Evaluacija algoritama za procjenu parametara aerobnog energetskog kapaciteta pomoću ruskog zvona

Dajaković, Stipo

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:830827

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva „magistar kineziologije“)

Stipo Dajaković

Evaluacija algoritama za procjenu parametara aerobnog energetskog kapaciteta pomoću ruskog zvona

(diplomski rad)

Mentor:

Doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, srpanj 2017.

Sadržaj:

1. UVOD 2
1.1. Rusko zvono 4
1.2. Energetski sustavi 4
1.2.1. Anaerobni energetski sustav 5
1.2.2. Aerobni energetski sustav 6
1.2.3. Maksimalni primitak 6
1.2.4. Aerobni i anaerobni prag 7
1.2.5. Algoritam za procjenu VO_{2max} 7
2. PROBLEM 9
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 9
4. CILJ 11
5. METODE RADA 12
5.1. Uzorak ispitanika 12
5.2. Uzorak varijabli 12
5.2.1. Kinantropometrijske mjere 12
5.2.2. Parametri za procjenu energetskih kapaciteta 13
5.2.3. Opis progresivnog testa s RZ 13
5.2.4. Opis progresivnog testa na pokretnom sagu 15
5.3. Metoda obrade podataka 15
5.3.1. Metoda određivanja anaerobnog praga 15
6. REZULTATI I DISKUSIJA 17
6.1. Deskriptivna analiza rezultata 17
6.2. Regresijska analiza i prijedlog algoritma pomoću RZ za procjenu VO_{2max} i RVO_{2max} postignutog progresivnim testom na pokretnom sagu 18
6.2.1. Parcijalna korelacija 19
6.3. Regresijska analiza i prijedlog algoritma za RZ 20
6.3.1. Parcijalna korelacija 21
7. ZAKLJUČAK 22
8. LITERATURA 23

Evaluacija algoritama za procjenu parametara aerobnog energetskog kapaciteta pomoću ruskog zvona

Sažetak:

Progresivnim testom opterećenja na pokretnom sagu i progresivnim testom opterećenja s ruskim zvonom analizirano je 10 studenata Kineziološkog fakulteta u Zagrebu (prosječne dobi 25,9±4,0, visine 175,8 ±13,3 cm te težine 73,1±21,1 kg) s ciljem predlaganja novih algoritama za procjenu energetskih parametara (VO_{2max}, RVO_{2max}, RZ-VO_{2max} i RZ-RVO_{2max}) temeljem varijabli (vis, Masa, RZM_{max} i RZM_{anp}) koje se mogu izmjeriti progresivnim testom opterećenja s RZ i opremom koja je svima dostupna.

Algoritmi su ukazali na to da se pomoću progresivnog testa opterećenja s ruskim zvonom, uz određenu grešku, može objasniti 97% ($R = 0,98$; $p<0,00072$) varijance varijable VO_{2max} te 83% ($R = 0,91$; $p<0,03581$) varijance varijable RVO_{2max}. Također je moguće objasniti i 94% ($R = 0,9$; $p<0,00263$) varijance varijable RZ-VO_{2max} i 82% ($R = 0,92$; $p<0,04042$) varijance varijable RZ-RVO_{2max}.

Opće je poznato da su parametri maksimalnog primitka kisika od iznimne važnosti za pravilno planiranja i programiranje treninga. Pomoću progresivnog testa s ruskim zvonom na vrlo jednostavan način je moguće procijeniti parametre aerobnog energetskog kapaciteta, a visoki koeficijent korelacije između izmjerenih parametara u laboratorijskim uvjetima, te procijenjenih parametara pomoću algoritama, potvrđuju da se predloženim algoritmima mogu procijeniti parametri maksimalnog primitka kisika te da se kao takvi mogu vrlo pouzdano koristiti u praksi.

Ključne riječi: progresivni test, rusko zvono (RZ), primitak kisika, algoritam za procjenu vršnog primitka kisika

Evaluation of algorithms for estimating the parameters of aerobic energy capacity with kettlebell

Summary:

By incremental treadmill test and incremental kettlebell test 10 students of Faculty of Kinesiology in Zagreb has been analyzed (mean age 25,9±4,0, height 175,8 ±13,3 cm and weight 73,1±21,1 kg) with a goal to suggest new algorithms to evaluate parameters of aerobic energy capacity (VO_{2max}, $RVO_{2max,}$ RZ-VO_{2max} and RZ-RVO_{2max}) by variables (vis, Masa, RZM_{max} i RZM_{anp}) that can be measured with incremental kettlebell test and equipment that are available to everyone.

Algorithms have shown that with incremental kettlebell test, with certain error, can be explained 97% (R = 0,98; p<0,00072) variance variable VO_{2max} and 83% (R = 0,91; p<0,03581) variance variable RVO_{2max}. It is also possible to explain 94% (R = 0,9; p<0,00263) variance variable RZ-VO2max i 82% (R = 0,92; p<0,04042) variance variable RZ-RVO2max.

It is commonly known that maximum oxygen uptake parameters are of extremely importance for proper planning and programming of the training. Using an incremental kettlebell test in a very simple way, it is possible to evaluate the aerobic capacity, and the high coefficient of correlation between the measured parameters in laboratory conditions and the algorithm estimates confirm that the proposed algorithms can estimate the parameters of the maximum oxygen intake and that as such can be very reliable use in practice.

Key words: incremental test, kettlebell (RZ), oxygen uptake, algorithms for estimation of oxygen uptake peak

1. UVOD

Današnji sport napreduje iz dana u dan. Osmišljavaju se nove tehnologije testiranja kako bi dijagnostika stanja sportaša bila što preciznija i sport specifičnija. Planiranje i programiranje kao dva najvažnija čimbenika trenažnog procesa, zahtijevaju pravilnu dijagnostiku stanja sportaša. U sportu dijagnostika predstavlja utvrđivanje sportaševe razine treniranosti, sposobnosti i osobina koje su bitne za uspjeh u pojedinom sportu. Provodi se kao inicijalno, tranzitivno i finalno mjerenje tijekom trenažnog procesa s ciljem da se utvrde trenutna stanja ili kontroliraju učinci treninga (Vučetić, 2007.). Glavnina dijagnostike stanja sportaša je utvrđivanje ventilacijskih parametara, odnosno aerobnog i anaerobnog kapaciteta. Koliko je dijagnostika ventilacijskih parametara važna govori i to da se u zadnjih par desetljeća veliki broj istraživanja proveo na tu temu (Myers i sur., 2000.). Veliki broj istraživanja bio je usmjeren na osmišljavanje novih testova za procjenu ventilacijskih parametara, ali i na usporedbu dva različita protokola (Bruce, 1956; Blake i Were, 1959; Ellestad i sur., 1969; Buchfuhrer i sur., 1983; Saltin i sur., 1967; Verstappen i sur., 1982; Walsh i sur., 1988). Bitnost dijagnostike očituje se najviše u definiranju aerobnih i anaerobnih kapaciteta. Pomoću apsolutnog i relativnog maksimalnog primitka kisika (VO_{2max} i RVO_{2max}), anaerobnog praga te zona intenziteta trener može vrlo lako planirati i programirati trenažni proces.

Fiziološki parametri sportaša, ali i ostali parametri sportaševe pripremljenosti, različito se razvijaju pod utjecajem različite aktivnosti (Durmic i sur, 2015). Primjerice različiti su zahtjevi jednog hrvača naspram jednog maratonca, i samim time ne mogu provoditi isti trenažni proces niti 100% iste testove. To dovodi do konstantne težnje ka osmišljavanju novih testova koji će biti što specifičniji aktivnosti/sportu koju sportaš provodi. Stangier i suradnici (2016.) u svom istraživanju navode kako je bitno provoditi specifična testiranja kada se sumnja u rezultate ili kada je potrebna što veća preciznost.

U kondicijskoj pripremi postoji jako puno trenažnih operatora i alata(sprava) s kojima se radi. Jedan od njih je Rusko zvono (RZ) (eng. *Kettlebell)* koji se u zadnjih desetak godina ponovno sve više koristi u kondicijskoj pripremi sportaša. Razlog zašto ponovno postaje popularan je stvar rasprave, međutim dostupnost i lako korištenje RZ sigurno ide u prilog njegovom korištenju. Osim dostupnosti i lakog korištenja istraživanja potvrđuju i utjecaj treninga s RZ na srčano-žilni i dišni sustav te mogući utjecaj na razvoj maksimalnog primitka kisika (Farrar i sur., 2010; Williams, 2015; Fallatic i sur., 2015; Lake i sur., 2012.).

