

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

KLEMEN LAURENČAK

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

Pedagoška smer

Športno treniranje – triatlon

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za šport*



DINAMIKA UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA PRI RAZLIČNO TRENIRANIH OSEBAH

DIPLOMSKO DELO

MENTOR

prof. dr. Branko Škof, prof. šp. vzg.

SOMENTOR

doc. dr. Bojan Knap, dr. med

KONZULTANT

Radoje Milić, dr. med.

RECEZENTKA

doc. dr. Mirjam Lasan, dr. med.

KLEMEN LAURENČAK

Ljubljana, 2010

POSVETILO

Zahvaljujem se mami in očetu, ki sta mi omogočila študij na fakulteti. Diplomsko delo posvečam njima.

Ključne besede: minutni volumen srca, utripni volumen, dinamika utripnega volumna, srčno delo

DINAMIKA UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA PRI RAZLIČNO TRENIRANIH OSEBAH

IZVLEČEK

Minutni volumen srca odraža srčno delo, ki je eden izmed ključnih dejavnikov sposobnosti v vzdržljivostnih športih. Minutni volumen srca je sestavljen iz dveh parametrov, utripnega volumna srca (količina krvi, ki jo srce iztisne ob vsakem utripu) in frekvence srčnega utripa. Problem diplomske naloge je bil ugotoviti največji utripni volumen pri ljudeh različnega spola, starosti in stopnje treniranosti. Hkrati smo želeli ugotoviti, kdaj utripni volumen srca doseže svojo maksimalno vrednost glede na maksimalno porabo kisika in maksimalno frekvenco srca. Poleg tega, smo želeli ugotoviti, kakšna je dinamika utripnega volumna srca med stopnjevanim obremenilnim testom pri rekreativnih tekačih.

V vzorec je bilo vključenih 246 merjencev, od tega 100 moških in 146 žensk. Njihova povprečna starost je bila 40,5 let, najmlajša merjenka je bila stara 20 let, najstarejši merjenec pa 63 let. Preiskušance smo nato razdelili v skupine glede na leta, spol in stopnjo treniranosti.

Ko smo primerjali skupine po spolu, smo ugotovili, da razlike v dinamiki utripnega volumna ni. Obe skupini dosežeta maksimalni utripni volumen pri 60 % maksimalne porabe kisika. Primerjava mlajših in starejših preiskušancev, je pokazala, da so v ženskem delu vzorca, razlike v utripnem volumnu srca statistično značilne, pri moškem pa ne, čeprav so mlajši dosegali maksimalne vrednosti pri višji intenzivnosti. Primerjava med aktivnimi in neaktivnimi preiskušanci, je pokazala razlike v utripnem volumnu samo pri starejših ženskah, med ostalimi skupinami razlik ni bilo.

Pri določanju dinamike utripnega volumna srca smo ugotovili, da v vseh skupinah 80 – 90% priskušancev doseže plato utripnega volumna, ali plato s padcem.

Key words: cardiac output, stroke volume, stroke volume response, cardiac work

STROKE VOLUME RESPONSE IN DIFFERENTLY TRAINED INDIVIDUALS

ABSTRACT

Cardiac output defines cardiac work and is one of the most important parameters in endurance sports. It consists of two parameters, stroke volume (the amount of blood pumped from one ventricle of the heart with each beat) and heart rate.

The object of this thesis was to determinate maximal stroke volume of people of different age, gender and training status. Beside that, we wanted to find out, when stroke volume reaches maximal value by maximal oxygen consumption and maximal heart rate. We also tried to determine whether there was a difference in stroke volume response in different groups of tested subjects.

When collecting data, 100 men and 146 women (20 – 63 years of age) were measured. They were 40,5 years old on average. We defined groups, different by age, sex and training status.

After comparing the results between groups divided by sex, we learned that there was no difference in stroke volume response. Both groups reached the maximal stroke volume at 60 % VO_{2max} . When comparing the results of groups divided by age, we discovered that there are some differences in the female part of the population. It showed that older women had a statistically significant lower stroke volume than the younger ones. There were no statistically significant differences in the male part of the population, even that younger men had a bigger stroke volume. When we compared the results of the active and non-active subjects, we found out that the results were similar in all groups, except in the older female group. Active women had a statistically significant bigger stroke volume then the non-active ones.

Stroke volume response was found almost the same in each group. In 80 – 90% of all subjects we found a stroke volume plateau or a plateau with a drop.

KAZALO

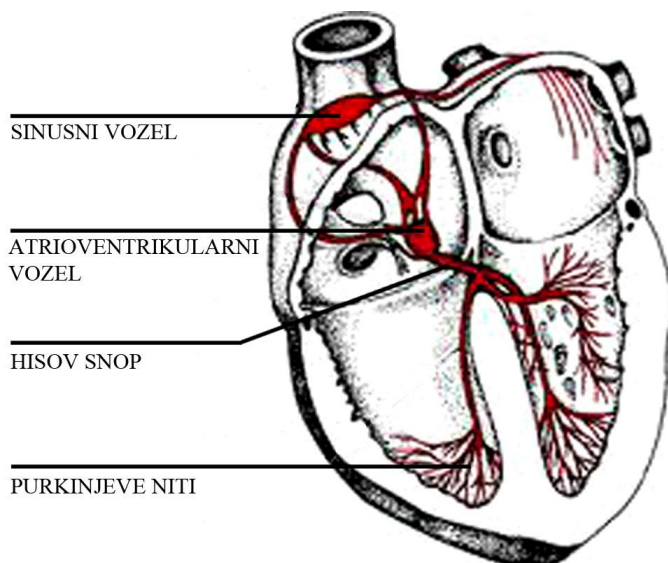
1.0	UVOD	6
1.1	URAVNAVANJE DELOVANJA SRCA	8
1.2	MINUTNI VOLUMEN SRCA	9
1.2.1	MERJENJE MINUTNEGA VOLUMNA SRCA	10
1.2.1.1	INVAZIVNE METODE	10
1.2.1.2	NEINVAZIVNE METODE	10
1.3	DOSEDANJE RAZISKAVE	14
1.3.1	UTRIPNI VOLUMEN GLEDE NA STOPNJO TRENIRANOSTI.....	14
1.3.2	UTRIPNI VOLUMEN SRCA GLEDE NA STAROST.....	16
1.3.3	UTRIPNI VOLUMEN SRCA GLEDE NA SPOL.....	19
1.4	CILJI.....	20
1.5	HIPOTEZE.....	20
2.0	METODE DELA.....	21
2.1	VZOREC MERJENCEV	21
2.1.1	SKUPINE ZA ANALIZO: VPLIV SPOLA	21
2.1.2	SKUPINE ZA ANALIZO: VPLIV STAROSTI	21
2.1.3	SKUPINE ZA ANALIZO: VPLIV STOPNJE TRENIRANOSTI.....	22
2.2	OPIS MERSKIH POSTOPKOV IN SPREMENLJIVK	23
2.2.1	ANTROPOMETRIJSKE MERITVE	23
2.2.2	OBREMENILNI TEST ZA MERJENJE DIHALNIH IN PRESNOVNIH PARAMETROV	24
2.2.3	MERJENJE UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA	24
2.2.4	DOLOČANJE DINAMIKE UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA	26
2.3	STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV.....	28
3.0	REZULTATI IN INTERPRETACIJA	29
3.1	UTRIPNI VOLUMEN SRCA PRI MOŠKIH IN ŽENSKAH	29
3.2	UTRIPNI VOLUMEN SRCA PRI MLAJŠIH IN STAREJŠIH PREIZKUŠANCIH	33
3.3	UTRIPNI VOLUMEN SRCA PRI AKTIVNIH IN NEAKTIVNIH PREIZKUŠANCIH.....	37
3.4	DINAMIKA UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA	42
4.0	SKLEP.....	46
5.0	VIRI.....	49

1.0 UVOD

Srce je glavni in najpomembnejši organ v telesu, črpalka, ki neutrudno poganja kri. S svojim delom omogoča izmenjavo snovi, kar je osnova za vse fiziološke procese v organizmu. Srce je del srčno – žilnega sistema, ki ga sestavljajo srce, žilje (arterije in vene) ter mezigovje.

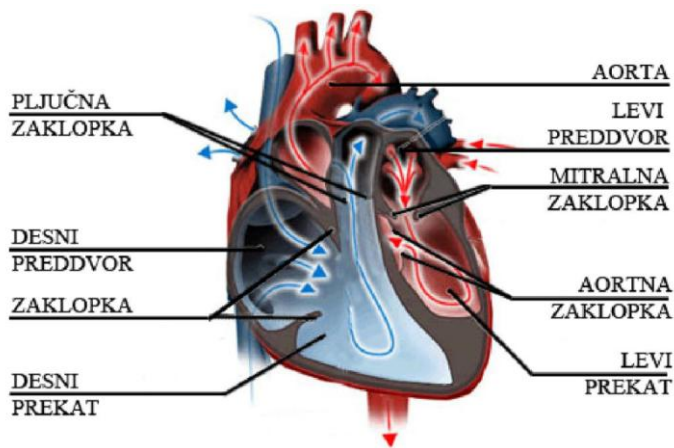
Za srčno mišico je značilna velika vzdražnost, hitra prevodnost, odgovor na »vse ali nič«, obdobje refraktarnosti in ritmično nastajanje impulzov (samovzdražnost) (Lasan, 2002). Vzdražnost pomeni reagiranje na notranje in zunanje dražljaje. Če srce doseže prag vzdražnosti ali ga preseže, srčna mišica odgovori kot celota po principu vse ali nič. Prevodnost omogoča, da se vsak dražljaj v celoti prenese po celem srcu. Impulz poteka iz enega mesta po obeh preddvorih in iz drugega mesta po obeh prekatih. Hitrost prevajanja informacije je velika, omogoča jo specifična tesna povezanost med celicami, ki delujejo kot ena sama. Refraktarnost je neobčutljivost na dražljaje. Delimo jo na absolutno in relativno. Absolutna refraktarnost se pojavi v fazi kontrakcije, ko srčna mišica ni sprejemljiva za nikakršen dražljaj. Pri relativni refraktarnosti lahko izredno močan dražljaj povzroči kontrakcijo, ki je precej slabša.

Krčenje srčne mišice je posledica električnega vzraženja. Dražljaj, ki povzroča električno vzdraženje, nastane v sinusnem vozlu, ki je naravni srčni spodbujevalnik. Sinusni vozle pošlje signal preko preddvora do atrioventrikularnega vozla, ta ga nato posreduje Hisovemu snopu, ki ga preko Purkinjevih niti pošlje do delovnih mišičnih celic prekata. Preko teh niti se električni impulz po srcu prenaša 6 x hitreje kot po normalnem tkivu. Električni impulz se v atrioventrikularnem vozlu upočasni zato, da se lahko med preddvorsko sistolo prekati napolnijo.



Slika 1: Poti električnega signala

Srce je sestavljeno iz štirih delov, levega in desnega preddvora ter levega in desnega prekata. Desna stran srca ima dve pomembni lastnosti: zbira kri iz vseh delov telesa in jo črpa v pljuča, kjer prihaja do izmenjave plinov. Tudi leva stran ima dve pomembni lastnosti, in sicer: zbira kri iz pljuč, ki je obogatena s kisikom, in jo črpa v aorto, od koder se razdeli po celem telesu. Pot krvi skozi srce se prične v desnem preddvoru, kjer se nabira mešana venska kri. Iz desnega preddvora nato srce iztisne kri v desni prekat, od koder nadaljuje po pljučnih arterijah pot v pljuča. Iz pljučnih ven se s kisikom obogatena kri zbira v levem preddvoru, od tam gre v levi prekat, od koder gre naposled v aorto. Polnjenje preddvorov in prekatov imenujemo diastola, praznjenje pa sistola.



Slika 2: Zgradba srca

Ko srce utripa, je mehanizem naslednji: v diastoli se polnita preddvora, pa tudi prekata, saj sta obe atrioventrikularni zaklopki odprti (mitralna in trikuspidalna zaklopka). Temu sledi najprej preddvorna sistola, ki dodatno napolni prekate s krvjo, čez približno 0,1s sledi še prekatna sistola, ki iztisne kri v aorto.

Čeprav skozi srce steče ogromna količina krvi, jo srčna mišica neposredno ne uporablja za svoj lastni metabolizem. Srčna mišica ima svoj majhen prehranjevalni sistem, ki se imenuje koronarna cirkulacija. Koronarne arterije skrbijo, da je srce preskrbljeno s krvjo. Približno 5 % vse krvi, ki jo srce prečrpa, se preusmeri za prehranjevanje srca (McArdle, 1996).

Srčna mišica ima tudi posebnosti v svojem metabolizmu, saj večina energije nastane na aerobni način, ker ima srce močnejšo oksidativno sposobnost kot skeletne mišice. V celicah srčne mišice je koncentracija mitohondrijev večja kot v katerikoli drugi mišici. Srce v

mirovanju pridobiva energijo pretežno iz maščobnega metabolizma (70 %), pri zmernem naporu so deleži naslednji: maščobe 30 %, krvni sladkor 30 %, laktat 30 %. Pri najvišjem naporu je delež porabe laktata kot primarnega hranila okoli 70 % (McArdle, 1996).

1.1 URAVNAVANJE DELOVANJA SRCA

Učinkovitost srčnega dela se odraža z minutnim volumnom srca, se pravi s količino krvi, ki jo je srce zmožno prečrpati v eni minuti.

Minutni volumen srca (MVS) je odvisen od frekvence srčnega utripa (FSU) in **utripnega volumna srca (UVS)**. Njihovo razmerje lahko ponazorimo v formuli:

Minutni volumen srca (l/min) = frekvenca srčnega utripa (utripov/min) x utripni volumen srca (ml/utrip).

Minutni volumen srca je odvisen od srčnega utripa, sposobnosti krčenja mišičnih celic v srcu, dolžine mišičnih vlaken v miokardu (bolj kot se miokard raztegne, več krvi nato iztisne) in od perifernega upora (Vincent, 2008).

Utripni volumen srca (UVS) je količina krvi, ki jo srce iz levega prekata iztisne pri enem utripu. Utripni volumen je razlika med volumnom krvi na koncu diastole in volumnom krvi na koncu sistole. Utripni volumen se lahko poveča z iztisno močjo prekata ali s povečano polnjenostjo prekata.

Minutni volumen srca uravnava center za srce, ki je del srčnožilnega centra. Nahaja se ob dihalnem centru v podaljšani hrbtenjači. Center za srce ima spodbujevalni in zaviralni del. Spodbujevalni (eksitacijski) del je s simpatičnimi vlakni povezan s sinusnim vozlom in mišicami prekata. Učinek spodbujevalnega dela centra za srce je, da zvišuje frekvenco utripov in moč mišičnega krčenja. Zaviralni (inhibicijski) del je povezan s srcem s parasimpatičnimi vlakni (živec vagus), preko te povezave pa upočasni frekvenco srca in zmanjšuje moč mišičnega krčenja (povzeto po Lasan, 2002). Ob opisani živčni regulaciji delovanja srca je tu še hormonska regulacija, ki na srce deluje preko kateholaminov v krvi. Hormonski regulatorji imajo prav tako pomembno vlogo, saj v določenih situacijah prevladajo nad živčnimi regulatorji. Hormonski del regulacije deluje hitro in s svojim delovanjem poviša frekvenco in izboljša krčenje srčne mišice.

