

# Određivanje algoritma za izračunavanje maksimalnog primitak kisika kod rukometaša

---

**Marača, Mate**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:246515>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEU ILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(Studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Mate Marušić

**ODREĐIVANJE ALGORITMA ZA IZRAČUNAVANJE MAKSIMALNOG  
PRIMITAKA KISIKA KOD RUKOMETASA**

(diplomski rad)

Mentor:

Dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, lipanj 2016.

# Određivanje algoritma za maksimalni primitak kisika kod rukometaša

## Sažetak

Progresivnim kontinuiranim testom opterećenja na pokretnom sagu analiziran je 81 rukometaš hrvatske rukometne reprezentacije ( Dob:  $25,05 \pm 5,07$  god; Vis:  $189,48 \pm 7,20$  cm; Tež:  $92,55 \pm 10,32$  kg; vmaks:  $17,23 \pm 1,27$  km/h; vmaks:  $12,80 \pm 1,06$  km/h ) sa ciljem da se predlože novi algoritmi za procjenu parametara aerobnog energetskeg kapaciteta ( $VO_{2maks}$ ,  $RVO_{2maks}$ ) temeljem varijabli koje se mogu izmjeriti terenskim mjerenjem bez upotrebe sofisticirane opreme.

Izrađeni algoritmi su ukazali da se svakodnevno dostupnim parametrima, sa većom ili manjom greškom procjene objašnjava 54% ( $R=0,74$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable maksimalnog primitka kisika ( $VO_{2maks}$ ) te 51% ( $R=0,72$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable relativnog maksimalnog primitka kisika ( $RVO_{2maks}$ ). Zatim je taj isti algoritam postavljen za svaku igru po poziciju u rukometnoj igri, 18% ( $R = 0,43$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable  $RVO_{2maks}$  kod krilnih napada a, 43 % ( $R=0,66$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable kod vanjskih napada a i 70% ( $R=0,84$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable  $RVO_{2maks}$  za kružne napada e.

Predloženim algoritmima uspješno su procijenjeni parametri aerobnog energetskeg kapaciteta  $VO_{2maks}$  i  $RVO_{2maks}$  rukometaša, te se mogu koristiti u kontroli treniranosti istih, ali naravno s manjom pouzdanošću u procjene.

**Ključne riječi:** rukomet, progresivni kontinuirani test opterećenja, aerobna izdržljivost, algoritmi za procjenu maksimalnog primitka kisika.

# Estimation of algorithm for maximal oxygen uptake in team handball players

## Summary

By ramp treadmill protocol test, 81 team handball player member of Croatian national handball team has been tested ( Age:  $25,05 \pm 5,07$  year; Height:  $189,48 \pm 7,20$  cm; Weight:  $92,55 \pm 10,92$  kg;  $v_{peak}$ :  $17,23 \pm 1,27$  km/h;  $v_{anp}$ :  $12,80 \pm 1,06$  km/h ) with a goal to suggest new algorithms to evaluate parameters of aerobic energy capacity (  $VO_{2peak}$ ,  $RVO_{2peak}$  ) by variables that can be measured on the field without the usage of sophisticated equipment.

Calculated algorithms indicate that with daily available parameters, with greater or lesser error of estimation can be explained by 54% ( $R = 0.74$ ;  $p < 0.01$ ) variables variance of maximum oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ) and 51% ( $R = 0,72$ ,  $p < 0.01$ ) variables relative variance of maximum oxygen consumption ( $RVO_{2peak}$ ). Then we have that same algorithm set for each gaming position in handball game, 18% ( $R = 0.43$ ;  $p < 0.01$ ) of variables  $RVO_{2peak}$  variance of wing players, 43% ( $R = 0.66$ ;  $p < 0.01$ ) of the variance of back players  $RVO_{2peak}$  and 70% ( $R = 0.84$ ;  $p < 0.01$ ) variables variance  $RVO_{2peak}$  for pivot players.

Estimated algorithms has been successful in estimation of aerobic capacity  $VO_{2peak}$  and  $RVO_{2peak}$  of handball players, and can be used in controlling their training ability, but with lower reliability of estimation.

**Key words:** handball, team handball, progressive constant load test, aerobic endurance, algorithms for estimation of maximal oxygen uptake.

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod .....  | 4  |
| 2 Aerobni kapacitet i njegova obilježja.....   | 6  |
| 2.1. Parametri za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta.....                            | 8  |
| 2.2. Maksimalni primitak kisika .....  | 8  |
| 3. Problem .....   | 11 |
| 4. Pregled dosadašnjih istraživanja .....  | 12 |
| 5. Cilj.....   | 17 |
| 6. Metode rada.....  | 18 |
| 6.1. Uzorak ispitanika.....  | 18 |
| 6.2. Uzorak varijabli .....  | 18 |
| 6.2.1. Kinantropometrijske mjere .....   | 19 |
| 6.2.2. Parametri za procjenu energetskeg kapaciteta.....                                   | 19 |
| 6.2.3. Opis primijenjenog testa za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta .....          | 20 |
| 6.3. Metode obrade podataka.....   | 21 |
| 6.3.1. Metoda procjene anaerobnog praga u progresivnom kontinuiranom terenskom testu ..... | 21 |
| 7. Rezultati i diskusija .....   | 23 |
| 7.1. Deskriptivna analiza rezultata u progresivnom testu opterećenja .....                 | 23 |
| 7.2. Regresijska analiza i prijedlog algoritma.....  | 29 |
| 8. Zaključak.....  | 34 |
| 9. Literatura .....  | 35 |

## 1. UVOD

Svaka sportska aktivnost se razlikuje od ostalih na sebi svojstven na in, ima svoje funkcionalne, motorne, morfološke i psihološke zahtjeve koji ju oblikuju. Jedinstvenim i specifičnim djelovanjem na razvoj motoričkih sposobnosti utječe na individuu kao takvu, stoga je potrebno naglasiti specifičnosti istih na organski sustav ovdje. Zbog iznimnog utjecaja sporta na organski sustav i niza dobiti koje nam donosi, isto tako svaka sportska aktivnost posjeduje unaprijed predodređene kvantitativne i kvalitativne sposobnosti i obilježja koje se nastoje svladati tokom godina kojima se bavimo određenom sportskom aktivnošću i nije pretpostavke nam omogućuju da postanemo vrhunski i iskoristimo sav svoj potencijal i rad usmjeren ka tom cilju.

Rukomet je polistrukturalna kompleksna kineziološka aktivnost (Milanović, 2009) koja svoju kompleksnost izražava na strukturalnom, energetskom i živčanom – mišićnom planu. Rukometaš, pak, u ne rijetko gruboj kontaktnoj igri mora prodirati s loptom, štitirati iz neuravnoteženih pozicija i nakon svega se brzo vratiti u obranu gdje ga čekaju jednako, ponekad čak i zahtjevniji, tehnički i taktički zahtjevi. Sve te nam nepredviđene motorne aktivnosti potrebno je izvoditi tijekom utakmice zadržavajući visok intenzitet izvedbe, uz relativno kratke intervale odmora i bez smanjenja u učinkovitosti. Rukometaši pokrivaju ukupnu udaljenost izmjenjujući i radnje visokog intenziteta (sprint, brza promjena pravca kretanja, skokovi,...) s fazama igre koje karakteriziraju razmjerno niski metabolički zahtjevi zbog niskog intenziteta radnji (prema Garcia, 2001).

U radu je opisan „samo“ jedan segment fizičke komponente rukometaša, a to je maksimalni primitak kisika. Mjera pomoću koje se može dobiti razina aerobnih sposobnosti kod sportaša pa tako i samih rukometaša, stoga se nastoji što zornije prikazati isti. Maksimalni i relativni primitak kisika možemo procijeniti na dva načina, a to su direktnim mjerenjem sa specijaliziranom laboratorijskom opremom, te procjenom prema dostignućima i normativima u primijenjenim indirektnim testovima koja daju okvirnu vrijednost sa određenom pogreškom.

Rukomet prema dominaciji energetskih procesa pripada skupini aerobno-anaerobnih sportova. Zadnjih godina rukomet se kao i svi ostali sportovi rapidno razvija po pitanju brzine izvođenja raznoraznih elemenata, igra i postaju sve brži, jači, tehnički i taktički potkovaniji. Prostor za donošenje krivih procjena je sveden na minimum što iziskuje izuzetnu fizičku i psihološku pripremljenost.

Na rukometnoj utakmici može biti prijavljeno 16 igra a. Od toga ih je 7 na terenu. Rukometna utakmica se sastoji od 2 poluvremena po 30 min s pauzom od 10 min između poluvremena. Veliki ina terena je 40x20 m zbog koje su izdržljivost i brzina veoma bitni faktori rukometne izvrsnosti rukometaša. Olakotna okolnost, ako se ona može tako nazvati su „leteće“ izmjene. Pomoću u njima neke se igra i specijalizira za igranje određenih uloga, npr. samo napad ili samo obrana i isto tako omogućavaju igrama kratak predah i trenutni oporavak od igre. Ono što pak nikako ne ide u prilog igrama je to da vrijeme napada nije vremenski ograničeno kao što je, npr. u srodnom sportu košarci, već se ono bazira na subjektivnoj odluci sudaca da ocijene kvalitetu tog napada, stoga napadna ekipa može napadati od 5 do 50 sek, a nekada čak i dulje. Isto tako protivnik kada se mora braniti isto toliko, vrijeme igre je fizička i psihička komponenta tada naročito dolaze do izražaja.

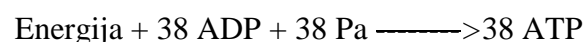
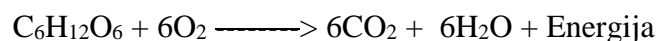
Mjera aerobnog kapaciteta je maksimalni primitak kisika koji nam može puno toga reći o fizičkoj pripremljenosti sportaša i njihovoj izvedbi na terenu. U istraživanjima je dokazano da bolje rezultate u sposobnosti ponavljanja sprintova (engl. *repeated sprint ability*, RSA) imaju oni sportaši koji imaju bolje razvijeni maksimalni primitak kisika, drugim riječima, brzina kretanja sportaša uvelike ne oscilira s obzirom na broj ponavljanja kratkih dionica, što je naročito pogodno jer je sama struktura kretanja u modernom rukometu upravo takva - česti sprintovi s kratkim pauzama (Denadai, Gomide i Greco, 2005). Posebno treba istaknuti dobrobiti koje pruža dobro razvijeni maksimalni primitak kisika u mnogim sportovima, posebno onima s loptom jer su aktivnosti u tim sportovima isprekidane, intervalne i različitog tempa, što znači da je u svakom sportaša određen njegovom sposobnošću da ponavlja visoko intenzivne aktivnosti (Denadai, Gomide i Greco, 2005). Kapacitet za izvođenje visoko intenzivnih zadataka u igri je određen pojedinim faktorima, a to su mišićni glikogen, kreatin-fosfat (CP), laktati i pH vrijednost. Potvrđeno je da aerobni trening pozitivno utječe na količinu mišićnog glikogena, resintezu CP i koncentraciju laktata u krvi (Tomlin, D.L., Wenger, H.A., 2001). Mjerenje maksimalnog pritoka kisika je moguće pomoću laboratorijskog i terenskog testiranja. Laboratorijsko testiranje je puno preciznije, ali i puno skuplja varijanta. Terensko testiranje vrši se pomoću varijabli koje se određenim redoslijedom uvrštavaju u algoritam koji omogućava barem približnu procjenu i mogućnost predviđanja rezultata. Takav način nam pruža dovoljnu količinu informacija da se oblikuje trenažni proces i tako poboljša efikasnost sportaša na terenu uz minimalizaciju troškova i maksimalizaciju kontrole njihova stanja.