Tsatsouline (2006.) također navodi kako Ruska vojska i vojne postrojbe koriste RZ za procjenu sposobnosti umjesto standardnih testova. Šentija i suradnici (2017.) su konstruirali progresivni test za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara s RZ te usporedili vršne vrijednosti s standardnim protokolom na pokretnom sagu. Rezultati su pokazali da su vrijednosti koje se postižu tim testom 10-20% niže od vrijednosti na pokretnom sagu. Međutim, sličnost u rezultatima testa s RZ i testa na bicikl ergometru koji se koristi za procjenu VO_{2max} govori da je i test s RZ adekvatan za procjenu ventilacijskih parametara. Dajaković (2017.) je dodatno proširio istraživanje te je utvrdio da je pomoću progresivnog testa s RZ moguće odrediti anaerobni prag te zone intenziteta treninga.

Ventilacijski parametri su bitni za svakog trenera i sportaša, stoga će se uvijek nastojati dijagnosticirati njihove vrijednosti. Dijagnostika i procjena ventilacijskih parametara putem laboratorijskog testiranja je pouzdana metoda, ali i dosta skupa. Druga mogućnost je procjena putem matematičkog algoritma.

Cilj ovog rada je osmisliti algoritam za procjenu apsolutnog i relativnog maksimalnog primitka kisika putem progresivnog testa s Ruskim zvonom.

1.1.Rusko zvono

Rusko zvono (eng. *Kettlebell*; rus: *Girja*) je sprava koja se radi od željeza ili čelika te izgleda kao topovska kugla s ručkom te se koristi za balističke vježbe koje angažiraju srčano-žilni sustav, snagu i fleksibilnost (Reed, 2009). U 18.st. RZ koristilo se kao uteg za vaganje usjeva. Prvi put kao oblik nekakve rekreacije pojavila se u cirkusima gdje su *strongmani*(snagatori) demonstrirali svoju snagu. U Europi i Rusiji se u 19.st. RZ počinje koristiti za rekreaciju i natjecanje. Prvo pojavljivanje natjecanja s RZ datira još iz davne 1885. gdje se naziva Girevoy sport.

Mišićne skupine koje dominanto angažira su mišići stražnjeg kinetičkog lanca (zadnja loža, gluteus, mišići leđa), mišići ramenog pojasa, mišići podlaktice, mišići nogu te mišići trupa (eng. *Core*). Pored toga, razvija i srčano-žilni i dišni sustav. Također, trening s RZ razvija mobilnost, fleksibilnost te samim time i opseg pokreta. Za razliku od bućica, šipki, trenažera i sl., pokret s RZ je balistički. RZ se kreće u jednom kontinuiranom pokretu kroz zamah (eng. *Swing*) kao osnovni pokret. Naravno, s RZ se mogu raditi i vježbe raznih potisaka i povlačenja, međutim, glavna odlika je zamah. Zahvaljujući zamahu trening s RZ angažira veliki broj mišića zajedno te je moguće izvoditi zamah, ili neki drugi oblik vježbe, nekoliko minuta za redom. Takav oblik treninga ne samo da razvija snagu nego i aerobni/anaerobni kapacitet te je dosta sličan visoko intenzivnom intervalnom treningu. Porcari i suradnici (2010) su mjerili potrošnju kalorija za vrijeme 20 minutnog treninga s RZ. Rezultati su pokazali da je rad od 20 minuta trzaja s RZ ekvivalentno trčanju pri brzini od 6 minuta po 1 milji.

Veliki je broj vježbi koje je moguće raditi s RZ. Bazična vježba je zamah s RZ od kojeg kreću sve ostale specifične vježbe s RZ. Ostale vježbe koje se najčešće prakticiraju su: američki zamah, trzaj, nabačaj, izbačaj, Goblet čučanj, tursko ustajanje, vjetrenjača i brojne druge vježbe.

1.2.Energetski sustavi

Za sve procese u ljudskom organizmu potrebna je energija. Posebne potrebe za energijom javljaju se prilikom obavljanja mišićnog rada gdje se potrošnja energije u mišići povećava kako se povećava mišićni rad (Matković, 2009). Da bi tijelo stvaralo energiju potrebne su joj

dvije supstance: ugljikohidrati i masti. Dva glavna izvora energije koji svojom razgradnjom stvaraju

energiju za rad. Energetski sustavi pretvaraju kemijsku energiju u iskoristivi oblik energije (adenozintrifosfat, ATP) za sve stanične funkcije (Vučetić, 2007). ATP-a ima malo te se mora obnavljati. Tri u oblika stvaranja/obnove ATP-a:

- Anaerobni – alaktatni sustav: sustav razgradnje kreatinfosfata (CP);
- Anaerobni – laktatni sustav: sustav razgradnje glikogena ili glukoze anaerobnom glikolizom do pirogrožđane kiseline uz stvaranje laktata;
- Aerobni sustav: sustav oksidativne razgradnje ugljikohidrata i slobodnih masnih kiselina (Vučetić, 2007).

1.2.1. Anaerobni energetski sustav

Anaerobni metabolizam podrazumijeva stvaranje energije (ATP) bez prisustva kisika kada je potrebna brza doprema energije u visoko intenzivnim akivnostima. Dva su načina stvaranja energije putem anaerobnog kapaciteta: anaerobni – alaktatni (AA) i anaerobni – laktatni sustav (AL). ATP-a u mišićnim stanicama ima samo 5 mikromola po gramu. Ta količina je vrlo mala te je dostatna za svega nekoliko sekundi rada. To su zalihe koje mišići posjeduju. Nakon što se ta količina potroši prvi mehanizam obnove je AA sustav. Kreatinfosfata u stanicama može biti i do 10 puta više, međutim, s tim izvorom rad se produžuje na svega nekoliko sekundi te je potrebna daljnja obnova energije za rad. Rad koji je moguće obaviti AA sustavom je u trajanju od desetak sekundi. Sljedeći način obnove energije je AL, još nazvana anaerobna glikoliza. Anaerobnom glikolizom se oslobađaju dodatne 3 molekule ATP-a. Ta količina produžava rad te ukupno rad traje do 120 sekundi. Naravno da dužina rada ovisi i o stupnju treniranosti. Nakon naglog i intenzivnog rad u mišićima gotovo da nestane glikogena te se on razgradi do pirogrožđane kiseline a dio pirogrožđane kiseline pretvara se u laktate (mliječna kiselina). Laktati se pojavljuju u mišićima, eritrocitima i moždanim stanicama, a razgrađuju u jetri (Guyton i Hall, 2003). Nakon završetka rada dio mliječne kiseline se oksidacijskim metabolizmom pretvara u glukozu, a ostali dio u pirogrožđanu kiselinu koja se razgradi i oksidira Krebsovim ciklusom. Za taj proces je potrebno vrijeme pa čak i od nekoliko sati ukoliko je rad bio jako intenzivan. Anaerobni sustavi izazivaju snažan biokemijski, živčani i strukturalni odgovor organizma. (Matković, 2009.).

1.2.2. Aerobni energetski sustav

Aerobni i anaerobni energetski sustav rade istovremeno samo u različitim omjerima ovisno o tipu aktivnosti. Aerobni energetski sustav stvara energiju oksidacijom ugljikohidrata i masti za aktivnosti srednjeg i dužeg trajanja te niskog i umjerenog intenziteta. Zaliha glikogena u mišićima, krvi i jetri ima dovoljno za 90 minuta rada. Pri aerobnom stvaranju energije transportni sustav za kisik osigurava dovoljnu količinu kisika, te u lancu oksidativnih procesa koji čine Krebsov ciklus i oksidativna fosforilacija unutar mitohondrija od jednog mola glukoze nastaje 38 molova ATP-a (Guyton i Hall, 2003). Aerobni sustav je znatno sporiji od anaerobnom, međutim, znatno je i ekonomičniji jer ne remeti pH vrijednost i homeostazu organizma.

1.2.3. Maksimalni primitak

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 (Vučetić, 2007). Također se može definirati i kao količina kisika koju organizam može potrošiti u jednoj minuti. Primitak kisika izražava se u apsolutnim i relativnim vrijednostima. Apsolutni maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) odnosi se na litre kisika potrošenih u jednoj minuti (LO_2/min), dok se relativni apsolutni primitak kisika (RVO_{2max}) se dobije da se apsolutni pretvori u mililitre i podijeli po kilogramu tjelesne mase ($mLO_2/kg^{-1}min^{-1}$). Maksimalni primitak kisika ovisi o sposobnosti srčano-žilnog i dišnog sustava da dopremi atmosferski kisik do mišićnih stanica i sposobnosti radne muskulature da taj kisik iskoristi. Relativni maksimalni primitak kisika bolji je pokazatelj spremnosti jer apsolutni maksimalni primitak kisika ovisi i o veličini osobe te stoga može nekada uzrokovati i pogrešku u tumačenju rezultata.