1.2 MINUTNI VOLUMEN SRCA

Minutni volumen srca je parameter, ki odraža srčno delo. Količina krvi, ki jo srce prečrpa v mirovanju, je enaka pri treniranih in netreniranih posameznikih ter znaša okoli 5 l/min (McArdle, 1996). Med aktivnostjo pretok krvi narašča proporcionalno z obremenitvijo. Največji skok v količini prečrpane krvi se zgodi na prehodu od mirovanja do zmerne aktivnosti, nato naraščanje ni več tako izrazito. Posamezniki, ki se ne ukvarjajo s športno aktivnostjo, dosežejo 20 – 22 l/min pretoka pri maksimalni obremenitvi, kar je približno 4 x več kot v mirovanju. Trenirani vzdržljivostni športniki lahko dosežejo celo 35 – 40 l pretoka krvi skozi srce v eni minuti, kar je kar 8 x več, kot je njihova vrednost v mirovanju. Glede na to, da je maksimalna frekvenca srca tako pri treniranih kot netreniranih zelo podobna, pride do razlike v minutnem volumnu srca zaradi večjega utripnega volumna. McArdle (1996) ugotavlja, da se pri netreniranih posameznikih minutni volumen srca povečuje samo na račun večje frekvence srca, utripni volumen pa ostaja na podobni ravni kot v mirovanju, trenirani pa ob večji frekvenci srca kompenzirajo večjo potrebo po kisiku tudi z višjim utripnim volumnom. Avtorji zelo različno navajajo, kje utripni volumen doseže vrh. McArdle (1996) pravi, da utripni volumen srca doseže vrh pri okoli 50 % maksimalne porabe kisika. McLaren, Nurhayati in Boutcher (1997) so v svoji raziskavi ugotovili, da utripni volumen pri merjencih doseže svoj vrh pri 30 % VO_{2max} , medtem ko Riviera idr. (1989), Wiebe idr (1999) in Proctor idr. (1998) navajajo, da se je utripni volumen srca pri njihovih merjencih povečeval do maksimalne obremenitve.

Maksimalna poraba kisika (VO_{2max}) je že dolgo najbolj uporaben in splošno sprejet parameter za merjenje aerobne učinkovitosti ljudi. Med postopnim naraščanjem obremenitve se količina kisika, ki ga mišice sprejmejo za produkcijo potrebne energije, linearno povečuje, pri visoki obremenitvi pa se količina sprejetega kisika v mišicah ne povečuje več. Najvišjo vrednost imenujemo maksimalna poraba kisika (Škof, 2007). Poznamo absolutno in relativno vrednost porabe kisika, absolutna je celotna količina in se meri v litrih na minuto, relativna pa se meri v mililitrih na kilogram telesne mase na minuto.

Minutni volumen srca narašča linearno glede na porabo kisika. Razmerje je približno 6:1, kar pomeni, da mora srce za vsak porabljen liter kisika prečrpati približno 6 l krvi v eni minuti. Ženske imajo pri isti porabi kisika približno za 5–10 % višji minutni volumen srca, predvsem zaradi manjše koncentracije hemoglobina v krvi.

1.2.1 MERJENJE MINUTNEGA VOLUMNA SRCA

Minutni volumen srca lahko merimo na več načinov. Ločimo invazivne in neinvazivne metode. Težava pri invazivnih metodah je, da so dražje in zamudnejše, so pa tudi nekoliko tvegane za zdravstveno stanje merjencev.

1.2.1.1 INVAZIVNE METODE

Prva razvita metoda za merjenje minutnega volumna srca je bila Fickova metoda (direktna Fickova metoda). Pri tej metodi ugotavljamo na podlagi porabljenega O_2 in razlik v koncentraciji O_2 v arterijski in mešani venski krvi, koliko krvi je srce prečrpalo. Zajemanje vzorcev arterijske in mešane venske krvi je zamudno in včasih tudi tvegano, saj mešano vensko kri lahko dobimo le v desni polovici srca ali v pljučni arteriji. Ti vzorci se vzamejo s katetrom, ki ga vstavimo v žilo. Danes se ta način merjenja ponavadi uporablja za potrditev meritev drugih metod.

Drugi način merjenja je z indikatorsko raztopino, ki se veže na delce v krvi (plazemski proteini ali rdeče krvničke). Nato lahko z odvzemanjem vzorcev in preštevanjem »označenih« delcev ugotovimo pretok krvi na določeno časovno enoto. Iz te metode se je razvila »Thermodilution« (termodilucijska) metoda, ki deluje po istem principu, samo da pri tej metodi kri segrejemo ali ohladimo in nato iz razlike v temperaturi izračunamo pretok krvi.

1.2.1.2 NEINVAZIVNE METODE

Kvalitetne, neinvazivne metode merjenja minutnega volumna srca iščejo, odkar so pričeli z merjenji tega parametra. Neinvazivne metode so bile razvite zaradi lažjega in hitrejšega načina merjenja. Ena izmed njih je ultrazvok srca (ehokardiografija), kjer lahko izmerimo natančno velikost srčnih votlin in zaklopk. Tako lahko s pomočjo Dopplerjeve enačbe izračunamo natančen pretok krvi skozi srce. Minutni volumen srca lahko merimo tudi z magnetno resonanco, vendar bi bila takšna metoda zamudna, draga, meritve pa lahko izvajamo samo v mirovanju. Možna je še ena metoda, in sicer, da bi merili minutni volumen srca preko bioimpedance.

Zelo uporabne so metode merjenja minutnega volumna srca na podlagi vdihanega in izdihanega zraka. Prva izmed njih je bila metoda, kjer lahko primerjamo arterijsko-vensko razliko v koncentraciji CO_2 glede na skupno produkcijo CO_2 . Omejitev pri tej metodi je ta, da

je ne moremo uporabljati pri maksimalnih in submaksimalnih obremenitvah. Iz nje se je razvila metoda s predihavanjem acetilena, kjer so plin acetilen uporabili za označevalec. Zadnja se je razvila metoda, kjer na podlagi arterijsko-venske razlike vsebnosti O_2 izračunamo minutni volumen srca. To je hitra, zanesljiva, natančna in poceni metoda. Po njej smo tudi mi pridobili podatke o minutnem volumnu srca, ki jih bom predstavil v nadaljevanju.

Stringer, Hansen in Wasserman (1997) so v svoji raziskavi dokazali, da je tehnika merjenja (preračunavanja) na podlagi analize vdihanega in izdihanega zraka prav tako zanesljiva kot druge metode. Minutni volumen srca lahko izrazimo po formuli $MVS = UV$ (utripni volumen) \times FSU (frekvenca srčnega utripa), lahko pa tudi po formuli $MVS = \text{poraba } O_2 : \text{arterijsko-vensko razliko vsebnosti } O_2$. Ker nam tehnika omogoča zelo natančno merjenje porabe O_2 in frekvence srčnega utripa med aktivnostjo, bi lahko MVS in UV izračunali, če bi poznali še arterijsko-vensko razliko vsebnosti O_2 . Predpostavljali so, da bi lahko minutni volumen srca izračunali, če se arterijsko-venska razlika vsebnosti O_2 kot funkcija intenzivnosti obremenitve povečuje na predviden način. Da bi potrdili to hipotezo, so merili arterijsko-vensko razliko vsebnosti O_2 med stopnjevano obremenitvijo na cikloergometru, ob tem so merili tudi porabo O_2 . Predvidevali so, da med arterijsko-vensko razliko vsebnosti O_2 in porabo O_2 obstaja linearna povezava. Iz teh parametrov so izračunali minutni volumen srca in vrednosti primerjali s tistimi, ki so jih dobili po direktni Fickovi metodi.

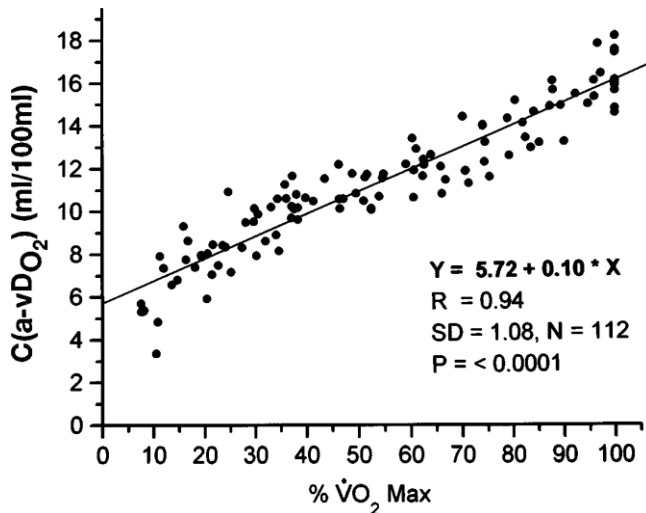
Meritve, potrebne za potrditev svojih hipotez, so opravili na petih zdravih moških na cikloergometru. Za potrebe merjenja pretoka krvi so jim katetra vstavili v pljučno (venska kri) in nadlahtnično arterijo (arterijska kri). Vsak izmed merjencev je opravil dve meritvi do izčrpanosti, tako so pridobili 10 testov, v katerih so primerjali dobljene rezultate.

Merjenci so bili stari 25 ± 6 let, v višino so merili 179 ± 4 cm, tehtali pa so 72 ± 5 kg. Njihova koncentracija Hb v arterijski krvi je bila v mirovanju $154 \pm 2,1$ g/l. Maksimalno delo, ki so ga opravili med testiranjem, je bilo 296 ± 50 W, dosegli pa so $3,77 \pm 0,61$ l/min porabe kisika.

Ugotovili so, da minutni volumen srca naraste do približno 80 % maksimuma pri laktatnem pragu, ki so ga izmerili pri 48 % VO_{2peak} , nato bolj umirjeno narašča do maksimalne intenzivnosti. Utripni volumen srca je pri merjencih dosegel vrh pri laktatnem pragu, pri višji intenzivnosti pa je pričel malce padati.

Med opravljanjem testa so vsako minuto merili tudi arterijsko-vensko razliko vsebnosti O_2 z jemanjem arterijske in mešane venske krvi. Vsebnost O_2 je v arterijski krvi nespremenjena. Nasprotno pa so ugotovili pri vzorcih mešane venske krvi, kjer so ugotovili, da je vsebnost O_2

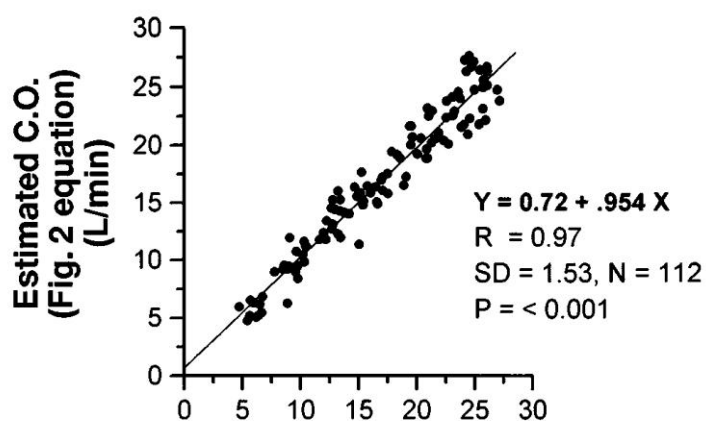
padala od začetka do konca testa. Ko so rezultate združili, so ugotovili, da je arterijsko-venska razlika vsebnosti O₂ enakomerno naraščala skozi celotno obremenitev. Da je naraščanje zares skoraj linearno, lahko vidimo na spodnji sliki (slika 3), kjer so prikazane vrednosti arterijsko-venske razlike vsebnosti O₂ za vsako minuto pri vseh desetih meritvah.



Slika 3: Dinamika arterijsko-venske razlike vsebnosti O₂, v raziskavi Stringer, Hansen in Wasserman (1997)

Arterijsko-venska razlika vsebnosti O₂ je do laktatnega praga narastla za 51 %, nato pa še za 49 % do VO_{2max}.

Pri tej raziskavi je bilo najpomembnejše to, da so avtorji odkrili algoritem, kako lahko določijo teoretično arterijsko-vensko razliko vsebnosti O₂, na podlagi katere nato izračunajo minutni volumen srca. Odkrili so, da je arterijsko-venska razlika vsebnosti O₂ v mirovanju 5,7 ml/100ml krvi. Med obremenitvijo se povečuje za približno 0,10 ml za vsak procent maksimalne porabe O₂. Na sliki 4, so prikazane vrednosti minutnega volumna srca, ki je bil izračunan s porabo kisika in arterijsko-vensko razliko vsebnosti O₂ ter z vrednostjo minutnega volumna, izmerjenega preko direktne Fickove metode. Vidimo lahko, da je povezanost zelo velika (R=0.97). Odklon izračunanih vrednosti glede na direktno izmerjene ni bil v nobeni točki večji od 15 % vrednosti minutnega volumna.



Slika 4: Izračunan MVS in izmerjen MVS po Fickovi metodi pri raziskavi Stringer, Hansen in Wasserman (1997). Na abcisni osi so podatki o minutnem volumnu srca izmerjenim po direktni Fickovi metodi, na ordinatni osi pa vrednosti minutnega volumna srca, izračunane preko porabe kisika (Estimated C.O.).

S temi dokazi avtorji zaključujejo, da je metoda izračunavanja minutnega volumna srca s porabo kisika in arterijsko-vensko razliko vsebnosti O₂ primerljiva z drugimi metodami in da jo lahko brez pomislekov uporabljamo v praksi.

1.3 DOSEDANJE RAZISKAVE

Pri raziskovanju dinamike utripnega volumna srca med aktivnostjo so se izoblikovali štirje tipi odziva utripnega volumna med obremenitvijo:

- plato
- plato s padcem
- plato s sekundarnim porastom
- naraščanje utripnega volumna do maksimalne obremenitve.

V vseh raziskavah je zaslediti, da avtorji razpravljajo samo o možnostih, da se pojavlja plato, ali porast utripnega volumna do maksimalne obremenitve. Ne ponujajo možnosti definicije dinamike naraščanja utripnega volumna srca do vrha, ki mu sledi padec, brez platoja. Rowland (2009) v preglednem članku ugotavlja, kakšen je odziv utripnega volumna treniranih športnikov na obremenitev, definira plato kot padec ali porast vrednosti indeksa utripnega volumna, znotraj 20 % odstopanja od začetne vrednosti utripnega volumna pri pojavu platoja.

Kakšna bo dinamika utripnega volumna srca med obremenitvijo, je odvisno tudi od stopnje treniranosti, starosti in spola.

1.3.1 UTRIPNI VOLUMEN GLEDE NA STOPNJO TRENIRANOSTI

Gledhill in sodelavci (1994) so bili prvi, ki so prepoznali razliko v dinamiki utripnega volumna srca pri treniranih in netreniranih moških. Primerjali so dosežene vrednosti med treniranimi kolesarji in netreniranimi moškimi, ki so jih obremenili na istih srčnih utripih. V skupini treniranih je bilo sedem aktivnih kolesarjev, pri netreniranih pa sedem normalno aktivnih moških. Obremenili so jih na cikloergometru, po 4 minute na srčnih utripih 90, 120, 140, 160, 180 in 190. Merili so volumen krvi, porabo kisika, minutni volumen srca ter čas polnjenja prekatov in čas praznjenja prekatov. Za merjenje minutnega volumna srca in utripnega volumna so uporabili metodo s predihavanjem acetilena. Ugotovili so, da imajo trenirani kolesarji večjo porabo kisika na vseh stopnjah obremenitve, prav tako sta bila večja minutni volumen srca in utripni volumen. Dinamika utripnega volumna srca se pri opazovanih skupinah razlikuje, saj so netrenirani na stopnji, kjer je bila frekvenca srca 120 utripov na minuto (približno 40 % VO_{2max}) dosegli plato utripnega volumna. Pri treniranih kolesarjih tega pojava niso zaznali, njihov utripni volumen je naraščal progresivno do maksimalne

obremenitve. Razlikovale so se tudi same vrednosti minutnega volumna srca in utripnega volumna, saj je bilo pri treniranih zaznati znatno večje vrednosti omenjenih parametrov. Ugotovili so tudi, da imajo trenirani krajšo diastolo in daljšo sistolo. Avtorji zaključujejo, da sta povečan minutni volumen srca in večji utrpni volumen srca pri treniranih posledica večjega venskega priliva krvi, za kar predvidevajo, da je glavni vzrok večji volumen krvi pri treniranih posameznikih.