## 2. AEROBNI KAPACITET I NJEGOVA OBILJEŽJA

Ovaj sustav podrazumijeva djelomičnu razgradnju ugljikohidrata i masti u mitohondrijima, a zbog potrebe za kisikom, nazivaju ga sustavom aerobne glikolize i sustavom aerobne lipolize.

Dakle, aerobni metabolizam sastoji se od dva procesa. Prvi je metabolizam lipida koji podrazumijeva razgradnju masti, a drugi aerobna glikoliza, koja podrazumijeva razgradnju glikogena (glikogenoliza). Samo iznimno, u ekstremnim situacijama kao što su višednevni fizički napori, izgladnjelost i sl. aerobni metabolizam može uključivati i značajniju razgradnju bjelancevina. Obzirom da metabolizam lipida osigurava mnogo energije važan je izvor energije za dugotrajne aktivnosti (npr. trkačke discipline na duge staze), no zbog činjenice da se lipoliza odvija vrlo sporo, nije posebno značajna za sprinterske discipline niti discipline 800 do 1500 metara u kojima se podrazumijeva maksimalni napor u trajanju od 2–4 minute (Vučetić, V., 2007). U disciplinama srednjih i dugih pruga aerobna glikoliza i potpuna razgradnja glikogena najvažniji je način stvaranja energije. Potrebno je okvirno 60 – 90 sekundi u uvjetima utrke da se dišni i srčani sustav aktiviraju do te mjere da mogu osiguravati dovoljno kisika da bi se energetske zahtjevi pokrivali najvećim dijelom iz aerobnih izvora (Vučetić, V., 2007). Aerobni energetske kapacitet po svojoj je definiciji i suštini mjera energetskega tempa, odnosno intenziteta oslobođenja energije u jedinici vremena.

Aerobni metabolizam, tj. oksidacija ugljikohidrata i masti (iznimno i bjelancevina) odgovoran je za stvaranje energije pri srednje trajnim i dugotrajnim tjelesnim aktivnostima niskog ili srednjeg intenziteta. Pri aerobnom stvaranju energije transportni sustav za kisik osigurava dovoljnu količinu kisika, te u lancu oksidativnih procesa koji čine tzv. Krebsov ciklus i oksidativna fosforilacija unutar mitohondrija od jednog mola glukoze nastaje 38 molova ATP-a (Guyton i Hall, 2003):



Zalihe glikogena u mišićima i jetri dovoljne su za maksimalno 90 minuta intenzivne aerobne aktivnosti, što znači da su zalihe na relaksaciju dovoljne za pokrivanje potreba prosječnog rukometnog treninga. Pri produženim intenzivnim treninzima neophodno je dodavanje ugljikohidrata ukoliko se želi zadržati visoki aerobni intenzitet treninga. Pri aerobnoj razgradnji masti, koja je od



presudnog značaja pri produženim treninzima niskog intenziteta, dolazi do oksidacije masnih kiselina u procesu tzv.  $\beta$ -oksidacije te potom u Krebsovom ciklusu (Guyton i Hall, 2003). Masti mogu osloboditi značajno veću količinu energije od ugljikohidrata, to nije 9 Kcal : 4 Kcal po gramu težine, ali za istu količinu oslobođene energije trebaju značajno više kisika, to nije oko 4 L/mol ATP-a za razliku od ugljikohidrata koji trebaju oko 3.5 L/mol ATP-a (Guyton i Hall, 2003). Masti, dakle, pri istoj potrošnji kisika oslobađaju približno 10% manje energije. Za razliku od ugljikohidrata, zalihe tjelesne masti u ljudskom tijelu gotovo su neograničene. Naime, približno 16 % tjelesne težine kod muškaraca i 24 % tjelesne težine kod žena otpada na zalihe tjelesne masti (Guyton i Hall, 2003). Teoretski, tek pri ranije spomenutim ekstremnim situacijama, tipa višednevni fizički napori bez primjerene nadoknade utrošene energije ili s druge strane intenzivnog višednevnog gladovanja, dolazi do iscrpljenja zaliha tjelesnih masti te razgradnje bjelancevina kao mehanizma oslobađanja energije za fizički rad.

Aerobno oslobađanje energije za mišićni rad sporije je od anaerobnog, ali je znatno ekonomičnije. Isto tako, konačni produkti aerobne razgradnje hranjivih tvari (voda i ugljik dioksid) ne remete značajno pH vrijednost i homeostazu organizma. Treba spomenuti da je određena količina mliječne kiseline u krvi prisutna i u stanju mirovanja i to približno 1 mmol/L, a kao posljedica glikolize u eritrocitima i bubrezima koji stvaraju mliječnu kiselinu i pri prisustvu kisika (Guyton i Hall, 2003). Niže koncentracije mliječne kiseline prisutne su u krvi i pri aktivnostima nižeg do srednjeg intenziteta i to do maksimalno 3-5 mmol/L. Naime, manji dio mišićnih vlakana pri aerobnim aktivnostima radi u anaerobnom režimu i u tim uvjetima stvaraju mliječnu kiselinu koja se razgrađuje i oksidira u drugim mišićnim vlaknima, te prema tome pri aerobnom režimu rada postoji ravnoteža između stvaranja i razgradnje mliječne kiseline (Guyton i Hall, 2003). Parametri koji se najčešće koriste u procjeni aerobnog energetskeg kapaciteta su apsolutni ( $VO_{2max}$ ) i relativni maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}/kg$ ), te anaerobni prag, i to intenzitet (Watt, km/h) i postotak maksimalnog primitka kisika ( $\% VO_{2max}$ ) (Astrand, P.O., Rodahl, T. 1986).

## 2.1. PARAMETRI ZA PROCJENU AEROBNOG ENERGETSKOG KAPACITETA

Općenito, svi parametri za procjenu aerobnog kapaciteta, tj. dugotrajne izdržljivosti su: maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ), a označava količinu kisika koju organizam može potrošiti u vremenu od jedne minute, te anaerobni prag, koji označava maksimalni intenzitet radnog opterećenja pri kojemu su akumulacija mliječne kiseline i njena razgradnja u ravnoteži.

## 2.2. MAKSIMALNI PRIMITAK KISIKA

Maksimalni primitak kisika definira se kao ona razina primitka kisika u minuti pri kojoj daljnje povećanje radnog opterećenja ne dovodi do daljnjeg povećanja primitka kisika.  $VO_{2max}$  se definira i kao maksimalna količina kisika koju organizam može potrošiti u jednoj minuti pri intenzivnoj tjelesnoj aktivnosti.

Maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ) izražava se u apsolutnim (litra kisika u minuti -  $LO_2 \text{ min}^{-1}$ ) ili relativnim vrijednostima (mililitri kisika po kilogramu tjelesne težine u minuti -  $mLO_2 / \text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ ). Maksimalni primitak kisika ovisi o sposobnosti srčanog i dišnog sustava da dopremi atmosferski kisik do mišinih stanica i o sposobnosti radne muskulature da iskoristi kisik u procesu oksidativne razgradnje hranjivih tvari. Vrijednost maksimalnog primitka kisika moguće je izračunati prema formuli:

$$VO_{2max} = MVD_{max} \times \Delta O_2 (I - E)_{max}$$

pri čemu je MVD minutni volumen disanja korigiran faktorom STPD\*, a  $\Delta O_2 (I - E)$  inspiracijsko-ekspiracijska razlika u koncentraciji kisika, ili prema formuli:

$$VO_{2max} = MVS \times \Delta O_2 (A-V)$$

pri čemu je MVS minutni volumen srca, a  $\Delta O_2 (A-V)$  arterijsko-venska razlika u koncentraciji kisika u krvi.

---

\*STPD = engl. Standard, Temperature, Pressure, Dry

Uz maksimalni primitak kisika, koji je dobar pokazatelj aerobne izdržljivosti, drugi važan faktor koji utječe na rezultat jest i ekonomičnost funkcionalnih sustava. Na primjer, ako se uspoređuju dva sportaša s istim  $VO_{2max}$ , trkaš će biti ekonomičniji i brži (Vučetić, 2007.)

### 2.3. AEROBNI I ANAEROBNI PRAG

Uz  $VO_{2max}$ , kao osnovni parametri za procjenu aerobnog kapaciteta koriste se još i aerobni i anaerobni prag. Kao tranzicijske točke, označavaju dva metabolička praga koji odjeljuju tri zone intenziteta tjelesne aktivnosti (Skinner, McLellan, 1980), laganu, umjerenu i tešku i imaju veliki značaj u kliničkoj i sportskoj funkcionalnoj dijagnostici. Prvi, aerobni prag (AeP) odvaja laganu tjelesnu aktivnost pri kojoj (u vremenu od oko 3 minute) primitak kisika postiže stabilnu vrijednost koja odgovara intenzitetu rada, od umjerene tjelesne aktivnosti, pri kojoj dolazi do povećanja koncentracije mliječne kiseline u radnom mišiću i krvi iznad razine u mirovanju. Pri umjerenom opterećenju intenzitet je iznad aerobnog praga, no još uvijek je moguće održati ravnotežu između akumulacije i razgradnje laktata, te postizanje stabilnog stanja primitka kisika ( $VO_2$ ) i stabilne koncentracije mliječne kiseline u krvi. Teška tjelesna aktivnost odvija se iznad drugog, anaerobnog (AnP) metaboličkog praga koji označava maksimalni intenzitet rada pri kojem je moguće održati ravnotežu između akumulacije i razgradnje mliječne kiseline, i iznad kojega potrošnja kisika ne može podmiriti ukupne energetske zahtjeve (Heck, 1985), prevladava anaerobna glikoliza kao izvor energije za mišićni rad te nije moguće postizanje stabilnog stanja  $VO_2$  i stabilne koncentracije mliječne kiseline u krvi.