Apsolutni maksimalni primitak kisika može se izračunati pomoću formula:

$$\mathbf{VO2max = MVDmax \times \Delta O2\ (I - E)max}$$

pri čemu se MVD minutni volumen disanja korigiran faktorom STPD*, a ΔO2 (I - E) inspiracijsko ekspiracijska razlika u koncentraciji kisika, ili prema formuli:

$$\mathbf{VO2max = MVS \times \Delta O2\ (A\text{-}V)}$$

pri čemu je MVS minutni volumen srca, a ΔO2 (A-V) arterijsko-venska razlika u koncentraciji kisika u krvi (Vučetić, 2007).

1.2.4. Aerobni i anaerobni prag

Uz maksimalni primitak kisika za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta određuju se još i dva metabolička praga: aerobni i anaerobni prag. Pomoću ta dva praga odjeljuju se tri zone intenziteta (Skinner, McLellan, 1980.): lagana, umjerena i teška, te su od velike pomoći pri planiranju i programiranju. Prvi prag je aerobni prag ili drugim nazivom prvi ventilacijski prag (AeP) koji predstavlja laganu aktivnost pri kojoj primitak kisika postiže stabilnu vrijednost. AeP se prelazi pri intenzitetu od 40 – 60 % VO_{2max} što dovodi do porasta koncentracije mliječne kiseline gdje se količina od 1.5 - 2 mmola/L smatra AeP. Iako je razina viša nego u mirovanju i dalje je moguće održavati ravnotežu akumulacije i razgradnje laktata. Drugim riječima 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 ili drugi ventilacijski prag (AnP) je termin koji se koristi da se opiše prelazak iz pretežno aerobnog režima rada u pretežno anaerobni. Teži tjelesni rad dodatno nakuplja mliječnu kiselinu te označava maksimalni intenzitet rada pri kojem je moguća ravnoteža 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 VO2 i stabilne koncentracije mliječne kiseline u krvi. Razina intenziteta pri kojem se prelazi anaerobni prag iznosi 80 – 90% VO_{2max} (postoje razlike kod netreniranih osoba i kod aerobnih sportaša) gdje laktati dostižu vrijednosti od 3-6 mmol/L. Prelazak dalje u teži rad i potpuni anaerobni režim rada ograničava daljnji nastavak aktivnosti (Billat, 1996.).

1.2.5. Algoritam za procjenu VO_{2max}

Danski istraživači su kreirali formulu za procjenu VO_{2max} koja je bazirana temeljem maksimalne frekvencije srca i frekvencije srca u mirovanju prema formuli:

$$\mathbf{VO_{2max} = 15 \cdot HR_{max}/HR_{rest}}\ \textbf{(Uth i sur. 2003)}$$

Procjena VO_{2max} moguća je i putem progresivnog testa opterećenja na pokretnom sagu. Maksimalni primitak kisika procijenjen je pomoću maksimalne postignute brzine u testu te je prema jednadžbi brzina u testu direktno povezana sa VO_{2max}. Jednadžba glasi:

$$\mathbf{vVO_{2max} = VO_{2max}/Cr}\ \textbf{(Billa i sur., 1994 b, prema Billa i Lopez 2006)}$$

U jednadžbi 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 trčanja izražen u $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Prosječni Cr iznosi 0,210 ml $O_2 kg^{-1} \cdot m^{-1}$. To nam govori da svaki puta kada se brzima podigne za 1 $km \cdot h^{-1}$ (odnosno, 16,6 $m \cdot min^{-1}$) dodatni Cr je 0,210 ml $O_2 kg^{-1} \cdot m^{-1}$ x 16,6 $m \cdot min^{-1}$ = 3,5 ml $O_2 kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

Iz toga slijedi,

$$\mathbf{vVO_{2max} = VO_{2max}/Cr\ ili}$$

$$\mathbf{vVO_{2max}\ (km \cdot h^{-1}) = VO_{2max}/3{,}5}$$

Primjer:

Ako je vVO_{2max} = 14 $km \cdot h^{-1}$

$$\mathbf{VO_{2max} = 3{,}5\ ml\ O_2 kg^{-1} \cdot min^{-1}\ x\ 14\ km \cdot h^{-1} = 49\ ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}}$$

Algoritam za procjenu VO_{2max} je iznimno korisna matematička operacija. Omogućava nam poprilično točnu pretpostavku koliki maksimalni primitak ima sportaš. Ukoliko nema mogućnosti preciznog testiranja putem laboratorija i mjerenja ventilacijskih parametra, određivanje VO_{2max} putem algoritma odlična je pomoć.

2. PROBLEM

U planiranju i programiranju treninga dijagnostika sportaševa stanja je neizostavan dio. Brojni su parametri se testiraju za utvrđivanje stupnja treniranosti: motoričke sposobnosti, antropometrijske karakteristike, funkcionalne sposobnosti itd. Ono što je teško ispitati bez sofisticirane opreme su funkcionalne sposobnosti odnosno ventilacijski parametri te parametri srčane frekvencije. Poboljšanje tih parametara uvelike će poboljšati sportaševu izvedbu i zbog toga im se pridaje velika važnost. Međutim, bez obzira na sav napredak tehnologije, znanja i sposobnosti trenera i raznih drugih stručnjaka nekada je vrlo teško i nedostupno testirati sportaša u laboratoriju zbog brojnih razloga: skupo testiranje, manjak vremena, veliki broj sportaša i dr. To može dovesti trenera do problema jer ako ne poznaje određene parametre (VO_{2max}, RVO_{2max}, HR_{anp}, itd.) jako teško će planirati i programirati trening i ostvariti željene efekte treninga.

Intencija ovog rada je bila prikazati i izračunati algoritme uz pomoć kojih se može jednostavnije, a zadovoljavajuće točno izračunati parametre za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta pomoću progresivnog testa opterećenja sa ruski zvonom.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Nema velikog broja istraživanja koja su provedena s ruskim zvonom. Područje je relativno novo i neistraženo te ostavlja dosta prostora za daljnja istraživanja. Prvi progresivni tests za procjenu VO_{2max} s ruskim zvonom osmislili su Šentija i suradnici 2017. Međutim, brojna su istraživanja provedena na pokretnom sagu. Prvi protokoli sastojali su se od progresivnih diskontinuiranih stupnjeva opterećenja, odvojenih kraćim ili dužim vremenskim intervalima. Cilj protokola bio je da se dostigne opterećenje pri kojem nema više porasta primitka kisika. Danas se najčešće koriste progresivni testovi opterećenja na pokretnom sagu gdje se porast opterećenja postiže povećanjem nagiba, brzine saga ili i brzine i nagiba istovremeno (Froelicher i sur., 1974; Medved, 1987; Bruce i sur.,1973; Ward i sur., 1998).

Koutlianos i sur. (2013) za cilj istraživanja je bila neizravna procjena VO_{2max} pomoću ACSM jednadžbe za Bruceov protokol za sportaše iz različitih sportova i usporedba sa izravnim mjerenjem, kao drugo da se razvije regresijski model procjene VO_{2max} za sportaše. Ispitanici 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 x brzina) + (0.9 x brzina x nagib) + 3.5 (ACSM jednadžba), b) regresijska analiza koristeći model „Enter“ metoda, c) stepenasta metoda bazirana na izmjerenim podatcima za VO_{2max}. Kao nezavisne varijable korištene su: godine, BMI, brzina, nagib i vrijeme trajanja tjelovježbe. Rezultati su pokazali da je regresijska analiza pomoću „Enter“ metode dala jednadžbu (R = 0,64, standardna pogreška procjene (SEE) = 6,11): VO_{2max} (ml · kg $^{-1}$ · min $^{-1}$) = 58,443 - (0.215 · age) - (0.632 · BMI) - (68,639 · stupnja) + (1.579 · vrijeme), korak po korak metoda (R = 0,61, SEE = 6.18) dovelo je do: VO_2max (ml · kg^{-1} · min $^{-1}$) = 33,971 - (0.291 · godine) + (1.481 · vrijeme). Izračunate vrijednosti VO_2max se nisu bitno razlikovale od izmjerenog VO_{2max} koji je dobiven pomoću regresijskog modela ($p>0,05$). Naprotiv, VO_{2max} izračunat iz ASCM jednadžbe je bio znatno viši od izmjerenog za 14,6% ($p<.05$). Zaključak je da ACSM jednadžba nije sposobna predvidjeti VO_{2max}, dok regresijski modeli umjereno procjenjuju izmjereni VO_{2max} sa predviđanim.