Do podobne ugotovitve je prišel Zhou s sodelavci (2001), ki je primerjal tri različne skupine merjencev. Na tekoči preprogi so izmerili 5 vrhunsko treniranih tekačev, 10 tekačev univerzitetne tekaške ekipe in 10 netreniranih merjencev. Meritev so pričeli z lahkotno aktivnostjo na 40 % VO_{2max} , nato pa so vsake 3 minute povečevali obremenitev z naklonom tekoče preproge. Za merjenje minutnega volumna srca so uporabili metodo s predihavanjem acetilena. Vrednosti utripnega volumna so preračunali iz dobljenih vrednosti minutnega volumna srca in srčnega utripa. Izmerili so, da dosegajo vrhunski tekači največjo porabo kisika, največji minutni volumen srca in največji utripni volumen. Univerzitetni tekači so imeli v povprečju približno 15 % slabše vrednosti prej omenjenih parametrov, netrenirani tekači pa so imeli prav tako približno 15 % slabše vrednosti parametrov, vendar glede na rezultate univerzitetnih tekačev. Ugotovili so, da so v vseh treh skupinah vrednosti minutnega volumna srca naraščale od začetka do konca testa, vendar so pri skupini vrhunsko treniranih ugotovili največji porast. Pri analizi dinamike utripnega volumna srca so tudi prišli do zanimive ugotovitve, in sicer je bila v prvi fazi testiranja, kjer je obremenitev dosegla približno 40 % VO_{2max} , dinamika pri vseh treh skupinah povsem enaka. Nato je pri netreniranih tekačih utripni volumen dosegel plato s tendenco padanja, pri univerzitetnih tekačih je utripni volumen prav tako dosegel plato s tendenco naraščanja, pri vrhunsko treniranih pa je utripni volumen naraščal do maksimalne obremenitve. Avtorji se v raziskavi navezujejo na podobne zaključke, kot so jih predstavili v raziskavi Gledhilla in sodelavci, sklepajo namreč, da največja razlika pri srčnem delu nastaja zaradi volumna krvi. Zhou in sodelavci pa predvidevajo, da bi lahko pomembno vlogo igralo tudi »športno« (povečano) srce športnikov v vzdržljivostnih športih.

Craford, Petru in Rabinowitz (1985) so proučevali odziv utripnega volumna srca pri treniranih maratoncih in maratonkah ter pri netekmovalnih tekačih. Izmerili so 30 članov tekaškega kluba, od teh je bil 12 maratoncev in maratonk, ki so se še aktivno udeleževali tekmovanj. Drugo skupino merjencev je sestavljalo 18 rekreativnih tekačev in tekačic. Obremenilni test so izvajali na cikloergometru, rezultate so zajemali v mirovanju, na 60 %, 70 % in 85 %

maksimalnega srčnega utripa ter pri maksimalnem utripu. Minutni volumen srca so merili z metodo predihavanja acetilena. Avtorji so ugotovili, da imajo aktivni maratonce večji utripni volumen v mirovanju kot rekreativni tekači. Ugotovili so tudi razliko v dinamiki utripnega volumna, saj je pri skupini rekreativnih tekačev utripni volumen dosegel plato pri 70 % maksimalnega srčnega utripa, pri maratonceh pa je naraščal do maksimalne obremenitve. Craford in sodelavci predpostavljajo, da je to predvsem posledica hipertrofije, elastičnosti in moči krčenja levega ventrikla.

Spina idr. (1992) so izmerili 6 neaktivnih moških in 6 neaktivnih žensk. Izmerili so jih pred in po 12-tedenskem programu vzdržljivostne vadbe. Minutni volumen srca so merili v mirovanju, pri 50 % VO_{2max} in pri 100 % VO_{2max} . Minutni volumen srca so merili z metodo s predihavanjem acetilena. Rezultati 12-tedenskega treninga so bili: VO_{2max} se je povečal za 19 %, minutni volumen srca se je povečal za 12 %, utripni volumen srca pri maksimalni obremenitvi se je povečal za 16 %, maksimalna srčna frekvenca se je zmanjšala za 3 %. Pred treningom je pri merjencih utripni volumen med 50 % VO_{2max} in 100 % VO_{2max} padel za 9 %, po treningu pa je bila ta razlika samo še 2 %.

1.3.2 UTRIPNI VOLUMEN SRCA GLEDE NA STAROST

Več avtorjev je ugotavljalo, kako se kaže vpliv let na dinamiko utripnega volumna srca, prišli so do zelo različnih zaključkov. Rezultati raziskav Riviere idr. (1989) in Wiebe, Gledhilla Jamnika in Fergusona (1999) kažejo na to, da tudi pri starejših merjencih prihaja do naraščanja utripnega volumna srca skozi vse faze aktivnosti. Wiebe in sodelavci so ugotavljali odziv utripnega volumna srca pri maksimalnem stopnjevanem testu na cikloergometru pri vzdržljivostno treniranih ženskah, starih med 20 in 63 let. Merjenke so bile razdeležne v štiri skupine po letih (20–29; 40–45; 49–54 in 58–63). Merili so volumen krvi, VO_{2max} in srčno funkcijo med obremenitvijo. Minutni volumen srca so merili z metodo s predihavanjem acetilena. Ugotovili so, da starejše kot so bile merjenke, nižje vrednosti je bilo zaznati pri maksimalnem srčnem utripu, utripnem volumnu in minutnem volumnu srca. Pri merjenkah niso zaznali platoja utripnega volumna, temveč so potrdili, da utripni volumen srca narašča do maksimalne obremenitve. Avtorji zaključujejo, da je glavna prednost vzdržljivostno treniranih žensk vseh let v tem, da imajo zelo izraženo diastolno funkcijo (polnjenje ventriklov). To naj bi jim omogočalo boljšo srčno funkcijo v primerjavi z neaktivnimi ženskami. Rivera je s sodelavci je prišel do podobnih ugotovitev, ko je primerjal odziv utripnega volumna srca pri

skupini starejših (59 – 81 let) in mlajših (27 – 39 let) treniranih športnikov. Vsi so opravili test na tekoči preprogi, obremenitev pa se je stopnjevala do 85 % VO_{2max} . Minutni volumen srca so merili z metodo s predihavanjem acetilena. Ugotovili so, da je utripni volumen pri vseh mlajših in petih starejših merjencih dosegel plato, pri šestih starejših merjencih pa je naraščal do 85 % VO_{2max} .

Nasprotne ugotovitve, se pravi doseganje platoja utripnega volumna srca in celo padec, ugotavljajo drugi avtorji (McLaren, Nurhayati in Boutcher, 1997; Proctor idr., 1998; Ogawa idr., 1992). Proctor in sodelavci so primerjali 30 mlajših (20–31 let) in starejših (51–72 let) moških in žensk, ki so bili aktivni v vzdržljivostnih športih. Obremenitev so izvajali na cikloergometru, meritve so izvajali na 40 % in 70 % VO_{2peak} ter na 90 % VO_{2peak} . Minutni volumen srca so merili z metodo s predihavanjem acetilena. Vsak merjenec je izvedel več meritev. Iz prve in druge so določili VO_{2peak} , pri naslednjih pa so merili srčno funkcijo na prej omenjenih intenzivnostih. Ugotovili so, da utripni volumen srca pri vseh štirih skupinah narašča od mirovanja do 40 % VO_{2peak} , vendar pri moških narašča hitreje kot pri ženskah. Med 40 in 70 % VO_{2peak} utripni volumen narašča pri moških, ne pa tudi pri ženskah. Pri intenzivnosti obremenitve na 90 % VO_{2peak} je bilo zaznati značilno razlikovanje med različnimi starostnimi skupinami. Pri mlajših moških je utripni volumen še vedno rasel, pri starejših pa je dosegel plato. Mlajše ženske so dosegle plato že pri nižji obremenitvi, pri starejših pa je utripni volumen po 40 % VO_{2peak} padal. Pri starejših skupinah (moški in ženske) je bil trend dinamike utripnega volumna srca, da je med 70 in 90 % VO_{2peak} pričel padati. Ta odziv je očitno vezan na leta merjencev, saj je bilo pri najstarejših zaznati največji padec. Avtorji še poudarjajo, da se rezultati njihove raziskave malce razlikujejo od drugih, saj je njihov vzorec zajemal merjence, ki so za seboj imeli 20 in več let redne vadbe in so bili nekateri za svojo starostno skupino vrhunsko trenirani.

Ogawa idr. (1992) so primerjali 110 zdravih moških in žensk z obremenilnim testom na tekoči preprogi. Razdeljeni so bili v osem skupin, ločili so jih po spolu, starosti in stopnji treniranosti. Minutni volumen srca so merili z metodo s predihavanjem acetilena. Meritve so izvajali v mirovanju, pri 50 % VO_{2max} , 75 % VO_{2max} in pri 100 % VO_{2max} . Ugotovili so, da je utripni volumen srca dosegel najvišje vrednosti pri 50 % VO_{2max} , nato pa so pri intenzivnosti med 50 % VO_{2max} in 100 % VO_{2max} pri vseh skupinah zasledili padec vrednosti utripnega volumna. Pri vseh skupinah, razen pri neaktivnih starejših ženskah, je bil utripni volumen srca večji pri maksimalnem naporu kot v mirovanju. Povprečen vpliv let na maksimalni srčni utrip, utripni volumen in arterijsko-vensko razliko vsebnosti O_2 je bil podoben pri moških in

ženskah. Vpliv se je razlikoval, ko so primerjali skupine treniranih in netreniranih, saj je pri treniranih vpliv dosti manjši. Avtorji ugotavljajo, da je vpliv vadbe na utripni volumen srca pri treniranih moških večji kot pri treniranih ženskah, kar se kaže v povečanem minutnem volumnu srca in večjem VO_{2max} .

McLaren, Nurhayati in Boutcher (1997) so v svoji raziskavi želeli ugotoviti vrednost utripnega volumna med aktivnostjo pri kolesarjih in zdravih neaktivnih moških. Prav tako so želeli ugotoviti tudi odziv utripnega volumna srca in VO_{2max} pri treniranih tekačih in kolesarjih med obremenitvijo na cikloergometru. Izmerili so 10 treniranih kolesarjev, 11 treniranih tekačev in 10 zdravih neaktivnih moških. Vse merjence so izmerili na cikloergometru, začetna obremenitev je bila 20 W (prvi dve minuti), nato pa se je obremenitev dvigala za 1 W vsake 3 sekunde. Vsi testi so bili izvedeni do izčrpanosti. Minutni volumen srca so merili s kardiografsko impendanco. Ugotovili so, da v vseh skupinah utripni volumen srca med obremenitvijo narašča. Pri tekačih se je povečal za 47 %, pri kolesarjih za 41 %, pri skupini neaktivnih pa za 31 %. Največji skok utripnega volumna se je zgodil pri 30 % VO_{2max} . Pri skupini kolesarjev in skupini neaktivnih je na tej stopnji dosegel vrh, medtem ko je pri tekačih vrh dosegel pri 40 % VO_{2max} . Avtorji sklepajo, da je pri treniranih kolesarjih in tekačih vzrok za večji utripni volumen srca v povečanem polnjenju levega ventrikla zaradi povečanega volumna krvi in učinkovitejše mišične črpalke.

Spina idr. (1993) so ugotavljali, kakšen bo odziv starejših moških in žensk na 9–12 mesečno vadbo vzdržljivosti. Merjenci so vadili 4 x tedensko po 45 minut na dan, v območju 70–85 % maksimalnega srčnega utripa. Merjence so obremenili na tekoči preprogi, minutni volumen srca so merili z metodo s predihavanjem acetilena. Ugotovili so, da se je po 9–12 mesečni vadbi VO_{2max} zvišal za 19 % pri moških in za 22 % pri ženskah. Utripni volumen srca je pri moških narastel za 15 % med maksimalno obremenitvijo, pri ženskah pa porasta pri tem parametru ni bilo. Ugotovili so, da je napredek pri ženskah povzročila boljša arterijsko-venska razlika vsebnosti O_2 v krvi. Pri starejših moških so mehanizmi izboljšanja funkcionalnih sposobnosti podobni kot pri mladih.

1.3.3 UTRIPNI VOLUMEN SRCA GLEDE NA SPOL

Ugotovitve v raziskavah o razliki med spoloma so si glede dinamike srčnega utripa med obremenitvijo zelo različne. Sullivan in sodelavci (1991) so ugotavljali vpliv spola na utripni volumen srca. Izvajali so stopnjevanji test do maksimuma na cikloergometru pri skupini zdravih moških (20 – 70 let; N = 34) in skupini žensk (20 – 63 let; N = 27). Pri obeh skupinah je utripni volumen dosegel maksimum pri 50 % VO_{2max} in ostal nespremenjen do maksimalne obremenitve. Pri indeksu utripnega volumna med skupinama ni bilo razlik ne v mirovanju ne med aktivnostjo. Pravzaprav je bil dvig indeksa utripnega volumna med stanjem v mirovanju in obremenitvijo enak. Avtorji so zaključili, da spol ne pogojuje odziva utripnega volumna na obremenitev.

Proctor idr. (1998) so raziskovali vpliv let in spola na odziv srčnožilnega sistema na obremenitev. Odziv utripnega volumna srca so ugotavljali pri dveh skupinah, pri mlajših in starejših treniranih moških in ženskah. Primerjali so jih pri testu na cikloergometru, pri obremenitvah na 40 %, 70 % in 90 % VO_{2max} . Pri mlajših moških je utripni volumen naraščal vse do 90 % VO_{2max} , pri starejših moških in mlajših ženskah pa je dosegel plato pri 40 % VO_{2max} in se ni spreminjal do obremenitve pri 90 % VO_{2max} . Pri starejših ženskah so ugotovili padec utripnega volumna pri višjih obremenitvah.

Spina in sodelavci (1993) so primerjali razliko med spoloma pri raziskavi, kjer so primerjali dva testa pred in po opravljenem vzdržljivostnem treningu, ki je trajal 9–12 mesecev. Primerjali so dve skupini starejših moških in starejših žensk. Ugotovili so, da je tako pred kot po opravljenem treningu utripni volumen pričel padati pri obremenitvah nad 50 % VO_{2max} . Padec je bilo zaznati pri obeh spolih, pri ženskah je bil bolj izrazit.

Glede na predstavljene raziskave lahko povzamemo, da utripni volumen srca z leti pada, maksimalno vrednost pa dosega pri nižjem procentu VO_{2max} . Predstavniki moškega spola imajo višje vrednosti kot ženske, tudi sama dinamika ni povsem enaka.

Problem diplomske naloge je ugotoviti največji utripni volumen pri ljudeh različnega spola, starosti in stopnje treniranosti. Hkrati želimo ugotoviti, kdaj utripni volumen srca doseže svojo maksimalno vrednost glede na maksimalno porabo kisika in maksimalno frekvenco srca. Poleg tega želimo ugotoviti, kakšna je dinamika utripnega volumna srca med stopnjevanim obremenilnim testom pri rekreativnih tekačih.

1.4 CILJI

Ugotoviti, kdaj doseže utripni volumen srca svojo maksimalno vrednost glede na:

- maksimalno porabo O₂
- maksimalni srčni utrip.

Ugotoviti, kakšna je dinamika utripnega volumna srca glede na:

- stopnjo treniranosti
- spol
- starost.