Dakle, s porastom intenziteta tjelesne aktivnosti dostiže se prag na kojemu dolazi do znatnije aktivacije anaerobne glikolize u radnom mišiću i do porasta koncentracije mliječne kiseline u krvi. Taj prag se javlja pri intenzitetu od oko 40-60%  $VO_{2max}$  i koncentraciji mliječne kiseline u krvi od oko 1,5-2 mmol/L, a naziva se aerobni ili laktatni prag ili prvi ventilacijski prag. Pri većem intenzitetu rada još uvijek je moguće postići stabilno stanje  $VO_2$  i mliječne kiseline u krvi, tj. može se uspostaviti ravnoteža između procesa akumulacije i razgradnje mliječne kiseline, ali samo do intenziteta koji odgovara tzv. maksimalnom laktatnom stabilnom stanju (MLSS) ili anaerobnom pragu ili drugom ventilacijskom pragu (Barstow i sur., 1993). Anaerobni prag se dostiže pri intenzitetu od oko 80-90%  $VO_{2max}$  (u ne-sportaša pri 65 - 70%  $VO_{2max}$ , a u sportaša aerobnih disciplina i do 95%  $VO_{2max}$ , ovisno o trenažnom ciklusu - pripremnom, pred natjecateljskom ili natjecateljskom), uz koncentraciju mliječne kiseline u krvi od oko 3-6 mmol/L (Virus, 1995).

Pri tjelesnoj aktivnosti s opterećenjem iznad anaerobnog praga, nedostatna doprema kisika u radno miši je uzrokuje nagli porast anaerobne glikolize i koncentracije mliječne kiseline u miši ima, a potom i u krvi, uz posljedice ni pad pH i metabolizam u acidozu koja dovodi do hiperventilacije. Ukoliko bi se aktivnost nastavila i do inhibicije glikolize i mišićne kontrakcije te posljedice no, brzog iscrpljenja.

Ventilacijski anaerobni prag izražava se brzinom trčanja (pokretni sag - km/h, tempo po km i sl.), snagom (bicikl ergometar – Watt, kpm/min ili km/h; veslački ergometar - Watt, ili tempo na 500 m), a može se izraziti i kao vrijednost u % dostignute vrijednosti maksimalnog primitka kisika (%  $VO_{2max}$ ) ili kao vrijednost u % maksimalnog dostignutog opterećenja u testu (%  $V_{max}$ , %  $P_{max}$ ).

Anaerobni laktatni prag se najčešće definira intenzitetom aktivnosti pri koncentraciji mliječne kiseline u krvi od 4 mmol/L, mada se u literaturi navode vrijednosti u rasponu od 3 do čak 6,8 mmol/L i stoga je za potrebe kontrole razine treniranosti vrhunskih sportaša potrebno odrediti individualnu vrijednost laktatnog praga. U prosjeku sportaši ovaj intenzitet aktivnosti mogu kontinuirano održavati oko 60 minuta (Virus, 1995).

Organizam male količine mliječne kiseline proizvodi i u mirovanju, te je njena koncentracija u krvi oko 1 mmol/L. Nema značajne razlike u koncentraciji mliječne kiseline u mirovanju između sportaša i nesportaša. Nakon maksimalnih anaerobnih napora u vrhunskih sportaša (u elitnih 400-metraša ili 800-metraša te veslača, judaša i sl.) zabilježene vrijednosti koncentracije mliječne kiseline u krvi i preko 25 mmol/L (Wasserman i sur, 1999).

### 3. PROBLEM

Dijagnostika sportaša sve je rašireniji i primjenjiviji faktor u pokušaju kvantificiranja sportaševih sposobnosti, me utim ve ina opreme koja se koristi u laboratorijima za testiranje sportaša je veoma skupa i teško dostupna kako sportskim timovima tako i pojedincima. Zahtjevi svakog sporta se iz godine u godinu podižu, ali je gotovo nemogu e pratiti taj trend prvenstveno zbog financijskih razloga i tada dolazi do gubitka kontrole treniranosti koja u današnjem sportu predstavlja veliki dio trenažnog procesa jer kako nešto znati ako nismo izmjerili i utvrdili bar dio varijable koju želimo izmjeriti i u daljnjem procesu tu istu pokušati poboljšati.

Stoga je namjera i nadamo se primjena ovog rada pomo u jednostavno mjerljivih i svima dostupnih varijabli koje smo dobili putem testiranja dob (god), tjelesna visina (cm), tjelesna težina (kg), vanp/brzina pri anaerobnom pragu (km/h) i vpeak/maks brzina pri anaerobnom pragu (km/h) uvrstiti ih u naš algoritam pomo u kojeg želimo doznati rezultat varijable koja nas više zanima, a to je maksimalni primitak kisika.

Fiziološki opterećenje na treningu i utakmicama u sportskim igrama određeno je velikim brojem faktora, kao što su pravila i struktura igre, vještine i taktička znanja igrača (McLean, 1992), razina natjecanja, stil igre, pozicija igrača te uvjeti u kojima se igra (Reilly, 1996). Promjenjivi energetske zahtjevi sportskih igara ponajprije se ogledaju u velikom broju različitih struktura kretanja, kao što su stajanje, hodanje, sporo trčanje, umjereno brzo trčanje, brzo trčanje, sprint, skakanje (razne vrste skokova), bacanje (razne vrste), promjene smjera, koje se velikom frekvencijom ponavljaju tijekom utakmice.

Analize kretanja u rukometu pokazala su različite rezultate. Ukupna prijeđena udaljenost rukometaša na terenu dimenzija 40x20 metara (površina 800m<sup>2</sup>) iznosi oko 3470 m (Cuesta, 1988., prema Šibila, Vuleta i Pori, 2004), 5150 m (Martin, 1990, prema Šibila i sur., 2004), odnosno oko 2478m (Al – Lail, 1996, prema Šibila i sur, 2004). Različiti podaci u ukupnim prijeđenim udaljenostima dobiveni su ponajviše zbog razlike u kvaliteti mjerenih uzoraka rukometaša. Također, moramo imati u vidu da navedeni rezultati ukupne prijeđene udaljenosti u rukometu često ne otkrivaju stvarne energetske zahtjeve budući da igru karakteriziraju brojne eksplozivne kretnje s promjenama smjera gibanja (naprijed – natrag, bočno, dijagonalno, u zrak) pri kojima se prelaze vrlo male udaljenosti. Kad još uzmemo u obzir kako se za vrijeme utakmice odvijaju česte izmjene igrača, podaci o ukupnoj prijeđenoj udaljenosti tek daju naslutiti energetske zahtjeve igre.

Tijekom rukometne utakmice za procjenu energetske opterećenja najviše se koriste pokazatelji frekvencije srca (FS) i koncentracija laktata u krvi (LA). Prosječna frekvencija srca tijekom utakmice iznosi 82% od maksimalne frekvencije srca (FS<sub>max</sub>) (Povoas i sur., 2012). Koncentracija mliječne kiseline u krvi pomaže nam u procjeni koji se izvori energije koriste pri određenoj aktivnosti. Pori i sur. (2007) navode raspon koncentracije laktata od 2 do 6 mmol/l.

Kristijan Mitrešić u svom diplomskom radu iznosi algoritme za izračunavanje  $VO_{2max}$  u različitim terenskim testovima. Progresivni kontinuirani terenski test (con) Maksimalni primitak kisika u testu procijenjen je preko maksimalne brzine postignute u testu. Brzina u testu je direktno povezana sa  $VO_{2max}$  prema jednadžbi:  $vVO_{2max} = VO_{2max}/Cr$  (Billa i sur., 1994., prema Billa i Lopez 2006) gdje je brzina pri maksimalnom primitku kisika ( $vVO_{2max}$ ) izražena u  $m \cdot min^{-1}$ , a

maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ) je izražen u  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , Cr je bruto utrošak energije tr anja izražen  $ml \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ . Prosje ni Cr je  $0,210 ml O_2 kg^{-1} \cdot m^{-1}$ .

To zna i svaki puta kada se brzina podigne za  $1 km \cdot h^{-1}$  (odnosno,  $16,6 m \cdot min^{-1}$ ) dodatni Cr je  $0,210 ml O_2 kg^{-1} \cdot m^{-1} \times 16,6 m \cdot min^{-1} = 3,5 ml O_2 kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Dakle,  $vVO_{2max} = VO_{2max}/Cr$  ili  $vVO_{2max}(km \cdot h^{-1}) = VO_{2max}/3,5$  Stoga, kada je poznat  $vVO_{2max}$  parametar,  $VO_{2max}$  može biti procijenjen upotrebom prosje nog Cr. Ako je  $vVO_{2max} = 14 km \cdot h^{-1}$ , onda je  $VO_{2max} = 3,5 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} \times 14 km \cdot h^{-1} = 49 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ .

Beep test maksimalni relativni primitak kisika u testu dobiven je uvrštavanjem vrijednosti ispitanika postignutih u testu u jednadžbu (Ahmaidi i sur., 1992)  $VO_{2max} = 31,025 + (3,238 \times brzina) - (3,248 \times starost) + (0,1536 \times starost \times brzina)$ . Brzinom se smatra vrijednost brzine postignute u posljednjih 30 sekundi testa, staroš u se smatra broj godina izraženim u decimalnim brojevima (npr. 13,4 godina). Ukoliko je ispitanik starosti 13,4 godina i brzina tr anja u posljednjih 30 sekundi testa iznosila je 12 km/h, tada maksimalni primitak kisika iznosi:  $VO_{2max} = 31,025 + (3,238 \times 12) - (3,248 \times 13,4) + (0,1536 \times 13,4 \times 12) VO_{2max} = 51,1 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

Test 3200 m. Maksimalni primitak kisika izra unat je uvrštavanjem postignutog rezultata na testu u jednadžbu:  $VO_{2max} = 99,7 - (3,35 \times vrijeme)$  (Sullivan, 1992). Postignuto vrijeme u testu treba izraziti u minutama, npr. ako je postignuto vrijeme ispitanika 13 min i 50 s, rezultat izražen u sekundama podijeli se sa 60 (brojem sekundi u jednoj minuti).  $Vrijeme = (13 \times 60) + 50 / 60$ , vrijeme = 13,83. Vrijeme potom uvrstimo u jednadžbu i izra unamo maksimalni primitak kisika  $VO_{2max} = 99,7 - (3,35 \times 13,83) VO_{2max} = 53,4 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

Hoff-test Relativni maksimalni primitak kisika izra unat je prema jednadžbi:  $VO_{2max} = (0,069 \times x) + 55,24$  x = prije ena udaljenost u metrima, npr. ako je ispitanik mase tijela 61 kg u testu pretr ao 1693 metara, onda je:  $VO_{2max} = (0,069 \times 1693) + 55,24 VO_{2max} = 172,0 ml \cdot kg^{-0,75} \cdot min^{-1}$ . Kako bi mjernu jedinicu pretvorili u  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  potrebno je dobiveni maksimalni primitak kisika uvrstiti u formulu:  $VO_{2max} = VO_{2max-0,75} \times masa tijela^{-0,75} / masa tijela VO_{2max} = 172,0 \times 61^{-0,75} / 61 VO_{2max} = 61,5 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

U istraživanju Šentije i sur., (1997.) na uzorku od 20 lanova muške rukometne reprezentacije, prosje ne starosne dobi od 24 godine, mjerene su na pokretnom sagu funkcionalne karakteristike vrhunskih hrvatskih rukometaša. Dobiveno je da apsolutni maksimalni primitak kisika, kao i relativni zna ajno nadmašuju vrijednosti prosje ne populacije, a nalaze se u okviru

prosje njih vrijednosti registriranih kod košarkaša ili odbojkaša, dok su nešto niže kod vrhunskih nogometaša. Prema poziciji u igri najviše vrijednosti relativnog maksimalnog primitka kisika zabilježene su kod krilnih igrača a i iznose 57.5 ml/kg/min, dok je najniži relativni maksimalni primitak kisika od 49.4 ml/kg/min zabilježen kod pivota.