Sproule i sur. (1993) su u svom istraživanju usporedili rezultate direktnog i indirektnog mjerenja maksimalnog primitka kisika (VO_{2max}) kod Azijske populacije. 20 ispitanika, svi studenti tjelesne i zdravstvene kulture, su direktno procijenjeni putem laboratorijskog trčanja na pokretnom sagu za određivanje VO_{2max}. Indirektna procjena VO_{2max} je dobivena koristeći modificirani oblik Leger i Lamber 20-m višestaznim naizmjeničnim testom trčanja (20-MST). U obadva testa mjerena je frekvencija srca. Pearsonov koeficijent korelacije potvrdio je test-retest pouzdanost i za direktno i indirektno mjerenje (r=0.90 i r=0.91). Razlike u test-retestu nisu značajne. Nisu pronađene razlike u između maksimalnog odgovora srčane frekvencije ispitanika za direktni i indirektni test. 75% ispitanika imali su niže predviđenu vrijednost VO_{2max} ($P < 0.01$) uspoređenih s rezultatima dobivenim direktnim mjerenjem kada je korištena Ramsbottom norma za 20-MST. Razlog ove razlike može biti uslijed različitih rasnih skupina korištenih kao ispitanici, klimatski uvjeti u Singapuru ili mali uzorak ispitanika. Kako bi 20-MST test bio smatra valjana mjera aerobnih sposobnosti u Singapuru s Azijskom populacijom preporučaju se daljnja istraživanja.

Klusiewicz i sur. (2016) su za cilj istraživanja ocijenili korisnost indirektne metode za procjenu VO_{2max} kao procjena tjelesnog (fizičkog) kapaciteta treniranih muških i ženskih veslača tijekom trenažnog ciklusa. Grupa veslača izvršili su test maksimalnog intenziteta

simulirajući distancu reagate (2 km test) i submaksimalni progresivni test na veslačkom ergometru. Pogodnost indirektne metode za procjenu VO_{2max} tijekom trenažnog ciklusa je ocjenjen izvođenjem testa dva puta: kod žena u intervalu od 5 mjeseci i kod muškaraca u intervalu od 7 mjeseci. Kod indirektne procjene $VO_{2max,}$ regresijska formula je dobivena iz linearne povezanosti između korištenih indeksa ispitivanja napora bazirani na 1) srednja snaga dobivena u 2 km testu, i 2) submaksimalna vježbe nakon procjene PWC170. Iako je pogodnost dvostruke indirektne metode za procjenu VO_{2max} statistički potvrđena, njegova korisnost za procjenu promjena tjelesnih sposobnosti kod treniranih veslača tijekom trenažnog ciklusa bila je prilično niska. Takvo mišljenje proizlazi iz činjenice da je ukupna pogreška ovih metoda (raspon između 4.2 – 7.7% kod ženskih i 5.1-7.4% kod muških veslača) je viša nego stvarne razlike u VO_{2max} vrijednostima utvrđenih direktnim mjerenjem (između prve i druge procjene maksimalni primitka kisika porastao je za 3% kod ženskih veslača i smanjen za 4.3% kod muških veslača).

Batista i sur. (2013) za cilj istraživanja je bio procijeniti valjanost 4 regresijske jednadžbe za procjenu vršne vrijednosti primitka kisika (VO_{2peak}) iz *20* metarskog beep testa za adolescente u dobi od 11 do 13. Ispitanici su proveli *20* metarski beep test i jedan progresivni maksimalni test za direktnu analizu vršnog primitka kisika (VO_{2peak}). Korištene su 4 linearne regresijske jednadžbe za procjenu vršnog primitka kisika (VO_{2peak}): Barnett i sur. (jednadžba 1), Leger i sur. (jednadžba 2), Mahar i sur. (jednadžba 3) i Matsuzaka i sur. (jednadžba 4). Za dječake, jedino se treća jednadžba za procjenu vršnog primitka kisika (VO_{2peak}) nije razlikovala od direktno izmjerenog ($p>0.05$). Jednadžbe 1,2 i 4 su podcijenili vršni primitka kisika (VO_{2peak}) dok je treća jednadžba precijenila, pogotovo kod djevojčica ($p<0.05$). Pronađene su velike razlike između referentne metode i 4 jednadžbe, sa višom procjenom vrijednosti kod jednadžbe 2 za dječake (8.36 ± 15.24 ml $\cdot$ kg^{-1} $\cdot$ min^{-1}) i djevojčice (2.45 ± 12.63 ml $\cdot$ kg^{-1} $\cdot$ min^{-1}). Najviša korelacija je kod četvrte jednadžbe za dječake ($r = 0.80$), jednadžba 1 za djevojke ($r = 0.72$), a jednadžba 3 za ukupan uzorak ($r = 0.80$). Zaključak je da treća jednadžba najbolje predviđa vršni primitka kisika (VO_{2peak}) u testu za adolescente od 11 do 13 godina.

4. CILJ

Izračunati i predložiti algoritme za procjenu parametara aerobnog energetskog kapaciteta (VO_{2max}, RVO_{2max}, RZM_{max} te RZM_{anp}) temeljem parametara izmjerenih progresivnim testom opterećenja sa ruskim zvonom.

Intencija ovog rada je bila prikazati i izračunati algoritme uz pomoć kojih se može jednostavnije, a zadovoljavajuće točno izračunati parametre za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta pomoću progresivnog testa opterećenja sa ruski zvonom.

5. METODE RADA

5.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika u ovom radu sastojao se od 2 žene i 8 muškaraca prosječne dobi 25,9±4,0, visine 175,8 ±13,3 cm te težine 73,1±21,1 kg. Svi ispitanici su studenti Kineziološkog fakulteta te su uključeni u određeni oblik treninga duži niz godina. Uvjet za odabir ispitanika bio je uredan zdravstveni status te pravilna tehnika izvođenja zamah s RZ po „*hardstyle*“ pravilima. Svi ispitanici su dobrovoljno pristupili testiranjima te je testiranje provedeno u skladu s etičkim principima. Testiranje je provedeno na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu.

5.2. Uzorak varijabli

Svi ispitanici po dolasku u Sportsko dijagnostički centar Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, bili su upućeni u plan i program testiranja te koje će varijable biti mjerene i praćene. Mjerile su se osnovne kinantropometrijske karakteristike/mjere te parametri energetskog kapaciteta putem progresivnog testa opterećenja s RZ i progresivnog testa opterećenja na pokretnom sagu.

5.2.1. Kinantropometrijske mjere

Kod ispitanika bile su nam potrebne samo dvije kinantropometrijske mjere: tjelesna masa (kg) i tjelesna visina (cm). Tjelesnu visinu mjerili smo antropometrom. Ispitanik stoji na ravnoj podlozi, s težinom raspoređenom 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 (točka *vertex*) tako da

prianja čvrsto, ali bez pritiska. (Mišigoj, 2008.). Masu tijela mjerili smo pomoću TANITE. Ispitanik bi u donjem rublju stao na TANITU te bi se uzela vrijednost koju pokaže TANITA.

5.2.2. Parametri za procjenu energetskih kapaciteta

Uzorak varijabli čine procijenjeni i izmjereni parametri dobiveni progresivnim testom opterećenja s RZ. Ventilacijski parametri su praćeni i prikupljeni pomoću sustava CORTEX METAMAX 3B (CM3B). Parametri srčane frekvencije praćeni su i prikupljani pomoću monitora srčane frekvencije POLAR H7. CMB3 i POLAR H7 povezani su sa MetaSoft studio programom radi prikupljanja i obrade podataka.

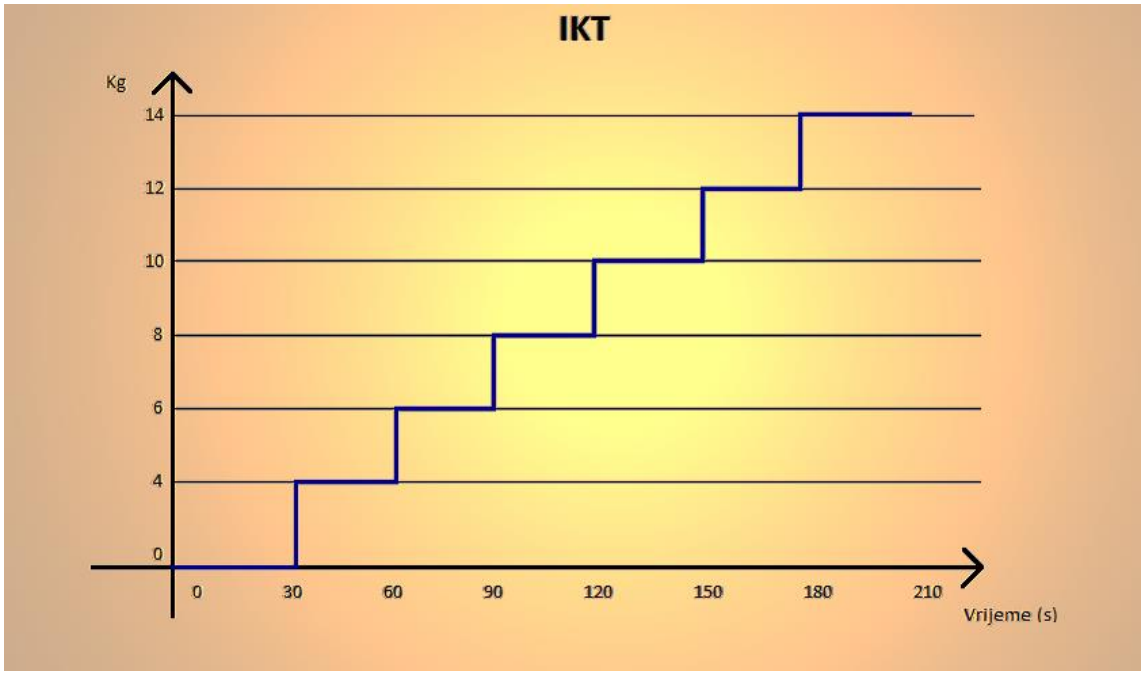
Tablica 1. Prikaz svih parametara korištenih u istraživanju