Na osnovi navedenih kriterijev smo poizkušali ugotoviti, ali prihaja do razlik med aktivnimi in neaktivnimi preizkušanci, med mlajšimi in starejšimi preizkušanci ter med moškimi in ženskami.

1.5 HIPOTEZE

Glede na pregledane rezultate v literaturi so hipoteze naslednje:

H 1: Pričakujemo, da utripni volumen srca pri neaktivnih preizkušancih doseže svojo najvišjo vrednost pri nižji stopnji napora kot pri aktivnih preizkušancih.

H 2: Starejši preizkušanci dosežejo maksimalno vrednost utripnega volumna pri nižji intenzivnosti kot mlajši preizkušanci.

H 3: Pri enako treniranih in enako starih moških in ženskah razlike v dinamiki utripnega volumna ni.

2.0 METODE DE LA

2.1 VZOREC MERJENCEV

V vzorec je bilo vključenih 246 merjencev, od tega 100 moških in 147 žensk. Njihova povprečna starost je bila 40,5 let, najmlajša merjenka je bila stara 20 let, najstarejši merjenec pa 63 let.

2.1.1 SKUPINE ZA ANALIZO: VPLIV SPOLA

Moški (N=100) so bili povprečno stari $43,06 \pm 9,03$ let. Visoki so bili $175,5 \pm 8,25$ cm, tehtali so $76,94 \pm 15,42$ kg. Njihov maksimalni srčni utrip je bil $178,41 \pm 8,72$ utripov/min, maksimalna poraba kisika pa $46,55 \pm 7,03$ ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Ženske (N=146) so bile povprečno stare $38,79 \pm 9,71$ let. Visoke so bile $168,47 \pm 7,75$ cm, tehtale pa so $68,19 \pm 10,76$ kg. Njihov maksimalni srčni utrip je bil $178,99 \pm 11,04$ utripov/min, maksimalna poraba kisika pa $39,87 \pm 7,37$ ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Tabela 1: Osnovne značilnosti moških in ženskih merjencev

	N	Starost (leta)	TV (cm)	TM (kg)	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	SU _{max} (utripov/min)
Moški	100	$43,06 \pm 9,03$	$175,5 \pm 8,25$	$76,94 \pm 15,42$	$46,55 \pm 7,03$	$178,41 \pm 8,72$
Ženske	146	$38,79 \pm 9,71$	$168,47 \pm 7,75$	$68,19 \pm 10,76$	$39,87 \pm 7,37$	$178,99 \pm 11,04$

Legenda: N = število merjencev; Starost = starost merjencev; TV = telesna višina; TM = telesna masa; VO_{2max} = maksimalna poraba kisika; SU_{max} = maksimalna srčna frekvenca

2.1.2 SKUPINE ZA ANALIZO: VPLIV STAROSTI

Preizkušance smo razdelili v 2 starostni skupini, ki smo jih primerjali med seboj in ugotavljali vpliv starosti na rezultate meritev. V prvo skupino, ki smo jo poimenovali skupina mlajših, so bili uvrščeni vsi, ki so bili v času meritev stari manj kot 36 let. V drugo skupino smo uvrstili vse preizkušance, ki so bili v času meritev starejši od 44 let. Nekateri osnovni statistični parametri za navedene skupine so naslednji:

Skupina 1 – Do 35 let (skupina mlajših)

V skupini mlajših preizkušancev, starih do 35 let, je bilo 85 preizkušancev in preizkušank. Stari so bili $30,26 \pm 3,81$ let, visoki $170,45 \pm 8,59$ cm, tehtali pa so $69,96 \pm 14,27$ kg. Njihov maksimalni srčni utrip je bil $184,62 \pm 8,93$ utripov/min, maksimalna poraba kisika pa $44,48 \pm 8,37$ ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Skupina 2 – Nad 44 let (skupina starejših)

V skupini starejših preizkušancev, starih nad 44 let, je bilo 83 preizkušancev in preizkušank. Stari so bili $51,58 \pm 4,94$ let, visoki $170,65 \pm 8,65$ cm, tehtali pa so $73,38 \pm 13,04$ kg. Pri obremenilnem testu so dosegli $40,30 \pm 7,73$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ porabe kisika, največji srčni utrip je bil $172,70 \pm 9,53$ utripov/min.

Tabela 2: Osnovne značilnosti mlajših in starejših merjencev

	N	Starost (leta)	TV (cm)	TM (kg)	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Sumax (utripov/min)
Mlajši	85	$30,26 \pm 3,81$	$170,45 \pm 8,59$	$69,96 \pm 14,27$	$44,48 \pm 8,37$	$184,62 \pm 8,93$
Starejši	83	$51,58 \pm 4,94$	$170,65 \pm 8,65$	$73,38 \pm 13,04$	$40,30 \pm 7,73$	$172,70 \pm 9,53$

V osnovnem vzorcu so tudi preizkušanci, stari 35 – 45 let, ki smo jih pri ugotavljanju vpliva starosti izpustili, ker smo želeli izpostaviti samo razliko med mlajšimi in starejšimi, ne pa tudi, kako se parametri spreminjajo skozi leta.

2.1.3 SKUPINE ZA ANALIZO: VPLIV STOPNJE TRENIRANOSTI

Vsi preizkušanci so bili člani rekreativnih tekaških ekip kluba AADS in Poletovih tekaških ekip. Skupine za ugotavljanje stopnje treniranosti smo formirali tako, da smo v prvo skupino uvrstili tekače, ki so že bili aktivni tekači (skupina aktivnih), to pomeni, da so imeli za seboj več let redne telesne aktivnosti. Druga skupina je bila sestavljena iz tekačev začetnikov (skupina neaktivnih), ki zadnjih nekaj let niso bili redno telesno aktivni. Zaradi rekreativne narave treninga, ki so ga izvajali aktivni tekači, bomo v tej diplomski nalogi uporabljali izraz aktivni in neaktivni merjenci namesto trenirani in netrenirani.

V skupini aktivnih preizkušancev je bilo 138 moških in žensk. Stari so bili $39,18 \pm 9,71$ let, visoki $173,62 \pm 8,34$ cm, tehtali pa so $70,59 \pm 12,64$ kg. Pri obremenilnem testu so dosegli $47,28 \pm 6,22$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ porabe kisika, največji srčni utrip pa je bil $180,61 \pm 8,96$ utripov/min.

V skupini neaktivnih preizkušancev je bilo 108 moških in žensk. Stari so bili $42,24 \pm 9,35$. Njihova telesna višina je bila $168,41 \pm 8,21$ cm, telesna masa pa $73,23 \pm 14,52$ kg. Pri obremenilnem testu so dosegli $36,60 \pm 5,47$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ porabe kisika, največji srčni utrip je bil $176,38 \pm 11,08$ utripov/min.

Tabela 3: Osnovne značilnosti aktivnih in neaktivnih merjencev

	N	Starost (leta)	TV (cm)	TM (kg)	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Sumax (utripov/min)
Aktivni	138	$39,18 \pm 9,71$	$173,62 \pm 8,34$	$70,59 \pm 12,64$	$47,28 \pm 6,22$	$180,61 \pm 8,96$
Neaktivni	108	$42,24 \pm 9,35$	$168,41 \pm 8,21$	$73,23 \pm 14,52$	$36,60 \pm 5,47$	$176,38 \pm 11,08$

2.2 OPIS MERSKIH POSTOPKOV IN SPREMENLJIVK

2.2.1 ANTROPOMETRIJSKE MERITVE

V sklopu testiranj smo izvedli naslednje antropometrijske meritve:

- *Telesna masa* (kg) (TM) 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) (TV) 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.

- *Površina telesa* (m^2) (ang. BSA – body surface area) je bila izračunana iz telesne teže in telesne mase po formuli (Dubois in Dubois, 1916):

$$BSA = TV^{0,725} \times TM^{0,425} \times 0,007184$$

2.2.2 OBREMENILNI TEST ZA MERJENJE DIHALNIH IN PRESNOVNIH PARAMETROV

Vsi merjenci so opravili obremenilni test po protokolu Nowatzky. To je stopnjevani test na tekoči preprogi za merjenje maksimalne porabe kisika in oceno aerobne kapacitete posameznika. Test smo izvajali s pomočjo sistema za direktno ergospirometrijo tipa "breath by breath" Cosmed K4b2. Uporabili smo Hans Rudolph masko, telemetrijo, tekočo preprogo Woodway ELG 6, Life Pack ECG monitor, Polar S810. Test smo pričeli z ogrevanjem 3 minute s hitrostjo teka 5 km/h, pri naklon preproge 0 % za neaktivne in s hitrostjo 7 km/h, pri naklonu 0 % za aktivne merjence. Nadaljevali smo s 3 minutnin tekom s hitrostjo 6 km/h za neaktivne in 8 km/h za aktivne merjence pri enakem naklonu tekoče preproge. Po treh minutah smo naklon tekoče preproge dvignili za 2 % in ga nismo več spreminjali. Po pretečeni minuti na tretji stopnji (hitrost 6 ali 8 km/h, naklon 2 %) se je hitrost teka vsaki dve minuti povečevala za 1 km/h. Test smo izvajali brez prekinitve do pojava objektivnih oz. subjektivnih razlogov za prekinitve testa. Po koncu testiranja je sledilo še 5 min hoje pri hitrosti 2 km/h ter 0 % naklonu, med katero smo zasledovali upad porabe kisika, ventilacije in srčne frekvence.

2.2.3 MERJENJE UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA

– *Frekvenca srčnega utripa (utripov/minuto)* (ang. HR – heart rate) se spremlja celotno trajanje testa in 5 minut po končanem testu. 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 vgrajenima elektrodama, ki zaznavata električne spremembe kože. Te so posledica električnih signalov, ki so potrebni za delovanje srca. Oddajnik se pritrdi na prsni koš s pomočjo elastičnega traku. Trak ne ovira merjenca pri dihanju, njegova teža pa je zanemarljiva. Sprejemnik je ura. V njej je mikroprocesor velikosti 8 kilobytov. Ura nam prikazuje in shranjuje različne podatke, mi smo spremljali frekvenco srčnega utripa. Merilec frekvence srčnega utripa meri z

elektrokardiografsko natančnostjo. Po tehničnih specifikacijah je natančnost meritev znotraj enega odstotka oziroma enega srčnega utripa na minuto (Žele, 2003).

– *Minutni volumen srca (l/min)* (ang. CO-cardiac output) se izračuna s formulo:

$$\text{MVS (Minutni volumen srca)} = \text{poraba O}_2 : \text{arterijsko-venska razlika vsebnosti O}_2$$

Minutni volumen srca se izračuna s formulo, ki so jo Stringer, Hansen in Wasserman (1997) določili v svoji raziskavi. Natančna formula za izračunavanje minutnega volumna srca je:

$$\text{MVS (Minutni volumen srca)} = \text{Poraba O}_2 : [5,721 + (0,1047 \times \% \text{VO}_{2\text{max}})]$$

– *Utripni volumen srca (ml/utrip)* (ang. SV – stroke volume) se preračuna iz formule:

$$\text{UV (Utripni volumen)} = \text{MVS (Minutni volumen srca)} : \text{FSU (Frekvenca srčnega utripa)}$$

– *Indeks minutnega volumna srca (l/min)* (ang. CI – cardiac index) se preračuna iz formule:

$$\text{CI (Cardiac index)} = \text{MVS (Minutni volumen srca)} : \text{BSA (Body surface area – površina telesa)}$$

Indeks minutnega volumna srca (Cardiac index) je relativna mera minutnega volumna srca. Po indeksu minutnega volumna lahko primerjamo posameznike z različnimi telesnimi razsežnostimi v učinkovitosti srčnega dela.

– *Indeks utripnega volumna srca (ml/utrip)* (ang. SI – Stroke index) se preračuna iz formule:

$$\text{SI} = \text{UV (utripni volumen)} : \text{BSA (Body surface area – površina telesa)}$$

Indeks utripnega volumna srca (Stroke index) je relativna mera utripnega volumna srca. Po indeksu utripnega volumna lahko primerjamo posameznike z različnimi telesnimi razsežnostimi v učinkovitosti srčnega dela.

2.2.4 DOLOČANJE DINAMIKE UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA

Dinamiko utripnega volumna srca smo določali v skladu s priporočili Rowlanda (2009), ki predvideva, da je pojav platoja utripnega volumna srca možno definirati kot $\pm 20\%$ naraščanje ali padanje vrednosti utripnega volumna srca.

Dinamiko utripnega volumna srca smo opredelili s petimi možnimi tipi:

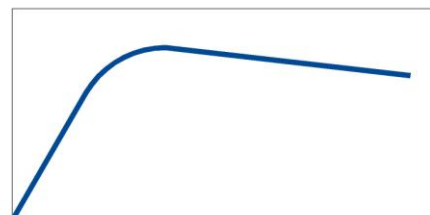
1 – PLATO

Ta tip dinamike smo določili takrat, ko je utripni volumen srca dosegel vrh, nato pa ni več naraščal ali padal izven mej $\pm 20\%$ utripnega volumna srca.



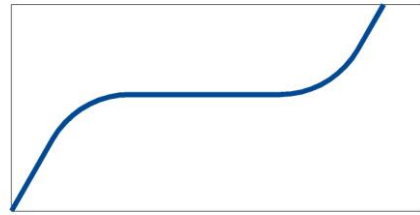
2 – PLATO S PADCEM

Ta tip dinamike smo določili takrat, ko je utripni volumen srca dosegel vrh – maksimum, temu je sledil rahel padec v okviru $\pm 20\%$ vrednosti utripnega volumna.



3 – PLATO S SEKUNDARNIM PORASTOM

Ta tip dinamike smo določili takrat, ko je utripni volumen srca dosegel vrh, nato pa ni več naraščal ali padal izven mej $\pm 20\%$ utripnega volumna srca, temu pa je sledil porast utripnega volumna, ki je v tem drugem delu dosegel višjo vrednost kot pri platoju.



4 – NARAŠČANJE UTRIPNEGA VOLUMNA DO MAKSIMALNE INTENZIVNOSTI

Ta tip dinamike smo določili takrat, ko je utripni volumen srca naraščal do maksimalne intenzivnosti.



Dodali smo še en tip dinamike utripnega volumna srca, kjer utripni volumen doseže maksimum, nato prične takoj močno padati do konca obremenitve. Nikjer v pregledni literaturi nismo mogli zaslediti podobnega opisa, zato smo ustvarili nov tip dinamike, ki smo ga poimenovali maksimum z močnim padcem.

5 – MAKSIMUM Z MOČNIM PADECEM

Ta tip dinamike smo določili takrat, ko je utripni volumen srca dosegel maksimum, nato pa je padel do konca obremenitve, padec je bil večji kot 20% vrednosti utripnega volumna srca.



2.3 STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV

Uporabljen je bil statistični paket SPSS. Izračunani so bili osnovni statistični podatki za vsako spremenljivko. Za ugotavljanje razlik med skupinami je bil uporabljen T-test za neodvisne vzorce.

3.0 REZULTATI IN INTERPRETACIJA

3.1 UTRIPNI VOLUMEN SRCA PRI MOŠKIH IN ŽENSKAH

Najprej prikazujemo podatke za skupino posameznega spola v celoti. Za natančnejšo ugotovitev, kateri dejavniki vplivajo na vrednosti utripnega volumna srca in njegovo dinamiko, smo preiskovance kasneje razdelili v manjše podskupine, kjer so bili izenačeni po starosti in stopnji aktivnosti.