Prema Juki i sur. (2009.) frekvencija kretanja i pokreta tijekom utakmice najviše ovisi o veličini igrališta, broju igrača u ekipi, vremenu igre te ekstremitetima koji se koriste za vođenje lopte. Sporiš i sur. (2010), navode kako rukometaš tijekom utakmice provede 7% u sprintu, brzo trčanje 25%, sporo trčanje 31%, šetanje 37%. Frekvencija različitih kretnji razlikuje se i između igrača na različitim pozicijama.

Informacije o intenzitetu igre mogu dati uvid u odnose visoko i nisko intenzivnih aktivnosti igrača tijekom utakmica. Podaci analize rukometne utakmice (Bon, 2001, prema Šibila i sur., 2004) sugeriraju da je omjer visoko i nisko intenzivne aktivnosti rukometaša oko 1:3 do 1:5. Definiranjem intervala odmora uz aktivnosti niskog i visokog intenziteta moguće je još kvalitetnije i to nije suditi o fiziološkim procesima te prije svega, o energetske zahtjevima pojedinog sporta. Podaci koji opisuju rukometnu igru sugeriraju da su intervali odmora te nisko i visoko intenzivne aktivnosti otprilike podjednaki.

Koutlianos i sur. (2013) navode kako je cilj istraživanja bila neizravna procjena  $VO_{2max}$  pomoću ACSM jednadžbe za Bruce-ov protokol za sportaše iz različitih sportova i usporedba sa izravnim mjerenjem, kao drugo da se razvije regresijski model procjene  $VO_{2max}$  za sportaše. U istraživanju je sudjelovalo 55 sportaša na nacionalnoj i internacionalnoj razini (prosječna dob  $28,3 \pm 5,6$  godina) koji su provodili stupnjeviti test opterećenja sa izravnim mjerenjem  $VO_{2max}$  kroz spiroergometrijski sustav. Korištene su 3 jednadžbe za izračun neizravnog  $VO_{2max}$ :  
a)  $VO_{2max} = (0.2 \times \text{brzina}) + (0.9 \times \text{brzina} \times \text{nagib}) + 3.5$  (ACMS jednadžba),  
b) regresijska analiza koristeći i model "Enter" metoda,  
c) stepenasta metoda bazirana na izmjerenim podacima za  $VO_{2max}$ . Godine, BMI, brzina, nagib i vrijeme trajanja tjele vježbe su korištene kao nezavisne varijable. Rezultati su pokazali da je regresijska analiza pomoću „Enter“ metode dala jednadžbu ( $R = 0,64$  standardna pogreška procjene

(SEE) = 6,11):  $VO_{2max} \text{ (ml} \times \text{kg} \times \text{min)} = 58,443 - (0.215 \times \text{age}) - (0.632 \times \text{BMI}) - (68,639 \times \text{stupnja}) + (\text{ml} \times \text{kg} \times \text{min}) = 33,971 - (0.291 \times \text{godine}) + (1.481 \times \text{vrijeme})$ . Izračunate vrijednosti



$VO_{2max}$  se nisu bitno razlikovale od izmjerenog  $VO_{2max}$  koji je dobiven pomoću u regresijskog modela ( $p>0,05$ ). Naprotiv,  $VO_{2max}$  izrađunat iz ASCM jednađbe je bio znatno viši od izmjerenog za 24,6% ( $p<0,05$ ). Zaključak je da ACSM jednađba nije sposobna predvidjeti  $VO_{2max}$ , dok regresijski modeli umjereno procjenjuju izmjereni  $VO_{2max}$  sa predviđenim.

Ž. Herceg u svom diplomskom radu provodi Istraživanje na uzorku od 30 rukometaša, članova 1. Hrvatske rukometne lige. Svi ispitanici proveli su kontinuirani progresivni test opterećenja na pokretnom sagu sa konstantnim nagibom od 1.5% i sa ubrzanjem pokretne trake od 0.5 km/h svakih 30 sekundi.

Anaerobni prag procijenjen je *V-slope* metodom (pratećim trendu u odnosu volumena izdahnutog ugljikovog dioksida i primitka kisika), te metodom po Conconiju (pratećim odnosu frekvencije srca i brzine trčanja). Prosječna brzina trčanja pri anaerobnom pragu nije se znatno razlikovala ( $VVT = 12.50 \pm 0.9$  km/h) od brzine trčanja pri točkoj defleksije frekvencije srca ( $VDP = 12.73 \pm 1.0$  km/h,  $p>0.05$ ), kao ni frekvencija srca pri anaerobnom pragu ( $FSVT = 169.5 \pm 7.7$  o/min) od frekvencije srca pri točkoj defleksije ( $FSDP = 171.2 \pm 7.67$  o/min,  $p>0.05$ ). Utvrđena je visoka korelacija, odnosno povezanost između brzine trčanja pri anaerobnom pragu i pri točkoj defleksije ( $r= 0.82$ ), kao i između frekvencije srca pri anaerobnom pragu i pri točkoj defleksije ( $r= 0.89$ ). S obzirom na rezultate istraživanja, visoku povezanost i visoku povezanost anaerobnog praga određeno standardnom metodom i anaerobnog praga određeno točkom defleksije frekvencije srca, možemo zaključiti da je metoda po Conconiju za procjenu anaerobnog praga prikladna za procjenu aerobnih kapaciteta rukometaša.

Prof. Dr. L. Milanović u svojoj doktorskoj disertaciji Analizira razliku u varijablama za procjenu aerobnih kapaciteta između rukometaša na različitim igračkim pozicijama koji pokazuje značajne razlike. U varijabli  $VO_{2max}$  krilni igrači i postigli su značajno niže vrijednosti od vanjskih igrača ( $p<0.05$ ) i od kružnih napadača ( $p<0.05$ ). Te je razlike moguće objasniti preko pozitivne korelacije tjelesne težine i  $VO_{2max}$  ( $p=0.00$ ,  $r=0.61$ ) jer unutar rukometa postoje značajne razlike između igrača na različitim igračkim pozicijama u faktoru dimenzionalnosti skeleta i tjelesne težine. Isto objašnjenje vrijedi i za značajne razlike ( $p<0.05$ ) između krilnih igrača i kružnih napadača u varijabli  $VO_{2AnP}$ .

U varijabli  $RVO_{2max}$  statistički značajno ( $p < 0.01$ ) bolje rezultate postigli su krilni igrači u odnosu na kružne napadače. To je posljedica razlika u specifičnim zahtjevima među igrama kim pozicijama jer osim što tijekom utakmice prije uvećavaju ukupnu udaljenost (Michalsik, 2004), krilni igrači provedu i veći postotak ukupnog vremena u aktivnostima maksimalnog intenziteta (krilni igrači 4%, vanjski igrači 3%, a kružni napadači 2%, Šibila i sur., 2004), što ih prisiljava na što brži oporavak tijekom varijabilnih uvjeta utakmice. Rezultati značajnosti razlika u ovom doktorskom radu potvrđuju dosadajšnja istraživanja Šentije i sur. (1997) i Sporiša i sur. (2010), a prosječne vrijednosti po pojedinim igrama kim pozicijama su nešto više nego u dosadajšnjim istraživanjima (Šentija i sur., 1997; Chaouachi i sur., 2009; Sporiš i sur., 2010). Zanimljiv je podatak da u varijabli  $\%VO_2$  ne postoje statistički značajne razlike među rukometašima na različitim igrama kim pozicijama, odnosno rukometaši neovisno o igri koja poziciji prikladan postotku  $VO_{2max}$  prelaze anaerobni prag, što djelomično dokazuje da postoje zajednički standardi po pitanju aerobnog kapaciteta. Ipak, određene razlike postoje, a one po pitanju aerobnog kapaciteta idu u korist krilnih igrača koji u varijabli  $v_{max}$  pokazuju značajno bolje rezultate od kružnih napadača ( $p < 0.01$ ) te u varijabli  $v_{AnP}$  od vanjskih igrača ( $p < 0.05$ ). To je posljedica spomenutih razlika u ukupnoj prijeenoj udaljenosti tijekom utakmice (Michalsik, 2004) te razlika u postotku ukupnog vremena u aktivnostima maksimalnog intenziteta (Šibila i sur., 2004). Rezultati ovog dokorskog rada su u skladu s istraživanjem Šentije i sur. (1997) po pitanju dobivenih vrijednosti i značajnosti razlika u varijabli  $v_{max}$ , dok istraživanje Sporiša i sur. (2010) govori o značajno višim vrijednostima vanjskih igrača u odnosu na krilne igrače i kružne napadače.

Cilj rada je postaviti i izračunati algoritam za procjenu parametara aerobnog energetskeg kapaciteta pomoću rezultata izmjerenih terenskim mjerenjem bez laboratorijske opreme koji će biti dostupni širem spektru sportskih djelatnika zbog financijski prihvatljivije varijante, a ujedno i jednostavnije uporabe.

## 6. METODE RADA

### 6.1. UZORAK ISPITANIKA

Uzorak ispitanika predstavlja 81 rukometaš član hrvatske rukometne reprezentacije starosne dobi od  $25,05 \pm 5,07$  godina, koji su mjereni u sportsko dijagnostičkom centru na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u periodu unazad 10 godina. Pri odabiru ispitanika uvjet je bio da su rukometaši vrhunskog natjecateljskog ranga kako nacionalnog tako i internacionalnog i da imaju zadovoljavajuće zdravstveno stanje.