Br.	Naziv	Mj. Jedinica	ID testa
1	Maksimalni primitak kisika u testu s RZ	lO_2/min	RZ-VO_{2max}
2	Relativni maksimalni primitak kisika u testu s RZ	mlO_2/kg/min	RZ-RVO_{2max}
3	Maksimalna frekvencija srca (RZ)	otk/min	RZ-FS_{max}
4	Frekvencija srca pri anaerobnom pragu (RZ)	otk/min	RZ-FS_{anp}
5	Maksimalna dostignuta masa RZ	kg	RZM_{max}
6	Masa RZ pri anaerobnom pragu	kg	RZM_{anp}
7	Maksimalni primitak kisika u progresivnom testu na pokretnom sagu	lO_2/min	VO_{2max}
8	Relativni maksimalni primitak kisika u progresivnom testu na pokretnom sagu	mlO_2/kg/min	RVO_{2max}

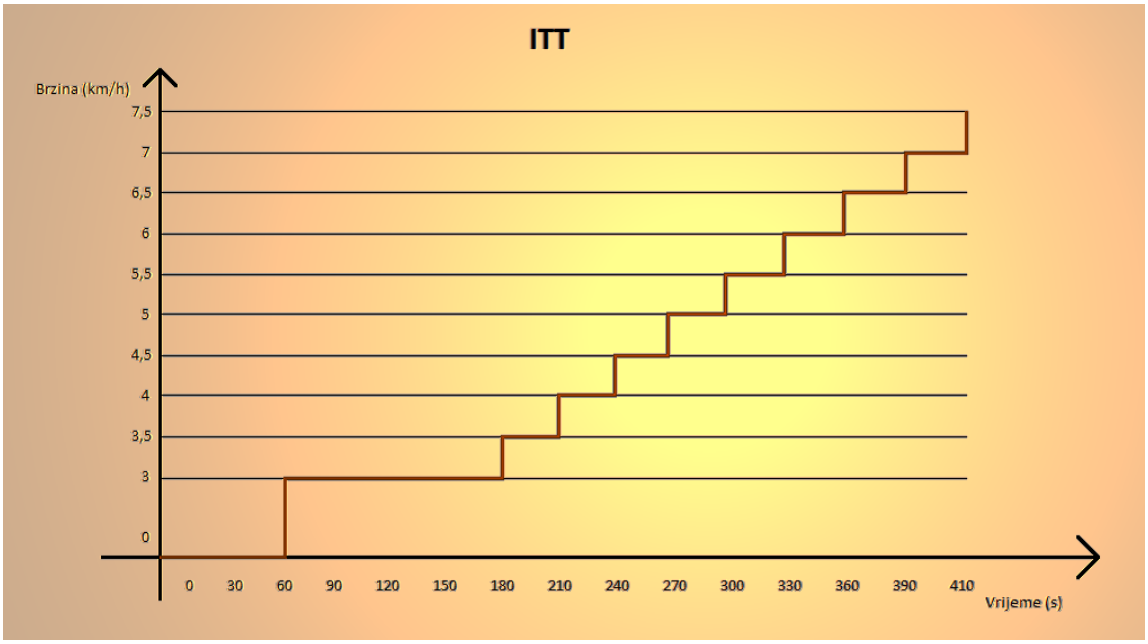
5.2.3. Opis progresivnog testa s RZ

Prvi test koji se provodio bio je progresivni test opterećenja s ruskim zvonom. Prije testa svi ispitanici su dobili jasne verbalne upute te demonstraciju. Prije testiranja ispitanici su prošli lagano zagrijavanje dinamičkim istezanjem. Po završetku dinamičkog istezanja slijedio je period mirovanja od 2 minute, kako bi se stabilizirao puls, a koji je ujedno i početak testa. Nakon 2 minute mirovanja slijedi 30 sekundi imitacije zamaha RZ kao dodatna priprema mišićnih skupina za veća opterećenja. Nakon imitacije započinje rad s RZ. Svaka razina traje 30 sekundi bez odmora te je početna težina RZ 4 kilograma. Po završetku 30 sekundi ispitanik uzima RZ teže za 2 kilograma i tako svaku sljedeću razinu do stanja u kojem više ne može

nastaviti izvoditi zamah s RZ (4, 6, 8, 10, 12, itd.). Od ispitanika se traži da na svakoj razini radi maksimalno brzo i maksimalno jako te pokuša napraviti što veći broj zamaha s RZ. Test završava kada ispitanik više nije u stanju izvoditi zamahe iz bilo kojeg razloga. Nakon završetka testa slijedi period od 5 minuta oporavka (Dajaković, 2017).



Prikaz 1. Progresivni test opterećenja s ruskim zvonom (Dajaković, 2017).



Prikaz 2. Progresivni test opterećenja na pokretnom sagu (Dajaković, 2017).

5.2.4. Opis progresivnog testa na pokretnom sagu

Drugi test koji se provodio bio je progresivni test opterećenja na pokretnom sagu (ITT). ITT je standardni test za procjenu aerobnog i anaerobnog energetskog kapaciteta. Test se sastoji od 4 faze: mirovanje, zagrijavanje, glavni dio testa te oporavka. Nakon dinamičkog istezanja slijedi mirovanje od 1 minute. Nakon isteka 1 minute započinje faza zagrijavanja gdje se pokretni sag kreće brzinom od 3 km/h pri nagibu od 1% u trajanju od 2 minute. Slijedi glavni dio testa gdje pokretni sag po isteku 2 minute ubrzava za 0,5km/h i tako svakih 30 sekundi. Test završava kada ispitanik nije u mogućnosti nastaviti. Nakon završetka slijedi faza odmora u kojoj ispitanik hoda pri brzini od 5 km/h (Dajaković, 2017).

5.3. Metoda obrade podataka

Nakon završenih mjerenja i prikupljenih podatak slijedi njihova obrada. Sve rezultate potrebno je unijeti, analizirati te obraditi. Rezultati su uneseni u Microsoft Office Excel 2016. program za Windows 10. Nakon čega se statistička analiza svih rezultata radila u programu *Statistica for Windows 12.0.* Program omogućava računanje osnovnih statističkih parametara, analizu, usporedbu te grafički i tablični prikaz dobivenih rezultata. Dodatni izračuni te grafički prikazi su analizirani u programu Excel.

Za dobivanje osnovnih statističkih parametara za svaku varijablu koristila se Deskriptivna statistika. Pomoću deskriptivne statistike dobiju se parametri: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), maksimalna (Max) i minimalna (Min) vrijednost te mjere asimetrije i zakrivljenosti, skewness (Skew) i kurtosis (Kurt).