Tabela 4: Primerjava moških in ženskih preizkušank

	Moški	Ženske	P	Legenda:
N	100	146		N = Število merjencev;
starost	43,06 ± 9,03	38,79 ± 9,71	p □ 0,01	Starost = Starost merjencev;
MVS_max	23,89 ± 3,39	15,91 ± 2,53	p □ 0,001	MVS_max = Maksimalni minutni volumen srca;
MVS_I	11,92 ± 1,51	9,28 ± 1,40	p □ 0,001	MVS_I = Indeks minutnega volumna srca;
UV_max	159,78 ± 24,13	102,40 ± 17,40	p □ 0,001	UV_max = Največji utripni volumen;
Uvmax_I	79,73 ± 11,25	59,65 ± 9,24	p □ 0,001	Uvmax_I = Indeks maksimalnega utripnega volumna;
VO_{2max}	46,55 ± 7,03	39,87 ± 7,37	p □ 0,001	VO _{2max} = Maksimalna poraba kisika;
UV_VO_{2max}%	58,10 ± 14,29	59,89 ± 17,60	N.S.	UV_VO _{2max} % = Delež VO _{2max} , pri katerem je bil dosežen maksimalni utripni volumen;
Padec_UV_%	13,56 ± 5,66	10,51 ± 1,77	p □ 0,001	Padec_UV_% = Procentualni padec utripnega volumna od maksimalne vrednosti, do vrednosti pri točki kjer je bil dosežen VO _{2max} ;
FSU_{max}	178,41 ± 8,72	178,99 ± 11,04	N.S.	UV_FSU _{max} % = Delež FSU _{max} , pri katerem je bil dosežen maksimalni utripni volumen;
UV_FSU_{max}%	66,20 ± 10,86	69,24 ± 12,70	N.S.	N.S. = Ni statistično značilnih razlik.

Če primerjamo skupino moških in žensk, lahko ugotovimo, da so bili moški preizkušanci (43,06 ± 9,03 let) nekoliko starejši od ženskih (38,79 ± 9,71 let). Minutni volumen srca je pri moških značilno višji, 23,89 ± 3,39 kot pri ženskah 15,91 ± 2,53 l/min. Pravilneje je, če ta parameter opazujemo glede na površino telesa in tako dobimo relativno vrednost minutnega volumna srca. Tudi po tem parametru se moški in ženske značilno razlikujejo, (p □ 0,001), in sicer 11,92 ± 1,51 proti 9,28 ± 1,40 l/min. Mogoče lahko to, poleg razlike, ki obstaja med spoloma, pripišemo tudi temu, kakšna je bila sestava moških in ženskih vzorcev. Ni zanemarljivo, da je v moškem vzorcu delež neaktivnih komaj 25 %, delež neaktivnih žensk pa kar 57 %, zato lahko prihaja pri teh vrednostih do velikih razlik, tudi zaradi večjega števila

aktivnih moških. Podoben vpliv lahko ugotavljamo pri minutnem volumnu srca in indeksu utripnega volumna srca. Moški imajo pri obeh parametrih značilno večje vrednosti, ($p < 0,001$). Moški imajo značilno večjo porabo kisika ($p < 0,001$), $46,55 \pm 7,03$ proti $39,87 \pm 7,37 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Padec utripnega volumna srca od njegove maksimalne vrednosti do vrednosti pri $\text{VO}_{2\text{max}}$ je pri moških $13,56 \pm 5,66$, pri ženskah pa $10,51 \pm 1,77$. Zanimivo je, da se kljub zelo veliki razliki v indeksu minutnega volumna srca sama dinamika skoraj ne razlikuje. Čeprav moški dosegajo višje vrednosti utripnega volumna, je padec procentualno skoraj enak. Kot zadnje lahko ugotovimo, da moški in ženske svoj maksimalni utripni volumen srca dosegajo pri podobni stopnji napora, ki se statistično ne razlikuje. Moški dosegajo svoj maksimum pri $58,10 \pm 14,29 \% \text{VO}_{2\text{max}}$ ali pri $66,20 \pm 10,86 \% \text{FSU}_{\text{max}}$. Ženske dosegajo svoje največje vrednosti pri $59,89 \pm 17,60\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ali pri $69,24 \pm 12,70\% \text{FSU}_{\text{max}}$.

Iz teh rezultatov lahko zaključimo, da je dinamika utripnega volumna srca pri moških in ženskah enaka, razliko v srčnem delu pa lahko pripišemo razliki med spoloma ter razliki v strukturi moškega in ženskega vzorca pri tej primerjavi.

Število preizkušancev v skupinah je zelo različno, od 32 do 53. V skupini mlajših moških preizkušancev je število neaktivnih samo 4. To skupino smo izločili iz nadaljnje interpretacije, saj menimo, da ni reprezentativna.

Za natančnejšo primerjavo med moškimi in ženskimi skupinami, smo oblikovali homogene skupine, kjer so bili preizkovanci izenačeni po starosti in stopnji aktivnosti.

Tabela 7: Primerjava parametrov utripnega volumna srca, pri moških in ženskih skupinah

	MLAJŠI AKTIVNI			STAREJŠI AKTIVNI			MLAJŠI NEAKTIVI			STAREJŠI NEAKTIVI		
	M	Ž	P	M	Ž	P	M	Ž	P	M	Ž	P
N	20	33		27	10		4	28		13	33	
starost	31,60 ± 2,62	28,67 ± 4,59	p □ 0,01	52,70 ± 5,08	50,10 ± 4,93	N.S.	33,50 ± 1,29	30,71 ± 2,98	p □ 0,01	51,54 ± 5,30	51,12 ± 4,72	N.S.
MVS_max	25,76 ± 2,79	17,51 ± 2,24	p □ 0,001	22,92 ± 3,13	16,24 ± 2,21	p □ 0,001	26,96 ± 3,23	15,53 ± 2,16	p □ 0,001	21,77 ± 3,41	14,50 ± 2,62	p □ 0,001
MVS_I	12,99 ± 1,34	10,36 ± 1,26	p □ 0,001	11,86 ± 1,22	9,69 ± 1,09	p □ 0,001	11,64 ± 0,66	8,87 ± 1,08	p □ 0,001	10,67 ± 1,65	8,30 ± 1,24	p □ 0,001
UV_max	164,60 ± 17,84	107,27 ± 14,10	p □ 0,001	157,59 ± 23,97	110,10 ± 16,18	p □ 0,001	181,00 ± 13,69	94,00 ± 14,24	p □ 0,001	150,31 ± 22,13	103,48 ± 22,35	p □ 0,001
Uvmax_I	83,12 ± 9,78	63,42 ± 7,41	p □ 0,001	81,53 ± 10,03	65,66 ± 8,07	p □ 0,001	78,48 ± 5,82	53,64 ± 6,90	p □ 0,001	73,70 ± 10,93	59,18 ± 11,30	p □ 0,001
VO _{2max}	52,46 ± 5,99	46,87 ± 6,24	p □ 0,01	47,42 ± 4,53	41,83 ± 5,54	p □ 0,01	39,67 ± 4,65	36,64 ± 4,76	N.S.	40,13 ± 5,88	34,07 ± 5,60	p □ 0,01
UV_VO _{2max_%}	58,99 ± 18,62	59,92 ± 21,28	N.S.	55,34 ± 11,91	48,20 ± 14,88	N.S.	66,48 ± 23,27	60,55 ± 17,82	N.S.	57,51 ± 10,62	60,29 ± 12,14	N.S.
Padec_UV_%	12,50 ± 5,78	9,12 ± 6,75	N.S.	14,55 ± 5,22	15,07 ± 5,43	N.S.	13,88 ± 7,27	8,39 ± 5,31	N.S.	13,93 ± 6,29	13,37 ± 6,98	N.S.
FSU _{max}	183,55 ± 8,70	185,12 ± 8,32	N.S.	175,04 ± 8,31	176,60 ± 9,14	N.S.	178,00 ± 10,55	185,75 ± 9,56	N.S.	175,23 ± 9,09	168,61 ± 9,63	p □ 0,05
UV_FSU _{max_%}	67,35 ± 13,79	69,98 ± 15,16	N.S.	64,54 ± 9,97	62,94 ± 13,22	N.S.	69,72 ± 16,71	72,49 ± 12,30	N.S.	66,01 ± 11,09	67,30 ± 9,94	N.S.

Ko med seboj primerjamo skupine mlajših in starejših aktivnih moških in žensk ter starejših neaktivnih moških in žensk, dobimo presenetljivo povsem podobne rezultate. Moški imajo v vseh skupinah značilno večji minutni in utripni volumen srca, ($p < 0,001$). Razlika pri minutnem volumnu srca, izenačenim glede na površino telesa, imajo moški kar 18–22 % večje vrednosti kot ženske. Pri mlajših aktivnih je razlika 20 %, $12,99 \pm 1,34$ proti $10,36 \pm 1,26$ l/min, pri starejših aktivnih 18 %, $11,86 \pm 1,22$ proti $9,69 \pm 1,09$ l/min in pri starejših neaktivnih 22 %, $10,67 \pm 1,65$ proti $8,30 \pm 1,24$ l/min. Razlike so še za nekaj procentov večje pri indeksu utripnega volumna srca, kjer so med 20 in 24 %. Pri mlajših aktivnih je ta razlika 24 %, $83,12 \pm 9,78$ proti $63,42 \pm 7,41$ ml/utrip, pri starejših aktivnih 20 %, $81,53 \pm 10,03$ proti $65,66 \pm 8,07$ ml/utrip, ter pri starejših neaktivnih tudi 20 %, $73,70 \pm 10,93$ proti $59,18 \pm 11,30$ ml/utrip. Do razlik pri minutnem volumnu srca vsekakor prihaja zaradi morfoloških značilnosti, ker so v povprečju moški višji in težji ter imajo zato večje srce, vendar razlike še vedno ostanejo, a so manjše, ko moške in ženske izenačimo glede na površino telesa. Tudi tu se razlika naredi zato, ker imajo ženske v povprečju večji delež maščobne mase in zato posledično manjši delež mišične mase. Takšen vzrok za razliko navaja tudi Ogawa s sodelavci (1992), ki pa je razlike dobil samo pri treniranih preizkušancih. Relativna poraba kisika se v vseh skupinah statistično značilno razlikuje. Moški imajo značilno večjo porabo kisika. Razlika v maksimalni porabi kisika med isto starimi in podobno treniranimi moškimi in ženskami, je 10–15 %.

Če pogledamo drugi del rezultatov, kjer vidimo, kakšna je dinamika utripnega volumna, lahko ugotovimo, da so rezultati med skupinami zelo različni. Skoraj v vseh skupinah dosegajo maksimalni utripni volumen pri približno 60 % procentih maksimalne porabe kisika, razen pri skupini starejših aktivnih, kjer moški dosežejo maksimum pri 55 %, ženske pa pri 48 % maksimalne porabe kisika. Razlika ni statistično značilna.

Sama dinamika utripnega volumna srca je dejansko enaka, saj tako moški kot ženske dosegajo maksimalno vrednost pri podobnem nivoju obremenitve in s to ugotovitvijo lahko potrdimo hipotezo, ki pravi, da med enako treniranimi in enako starimi moškimi in ženskami ni razlike v dinamiki utripnega volumna.

3.2 UTRIPNI VOLUMEN SRCA PRI MLAJŠIH IN STAREJŠIH PREIZKUŠANCIH

Najprej prikazujemo podatke za skupini mlajših in starejih v celoti. Za natančnejšo ugotovitev, kateri dejavniki vplivajo na vrednosti utripnega volumna srca in njegovo dinamiko, smo preiskovance kasneje razdelili v manjše podskupine, kjer so bili izenačeni po spolu in stopnji aktivnosti.

Tabela 5: Primerjava parametrov utripnega volumna pri mlajših in starejših preizkušancih

	Mlajši	Starejši	P
N	85	83	
starost	30,26 ± 3,81	51,58 ± 4,94	p □ 0,001
MVS_max	19,24 ± 4,92	18,59 ± 4,82	N.S.
MVS_I	10,55 ± 1,96	10,00 ± 2,00	N.S.
UV_max	119,86 ± 34,05	129,22 ± 33,53	N.S.
Uvmax_I	65,54 ± 13,77	69,51 ± 14,19	N.S.
VO_{2max}	44,48 ± 8,37	40,30 ± 7,73	p □ 0,001
UV_VO_{2max}_%	60,22 ± 19,36	56,79 ± 12,57	N.S.
Padec_UV_%	9,90 ± 6,26	14,05 ± 6,09	p □ 0,001
FSU_{max}	184,62 ± 8,93	172,70 ± 9,53	p □ 0,001
UV_FSU_{max}_%	69,79 ± 13,90	65,68 ± 10,47	p □ 0,05

Skupini se po osnovnih parametrih srčnega dela ne razlikujeta, starejši in mlajši imajo zelo podoben minutni volumen srca, $19,24 \pm 4,92$ proti $18,59 \pm 4,82$ l/min, in indeks minutnega volumna srca, $10,55 \pm 1,96$ proti $10,00 \pm 2,00$ l/min. Prav tako sta zelo podobna utripni volumen, $119,86 \pm 34,05$ proti $129,22 \pm 33,53$ ml/utrip, in indeks utripnega volumna srca, $65,54 \pm 13,77$ proti $69,51 \pm 14,19$ ml/utrip. Starejši so svoj maksimalni utripni volumen dosegli pri $56,79 \pm 12,57$ % VO_{2max}, mlajši pa nekoliko višje, pri $60,22 \pm 19,36$ % VO_{2max}. Te vrednosti so nekoliko višje od tistih, ki jih je navedel Ogawa s sodelavci (1992), ki je ugotovil, da vrednosti utripnega volumna dosežejo svoj vrh pri 50 % VO_{2max}. Pri mlajših je zaslediti manjši upad vrednosti utripnega volumna srca med maksimalno vrednostjo in vrednostjo, ki jo dosežejo pri VO_{2max}. Pri mlajših je ta razlika $9,90 \pm 6,26$ %, pri starejših pa

14,05 ± 6,09 %. Ta razlika je tudi statistično značilna, ($p \leq 0,001$). Mlajši dosegajo maksimalni utripni volumen pri večji srčni frekvenci in na višji ravni glede na maksimalni srčni utrip. Mlajši preizkušanci so vrh maksimalnega utripnega volumna dosegli pri 69,79 ± 13,90 % FSU_{max}, starejši pa pri 65,68 ± 10,47. Razlika je statistično značilna, ($p \leq 0,05$). Ker imajo mlajši večjo porabo kisika, večji maksimalni srčni utrip in večji minutni volumen srca, je to lahko vzrok za prikazane rezultate. Mlajši naj bi imeli tudi bolj učinkovito srčno delo, kar pa za našo skupino ne drži. Vzrok bomo ugotovili v nadaljnji analizi, ko bomo skupine razdelili na homogene podskupine.

Skupine v nadaljnji analizi smo izenačili po spolu in stopnji treniranosti. Tako lahko ugotavljamo vpliv starosti na parametre utripnega volumna srca.

Število preiskovancev je v skupinah zelo različno, od 17 do 61. V skupini mlajših moških preizkušancev je število neaktivnih samo 4. To skupino smo izločili iz nadaljnje interpretacije, saj menimo, da ni reprezentativna.

V vseh skupinah imajo mlajši preizkušanci nekoliko višje vrednosti minutnega volumna srca in indeksa minutnega volumna srca. Vendar je razlika statistično značilna samo pri aktivnih moških, 25,76 ± 2,79 proti 22,92 ± 3,13 l/min in 12,99 ± 1,34 proti 11,86 ± 1,22 l/min. Ko primerjamo vrednosti največjega utripnega volumna srca, dobimo zelo različne rezultate. Pri moških predstavnikih dosežejo mlajši predstavniki večje vrednosti, a se značilno ne razlikujejo. Pri ženskah je slika dugačna, saj starejše dosegajo večje vrednosti maksimalnega utripnega volumna, pri neaktivnih tekačicah se ta razlika celo značilno razlikuje, ($p \leq 0,05$) 94,00 ± 14,24 in 103,48 ± 22,35 ml/utrip. Ko gledamo relativno vrednost tega parametra, je stvar zelo podobna. Pri aktivnih tekačicah in aktivnih tekačih se vrednosti statistično značilno ne razlikujejo, pri neaktivnih tekačicah pa se, ($p \leq 0,05$) 53,64 ± 6,90 in 59,18 ± 11,30 ml/utrip v prid starejšim tekačicam.