Tablica 1: Osnovni

|                    | <b>AS ± SD</b> | <b>Min - Max</b> | <b>Skew</b> | <b>Kurt</b> |
|--------------------|----------------|------------------|-------------|-------------|
| <b>Dob (god)</b>   | 25,05 ± 5,07   | 18,00 – 38,58    | 0,62        | -0,58       |
| <b>Visina (cm)</b> | 189,48 ± 7,20  | 172,90 – 209,10  | 0,12        | 0,17        |
| <b>Masa (kg)</b>   | 92,55 ± 10,92  | 68,20 – 122,10   | 0,02        | -0,09       |

deskriptivni podatci varijabli za procjenu morfoloških karakteristika

Svi ispitanici su bili upućeni u postupke i protokole mjerenja. Svaki od njih je ispunio upitnik prije testiranja i u skladu s upitnikom bio upućen u protokol mjerenja njegove moguće zdravstvene rizike te da pruži maksimum svojih mogućnosti i da pristupa dobrovoljno.

### 6.2. UZORAK VARIJABLI

Pri dolasku u sportsko dijagnostički centar na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu, rukometaši su bili upućeni u plan i program mjerenja, koji se sastojao od dva segmenta: mjerenje osnovnih morfoloških karakteristika te mjerenje energetske kapaciteta putem progresivnog opterećenja na pokretnom sagu.

### 6.2.1. KINANTROPOMETRIJSKE MJERE

Dvije kinantropometrijske mjere koje su mjerene, tjelesna masa i tjelesna visina ispitanika.

Tablica 2: Popis antropometrijskih varijabli

| Br. | Naziv         | Mjerna jedinica | ID testa |
|-----|---------------|-----------------|----------|
| 1   | Visina tijela | cm              | ALVT     |
| 2   | Težina tijela | kg              | AVTT     |

Visina tijela – mjeri se antropometrom. Ispitanik stoji na ravnoj podlozi, s težinom raspoređeno jednako na obje noge. Ramena su relaksirana, pete skupljene, a glava postavljena u položaj tzv. Frankfurtske horizontale, što znači da je zamišljena linija koja spaja donji rub lijeve orbite i tragus heliksa lijevog uha u vodoravnom položaju. Vodoravni krak antropometra spušta se do tjemena glave (tako da prijanja vrsto, ali bez pritiska. (Mišigoj,2008.)

Masa tijela – mjeri se decimalnom vagom s pomičnim utegom. Ispitanik stoji na vagi s minimalnom količinom odjeće.

### 6.2.2. PARAMETRI ZA PROCJENU ENERGETSKIH KAPACITETA

Svi parametri za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta izmjereni su i procijenjeni na pokretnom sagu (Tehno gym) sa spiroergometrijskom opremom (Cosmed). U testu je mjerena frekvencija srčanog ritma monitorom za praćenje frekvencije srca (Pulsmetar).

Tablica 3: Prikaz svih varijabli korištenih u istraživanju sa mjernim jedinicama i korištenim oznakama

| Br. | Naziv   | Mj. Jedinica   | ID testa      |
|-----|---|----------------|---------------|
| 1   | Maksimalni primitak kisika                                | $lO_2/min$     | $VO_{2maks}$  |
| 2   | Maksimalni primitak kisika pri anaerobnom pragu           | $lO_2/min$     | $VO_{2anp}$   |
| 3   | % od maksimalnog primitka kisika pri anaerobnom pragu     | %              | % $VO_{2anp}$ |
| 4   | Relativni maksimalni primitak kisika                      | $mlO_2/kg/min$ | $RVO_{2maks}$ |
| 5   | Relativni maksimalni primitak kisika pri anaerobnom pragu | $mlO_2/kg/min$ | $RVO_{2anp}$  |
| 6   | Maksimalna brzina tr anja                                 | km/h           | $v_{maks}$    |
| 7   | Brzina tr anja pri anaerobnom pragu                       | km/h           | $v_{anp}$     |
| 8   | % od maksimalne brzine tr anja pri anaerobnom pragu       | %              | % $v_{anp}$   |
| 9   | Brzina tr anja pri $VO_{2max}$                            | km/h           | $vVO_{2maks}$ |
| 10  | Maksimalna frekvencija srca                               | otk/min        | $FS_{maks}$   |
| 11  | Frekvencija pri anaerobnom pragu                          | otk/min        | $FS_{anp}$    |
| 12  | % od frekvencije srca pri anaerobnom pragu                | %              | % $FS_{anp}$  |
| 13  | Istr ano metara u anaerobnoj zoni                         | m              | $m_{anz}$     |
| 14  | Izdržaj u anaerobnoj zoni                                 | min            | $t_{anz}$     |
| 15  | Izdržaj u anaerobnoj zoni                                 | sek            | $t_{anz}$     |

### 6.2.3. OPIS PRIMIJENJENOG TESTA ZA PROCJENU AEROBNOG ENERGETSKOG KAPACITETA

Standardni protokol za procjenu funkcionalnih sposobnosti koji se provodi u Sportskom dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu jest progresivni test opterećenja na pokretnom sagu uz konstantan nagib od 1,5%. Moderni mjerni instrumentarij (Cosmed – Quark b<sup>2</sup> „breath by breath“ spiroergometar i pokretni sag Tehnogym –

RunraceCompetition HC1200 te telemetrijski monitor srane frekvencije – pulsmetar, PolarElectro OY CE 0537) osigurava izravno, „online“ praenje i naknadnu analizu ventilacijskih i metaboličkih parametara. Visoku pouzdanost mjernih podataka poveavaju konstantni mikroklimatski uvjeti u laboratoriju. (Vueti, 2004.)

Progresivni test optereenja koji se provodi u laboratoriju je kontinuirano progresivni test optereenja do otkaza. Sportaš/ispitanik je upoznat sa protokolom testiranja, te prije samog poetka mu se postavlja odgovarajuća maska pomoću koje se prate svi metabolički i ventilacijski parametri te pulsmetar za praenje srčanog ritma odnosno frekvencije srca. Test započinje minutom mirovanja, zatim traka ubrzava na 3 km/h gdje sportaš hoda dvije minute. Slijedi progresivno kontinuirano poveanje optereenja za 0.5 km/h svakih 30 sekundi do otkaza. Na 7 km/h se mijenja oblik lokomocije kretanja iz hodanja u trčanje. Kada je postignut maksimum igra i prelaze u fazu oporavka koja traje dvije minute na brzini hoda od 5 km/h.

### 6.3. METODE OBRADJE PODATAKA

Deskriptivna statistika koristi se za dobivanje osnovnih statističkih parametara za svaku varijablu: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), maksimalna (Max) i minimalna (Min) vrijednost, raspon (Range) te mjere asimetrije i zakrivljenosti, skewness (Skew) i kurtosis (Kurt).

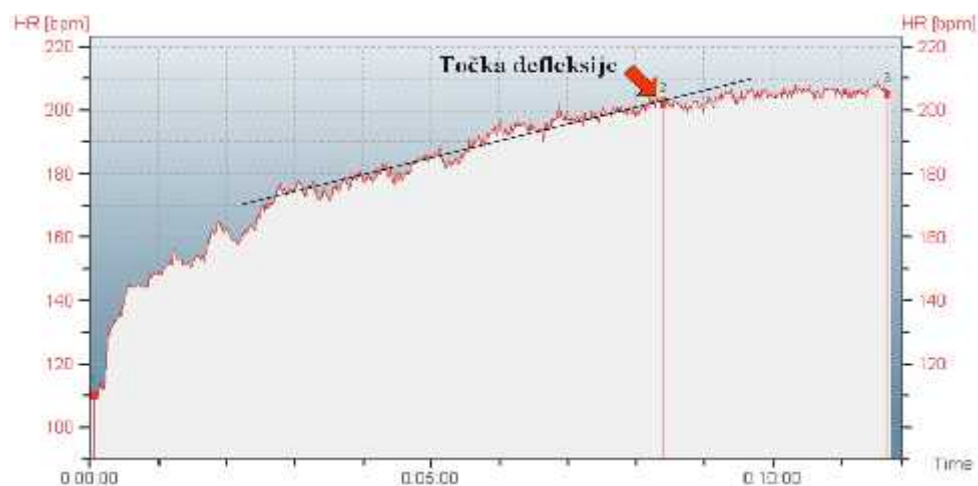
Korištena je višestruka regresijska analiza pomoću koje smo dobili funkcionalnu zavisnost nezavisnih varijabli sa jednom zavisnom varijablom.

#### 6.3.1. METODA PROCJENE ANAEROBNOG PRAGA U PROGRESIVNOM KONTINUIRANOM TERENSKOM TESTU

Tijekom testiranja ispitaniku je praena frekvencija srca i snimana na polar RS800 CX MULTI SPORT, pomoću kojeg smo izmjerili maksimalnu frekvenciju srca ( $FS_{maks}$ ) i to kom defleksije procijenjena je frekvencija srca na pragu ( $FS_{anp}$ ). Nakon testiranja svi podatci sa sata su prebaeni u program POLAR PRO TRAINER (POLAR ELECTRO, Finska).

Talijanski fiziolog Conconi toku defleksije frekvencije srca poveao s iznenadnom akumulacijom laktata (laktatni prag) te ustvrdio da se te dvije pojave dogaaju gotovo istovremeno. Grafičkim bilježenjem frekvencije srca i brzine u danjoj aktivnosti moguće je

konstruirati grafikon odnosa frekvencije srca i intenziteta optere enja. To ka u kojoj dolazi do otklona od linearnosti smatra se okvirnim anaerobnim pragom. Conconi preporu a primjenu svog testa u gotovo svim sportovima ( Conconi i sur., 1996). To ka defleksije (engl. Hart rate deflectionpoint) je definirana kao promjena frekvencije srca ili prema dolje ili prema gore od same linearnosti frekvencije srca tijekom progresivnog testa odnosno frekvencija srca pokazuje linearnu povezanost s nižim intenzitetom optere enja, a pri submaksimalnim optere enjima odstupa od linearnosti – vidljiva je to ka defleksije, tj. otklon frekvencije srca ( Bodner i sur., 2000).



Slika 1. Odnos porasta optere enja i frekvencije srca u progresivnom testu optere enja



## 7. REZULTATI I DISKUSIJA

### 7.1. DESKRIPTIVNA ANALIZA REZULTATA U PROGRESIVNOM TESTU OPTEREĆENJA

Analizom i obradom osnovnih statističkih parametara, izraunate i dobivene su sljedeće vrijednosti: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), raspon rezultata za minimalne (min) i maksimalne (max) vrijednosti, raspon (Range), te mjere asimetrije i zakrivljenosti, skewness (skew) i kurtosis (Kurt).