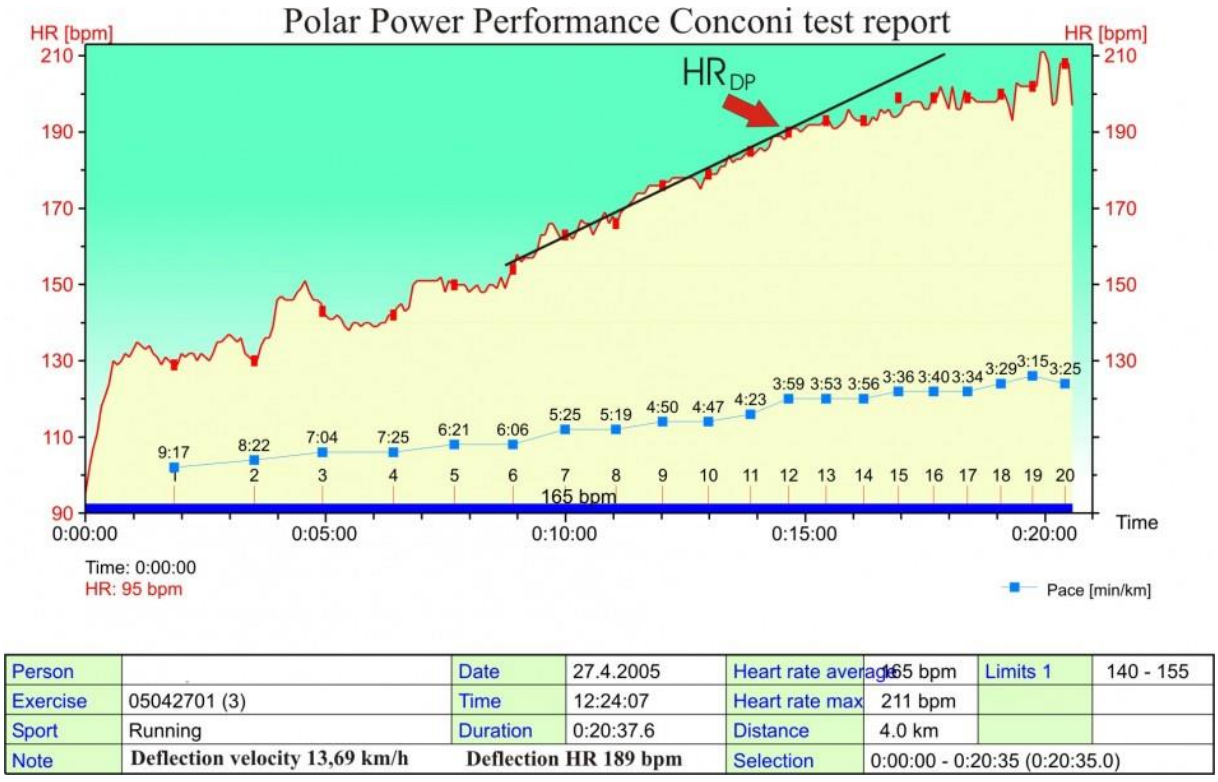
Pomoću multipla regresijske analize dobili smo informacije za zavisne varijable (RZ-VO_{2max}, RZ-RVO_{2max}, VO_{2max} i RVO_{2max}) pomoću nezavisnih varijabli (visina(cm), težina(kg), RZM_{max} (kg), RZM_{anp} (kg)

5.3.1. Metoda određivanja anaerobnog praga

Tijekom testiranja ispitanici su nosili POLAH H7 pojas koji je bio povezan s laptopom i programom MetaSoft Studio, pomoću kojeg smo dobili maksimalnu frekvenciju (FS_{max}). Za svakog ispitanika napravljen je graf sa srčanom frekvencijom gdje se odredila točka defleksije. Pomoću točke defleksije procijenjena je frekvencija srca na pragu (FS_{anp}).

Točka defleksije označava točku gdje dolazi do odstupanja od linearnog porasta srčane frekvencije s porastom intenziteta rada, a povezana je s anaerobnim pragom sportaša. Prvi koji je počeo koristit točku defleksije bio je Conconi. Povezao je točku defleksije frekvencije srca s iznenadnim nakupljanjem mliječne kiseline (laktata) te je ustvrdio da se te dvije pojave događaju gotovo istovremeno (defleksija frekvencije srca i laktatni prag). Conconi preporuča svoj test za određivanje anaerobnog praga za sve sportove, međutim brojna su istraživanja provedena na tu temu te su čak i modificirali Conconijev test (Ballarin i sur., 1989.; Conconi i sur., 1988., 1996.; Grazzi i sur., 1999.; Cellini i sur., 1986.; Droghetti i sur., 1985; Vučetić i sur. 2014., Kruel i sur. 2013., Baiget i sur. 2015., Siahkouhian i Meamrbashi 2013.).

Točka defleksije (engl. heart rate deflection point) je definirana kao promjena frekvencije srca ili prema dolje ili prema gore od same linearnosti frekvencije srca tijekom progresivnog testa. Drugim riječima kod submaksimalnih i maksimalnih opterećenja srčana frekvencija odstupa od linearnosti. Metoda određivanja je putem izrade grafa srčane frekvencije. Točka na kojoj srčana frekvencija odstupa od linearnosti uzima se za točku defleksije. Iako nije 100% pouzdana metoda općeprihvaćena je u svijetu kondicijske pripreme.



Person		Date	27.4.2005	Heart rate average	165 bpm	Limits 1	140 - 155
Exercise	05042701 (3)	Time	12:24:07	Heart rate max	211 bpm		
Sport	Running	Duration	0:20:37.6	Distance	4.0 km		
Note	**Deflection velocity 13,69 km/h**	**Deflection HR 189 bpm**		Selection	0:00:00 - 0:20:35 (0:20:35.0)		

Prikaz 2. Prikaz točke defleksije u Conconijevom testu.

6. REZULTATI I DISKUSIJA

6.1. Deskriptivna analiza rezultata

Analizom i obradom osnovnih statističkih parametara deskriptivnom analizom izračunate i dobivene su sljedeće vrijednosti: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), raspon rezultata za minimalne (min) i maksimalne (max) vrijednosti, te mjere asimetrije i zakrivljenosti, skewness (Skew) i kurtosis (Kurt) (Tablica 2).

Tablica 2. Prikaz parametara dobivenih deskriptivnom analizom testa

Varijable	AS±SD	max – min	Skew	Kurt
Visina (cm)	181,32±9,29	189,10 – 162,40	-1,45	1,03
Masa (kg)	78,73±12,73	94,20 – 52,00	-1,00	0,98
RZ-$VO2_{max}$ (lO2/min)	3,06±0,64	3,54 – 1,55	-1,61	1,94
RZ-$RVO2_{max}$ (mlO2/kg/min)	38,65±4,66	46,87 – 29,75	-0,11	0,34
RZM_{max} (kg)	25,00±5,19	32 – 18	0,22	-1,55
RZM_{anp} (kg)	18,60±4,90	26 - 12	0,13	-1,10
VO_{2max}(lO2/min)	3,98±0,75	4,82 – 2,23	-1,58	2,81
RVO_{2max}(mlO2/kg/min)	49,68±6,29	61,58 – 39,63	0,09	0,65
RZ-FS_{max} (o/min)	185,20±8,84	198,00 – 171,00	0,12	-0,71
RZ-FS_{anp}(o/min)	177,60±6,77	188,00 – 167,00	-0,04	-0,73

6.2. Regresijska analiza i prijedlog algoritma pomoću RZ za procjenu VO_{2max} i RVO_{2max} postignutog progresivnim testom na pokretnom sagu

Varijable koje smo dobili prije samog testiranja su: visina ispitanika (mjerena antropometrom) te masa ispitanika (mjerena TANITOM). Nakon obadva testa varijable koje smo dobili su: RZM_{max}, RZM_{max}, VO_{2max} i RVO_{2max}. Varijable primitka kisika dobivene su pomoću CM3B.

Tablica 3. Regresijska analiza za zavisnu varijablu VO_{2max}

N=10	b*	Std.Err.	b	Std.Err.	t(5)	p-value
Intercept			-10,2141	2,210231	-4,62128	0,005729
vis (cm)	0,957202	0,210355	0,0772	0,016960	4,55041	0,006110
Masa (kg)	-0,260669	0,211876	-0,0153	0,012467	-1,23029	0,273309
RZM_{max} (kg)	0,015474	0,132968	0,0022	0,019205	0,11638	0,911883
RZManp (kg)	0,475733	0,126890	0,0727	0,019381	3,74916	0,013305

Iz tablice 3 pomoću regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu VO_{2max}. Izračunati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statistički je značajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, odnosno 97% ($R = 0,98$; $p<0,00072$) varijance varijable VO_{2max} ovisi upravo o rezultatima nezavisnih varijabli te vrlo precizno možemo procijeniti VO_{2max} koji se ostvari na pokretnom sagu, a izmjeren u laboratoriju. Prikaz algoritma:

$$VO_{2max} = -10,2141 + (0,0772 \times vis) + (-0,0153 \times Masa) + (0,0022 \times RZM_{max}) + (0,0727 \times RZM_{anp})$$

Tablica 4. Regresijska analiza za zavisnu varijablu RVO_{2max}

N=10	b*	Std.Err.	b	Std.Err.	t(5)	p-value
Intercept			-90,6347	41,33674	-2,19259	0,079835
vis (cm)	1,48591	0,468723	1,0055	0,31719	3,17013	0,024811
Masa (kg)	-1,53372	0,472111	-0,7574	0,23316	-3,24865	0,022730