Če med seboj primerjamo, kdaj dosežejo skupine maksimalni utripni volumen srca glede na maksimalno porabo kisika in glede na maksimalno frekvenco srca, lahko ugotovimo, da mlajši sicer dosegajo maksimum na višjem nivoju, vendar se razlike statistično ne razlikujejo. Edina razlika se pojavlja v sami dinamiki utripnega volumna srca, saj lahko ugotovimo, da starejšim predstavnikom skupin utripni volumen med maksimalno vrednostjo in vrednostjo pri VO_{2max} bolj pade. Zanimivo pa je to, da pri moških ni zaznati statistično značilne razlike v tem parametru, pri ženskih skupinah pa je ta razlika v padcu tolikšna, da je statistično

značilna, ($p < 0,05$ in $p < 0,01$). Pri aktivnih je padec utripnega volumna $9,12 \pm 6,75$ in $15,07 \pm 5,43$ %, pri neaktivnih pa $8,39 \pm 5,30$ in $13,37 \pm 6,98$ %.

Za natančnejšo primerjavo med mlajšimi in starejšimi preizkušanci, smo oblikovali homogene skupine, kjer so bili preizkovanci izenačeni po spolu in stopnji aktivnosti.

Tabela 8: Primerjava parametrov utripnega volumna srca, pri mlajših in starejših preizkušancih

	AKTIVNE TEKAČICE			AKTIVNI TEKAČI			NEAKT. TEKAČICE			NEAKT. TEKAČI		
	ML	ST	P	ML	ST	P	ML	ST	P	ML	ST	P
N	33	10		20	27		28	33		4	13	
starost	28,67 ± 4,59	50,10 ± 4,93	$p < 0,001$	31,60 ± 2,62	52,70 ± 5,08	$p < 0,001$	30,71 ± 2,98	51,12 ± 4,72	$p < 0,001$	33,50 ± 1,29	51,54 ± 5,30	$p < 0,001$
MVS_max	17,51 ± 2,24	16,24 ± 2,21	N.S.	25,76 ± 2,79	22,92 ± 3,13	$p < 0,01$	15,53 ± 2,16	14,50 ± 2,62	N.S.	26,96 ± 3,23	21,77 ± 3,41	$p < 0,05$
MVS_I	10,36 ± 1,26	9,69 ± 1,09	N.S.	12,99 ± 1,34	11,86 ± 1,22	$p < 0,01$	8,87 ± 1,08	8,30 ± 1,24	N.S.	11,64 ± 0,66	10,67 ± 1,65	N.S.
UV_max	107,91 ± 14,28	110,10 ± 16,18	N.S.	164,60 ± 17,84	157,59 ± 23,97	N.S.	94,00 ± 14,24	103,48 ± 22,35	$p < 0,05$	181,00 ± 13,69	150,31 ± 22,13	N.S.
Uvmax_I	63,79 ± 7,46	65,66 ± 8,07	N.S.	83,12 ± 9,78	81,53 ± 10,03	N.S.	53,64 ± 6,90	59,18 ± 11,30	$p < 0,05$	78,48 ± 5,82	73,70 ± 10,93	$p < 0,05$
VO _{2max}	46,87 ± 6,24	41,83 ± 5,54	$p < 0,05$	52,46 ± 5,99	47,42 ± 4,53	$p < 0,01$	36,64 ± 4,76	34,07 ± 5,60	N.S.	39,68 ± 4,65	40,13 ± 5,88	N.S.
UV_VO _{2max} %	59,92 ± 21,28	48,20 ± 14,88	N.S.	58,99 ± 18,62	55,34 ± 11,91	N.S.	60,55 ± 17,82	60,29 ± 12,14	N.S.	66,48 ± 23,27	57,51 ± 10,62	N.S.
Padec_UV%	9,12 ± 6,75	15,07 ± 5,43	$p < 0,05$	12,50 ± 5,78	14,55 ± 5,22	N.S.	8,39 ± 5,30	13,37 ± 6,98	$p < 0,01$	13,88 ± 7,27	13,93 ± 6,29	N.S.
FSU _{max}	185,12 ± 8,32	176,60 ± 9,14	$p < 0,01$	183,55 ± 8,70	175,04 ± 8,31	$p < 0,001$	185,75 ± 9,56	168,61 ± 9,63	$p < 0,001$	178,00 ± 10,55	175,23 ± 9,09	N.S.
UV_FSU _{max} %	68,97 ± 15,16	62,94 ± 13,23	N.S.	67,35 ± 13,79	64,55 ± 9,97	N.S.	72,49 ± 12,30	67,30 ± 9,94	N.S.	69,72 ± 16,71	66,01 ± 11,09	N.S.

Hipotezo, v kateri smo predpostavili, da starejši preizkušanci dosežejo maksimalno vrednost utripnega volumna pri nižji intenzivnosti kot mlajši preizkušanci, lahko potrdimo samo delno. Hipotezo lahko za ženski del potrdimo, za moški pa jo moramo ovreči, saj rezultati niso pokazali razlike med mlajšimi in starejšimi moškimi preizkušanci.

Ogawa idr. (1992) so v svoji raziskavi naredili zelo podobno primerjavo, kot je opisana zgoraj. Med drugim so ugotovili tudi, da je pri netreniranih starejših moških poraba kisika kar za 41 % nižja kot pri mlajših. Pri treniranih skupinah je ta razlika samo 25 %. V našem primeru je razlika med različno starimi treniranimi moškimi 10 % v porabi kisika. Pri ženskah ta razlika znaša 11 %. Ogawa idr. (1992) ugotavljajo pri ženskah 32 % razliko. Mogoče je ta razlika v njihovi raziskavi toliko večja, ker je bila razlika med povprečnima starostima preizkušancev v njihovi raziskavi večja kot v naši. Razlika v povprečni starosti je v našem primeru 21 let, v prej omenjeni raziskavi pa 36 let. Verjetno so zato razlike toliko manjše. Jackson idr. (1995) navajajo, da poraba kisika po tridesetem letu starosti vsako leto pada za 1,2 % pri moških in 1,7 % pri ženskah. V našem primeru so izračunane razlike glede na ta podatek dosti manjše, saj kljub razliki 21 let pade poraba kisika le za okoli 10 %.

Ogawa idr. (1992) navajajo, da je pri njihovih merjenjih utripni volumen dosegel maksimum okoli 50 % VO_{2max} , nato pa so pri vseh skupinah zaznali padec utripnega volumna. Kot smo že prej ugotovili, so rezultati v našem primeru zelo podobni, maksimalni utripni volumen so skupine dosegle med 48 in 60 % VO_{2max} .

3.3 UTRIPNI VOLUMEN SRCA PRI AKTIVNIH IN NEAKTIVNIH PREIZKUŠANCIH

Najprej prikazujemo podatke za skupini aktivnih in neaktivnih v celoti. Za natančnejšo ugotovitev, kateri dejavniki vplivajo na vrednosti utripnega volumna srca in njegovo dinamiko, smo preiskovance kasneje razdelili v manjše podskupine, kjer so bili izenačeni po spolu in starosti.

Tabela 6: Primerjava aktivni – neaktivni

	Aktivni	Neaktivni	P
N	138	108	
starost	39,18 ± 9,71	42,24 ± 9,35	p □ 0,05
MVS_max	20,92 ± 4,57	16,90 ± 4,34	p □ 0,001
MVS_I	11,29 ± 1,67	9,16 ± 1,58	p □ 0,001
UV_max	136,43 ± 34,59	112,04 ± 30,11	p □ 0,001
Uvmax_I	73,41 ± 13,42	60,66 ± 11,58	p □ 0,001
VO_{2max}	47,28 ± 6,22	36,60 ± 5,47	p □ 0,001
UV_VO_{2max}_%	58,62 ± 17,81	59,85 ± 14,27	N.S.
Padec_UV_%	12,08 ± 6,26	11,33 ± 6,23	N.S.
FSU_{max}	180,61 ± 8,96	176,38 ± 11,08	p □ 0,001
UV_FSU_{max}_%	67,38 ± 12,99	68,80 ± 10,74	N.S.

Ugotovili smo, da se aktivni preizkušanci statistično značilno razlikujejo od neaktivnih v več parametrih. Aktivni preizkušanci so v povprečju mlajši proti neaktivnim, imajo večji minutni volumen srca, 20,92 ± 4,57 proti 16,90 ± 4,34 l/min (p □ 0,001), in večji indeks minutnega volumna srca, 11,29 ± 1,67 proti 9,16 ± 1,58 l/min. Prav tako imajo večji utripni volumen srca, 136,43 ± 34,59 proti 112,04 ± 30,11 ml/utrip, in večji indeks utripnega volumna srca, 73,41 ± 13,42 proti 60,66 ± 11,58 ml/utrip. Poraba kisika se statistično značilno razlikuje, (p □ 0,001) in je seveda pri aktivnih dosti večja kot pri neaktivnih.

Zanimivo pa je, da so tako aktivni kot neaktivni svoj maksimalni utripni volumen srca dosegli na podobnem nivoju obremenitve, 58,62 ± 17,81 proti 59,85 ± 14,27 % VO_{2max}. Tudi padec

utripnega volumna do nivoja VO_{2max} je bil zelo podoben, $12,08 \pm 6,26$ proti $11,33 \pm 6,23$ %. To pomeni, da se srčno delo pri aktivnih in neaktivnih razlikuje, dinamika pa je ista, saj maksimalni utripni volumen dosežejo na povsem istem nivoju. Na podlagi teh ugotovitev lahko na tej stopnji zavrnilo hipotezo, ki pravi, da utripni volumen srca pri neaktivnih preizkušancih doseže svojo najvišjo vrednost pri nižji stopnji napora kot pri aktivnih preizkušancih.

Za analizo vpliva utripnega volumna glede na stopnjo treniranosti smo preizkušance izenačili po spolu in starosti. Tako smo dobili štiri skupine, znotraj katerih smo nato primerjali aktivne in neaktivne preizkušance.

Število priskovancev v skupinah je zelo različno, od 24 do 61. V skupini mlajših moških preizkušancev je število neaktivnih samo 4. To skupino smo izločili iz nadaljnje interpretacije, saj menimo, da ni reprezentativna.

Različni avtorji (Gledhill, 1994; Zhou, 2001; Craford, 1985) so ugotovili, da imajo boljše trenirane osebe večje vrednosti minutnega volumna srca in utripnega volumna srca kot slabše trenirani. Podobno lahko trdimo tudi mi, saj iz rezultatov razberemo, da imajo aktivni preizkušanci v vseh skupinah večje vrednosti minutnega volumna srca in utripnega volumna srca. Če naredimo primerjavo znotraj skupin z relativnimi vrednostmi parametrov, prav tako vidimo, da imajo aktivni preizkušanci večje vrednosti kot neaktivni. Pri mlajših ženskih predstavnicah je razlika med aktivnimi in neaktivnimi v indeksu minutnega volumna srca statistično značilna, ($p < 0,001$) $10,36 \pm 1,26$ proti $8,87 \pm 1,08$ l/min. Enako je tudi v skupini starejših žensk, ($p < 0,01$), $9,69 \pm 1,09$ proti $8,30 \pm 1,24$ l/min, in starejših moških preizkušancih, ($p < 0,05$), $11,86 \pm 1,22$ proti $10,67 \pm 1,65$ l/min. Podobne rezultate dobimo pri indeksu utripnega volumna srca. Pri mlajših ženskah je razlika med aktivnimi in neaktivnimi $63,42 \pm 7,41$ proti $53,64 \pm 6,90$ ml/utrip in je statistično značilna, ($p < 0,001$). Med starejšimi ženskami imajo aktivne predstavnice skupine tudi večje vrednosti, $65,66 \pm 8,07$ proti $59,18 \pm 11,30$ ml/utrip, vendar razlika statistično ni značilna. Med starejšimi moškimi je prav tako opaziti razliko $81,53 \pm 10,03$ proti $73,70 \pm 10,93$ ml/utrip, ki je statistično značilna, ($p < 0,05$).

Za natančnejšo primerjavo med aktivnimi in neaktivnimi preizkušanci, smo oblikovali homogene skupine, kjer so bili preizkovanci izenačeni po spolu in starosti.

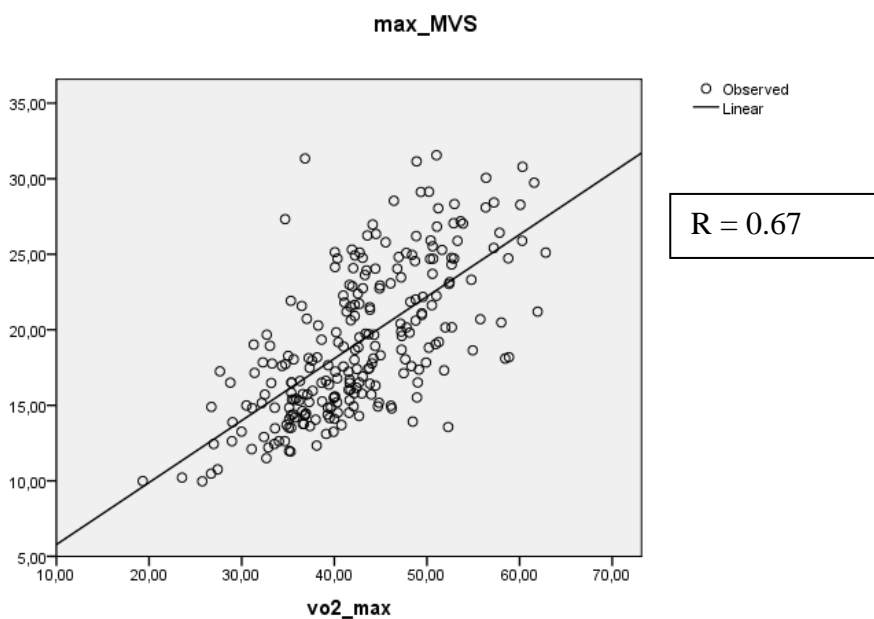
Tabela 9: Primerjava parametrov utripnega volumna srca, pri aktivnih in neaktivnih preizkovancih

	MLAJŠE TEKAČICE			STAREJŠE TEKAČICE			MLAJŠI TEKAČI			STAREJŠI TEKAČI		
	AKT	NEA	P	AKT	NEA	P	AKT	NEA	P	AKT	NEA	P
N	33	28		10	33		20	4		27	13	
starost	28,67 ± 4,59	30,71 ± 2,98	p□ 0,05	50,10 ± 4,93	51,12 ± 4,72	N.S.	31,60 ± 2,62	33,50 ± 1,29	N.S.	52,70 ± 5,08	51,54 ± 5,30	N.S.
MVS_max	17,51 ± 2,24	15,53 ± 2,16	p□ 0,001	16,24 ± 2,21	14,50 ± 2,62	N.S.	25,76 ± 2,79	26,96 ± 3,23	N.S.	22,92 ± 3,13	21,77 ± 3,41	N.S.
MVS_I	10,36 ± 1,26	8,87 ± 1,08	p□ 0,001	9,69 ± 1,09	8,30 ± 1,24	p□ 0,01	12,99 ± 1,34	11,64 ± 0,66	N.S.	11,86 ± 1,22	10,67 ± 1,65	p□ 0,05
UV_max	107,27 ± 14,10	94,00 ± 14,24	p□ 0,001	110,10 ± 16,18	103,48 ± 22,35	N.S.	164,60 ± 17,84	181,00 ± 13,69	N.S.	157,59 ± 23,97	150,31 ± 22,15	N.S.
Uvmax_I	63,42 ± 7,41	53,64 ± 6,90	p□ 0,001	65,66 ± 8,07	59,18 ± 11,30	N.S.	83,12 ± 9,78	78,48 ± 5,81	N.S.	81,53 ± 10,03	73,70 ± 10,93	p□ 0,05
VO_{2max}	46,87 ± 6,24	36,64 ± 4,76	p□ 0,001	41,83 ± 5,54	34,07 ± 5,60	p□ 0,001	52,46 ± 5,99	39,68 ± 4,65	p□ 0,001	47,42 ± 4,53	40,13 ± 5,88	p□ 0,001
UV_VO_{2max}%	59,92 ± 21,28	60,55 ± 17,82	N.S.	48,20 ± 14,88	60,29 ± 12,14	p□ 0,05	58,99 ± 18,62	66,48 ± 23,27	N.S.	55,34 ± 11,91	57,51 ± 10,62	N.S.
Padec_UV%	9,12 ± 6,74	8,39 ± 5,31	N.S.	15,07 ± 5,43	13,37 ± 6,98	N.S.	12,50 ± 5,78	13,88 ± 7,27	N.S.	14,55 ± 5,22	13,93 ± 6,29	N.S.
FSU_{max}	185,12 ± 8,32	185,75 ± 9,56	N.S.	176,60 ± 9,14	168,61 ± 9,63	p□ 0,05	183,55 ± 8,70	178,00 ± 10,55	N.S.	175,04 ± 8,31	175,23 ± 9,09	N.S.
UV_FSU_m%	68,96 ± 15,16	72,49 ± 12,30	N.S.	62,94 ± 13,23	67,30 ± 9,94	N.S.	67,35 ± 13,76	69,72 ± 16,71	N.S.	64,55 ± 9,97	66,01 ± 11,09	N.S.