Tablica 4: Deskriptivni parametri izmjerenih varijabli u testu

|  | AS ± SD        | Min - Max        | Skew  | Kurt  |
|--|----------------|------------------|-------|-------|
| <b>Dob (god)</b>   | 25,05 ± 5,07   | 18,00 – 38,58    | 0,62  | -0,58 |
| <b>Visina (cm)</b>   | 189,48 ± 7,20  | 172,90, - 209,10 | 0,12  | 0,17  |
| <b>Masa (kg)</b>   | 92,55 ± 10,92  | 68,20 – 122,10   | 0,02  | -0,09 |
| <b>v<sub>maks</sub> (km/h)</b>                                 | 17,23 ± 1,27   | 14,50 – 19,50    | -0,37 | -0,56 |
| <b>v<sub>anp</sub> (km/h)</b>                                  | 12,80 ± 1,06   | 10,50 – 15,00    | -0,20 | -0,20 |
| <b>% v (%)</b>   | 74,32 ± 3,39   | 66,84 – 82,35    | 0,20  | -0,20 |
| <b>FS<sub>maks</sub> (o/min)</b>                               | 191,20 ± 8,37  | 174,00 – 211,00  | -0,17 | -0,75 |
| <b>FS<sub>anp</sub> (o/min)</b>                                | 169,27 ± 9,17  | 135,00 – 188,00  | -0,69 | 1,37  |
| <b>%FS (%)</b>   | 88,57 ± 3,73   | 68,53 – 95,11    | -1,88 | 8,95  |
| <b>VO<sub>2</sub><sub>maks</sub> (lO<sub>2</sub>/min)</b>      | 5,13 ± 0,53    | 3,91 – 6,26      | -0,16 | -0,48 |
| <b>RVO<sub>2</sub><sub>maks</sub> (mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b> | 55,84 ± 5,52   | 41,50 – 68,94    | 0,04  | 0,36  |
| <b>VO<sub>2</sub><sub>anp</sub> (lO<sub>2</sub>/min)</b>       | 4,40 ± 0,50    | 3,22 – 5,40      | 0,03  | -0,59 |
| <b>RVO<sub>2</sub><sub>anp</sub> (lO<sub>2</sub>/kg/min)</b>   | 47,82 ± 5,18   | 37,30 – 60,70    | 0,25  | -0,25 |
| <b>% VO<sub>2</sub> (%)</b>                                    | 85,56 ± 3,90   | 77,67 – 92,88    | -0,02 | -0,82 |
| <b>vVO<sub>2</sub><sub>maks</sub> (km/h)</b>                   | 16,79 ± 1,31   | 13,00 – 19,00    | -0,55 | 0,13  |
| <b>Tan (min)</b>   | 4,43 ± 0,70    | 3,00 – 6,30      | 0,08  | -0,11 |
| <b>Tan (sek)</b>   | 265,70 ± 42,01 | 180,00 – 378,00  | 0,08  | -0,11 |

|               |                  |                 |      |       |
|---------------|------------------|-----------------|------|-------|
| <b>Ds (m)</b> | 1130,64 ± 218,73 | 1690,36–1002,89 | 0,10 | -0,56 |
|---------------|------------------|-----------------|------|-------|

Tablica 5: Deskriptivni parametri za krila

|                                   | <b>AS ± SD</b>   | <b>Min - Max</b> | <b>Skew</b> | <b>Kurt</b> |
|-----------------------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|
| <b>Dob (god)</b>                  | 25,10 ± 5,46     | 18,00 - 35,42    | 0,58        | -0,99       |
| <b>ALVT (cm)</b>                  | 182,73 ± 4,71    | 172,90 - 190,50  | -0,17       | -0,70       |
| <b>AVTT (kg)</b>                  | 83,65 ± 7,88     | 68,20 - 98,20    | 0,17        | -0,47       |
| <b>vpeak (km/h)</b>               | 17,77 ± 0,94     | 16,00 - 19,50    | -0,21       | -0,55       |
| <b>vanp (km/h)</b>                | 13,29 ± 0,80     | 12,00 - 15,00    | 0,46        | 0,10        |
| <b>%v (%)</b>                     | 74,83 ± 3,09     | 68,57 - 81,82    | 0,10        | -0,20       |
| <b>FSpeak (o/min)</b>             | 190,07 ± 8,75    | 174,00 - 204,00  | -0,20       | -1,17       |
| <b>FSanp (o/min)</b>              | 168,82 ± 10,91   | 135,00 - 186,00  | -1,10       | 2,08        |
| <b>%FS (%)</b>                    | 88,87 ± 4,93     | 68,53 - 95,11    | -2,63       | 10,38       |
| <b>VO2peak (lO2/min)</b>          | 4,90 ± 0,55      | 3,91 - 5,79      | -0,10       | -1,01       |
| <b>RVO2peak<br/>(mlO2/kg/min)</b> | 58,95 ± 5,22     | 46,10 - 68,94    | -0,03       | 0,45        |
| <b>VO2anp (lO2/min)</b>           | 4,25 ± 0,55      | 3,22 - 5,09      | -0,07       | -1,05       |
| <b>RVO2anp<br/>(mlO2/kg/min)</b>  | 51,00 ± 4,90     | 38,70 - 60,70    | -0,06       | 0,78        |
| <b>%VO2 (%)</b>                   | 86,52 ± 3,46     | 80,27 - 92,54    | -0,01       | -1,01       |
| <b>vVO2peak (km/h)</b>            | 17,36 ± 0,91     | 15,50 - 19,00    | -0,02       | -0,56       |
| <b>Tan (min)</b>                  | 4,48 ± 0,640,64  | 3,00 - 5,50      | -0,26       | 0,12        |
| <b>Tan (sec)</b>                  | 268,71 ± 38,14   | 180,00 - 330,00  | -0,26       | 0,12        |
| <b>Ds (m)</b>                     | 1179,65 ± 187,61 | 762,47 - 1512,39 | -0,40       | 0,03        |

Tablica 6: Deskriptivni parametri za vanjske pozicije

|                                   | <b>AS ± SD</b> | <b>Min - Max</b> | <b>Skew</b> | <b>Kurt</b> |
|-----------------------------------|----------------|------------------|-------------|-------------|
| <b>Dob (god)</b>                  | 24,96±4,30     | 18,67-34,33      | 0,64        | -0,50       |
| <b>ALVT (cm)</b>                  | 194,14±5,80    | 182,30-209,10    | 0,86        | 1,77        |
| <b>AVTT (kg)</b>                  | 95,60±6,54     | 82,50-106,50     | -0,13       | -0,76       |
| <b>vpeak (km/h)</b>               | 17,29±1,16     | 14,50-19,00      | -0,86       | 0,70        |
| <b>vamp (km/h)</b>                | 12,76±0,97     | 10,50-14,50      | -0,49       | 0,68        |
| <b>%v (%)</b>                     | 73,83±3,40     | 66,84-82,35      | 0,58        | 0,98        |
| <b>FSpeak (o/min)</b>             | 193,64±7,86    | 181,00-211,00    | 0,06        | -0,67       |
| <b>FSamp (o/min)</b>              | 170,43±9,08    | 150,00-188,00    | -0,32       | -0,06       |
| <b>%FS (%)</b>                    | 88,00±2,82     | 82,87-92,89      | -0,24       | -0,89       |
| <b>VO2peak (lO2/min)</b>          | 5,25±0,45      | 4,69-6,26        | 0,79        | -0,23       |
| <b>RVO2peak<br/>(mlO2/kg/min)</b> | 54,81±3,88     | 46,20-59,87      | -0,47       | -0,81       |
| <b>VO2amp (lO2/min)</b>           | 4,45±0,49      | 3,79-5,40        | 0,61        | -0,74       |
| <b>RVO2amp<br/>(mlO2/kg/min)</b>  | 46,57±4,22     | 40,00-55,61      | 0,23        | -1,03       |
| <b>%VO2 (%)</b>                   | 84,93±3,98     | 78,25-92,88      | 0,29        | -0,58       |
| <b>vVO2peak (km/h)</b>            | 16,80±1,21     | 13,50-19,00      | -0,64       | 1,32        |
| <b>Tan (min)</b>                  | 4,53±0,71      | 3,00-6,30        | 0,17        | 0,32        |
| <b>Tan (sec)</b>                  | 271,71±42,74   | 180,00-378,00    | 0,17        | 0,32        |
| <b>Ds (m)</b>                     | 1155,78±217,06 | 787,47-1690,36   | 0,26        | -0,34       |

Tablica 7: Deskriptivni parametri za poziciju pivota

|   | <b>AS ± SD</b> | <b>Min - Max</b> | <b>Skew</b> | <b>Kurt</b> |
|---|----------------|------------------|-------------|-------------|
| <b>Dob (god)</b>  | 23,09±4,56     | 18,00 - 34,00    | 0,99        | 0,51        |
| <b>ALVT (cm)</b>  | 191,29±5,63    | 183,00 - 201,90  | 0,26        | -0,89       |
| <b>AVTT (kg)</b>  | 100,04±9,32    | 82,50 - 122,10   | 0,40        | 1,04        |
| <b>vpeak (km/h)</b>                                     | 16,79±1,32     | 15,00 - 19,50    | 0,39        | -0,78       |
| <b>v<sub>anp</sub> (km/h)</b>                           | 12,68±1,04     | 11,00 - 15,00    | 0,49        | -0,09       |
| <b>%v (%)</b>   | 75,55±3,74     | 67,57 - 81,25    | -0,59       | -0,02       |
| <b>FSpeak (o/min)</b>                                   | 188,47±7,31    | 175,00 - 197,00  | -0,48       | -1,15       |
| <b>FS<sub>anp</sub> (o/min)</b>                         | 169,41±7,48    | 156,00 - 181,00  | -0,13       | -0,35       |
| <b>%FS (%)</b>  | 89,92±2,99     | 84,32 - 93,16    | -0,61       | -1,28       |
| <b>VO<sub>2</sub>peak (lO<sub>2</sub>/min)</b>          | 5,40±0,46      | 4,34 - 6,02      | -0,82       | 0,24        |
| <b>RVO<sub>2</sub>peak<br/>(mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b> | 54,28±4,90     | 44,42 - 63,00    | -0,44       | -0,04       |
| <b>VO<sub>2</sub>anp (lO<sub>2</sub>/min)</b>           | 4,66±0,41      | 3,67 - 5,29      | -0,59       | 0,83        |
| <b>RVO<sub>2</sub>anp<br/>(mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b>  | 46,78±4,37     | 37,57 - 56,58    | 0,18        | 1,00        |
| <b>%VO<sub>2</sub> (%)</b>                              | 86,24±3,33     | 79,74 - 91,46    | -0,16       | -0,72       |
| <b>vVO<sub>2</sub>peak (km/h)</b>                       | 16,44±1,34     | 14,50 - 19,00    | 0,21        | -1,02       |
| <b>Tan (min)</b>  | 4,12±0,78      | 3,00 - 6,00      | 0,67        | 0,64        |
| <b>Tan (sec)</b>  | 247,06±46,87   | 180,00 - 360,00  | 0,67        | 0,64        |
| <b>Ds (m)</b>   | 1033,51±236,42 | 687,47 - 1574,87 | 0,58        | -0,05       |