RZM_{max} (kg)	0,01872	0,296286	0,0227	0,35918	0,06319	0,952062
RZManp (kg)	0,71512	0,282743	0,9168	0,36247	2,52924	0,052579

Iz tablice 4 pomoću regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu RVO_{2max}. Izračunati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statistički je značajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, odnosno 83% (R = 0,91; p<0,03581) varijance varijable RVO_{2max} ovisi upravo o rezultatima nezavisnih varijabli te vrlo precizno možemo procijeniti RVO_{2max} koji se ostvari na pokretnom sagu, a izmjeren u laboratoriju. Prikaz algoritma:

$$RVO_{2max} = -90{,}6347 + (1{,}0055 \times vis) + (-0{,}7574 \times Masa) + (0{,}0227 \times RZM_{max}) + (0{,}9168 \times RZM_{anp})$$

6.2.1. Parcijalna korelacija

Tablica 5. Parcijalna korelacija za zavisnu varijablu VO_{2max}

Variable	vis(cm)	Masa(kg)	RZM_{max}(kg)	RZManp (kg)	VO_{2max} (LO2/min)
vis (cm)	1,000000	0,919796	0,411513	0,301207	0,867102
Masa (kg)	0,919796	1,000000	0,426068	0,322249	0,779659
RZM_{max} (kg)	0,411513	0,426068	1,000000	0,760349	0,660036
RZManp (kg)	0,301207	0,322249	0,760349	1,000000	0,691814
VO_{2max}(LO2/min)	0,867102	0,779659	0,660036	0,691814	1,000000

Parcijalna korelacije iz tablice 5 pokazuje povezanost između zavisne varijable VO_{2max} te ostalih nezavisnih varijabli korištenih za algoritam.

Tablica 6. Parcijalna korelacija za zavisnu varijablu RVO_{2max}

Variable	vis(cm)	Masa(kg)	RZM_{max}(kg)	RZManp (kg)	VO_{2max} (LO2/min)
vis (cm)	1,000000	0,919796	0,411513	0,301207	0,298305
Masa (kg)	0,919796	1,000000	0,426068	0,322249	0,071437

RZM_{max} (kg)	0,411513	0,426068	1,000000	0,760349	0,520470
RZManp (kg)	0,301207	0,322249	0,760349	1,000000	0,682686
RVO_{2max}(LO2/min)	0,298305	0,071437	0,520470	0,682686	1,000000

Parcijalna korelacije iz tablice 6 pokazuje povezanost između zavisne varijable RVO_{2max} te ostalih nezavisnih varijabli korištenih za algoritam.

6.3.Regresijska analiza i prijedlog algoritma za RZ

Varijable koje smo dobili prije samog testiranja su: visina ispitanika (mjerena antropometrom) te masa ispitanika (mjerena TANITOM). Nakon obadva testa varijable koje smo dobili su: RZM_{max}, RZM_{max}, RZ-VO_{2max} i RZ-RVO_{2max}. Varijable primitka kisika dobivene su pomoću CM3B.

Tablica 7. Regresijska analiza za zavisnu varijablu RZ-VO_{2max}

N=10	b*	Std.Err.	b	Std.Err.	t(5)	p-value
Intercept			-9,49880	2,722570	-3,48891	0,017491
vis (cm)	0,872856	0,273254	0,06673	0,020891	3,19430	0,024149
Masa (kg)	-0,151613	0,275229	-0,00846	0,015356	-0,55086	0,605438
RZMmax (kg)	0,173819	0,172728	0,02381	0,023657	1,00632	0,360450
RZManp (kg)	0,277162	0,164832	0,04014	0,023873	1,68148	0,153499

Iz tablice 7 pomoću regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu RZ-VO_{2max}. Izračunati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statistički je značajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, odnosno 94% ($R = 0,9$; $p<0,00263$) varijance varijable RZ-VO_{2max} ovisi upravo o rezultatima nezavisnih varijabli te vrlo precizno možemo procijeniti RZ-VO_{2max} koji se ostvari na pokretnom sagu, a izmjeren u laboratoriju. Prikaz algoritma:

$$RZ\text{-}VO_{2max} = -9,49880 + (0,06673 \times vis) + (-0,00546 \times Masa) + (0,02381 \times RZM_{max}) + (0,04014 \times RZM_{anp})$$

Tablica 8. Regresijska analiza za zavisnu varijablu RZ-RVO_{2max}

N=10	b*	Std.Err.	b	Std.Err.	t(5)	p-value
Intercept			-86,4310	36,79513	-2,34898	0,065643
vis (cm)	1,48970	0,480911	0,8746	0,28234	3,09767	0,026924
Masa (kg)	-1,34984	0,484386	-0,5784	0,20754	-2,78671	0,038595
RZMmax (kg)	0,07853	0,303990	0,0826	0,31972	0,25832	0,806458
RZManp (kg)	0,61499	0,290095	0,6840	0,32265	2,11997	0,087509

Iz tablice 8 pomoću regresijske analize smo dobili informacije za zavisnu varijablu RZ-RVO_{2max}. Izračunati algoritam za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta statistički je značajan i jako dobro korelira sa nezavisnim varijablama, odnosno 82% (R = 0,92; p<0,04042) varijance varijable RZ-RVO_{2max} ovisi upravo o rezultatima nezavisnih varijabli te vrlo precizno možemo procijeniti RZ-RVO_{2max} koji se ostvari na pokretnom sagu, a izmjeren u laboratoriju. Prikaz algoritma:

$$RZ\text{-}RVO_{2max} = -86{,}4310 + (0{,}8746 \times vis) + (-0{,}5784 \times Masa) + (0{,}0826 \times RZM_{max}) + (0{,}6840 \times RZM_{anp})$$

6.3.1. Parcijalna korelacija

Tablica 9. Parcijalna korelacija za zavisnu varijablu RZ-VO_{2max}

Variable	vis(cm)	Masa(kg)	RZM_{max}(kg)	RZManp (kg)	RZ-VO_{2max} (LO2/min)
vis (cm)	1,000000	0,919796	0,411513	0,301207	0,888416
Masa (kg)	0,919796	1,000000	0,426068	0,322249	0,814611
RZM_{max} (kg)	0,411513	0,426068	1,000000	0,760349	0,679154
RZManp (kg)	0,301207	0,322249	0,760349	1,000000	0,623378
RZ-VO_{2max}(LO2/min)	0,888416	0,814611	0,679154	0,623378	1,000000

Parcijalna korelacije iz tablice 9 pokazuje povezanost između zavisne varijable RZ-VO_{2max} te ostalih nezavisnih varijabli korištenih za algoritam.

Tablica 10. Parcijalna korelacija za zavisnu varijablu RZ-RVO_{2max}

Variable	vis(cm)	Masa(kg)	RZM_{max}(kg)	RZManp (kg)	RZ-RVO_{2max} (LO2/min)
vis (cm)	1,000000	0,919796	0,411513	0,301207	0,465674
Masa (kg)	0,919796	1,000000	0,426068	0,322249	0,252014
RZM_{max} (kg)	0,411513	0,426068	1,000000	0,760349	0,584041
RZManp (kg)	0,301207	0,322249	0,760349	1,000000	0,688421
RZ-RVO_{2max}(LO2/min)	0,465674	0,252014	0,584041	0,688421	1,000000

Parcijalna korelacije iz tablice pokazuje povezanost između zavisne varijable RZ-RVO_{2max} te ostalih nezavisnih varijabli korištenih za algoritam.

7. ZAKLJUČAK

U svijetu kineziologije, sporta i treninga napravili su se brojni pomaci u odnosu na prije desetak, dvadeset godina. Izlaze brojne nove tehnologije treninga, ali i tehnologije dijagnostike stanja sportaša. Veliki je plus što je danas moguće znatno preciznije utvrditi stanje sportaša, te na osnovu toga i bolje planirati i programirati trening. Dijagnostički laboratoriji su opremljeni vrhunskom opremom i vrhunskim stručnjacima. Međutim, javlja se problem što sve sofisticiranija i bolja oprema je ujedno i skuplja. Laboratorijska testiranja, koja su najbolji način za utvrđivanje sportaševog stanja, imaju svoju određenu vrijednost i cijenu koju si ne mogu svi priuštiti. Cilj ovog rad je bio prikazati kako je pomoću jednostavnog alata, koji je svakom dostupan, vrlo jednostavno moguće provesti testiranje sportaša te vrlo precizno procijeniti parametre za procjenu energetskih kapaciteta. Maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) jako je bitan parametar za svakog trenera i sportaša i stoga se posvećuje velika pažnja njegovom određivanju kod sportaša. Pomoću VO_{2max}, ventilacijskih pragova te frekvencije srca, može se vrlo lako planirati i programirati trening za razvoj aerobnog i/ili anaerobnog kapaciteta.