Poraba kisika se v vseh skupinah značilno razlikuje, (p□ 0,001). Aktivni imajo v povprečju kar za 20 % večjo porabo kisika kot pa neaktivni.

Ko ugotavljamo, pri kakšni intenzivnosti dosežejo preizkušanci svoj maksimalni utripni volumen, imamo dva parametra, v katerih jih lahko primerjamo. Prvi je procent maksimalne porabe kisika (% VO_{2max}), drugi pa procent maksimalne frekvence srca (% FSUmax). Ugotovimo lahko, da skupine dosežejo svoj maksimalni utripni volumen pri približno 60 % VO_{2max} , oziroma 70 % FSUmax. Edina izjema so skupina starejših aktivnih ženskih preizkušank, ki svoj maksimum dosežejo pri 48 % VO_{2max} , oziroma 63 % FSUmax. Razlika proti neaktivnih starejših ženskah je statistično značilna, ($p \leq 0,05$). Tukaj lahko hipotezo, ki pravi, da utripni volumen srca pri neaktivnih preizkušancih doseže svojo največjo vrednost pri nižji stopnji napora kot pri aktivnih preizkušancih, ovržemo oziroma jo lahko potrdimo samo delno. Omenjena hipoteza v našem primeru velja samo za starejše ženske preizkušanke, medtem ko jo moramo za ostale skupine zavrniti.

Težko je predstaviti natančen vzrok tega, zakaj imajo aktivni boljše srčno delo kot neaktivni preizkušanci. Vsekakor je srčno delo vzrok, da aktivni dosežejo večjo porabo kisika in so tako bolj sposobni. To je prikazano na diagramu (slika 5) odvisnosti minutnega volumna srca in maksimalne porabe kisika, kjer so podatki za vseh 246 preizkušancev. Vidimo lahko, da je povezava med omenjenima parametroma dokaj linearna ($R = 0,67$), vsekakor pa lahko sklepamo, da imajo tisti z veliko porabo kisika tudi večji minutni volumen srca in obratno.



Slika 5: Odvisnost minutnega volumna srca in maksimalne porabe kisika.

Eden izmed vzrokov, da imajo neaktivni preizkušanci manjši minutni volumen in manjši utripni volumen, je lahko tudi sestava telesa, saj imajo ponavadi manjši delež mišične mase. Zato imajo lahko zaradi slabše mišične črpalke nekoliko manjši venski priliv, ki je eden izmed pomembnih dejavnikov količine utripnega volumna in minutnega volumna srca. Poleg tega različni avtorji (Gledhill, 1994; Zhou, 2001) kot pomemben dejavnik navajajo tudi volumen krvi, ki je pri aktivnih preizkušancih večji. Prav tako omenjajo, da imata poleg navedenih vzrokov pomembno vlogo tudi iztisna moč levega ventrikla in elastičnost srčne mišice.

Vpliv stopnje treniranosti na delo srca bi bilo najlažje določiti z longitudinalno raziskavo, ki bi dala natančne rezultate pred in po vadbi. Tako bi lahko najbolj natančno ugotovili, kateri parametri so tisti, ki jih s treningom težje spreminjamo. Nekaj raziskav v tej smeri je že bilo narejenih, vendar še nobena ni bila osredotočena zgolj na delo srca. Spina in sodelavci (1993) so testirali 15 starejših moških in 16 starejših žensk, ki so opravljali vadbo 90–120 minut na 70–85 % FSU_{max} po 45 minut 4x tedensko. Ugotovili so, da se je poraba kisika izboljšala za 19 % pri moških in za 22 % pri ženskah. Utripni volumen se je pri moških po treningu povečal za 15 %, pri ženskah pa je ostal na isti ravni kot pred treningom.

Nekaj podobnega je delala tudi ekipa na Fakulteti za šport, ki je raziskovala povezanost stresa in tekaške sposobnosti pri ženskah, starih od 25 do 35 let. Iz še neobjavljenih rezultatov meritev lahko povzamemo naslednje: Training je trajal 2 meseca 4 x tedensko pri 80–90 % FSU_{max}. V tem času se je poraba kisika povečala za 4,5 %, iz $50,07 \pm 6,85$ na $52,43 \pm 6,82$ ml·kg⁻¹·min⁻¹, minutni volumen srca se je povečal za 5,1 %, iz $17,89 \pm 1,83$ na $18,86 \pm 2,12$ l/min, utripni volumen srca se je povečal za 6,7 %, iz $111,29 \pm 13,55$ na $119,29 \pm 13,68$ ml/utrip. Vse razlike so statistično značilne, ($p < 0,001$).

Habjanič (2008) je v svoji diplomski nalogi proučevala vpliv šest mesečne vadbe na aerobne sposobnosti in sestavo telesa. Ugotovila je, da je pri moških minutni volumen srca narastel za 10,1 %, utripni volumen pa za 13,8 %. Pri ženskah je bil napredek nekoliko manjši, pri minutnem volumnu 4,6 % in pri utripnem volumnu 4,7 %. Ugotovila je tudi, da je poraba kisika pri mlajših merjencih narastla za 8,3 %, pri starejših pa za 14,5 %.

Škof in Milić (2010), sta ugotavljala vpliv 6 mesečnega vadbenega programa pri odraslih ženskah starih $48,7 \pm 11,9$ let. Program je potekal 24 tednov, 4 krat tedensko. Ugotovila sta, da so se vsi parametri tekaške vzdržljivosti izboljšali za 10 do 19,7 % ($p < 0,01$). Poraba kisika se je izboljšala za 14,1 %, utripni volumen pa za 11,5 %. Avtorja napredek pripisujeta predvsem temu, da so merjenke imele dokaj nizko izhodiščno telesno pripravljenost.

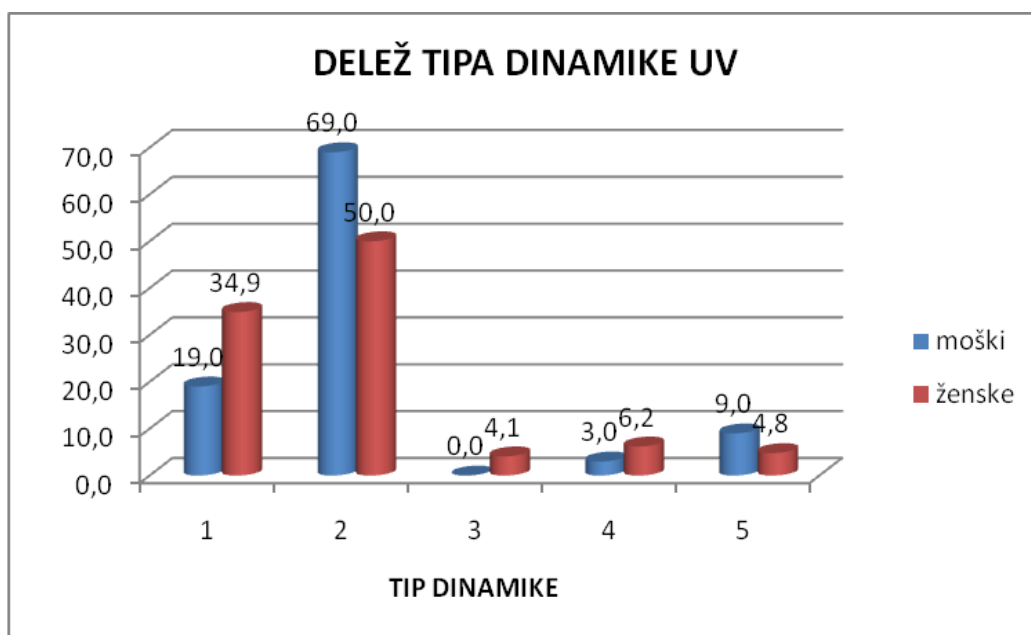
Zmanjšanje telesne teže, izboljšanje sestave telesa in izboljšanje aerobnih sposobnosti, so bili vzrok za omenjeni napredek v sposobnosti.

Iz navedenih primerov lahko sklepamo, da trening vpliva na srčno delo. Posledično lahko sklepamo, da zato prihaja do razlik med treniranimi in netreniranimi osebami (aktivnimi in neaktivnimi), vendar vemo zelo malo o natančnih vzrokih tega pojava. Vsekakor je področje odprto za nadaljnje raziskave, še posebej smiselno bi bilo narediti eksperiment, v katerem bi poskušali ugotoviti, katera oblika vadbe najbolj vpliva na srčno delo merjencev.

3.4 DINAMIKA UTRIPNEGA VOLUMNA SRCA

Zadnji del rezultatov je namenjen predstavitvi frekvenčnega razreza različnih tipov dinamik utripnega volumna srca pri različnih skupinah. Kot smo opisali že v teoretičnem uvodu, poznamo več tipov dinamik utripnega volumna srca. Najbolj razširjeni sta plato (1) in plato s padcem (2). Zelo redko se pojavita dinamika platoja s sekundarnim porastom (3) in dinamika naraščanja utripnega volumna do maksimalne intenzivnosti (4). Dodali smo svoj tip dinamike, ki smo ga poimenovali maksimum z močnim padcem (5).

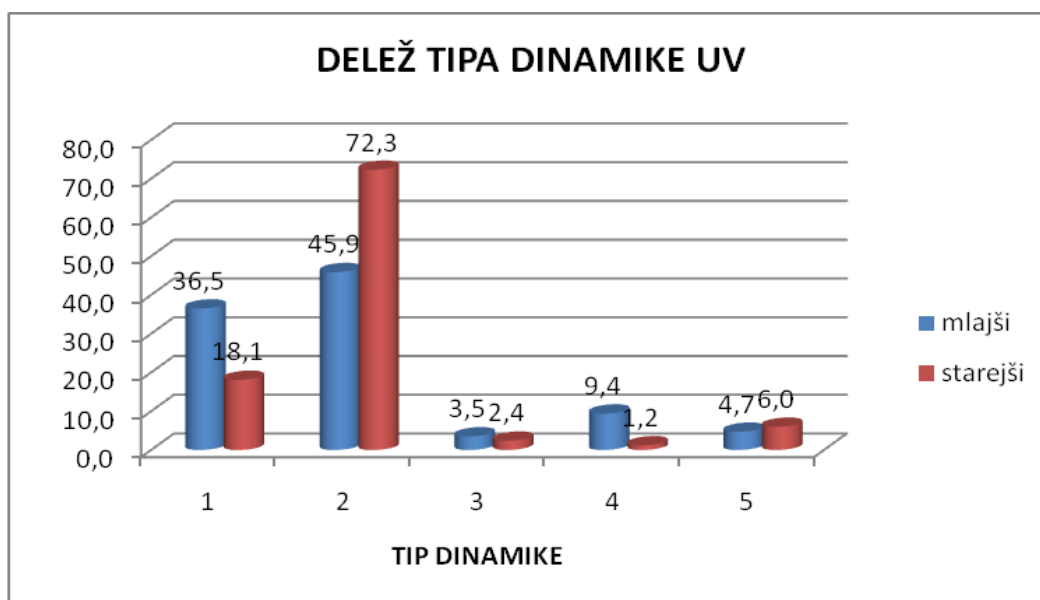
Opazimo lahko, da pri moških kar 88 % vseh preizkušancev doseže plato ali plato s padcem. Samo pri treh je bilo zaslediti tip dinamike, pri katerem utripni volumen srca narašča do maksimuma, pri devetih pa je bilo opaziti nov tip dinamike, ki smo ga opredelili kot maksimum z močnim padcem. Pri ženskem delu je opaziti malenkost večjo razpršenost, vendar je podobno kot pri moških glavnina (85 %) vseh pri tipih dinamike, ki se imenujeta plato in plato s padcem. Pri ženskah imamo celo 6 takšnih, pri katerih smo zasledili dinamiko platoja s sekundarnim porastom. Devet žensk je takšnih, ki jim utripni volumen srca narašča do maksimalne intenzivnosti, sedem, oziroma skoraj 5 % pa je takšnih, pri katerih utripni volumen kmalu doseže maksimum in nato strmo pade.



Legenda: 1 – plato; 2 – plato s padcem; 3 – plato s sekundarnim porastom; 4 – naraščanje UV do maksimuma; 5 – maksimum s strmim padcem

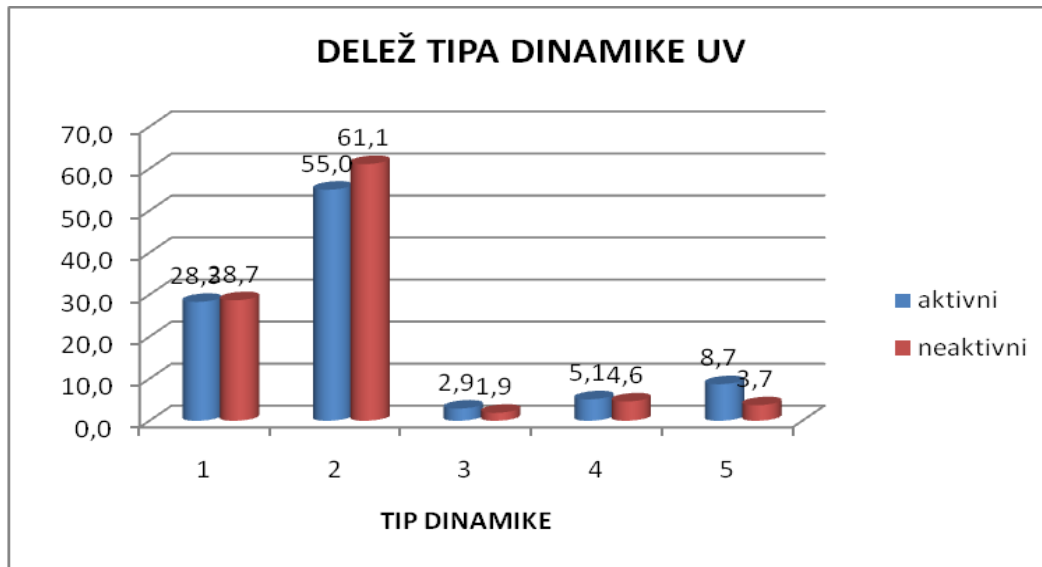
Graf 1: Procentualni razrez dinamik utripnega volumna srca pri moških in ženskah

Ko primerjamo frekvenčno porazdelitev tipov dinamik pri mlajših in starejših preizkušancih, dobimo zelo podobne rezultate kot pri prejšni primerjavi. Glavnina vseh (85–90 %) ima dinamiko utripnega volumna srca tipa 1 ali 2. Nekaj procentov predstavnikov določenih skupin ima tudi drugačne tipe dinamik.



