA

Astrand, P.O., Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology*. McGraw-Hill Book Company.

Ballor idr. (1988). Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am. J. Clin. Nutr*, 47:19

Barber, O. (2002). *Running for Fitness*. London: A & C Black.

Bravničar, M. (1994). *Fiziologija športa. Vaje 1*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Carter, H., Jones, A. M., Barstow, T. J., Burnley, M., Williams, C. in Doust, J. H. (2000) Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 89, 1744-1752.

Cunningham, D. A., Hill, J. S. (1975). Effect of training on cardiovascular response to exercise in women (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 39, 891-895.

Dengel, D. R., Pratley, R. E., Hagberg, J. M., Rogus, E. M. in Goldberg, A. P. (1996). Distinct effects of aerobic exercise training and weight loss on glucose homeostasis in obese sedentary men (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 81, 318 – 325.

DeVries, H. A., (1986). *Physiology of Exercise*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers.

Fitzgerald, M. D., Tanaka, H., Tran, Z. V. in Seals, D. R. (1997). Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 83, 160-165.

Green, H. J., Helyar, R., Ball-Burnett, M., Kowalchuk, N., Symon, S. in Farrance, B. (1992). Metabolic adaptations to training precede changes in muscle mitochondrial capacity (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 72, 484-491.

Green, H. J., Jones, S., Ball-Burnett, M., Farrance, B. in Ranney, D. (1995). Adaptations in muscle metabolism to prolonged voluntary exercise and training (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 78, 138-145.

Hepple, R. T., Mackinnon, S. L. M., Goodman, J. M., Thomas, S. G. in Plyley, M. J. (1997). Resistance and aerobic training in older men: effect on VO<sub>2</sub> peak and the capillary supply to the skeletal muscle (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 82, 1305-1310.

Hickson, R. C., Bomze, H. A. in Holloszy J. O. (1977). Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 42, 372-376.

Hinton, P. S., Giordano, C., Brownlie, T. in and Haas J. D. (2000). Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 88, 1103-1111.

Hoppeler, H. idr. (1985). Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 59, 320 – 327.

Jerše, M., Pokorn, D. (1980). *Srce in ožilje*. Ljubljana: Založba centralnega zavoda za napredek gospodinjstva.

Kragelj, T. (2001), *Raztezanje mišic v športu*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Lajovic, J. (1996). *Vse o srcu in žilah*. Ljubljana: Društvo za zdravje srca in ožilja Slovenije.

Lasan, M. (2005). *Stalnost je določila spremembo - fiziologija*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Lasan, M. (2004). *Spreminjanje stalnosti – fiziologija športa*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

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 (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 69, 1792-1798.

McArdle, W., Katch, F., Katch, L. (1996). Exercise physiology. Baltimore: Williams & Wilkins

Meredith, C. N. (1989). Peripheral effects of endurance training in young and old subjects (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 66, 2844-2849.

Mier, C. M., Domenick, M. A., Turner, N. S. in Wilmore, J. H. (1996). Changes in stroke volume and maximal aerobic capacity with increased blood volume in men and women (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 80, 1180-1186.

Nindl, B. C. (2000). Regional body composition changes in women after 6 months of periodized physical training (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 88, 2251-2259.

Pimentel, A. E., Gentile, C. L., Tanaka H., Seals, D. R. in Gates, P. E. (2003). Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 94, 2406-2413.

Pollock, M.L., (1975). Frequency of training as a determinant for improvement in cardiovascular and body composition of middle-aged men. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 56:141.

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 (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 62, 725 – 731.

Rotovnik Kozjek, N. (2004). Gibanje je življenje. Ljubljana: Domus

Seals, D. R., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Ehsani, A. A. in Holloszy J. O. (1984). Endurance training in older men and women. I. Cardiovascular responses to exercise (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 57, 1024-1029.

Simon, J., Young, J. L., Gutin, B., Blood, D. K. in Case R. B. (1983). Lactate accumulation relative to the anaerobic and respiratory compensation thresholds. *Journal of Applied Physiology*, 54, 13-17.

Sperryn, P. N. (1983). Šport in medicina. Ljubljana, DZS, 1994.

Stringer, W. W., Hansen, J. E. in Wasserman K. (1997). Cardiac output estimated noninvasively from oxygen uptake during exercise. *J. Appl. Physiol*, 82, 908 – 912.

Škof, B. (2004). Izprezite! (Včasih... ). Polet, 22. julij, 40-42.

Škof, B. (2004). Aerobna baza. Polet, 15 julij, 34-36.

Škof, B. (2004). Postavimo jasno mejo. Polet, 5. avgust, 26-28.

Škof, B. (2005). Katere mišice so najpomembnejše za tek? Polet, 3. marec, 52–53.

Škof, B. (2005). Odgovori na nekatera vprašanja o vadbi moči za tekače. Polet, 10. marec, 52-53.

Škof, B. (2005). Brez vadbe moči ni napredka. Polet, 10. februar, 52-53.

Škof, B. (2007). *Šport po meri otrok in mladostnikov*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Talanian, J. L., Galloway, S. D. R., Heigenhauser, G. J. F., Bonen, A. in Spriet, L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology* 102, 1439-1447.

Trappe S. idr. (2005). Single muscle fiber adaptations with marathon training (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 101, 721 – 727.

Tulppo, M. P. (2002). Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects (elektronska izdaja). *Journal of Applied Physiology*, 95, 364 – 372.

Uлага, D. (1996). *Šport, ti si kakor zdravje*. Celje: Mohorjeva družba.

Ušaj, A. (2003). *Osnove športnega treniranja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Ušaj, A. (1990). *Poskus uskladitve dveh konceptov anaerobnega praga pri testiranju vzdržljivosti tekačev*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Žele, L. (2003). *Značilnosti izmerjenih fizioloških parametrov kolesarjev na modificiranem kolesarskem testu*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Željko, J. (2006). *Vpliv nekaterih vzdržljivostnih športov na zdravje*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Wasserman K., Beaver W. L., Whipp B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *JAP*, 60, 2020 – 2027.

Wilkinson, J. G., Martin, D. T., Adams, A. A., Liebman M. (2002). Iron status in cyclists during high-intensity interval training and recovery (elektronska izdaja). *Int. J. Sports Med.*, 23, 544-551.

Wilmore J. H., Costill D. L. (1999). *Physiology of sport and exercise*. Champaign: Human Kinetics.