Tablica 8: Deskriptivni parametri za poziciju vratara

|   | <b>AS ± SD</b>   | <b>Min - Max</b> | <b>Skew</b> | <b>Kurt</b> |
|---|------------------|------------------|-------------|-------------|
| <b>Dob (god)</b>  | 29,35 ± 5,41     | 22,58 - 38,58    | 0,23        | -0,26       |
| <b>ALVT (cm)</b>  | 192,93 ± 3,77    | 188,60 - 199,30  | 0,55        | -0,69       |
| <b>AVTT (kg)</b>  | 97,11 ± 10,07    | 83,00 - 111,80   | 0,13        | -1,42       |
| <b>vpeak (km/h)</b>                                     | 16,06 ± 1,68     | 14,50 - 19,50    | 1,46        | 1,74        |
| <b>v<sub>anp</sub> (km/h)</b>                           | 11,50 ± 1,16     | 10,50 - 14,00    | 1,81        | 2,80        |
| <b>%v (%)</b>   | 71,64 ± 1,93     | 68,75 - 73,33    | -0,89       | -0,80       |
| <b>FSpeak (o/min)</b>                                   | 192,38 ± 9,81    | 175,00 - 204,00  | -0,62       | -0,27       |
| <b>FS<sub>anp</sub> (o/min)</b>                         | 166,50 ± 6,39    | 158,00 - 176,00  | 0,08        | -1,45       |
| <b>%FS (%)</b>  | 86,61 ± 2,01     | 84,16 - 90,29    | 0,70        | 0,15        |
| <b>VO<sub>2</sub>peak (lO<sub>2</sub>/min)</b>          | 4,99 ± 0,54      | 4,17 - 5,69      | 0,02        | -1,19       |
| <b>RVO<sub>2</sub>peak<br/>(mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b> | 51,94 ± 8,03     | 41,50 - 68,60    | 1,19        | 2,57        |
| <b>VO<sub>2</sub>anp (lO<sub>2</sub>/min)</b>           | 4,17 ± 0,26      | 3,79 - 4,61      | 0,13        | 0,07        |
| <b>RVO<sub>2</sub>anp<br/>(mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b>  | 43,33 ± 5,43     | 37,30 - 55,50    | 1,86        | 4,35        |
| <b>%VO<sub>2</sub> (%)</b>                              | 83,88 ± 5,63     | 77,67 - 92,87    | 0,55        | -1,21       |
| <b>vVO<sub>2</sub>peak (km/h)</b>                       | 15,50 ± 1,79     | 13,00 - 18,50    | 0,52        | -0,21       |
| <b>Tan (min)</b>  | 4,56 ± 0,62      | 4,00 - 5,50      | 0,29        | -1,98       |
| <b>Tan (sec)</b>  | 273,75 ± 37,39   | 240,00 - 330,00  | 0,29        | -1,98       |
| <b>Ds (m)</b>   | 1077,53 ± 251,48 | 849,94 - 1558,22 | 1,02        | 0,40        |

## 7.2. REGRESIJSKA ANALIZA I PRIJEDLOG ALGORITMA

Varijable koje smo dobili prije samog testiranja su: DOB, ALTV - visina izmjerena pomoću antropometra, AVTT - težina izmjerena sa decimalnom vagom, zatim varijable koje smo dobili nakon izvršenog testa su:  $v_{maks}$  - krajnja brzina postignuta u testu,  $v_{anp}$  - brzina pri anaerobnom pragu.

Algoritmi:

Tablica 9: Regresijska analiza  $VO_{2maks}$

| N=81                         |        |                 |        |                 |        |         |
|------------------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|---------|
|                              | b*     | Std.Err.(of b*) | b      | Std.Err. (of b) | t(75)  | p-value |
| <b>Intercept</b>             |        |                 | -1,607 | 1,491           | -1,077 | 0,285   |
| <b>Dob (god)</b>             | 0,016  | 0,084           | 0,002  | 0,009           | 0,185  | 0,854   |
| <b>ALVT (cm)</b>             | -0,076 | 0,112           | -0,006 | 0,008           | -0,682 | 0,498   |
| <b>AVTT (kg)</b>             | 0,857  | 0,119           | 0,044  | 0,006           | 7,193  | 0,000   |
| <b>vmaks(km/h)</b>           | 0,310  | 0,148           | 0,128  | 0,061           | 2,090  | 0,040   |
| <b>v<sub>anp</sub>(km/h)</b> | 0,238  | 0,150           | 0,118  | 0,074           | 1,589  | 0,116   |

Iz tablice 9 pomoću regresijske analize smo izračunali informacije za zavisnu varijablu  $VO_{2maks}(lO_2/min)$ . Nezavisne varijable koje su se koristile su: DOB(god), ALVT(cm), AVTT(kg),  $v_{maks}(km/h)$ ,  $v_{anp}(km/h)$ . Izračunati algoritam za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta statistički je značajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, odnosno 54% ( $R=0,74$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable  $VO_{2maks}$  ovisi upravo rezultatima nezavisnih varijabli te relativno precizno možemo procijeniti  $VO_{2maks}$  rukometaša koji nije izmjeren u laboratoriju.

Prikaz algoritma:

$$VO_{2maks}(lO_2/min) = -1,607 + (0,002 \times \text{dob}) + (-0,006 \times \text{ALVT}) + (0,044 \times \text{AVTT}) + (0,128 \times v_{maks}) + (0,118 \times v_{anp})$$

Tablica 10: Regresijska analiza za zavisnu varijablu  $RVO_{2vršni}$

| N=81                |           |                         |          |                        |              |                |
|---------------------|-----------|-------------------------|----------|------------------------|--------------|----------------|
|                     | <b>b*</b> | <b>Std.Err. (of b*)</b> | <b>b</b> | <b>Std.Err. (of b)</b> | <b>t(75)</b> | <b>p-value</b> |
| <b>Intercept</b>    |           |                         | 46,076   | 16,270                 | 2,832        | 0,006          |
| <b>Dob (god)</b>    | 0,019     | 0,087                   | 0,021    | 0,095                  | 0,221        | 0,826          |
| <b>ALVT (cm)</b>    | -0,139    | 0,117                   | -0,107   | 0,089                  | -1,195       | 0,236          |
| <b>AVTT (kg)</b>    | -0,199    | 0,124                   | -0,106   | 0,066                  | -1,604       | 0,113          |
| <b>vmaks (km/h)</b> | 0,272     | 0,154                   | 1,177    | 0,667                  | 1,763        | 0,082          |
| <b>vmaks (km/h)</b> | 0,286     | 0,156                   | 1,489    | 0,811                  | 1,836        | 0,070          |

Iz tablice 10 pomo u regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  ( $mlO_2/kg/min$ ). Nezavisne varijable koje su se koristile su: DOB(god), ALVT(cm), AVTT(kg), vmaks(km/h), vanp(km/h). Izra unati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statisti ki je zna ajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, Odnosno 51% (  $R=0,72$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable  $RVO_{2maks}$  ovisi upravo rezultatima nezavisnih varijabli te relativno precizno možemo procijeniti  $RVO_{2maks}$  rukometaša koji nije izmjeren u laboratoriju.

Prikaz algoritma:

$$RVO_{2maks} (mlO_2/kg/min) = 46,07 + ( 0,021 \times dob ) + ( -0,107 \times ALVT ) + ( -0,106 \times AVTT ) + ( 1,177 \times V_{maks} ) + ( 1,489 \times v_{anp} )$$



Tablica 11: Regresijska analiza za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  za krila

| N=28                | b*     | Std.Err. (of b*) | b      | Std.Err. (of b) | t(22)  | p-value |
|---------------------|--------|------------------|--------|-----------------|--------|---------|
| <b>Intercept</b>    |        |                  | 55,740 | 49,391          | 1,129  | 0,271   |
| <b>Dob (god)</b>    | -0,042 | 0,271            | -0,041 | 0,260           | -0,156 | 0,877   |
| <b>ALVT (cm)</b>    | -0,135 | 0,261            | -0,150 | 0,289           | -0,518 | 0,610   |
| <b>AVTT (kg)</b>    | 0,000  | 0,285            | 0,000  | 0,189           | -0,001 | 1,000   |
| <b>vmaks (km/h)</b> | 0,013  | 0,325            | 0,072  | 1,809           | 0,040  | 0,969   |
| <b>vanp (km/h)</b>  | 0,348  | 0,308            | 2,281  | 2,016           | 1,131  | 0,270   |

Iz tablice 11 pomo u regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  ( $mlO_2/kg/min$ ) kod krilnih napada a. Nezavisne varijable koje su se koristile su: DOB(god), ALVT(cm), AVTT(kg), vmaks(km/h), vanp(km/h). Izra unati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statisti ki je zna ajan, ali slabo korelira sa nezavisnim varijablama te je koeficijent determinacije zna ajno nizak, odnosno 18% ( $R = 0,43$ ;  $p < 0,01$ ) varijance varijable  $RVO_{2peak}$  ne ovisi zna ajno o rezultatima nezavisnih varijabli, što je bilo i za o ekivati zbog varijabilnosti u masi sportaša i utjecaja i ostalih parametara (kao što je to ekonomi nost i sl.) na stvarne vrijednosti relativnog maksimalnog primitka kisika.