Graf 2: Procentualni razrez dinamik utripnega volumna srca pri mlajših in starejših preizkušancih

Pri primerjavi tipov dinamik med aktivnimi in neaktivnimi preizkušanci je situacija podobna kot pri predhodnjih primerjavah. Največ (83–90 %) je takšnih predstavnikov skupin, ki dosežejo plato in plato s padcem, nekaj posameznikov pa ima drugačne tipe dinamik.



Graf 3: Procentualni razrez dinamik utripnega volumna srca pri aktivnih in neaktivnih preizkušancih

Kot lahko na zgornjih grafih opazimo, je prevladujoč tip dinamike utripnega volumna srca plato s padcem. Največ priskušancev ima ta tip dinamike ne glede na starost, spol in stopnjo treniranosti. Drugi najpogostejši tip je plato. Določanje tega tipa je dokaj težavno, saj utripni volumen srca skoraj nikoli ne stagnira na določeni vrednosti, ampak ima ali tendenco rasti ali tendenco padca. Prva dva tipa pokrivata kar 80–90 % vseh primerov.

Med samo analizo smo ugotovili, da pri nekaterih posameznikih utripni volumen srca narašča do maksimalne obremenitve. Tem smo pripisali četrti tip dinamike. Vsekakor pa je teh primerov premalo (1,2–9,4 % v posameznih skupinah), da bi lahko karkoli posploševali. Zhou idr. (2001) so ugotovili, da pri vrhunskih tekačih ne pride do pojava platoja, ampak njihov utripni volumen narašča do maksimalne intenzivnosti. Pri naših preizkušancih smo ta tip dinamike zasledili v vseh skupinah, tako da ne moremo sklepati, da je to vezano na stopnjo treniranosti, kot to ugotavljajo Zhou in sodelavci.

Najmanj pogost je bil tretji tip dinamike utripnega volumna srca - plato s sekundarnim porastom.

Tip dinamike maksimum s strmim padcem smo določili pri tistih preizkušancih, kjer je utripni volumen po doseženi maksimalni vrednosti padel za več kot 20 % vrednosti. Teh primerov je bilo med 3,7 in 9,0 % v vseh skupinah. Po našem mnenju se omenjeni tip dinamike pojavlja pri osebah, ki dosežejo velike vrednosti utripnega volumna srca. Ponavadi dosežejo maksimalno vrednost pri dokaj nizki obremenitvi, s povečanjem frekvence srčnega utripa pa se začne utripni volumen drastično manjšati.

Največjo pomanjkljivost pri določanju dinamike utripnega volumna srca vidimo v pomanjkanju kriterijev za določitev platoja in kdaj se ta pojavi. Prav zato smo tudi sami določili svoj tip – maksimum s strmim padcem. Verjamemo, da so tudi ostali raziskovalci, ki so dejavni na tem področju, naleteli na podobne primere pri svojih raziskavah, vendar so jih nekako umestili v razpoložljive tipe dinamik. To področje je zagotovo zelo primerno za nadaljnja raziskovanja.

4.0 SKLEP

Minutni volumen srca odraža srčno delo, ki je eden izmed ključnih dejavnikov sposobnosti v vzdržljivostnih športih. Minutni volumen srca je sestavljen iz dveh parametrov, utripnega volumna srca (količina krvi, ki jo srce iztisne ob vsakem utripu) in frekvence srčnega utripa.

V tej nalogi smo se osredotočili na delo srca med obremenitvijo. Namen naloge je bil ugotoviti, kakšna sta minutni volumen srca in utripni volumen srca ter kakšna je dinamika utripnega volumna pri različnih skupinah preizkušancev. Primerjali smo jih glede na starost, spol in stopnjo aktivnosti. Problem diplomske naloge je bil ugotoviti največji utripni volumen pri ljudeh različnega spola, starosti in stopnje treniranosti. Hkrati smo želeli ugotoviti, kdaj utripni volumen srca doseže svojo maksimalno vrednost glede na maksimalno porabo kisika in maksimalno frekvenco srca. Poleg tega smo želeli ugotoviti, kakšna je dinamika utripnega volumna srca med stopnjevanim obremenilnim testom pri rekreativnih tekačih.

V vzorec je bilo vključenih 246 merjencev, od tega 100 moških in 146 žensk. Njihova povprečna starost je bila 40,5 let, najmlajša merjenka je bila stara 20 let, najstarejši merjenec pa 63 let. Vse preizkušance smo primerjali na tri različne načine: glede na spol (skupine smo izenačili po starosti in stopnji aktivnosti), glede na leta (skupine smo izenačili po spolu in stopnji aktivnosti) ter glede na stopnjo aktivnosti (skupine smo izenačili po spolu in starosti). Skupine smo med seboj primerjali v parametrih srčnega dela (minutni volumen srca in utripni volumen srca), ugotavljali pa smo tudi dinamiko utripnega volumna (kje doseže utripni volumen srca maksimum glede na % VO_{2max} in % FSUmax in kolikšen je bil padec utripnega volumna od maksimuma do območja pri VO_{2max}).

Pri določanju dinamike utripnega volumna srca smo določali pet različnih tipov dinamike utripnega volumna: plato, plato s padcem, plato s sekundarnim porastom, naraščanje utripnega volumna do maksimalne intenzivnosti in maksimum z močnim padcem. Zadnji, peti tip dinamike, smo določili mi, saj je v pregledni literaturi zaslediti samo tipe dinamik, ki vključujejo plato in naraščanje utripnega volumna do maksimuma, ni pa bilo možnosti za tiste, ki ne dosežejo platoja.

Najpomembnejše ugotovitve te naloge so naslednje:

- Pri moških in ženskah, je dinamika utripnega volumna srca enaka, hipotezo smo potrdili.
- Med mlajšimi in starejšimi moškimi razlik v dinamiki utripnega volumna ni, nasprotno pa smo ugotovili, da pa v ženskem delu vzorca so. Hipotezo smo za ženski del vzorca potrdili, za moški del pa ovrgli.
- Aktivni merjenci imajo boljše srčno delo, kot neaktivni. Maksimalne vrednosti utripnega volumna merjenci obeh skupin dosežajo pri podobni intenzivnosti, hipotezo smo zavrnili.

Pri primerjavi moških in žensk, je dinamika utripnega volumna srca enaka, razliko v srčnem delu pa lahko pripišemo razliki med spoloma ter razliki v strukturi moškega in ženskega vzorca pri v tej raziskavi. V vseh skupinah dosežajo maksimalni utripni volumen pri približno 60 % procentih maksimalne porabe kisika, razen pri skupini starejših aktivnih, kjer moški dosežejo maksimum pri 55 %, ženske pa pri 48 % maksimalne porabe kisika. Hipotezo, ki pravi, da pri enako treniranih in enako starih moških in ženskah razlike v dinamiki utripnega volumna ni, lahko potrdimo.

Pri primerjavi mlajših in starejših preizkušancev, smo ugotovili, da mlajši dosežajo maksimalni utripni volumen pri večji srčni frekvenci in na višji ravni glede na maksimalni srčni utrip, kot starejši merjenci. V vseh skupinah imajo mlajši preizkušanci nekoliko višje vrednosti minutnega volumna srca in indeksa minutnega volumna srca. Vendar je razlika statistično značilna samo pri aktivnih moških. Pri moških predstavnikih dosežejo mlajši predstavniki večje vrednosti utripnega volumna, a se značilno ne razlikujejo. Pri ženskah je slika dugačna, saj starejše dosežajo večje vrednosti maksimalnega utripnega volumna. Če med seboj primerjamo, kdaj dosežejo skupine maksimalni utripni volumen srca glede na maksimalno porabo kisika in glede na maksimalno frekvenco srca, lahko ugotovimo, da mlajši sicer dosežajo maksimum na višjem nivoju, vendar se razlike statistično ne razlikujejo. Edina razlika se pojavlja v sami dinamiki utripnega volumna srca, saj lahko ugotovimo, da starejšim predstavnikom skupin utripni volumen med maksimalno vrednostjo in vrednostjo pri VO_{2max} bolj pade. Hipotezo, ki pravi, da starejši preizkušanci dosežejo maksimalno vrednost utripnega volumna pri nižji intenzivnosti kot mlajši preizkušanci, smo za ženski del vzorca potrdili, za moški smo jo moramo ovrgli.

Ko smo primerjali skupine aktivnih in neaktivnih preizkušancev, smo ugotovili, da imajo aktivni v vseh skupinah večji minutni volumen srca in večji indeks minutnega volumna srca, prav tako imajo večji utripni volumen srca in večji indeks utripnega volumna srca. Poraba kisika se statistično značilno razlikuje ($p \leq 0,001$) in je seveda pri aktivnih dosti večja, kot pa pri neaktivnih. Zanimivo pa je, da so tako aktivni kot neaktivni svoj maksimalni utripni volumen srca dosegli na podobnem nivoju obremenitve ($60 \% \text{VO}_{2\text{max}}$), razen v skupini aktivnih starejših tekačic, ki so maksimalno vrednost dosegle že pri 48% maksimalne porabe kisika. Če povzamemo, srčno delo se pri aktivnih in neaktivnih razlikuje, dinamika pa je ista, saj maksimalni utripni volumen dosežejo na povsem istem nivoju. Na podlagi teh ugotovitev lahko na tej stopnji zavrnamo hipotezo, ki pravi, da utripni volumen srca pri neaktivnih preizkušancih doseže svojo najvišjo vrednost pri nižji stopnji napora kot pri aktivnih preizkušancih. Starejše aktivne tekačice so izjema, ki bi jo bilo smiselno preveriti v naslednjih raziskavah.

Prevladujoč tip dinamike utripnega volumna srca je plato s padcem. Največ preizkušancev ima ta tip dinamike ne glede na starost, spol in stopnjo treniranosti. Drugi najpogostejši tip je plato. Določanje tega tipa je dokaj težavno, saj utripni volumen srca skoraj nikoli ne stagnira na določeni vrednosti, ampak ima ali tendenco rasti ali tendenco padca. Prva dva tipa pokrivata kar $80\text{--}90 \%$ vseh primerov.

Največjo pomanjkljivost pri določanju dinamike utripnega volumna srca smo opazili v pomanjkanju kriterijev za določitev platoja in kdaj se ta pojavi.

5.0 VIRI

Crawford, M. H., Petru, M. A., Rabinowitz, C. (1985). Effect of isotonic exercise training on left ventricular volume during upright exercise. *Circulation*, 72 (6), 1237 – 1243.

DuBois, D., DuBois, E. F. (1916). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*. 17, 863 – 871.

Đurđević, V. (1981). *Sportsko srce*. Beograd: Sportska knjiga.

Ferguson, S., Gledhill, N., Jamnik, V. K., Wiebe, C., Payne, N. (2001). Cardiac performance in endurance trained and moderately active young women. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 33, 1114 – 1117.

Gledhill, N., Cox, D., Jamnik, R. (1994). Endurance athletes' stroke volume does not plateau: major advantage is diastolic function. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 26 (09), 1116 – 1121.

Habjanič, M. (2008). *Vpliv 6 mesečne tekaške vadbe na aerobne sposobnosti in sestavo telesa rekreativnih tekačev*. Diplomsko delo, Ljubljana: Fakulteta za šport.

Jackson, A. S., Beard, E. F., Wier, L. T., Ross, R. M., Stuteville, J. E., Blair, S. N. (1995). Change in aerobic power of men, ages 25 – 70 yr. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 27(1), 113– 120.

Lasan, M. (2002). *Stalnost je določila spremembo - fiziologija*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

McArdle, W.D. (1996). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. Baltimore: Williams & Wilkins, cop.

McLaren, P. F., Nurhayati, Y., Boutcher S. H. (1997). Stroke volume response to cycle ergometry in trained and untrained older man. *European Journal of Applied Physiology*. 75, 537 – 542.

Mier, C. M., Turner, M. J., Ehsani, A. A., Spina, R. J. (1997). Cardiovascular adaptations to 10 days of cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*. 83, 1900 – 1906.

Nowatzky test. Pridobljeno 12.9.2010 iz http://www.fsp.uni-lj.si/meritve/sportno_diagnosticni_center/laboratorij_za_fiziologijo/2009042312550879/

Ogawa, T., Spina, R. J., Martin III, W. H., Kohrt, W. M., Schechtman, K. B., Holloszy, J. O., Ehsani, A. A. (1992). Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*. 86, 494 – 503.

Proctor, D. N., Beck, K. C., Shen, P. H., Eickhoff, T. J., Halliwill, J. R., Joyner, M. J. (1998). Influence of age and gender on cardiac output VO_2 relationships during submaximal cycle ergometry. *Journal of Applied Physiology*. 84(2), 599 – 605.

Rivera, A. M., Pels III, A. E., Sady, S. P., Sady, M. A., Cullinane, E. M., Thompson, P. D. (1989). Physiological factors associated with the lower maximal oxygen consumption of masters runners. *Journal of Applied Physiology*. 66, 949 – 954.

Spina, R. J., Ogawa, T., Kohrt, W. M., Martin III, W. H., Holloszy, J. O., Ehsani, A. A. (1993). Differences in cardiovascular adaptations to endurance exercise training between older men and women. *Journal of Applied Physiology*. 75(2), 849 – 855.

Spina, R. J., Ogawa, T., Martin III, W. H., Coggan, A. R., Holloszy, J. O., Ehsani, A. A. (1992). Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *Journal of Applied Physiology*. 72, 2458 – 2462.

Srce. Pridobljeno 21.9.2010 iz http://www.geobiologija.net/srce_in_ozilje.htm

Stringer, W. W., Hansen, J. E., Wasserman, K. (1997). Cardiac output estimated noninvasively from oxygen uptake during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 82, 908 – 912.

Škof, B. (2007). Šport po meri otrok in mladostnikov: pedagoško – psihološki in biološki vidiki kondicijske vadbe mladih. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za kineziologijo.

Škof, B., Milić, R. (2010). Vpliv 6-mesečnega vadbenega programa na vzdržljivost in parametre aerobne sposobnosti odraslih žensk. *Zdravstveno varstvo*. 49 (3), 124 – 131.

The Fick principle. Wikipedija The Free Encyclopedia. Pridobljeno 5.9.2010, iz http://en.wikipedia.org/wiki/Cardiac_output#The_Fick_Principle

Ultrazvok srca. Pridobljeno 5.9.2010 iz <http://www.klinika-golnik.si/dejavnost-bolnisnice/opis-bolezni-in-preiskav/39/>

Vella, C. A., Robergs, R. A. (2005). A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects. *British journal of sports medicine*, 39, 190 – 195.

Vincent, J. L. (2008). Understanding cardiac output. *Critical care*. 12, 174

Wiebe, C. G., Gledhill, N., Jamnik, V. K., Ferguson, S. (1999). Exercise cardiac function in young through elderly endurance trained women. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 31, 684 – 691.

Zhou, B., Conlee, R. K., Jensen, R., Fellingham, G. W., George, J. D., Fisher, A. G. (2001). Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 33 (11), 1849 – 1854.

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