Prikaz algoritma za krila:

$$RVO_{2maks} (mlO_2/kg/min) = 55,740 + (-0,041 \times \text{dob}) + (-0,150 \times \text{ALVT}) + (0,000 \times \text{AVTT}) + (0,072 \times V_{maks}) + (2,281 \times v_{anp})$$

Tablica 12: Regresijska analiza za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  za vanjske

| N=28                | b*     | Std.Err. (of b*) | b      | Std.Err. (of b) | t(22)  | p-value |
|---------------------|--------|------------------|--------|-----------------|--------|---------|
| <b>Intercept</b>    |        |                  | 64,868 | 25,086          | 2,586  | 0,017   |
| <b>Dob (god)</b>    | -0,009 | 0,266            | -0,009 | 0,239           | -0,036 | 0,972   |
| <b>ALVT (cm)</b>    | -0,245 | 0,187            | -0,164 | 0,125           | -1,313 | 0,203   |
| <b>AVTT (kg)</b>    | -0,160 | 0,240            | -0,095 | 0,142           | -0,665 | 0,513   |
| <b>vmaks (km/h)</b> | 0,154  | 0,269            | 0,517  | 0,899           | 0,575  | 0,571   |
| <b>vanp (km/h)</b>  | 0,432  | 0,295            | 1,727  | 1,178           | 1,465  | 0,157   |

Iz tablice 12 pomo u regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  ( $mlO_2/kg/min$ ) kod vanjskih igra kih pozicija. Nezavisne varijable koje su se koristile su: DOB(god), ALVT(cm), AVTT(kg), vmaks(km/h), vanp(km/h). Izra unati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statisti ki je zna ajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, Odnosno 43 % (  $R=0,66$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable  $RVO_{2maks}$  ovisi upravo rezultatima nezavisnih varijabli te relativno precizno možemo procijeniti  $RVO_{2maks}$  rukometaša koji nije izmjeren u laboratoriju. Prikaz algoritma za vanjske igra ke pozicije:  $RVO_{2maks}$  ( $mlO_2/kg/min$ ) =  $64,868 + (-0,009 \times dob ) + (-0,164 \times ALVT ) + (-0,095 \times AVTT ) + (0,517 \times V_{maks} ) + (1,727 \times V_{anp} )$

Tablica 13: Regresijska analiza za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  za pivote

| N=17                | b*     | Std.Err. (of b*) | b      | Std.Err. (of b) | t(11)  | p-value |
|---------------------|--------|------------------|--------|-----------------|--------|---------|
| <b>Intercept</b>    |        |                  | -0,185 | 39,247          | -0,005 | 0,996   |
| <b>Dob (god)</b>    | -0,084 | 0,186            | -0,090 | 0,200           | -0,452 | 0,660   |
| <b>ALVT (cm)</b>    | 0,171  | 0,217            | 0,149  | 0,188           | 0,789  | 0,447   |
| <b>AVTT (kg)</b>    | -0,318 | 0,226            | -0,167 | 0,119           | -1,405 | 0,188   |
| <b>vmaks (km/h)</b> | 0,595  | 0,285            | 2,201  | 1,053           | 2,090  | 0,061   |
| <b>vanp (km/h)</b>  | 0,132  | 0,317            | 0,621  | 1,485           | 0,418  | 0,684   |

Iz tablice 13 pomoću regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu  $RVO_{2maks}$  ( $mlO_2/kg/min$ ) kod kružnih napada a. Nezavisne varijable koje su se koristile su: DOB(god), ALVT(cm), AVTT(kg),  $v_{maks}$ (km/h),  $v_{anp}$ (km/h). Izrađeni algoritam za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta statistički je značajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, odnosno 70% ( $R=0,84$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable  $RVO_{2maks}$  ovisi upravo rezultatima nezavisnih varijabli te relativno precizno možemo procijeniti  $RVO_{2maks}$  rukometaša koji nije izmjeren u laboratoriju, što je i bilo za očekivati jer omjer između mase i visine kružnih napada a je veoma blizak.

Prikaz algoritma za pivote:

$$RVO_{2maks} (mlO_2/kg/min) = -0,185 + (-0,090 \times \text{dob}) + (0,149 \times ALVT) + (-0,167 \times AVTT) + (2,201 \times V_{maks}) + (0,621 \times v_{anp})$$

Rezultati za algoritam  $RVO_{2maks}$  kod vratara nisu interpretirani zbog premalenog uzorka vratara i zbog ne toliko važne stavke u kondicijskoj pripremi istih jer vratari imaju dovoljno vremena za oporavak i  $RVO_{2maks}$  nije važna stavka njihove natjecateljske izvedbe niti značajno utječe na nju.

Istraživanje je potvrdilo postavku da za određene parametre uz pomoć relativno jednostavno izmjerenih nezavisnih varijabli moguće procijeniti parametre za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta koji su neophodni za precizno planiranje, programiranje i kontrolu intenziteta na treningu.

Visoki koeficijenti korelacije izmjereni između rezultata dobivenih u laboratorijskim uvjetima i onih dobivenih algoritmima za procjenu parametara, potvrdili su da se predloženim algoritmima u procjeni  $VO_{2maks}$  i  $RVO_{2maks}$  mogu koristiti u praksi sa rukometašima u kontroli treniranosti sportaša, ali s manjom pouzdanošću u procjeni.

Izračunati algoritmi su ukazali da se svakodnevno dostupnim parametrima sa većom ili manjom greškom procjene može objasniti 54% ( $R=0,74$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable maksimalnog primitka kisika ( $VO_{2maks}$ ) te 51% ( $R=0,72$ ;  $p<0,01$ ) varijance varijable relativnog maksimalnog primitka kisika ( $RVO_{2maks}$ ), zatim smo taj isti algoritam postavili za svaku igru u poziciju u rukometnoj igri. Poznato je da su ovi bazični parametri za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta neophodni za precizno planiranje, programiranje i kontrolu intenziteta na treningu. Obje zavisne varijable  $VO_{2maks}$  i  $RVO_{2maks}$  koje smo testirali putem algoritama jako dobro koreliraju sa stvarnim vrijednostima izmjerenim u laboratoriju i kontroliranim uvjetima, što nam omogućava pouzdanost izračunatih podataka i tako njihovu lakšu primjenu. Naravno da se sama procjena ne može mjeriti sa stvarnim rezultatima dobivenim u laboratoriju i 100%-na podudarnost je skoro pa nemoguća, ali nam zato može dati uvid u dio stanja što je veoma korisno jer ako ukomponiramo nekoliko terenskih testiranja možemo se približiti vrijednosti koju zapravo tražimo. Potrebno je naravno više truda i iziskuje više vremena i planiranja samih testiranja, ali ipak financijski je isplativije, a što je najbitnije od svega, znamo u kojem smjeru trebamo djelovati i usmjeravati našeg sportaša.

Predloženim algoritmima uspješno su procijenjeni parametri aerobnog energetskeg kapaciteta  $VO_{2maks}$  i  $RVO_{2maks}$  rukometaša, te se mogu koristiti u kontroli treniranosti istih, ali naravno s manjom pouzdanošću u procjene.

1. Astrand, P.O., Rodahl, T. (1986). Text book of Work Physiology. Third Edition. New York: McGraw-Hill, USA.
2. Astrand, P.O., Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *Journal of Applied Physiology*, 16, 977-981.
3. Barstow, T.J., Casaburi R, Wasserman K. (1993). O<sub>2</sub> uptake kinetics and the O<sub>2</sub> deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *Journal of Applied Physiology*; 75, 755-762.
4. Batista, M. B., Cyrino, E. S., Arruda, M., Dourado, A. C., Coelho-E-Silva, M.J., Ohara, D., Romanzini, M, M., and Ronque, E. R. V. (2013). Validity of equations for estimating VO<sub>2</sub>peak from the 20-m shuttle run test in adolescents aged 11-13 years. *Journal of Strength and Conditioning Research*: 27(10), 2774 - 2781.
5. Billat, V., and Lopez, P. (2006). Indirect Methods for Estimation of Aerobic Power. In Maud P.J., Foster, C. (Eds.), *Physiological assessment of human fitness*, Second Edition (pp. 19-23). Canada: Human Kinetics.
6. Bon, M., Perš, J., Šibila, M., and Kovačič, S. (2002). Analysis of players movement during the game. Ljubljana: Faculty for sport.
7. Chelly, S., M., Hermassi, S., Aouadi, R., Khalifa, R., Van denTillaar, R., Chamari K. & Shephard, R., J. (2011). Match analysis of elite adolescent team handball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2410-2417.
8. Conconi, F., Grazi, G., Casoni, I., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballarin, E., Mazzoni, G., Patracchini, M., and Manfredini, F. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Internacional Journal of Sports Medicine*, 17, (7), 509-519
9. Denadai, B. S., Gomide, E. B. G., and Greco, C. C. (2005). The relation between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. *Journal of Strength and Condition Research*, 2005, 19(2), 365-368.
10. Guyton, A.C., Hall, J.E. (2003). *Medicinska fiziologija*. Zagreb: Medicinska naklada. X
11. Jukić, I., Bok, D., (2010). Izdržljivost u brzini, agilnosti i eksplozivnosti u sportskim igrama; Kondicijska priprema sportaša. Zbornik radova 8. Godišnje međunarodne konferencije <Trening brzine, agilnosti i eksplozivnosti>, (str. 46 – 60): Kineziološki fakultet sveučilišta u Zagrebu.

12. Juki , I., Bok, D., Milanovi , D., (2009). Klasi ni i modificirani (specifi no situacijski) energetski trening u sportskim igrama: stvarni zahtjevi i trenažna rješenja; Kondicijska priprema sportaša. Zbornik radova 7. godišnje me unarodne konferencije <Trening izdržljivosti>, (str. 48-60): Kineziološki fakultet sveu ilišta u Zagrebu.
13. Herceg Ž. (2010). Usporedba dviju metoda za odre ivanje anaerobnog praga u rukometaša (Diplomski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveu ilišta u Zagrebu.
13. Mišigoj-Durakovi , M. (2008). Kinantropologija: Biološki aspekti tjelesnog vježbanja. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveu ilišta u Zagrebu
14. Mitre i , K. (2012). Usporedba terenskih testova za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta nogometaša (Diplomski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveu ilišta u Zagrebu.
15. Sporiš, G., Vuleta, D., Vuleta Jr. D., i Milanovi , D. (2010). Fitness Profiling in Handball: Physical and Physiological Characteristics of Elite Players. Collegium Antropologicum, 34(3), 1009-1014.
16. Šentija, D., Matkovi , Br., Vuleta, D., Tomljanovi , M., Džaja, I. (1997). Funkcionalne sposobnosti vrhunskih rukometaša i rukometašica. U: Zbornik radova me unarodnog savjetovanja „Dijagnostika treniranosti sportaša“, Zagreb, 36-43.
17. Šibila, M., Vuleta, D., and Pori, P. (2004). Position-related differences in volue and intensity of large-scale cyclic movements of male players in handball. Kinesiology, 36(1), 58-68.
18. Vu eti , V (2000). Spiroergometrija - postupak za pra enje i utvr ivanje funkcionalnih sposobnosti. U: Vladimir Findak (ur.), Zbornik radova 9. ljetne škole pedagoga fizi ke kulture Hrvatske «Primjena novih tehni kih i tehnoloških dostignu a u edukaciji, sportu, sportskoj rekreaciji i kineziterapiji», Pore (str. 195-199). Zagreb: Hrvatski savez pedagoga fizi ke kulture.
19. Vu eti , V. (2007). Razlike u pokazateljima energetskih kapaciteta trka a dobivenih razli itim protokolima optere enja (Doktorska disertacija), Zagreb: Kineziološki fakultet Sveu ilišta u Zagrebu.
20. Vu eti , v., Šentija; d. (2004). Dijagnostika funkcionalnih sposobnosti – zašto, kada i kako testirati sportaše?. Kondicijski trening 2 (2), 8-15.

21. Željaskov, C. (2004). Kondicionjski trening vrhunskih sportista. Beograd: Sportska akademija Beograd