U istraživanju su ispitanici prolazili kroz progresivni test opterećenja na pokretnom sagu te progresivni test opterećenja s ruskim zvonom. Razlog zašto su prolazili kroz obadva testa je taj da se u progresivnom testu opterećenja s ruskim zvonom postižu manje vrijednosti u odnosu na progresivni test na pokretnom sagu (VO_{2max} postignut u testu s RZ je u prosjeku 18% niži, a RVO_{2max} je u prosjeku 17% niži od postignutih vrijednosti u progresivnom testu na pokretnom sagu (Dajaković, 2017; Šentija i sur. 2017). Te vrijednosti su gotovo identične vrijedostima koje se postižu na bicikl ergometru koji se uzima kao protokol za procjenu

maksimalnog primitka kisika (Ledić, 2014). Iz tog razloga je predložen i izračunat algoritam koji pomoću 4 varijable (visina ispitanika (cm), masa ispitanika (kg), RZMmax (kg) iRZManp (kg)), uz određenu pogrešku, može objasniti 97% ($R = 0,98$; $p<0,00072$) varijance varijable VO_{2max} postignute u progresivnom testu na pokretnom sagu te 83% ($R = 0,91$; $p<0,03581$) varijance varijable $RVO_{2max.}$ Drugi algoritam koji je predložen i izračunat pomoću istih varijabli može, uz određenu pogrešku, objasniti 94% ($R = 0,9$; $p<0,00263$) varijance varijable RZ-VO_{2max} te 82% ($R = 0,92$; $p<0,04042$).

Rezultati parcijalne korelacije pokazuju povezanost visokih vrijednosti apsolutnog i relativnog maksimalnog primitka kisika ostvarenog u progresivnom testu opterećenja na pokretnom sagu s maksimalnom dostignutom masom RZ (RZM_{max}) te s masom RZ pri anaerobnom pragu (RZM_{anp}) ostvarenih u progresivnom testu opterećenja s RZ. To nam govori da će osoba koja napravi bolji rezultat u progresivnom testu opterećenja s RZ, vrlo vjerojatno imati i veći maksimalni primitak kisika. Također, parcijalna korelacija ostvarenih vrijednosti primitka kisika u progresivnom testu opterećenja s RZ, pokazuje povezanost maksimalnog primitka kisika s RZM_{max} i $RZM_{anp.}$ Ti podaci nam govore da RZ kao alat utječe na srčano-žilni sustav te je vrlo pouzdan kao metoda određivanja parametara primitka kisika.

Visoki koeficijent korelacije između izmjerenih parametara u laboratorijskim uvjetima, te procijenjenih parametara pomoću algoritama, potvrđuju da se predloženim algoritmima mogu procijeniti parametri maksimalnog primitka kisika te da se kao takvi mogu vrlo pouzdano koristiti u praksi.

Zbog razlike u rezultatima među spolovima bilo bi dobro provesti daljnja istraživanja na način da se grupe ispitanika sastoje od iste spolne grupacije (žensko/muško) (Šentija i sur. 2017; Dajaković, 2017).

8. LITERATURA

1. Baiget E1, Fernández-Fernández J, Iglesias X, Rodríguez FA (2015). Heart rate deflection point relates to second ventilatory threshold in a tennis test. Journal of Strength and Conditionig Research. Mar;29(3):765-71. doi: 10.1519/JSC.0000000000000664.
2. Balke, B. Ware, R.W. (1959). An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *United States Armed Forces Medical Journal, 10, 675-688.*

3. Ballarin, E., Borsetto, C., Cellini M., Patracchini, M., Vitiello, P., Ziglio, P. G., & Conconi, F. (1989). Adaptation of the Conconi test to children and adolescents. *International Journal of Sports Medicine, 10,334-338.*
4. Barstow, T.J., Casaburi R, Wasserman K. (1993). O2 uptake kinetics and the O2 deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *Journal of Applied Physiology; 75,755-762.*
5. Batista, M. B., Cyrino, E. S., Arruda, M., Dourado, A. C., Coelho-E-Silva, M. J., Ohara, D., Romanzini, M., & Ronque, E. R. V. (2013). Validity of equations for estimating VO_{2peak} from the 20-m shuttle run test in adolescents aged 11–13 years. *Journal of Strenght & Conditioning Reasearch: 27(10), 2774 – 2781.*
6. Billat, V.L., Hill, D.W., Pinoteau, J., Petit, B., Koralsztein, J.P. (1996). Effect of protocol on determination of velocity at VO2 max and on its time to exhaustion. *Archives of Physiological Biochemisty, 104(3), 313-321*
7. Bruce, R.A. (1956) Evaluation of functional capacity and exercise tolerance of cardiac patients. *Mod Concepts Cardiovascular Dis, 25, 321-326.*
8. Bruce, R.A., Kusumi, F., Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal, 85, 546-562.*
9. Buchfuhrer, M.J., Hansen, J.E., Robinson, T.E., Sue, D.Y., Wasserman, K., Whipp, B.J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *Journal of Applied Physiology, 55, 1558-1564.*
10. Cellini, M., Vitiello, P., Nagliati, A., Ziglio, P., Martinelli, S., Ballarin, E., & Conconi, F. (1986). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. *International Journal of Sports Medicine, 7, 347-351*
11. Conconi, F., Borsetto, C., Casoni, I., & Ferrari, M. (1988). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in cyclists in medical and scientific aspects of cycling. In: E.R. Burke, M.M. Newsom (editors). *Medical and scientific aspects of cycling. Champaign (IL): Human Kinetics, 79-91.*
12. Dajaković S. (2017). Konstrukcija i validacija ventilacijskih i metaboličkih parametara u progresivnom testu opterećenja s ruskim zvonom. *REKTOROVA NAGRADA*
13. Droghetti, P., Borsetto, C., Casoni, I., Cellini, M., Ferrari, M., Paolini, A. R., Ziglio, P. G., & Conconi, F. (1985). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller and ice-skating, rowing, and walking. *European Journal of Applied Physiology, 53, 299-303*

14. Ellestad, M.D., Allen, W., Wan, M.C.K., Kemp, G. (1969). Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation, 39, 517-522*.

15. Farrar RE, Mayhew JL, Koch AJ. (2010). Oxygen cost of kettlebell swings. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 24(4),1034-6.*

16. Flatic JA, Plato PA, Holder C, Finch D, Hank K, Cisar CJ. (2015). Effects of Kettlebell Training on Aerobic Capacity. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 29(7),1943-7.*

17. Froelicher, V.F., Brammell, H., Davis, G., Noguer, I.,Stewart, A., Lancaste, M.C. (1974). A comparison of three maximal treadmill exercise protocols. *Journal of Applied Physiology, 36(6), 720-725.*

18. Grazzi, G., Alfieri, N., Borsetto, C., Casoni, I., Manfredini, F., Mazzoni, G. M., & Conconi, F. (1999). The power output/heart rate relationship in cycling: test standardization and repeatability. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 31, 1478-1483*

19. Guyton, A.C., Hall, J.E. (2003). Medicinska fiziologija. Zagreb: *Medicinska naklada.*

20. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., Hollman, W. (1985). Justification of the 4 mM lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine, 117-130.*

21. Klusiewicz A., Borkowski L., Sitkowski D., Burkhard-Jagodzińska K., Szczepańska B., Ładyga M. (2016). Indirect Methods of Assessing Maximal Oxygen Uptake in Rowers: Practical Implications for Evaluating Physical Fitness in a Training Cycle: *J Hum Kinet. 1; 50: 187–194.*

22. Koutlianos, N., Dimitros, E., Metaxas, T., Cansiz, M., Deligiannis, A. S., & Kouidi, E. (2013). Indirect estimation of VO_{2max} in athletes by ACSM`s equation : valid or not? *Hippokratia, 17(2), 136 – 140.*

23. Kruel LF1, Beilke DD, Kanitz AC, Alberton CL, Antunes AH, Pantoja PD, da Silva EM, Pinto SS. (2013). Cardiorespiratory responses to stationary running in water and on land. Journal of Sports Science and Medicine. 2013 Sep 1;12(3):594-600. eCollection

24. Lake JP, Lauder MA. (2012.) Mechanical demands of kettlebell swing exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research. Dec;26(12):3209-16. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182474280.*

25. Ledić N. (2014). Razlike u parametrima aerobnog energetskog kapaciteta s obzirom na primijenjeni ergometar i protokol opterećenja. *Diplomski rad*

26. Matković, B., & Ružić, L. (2009). Fiziologija sporta i vježbanja. Zagreb: Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta u Zagrebu, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
27. Medved, R. (1987). Sportska medicina. Zagreb: Jumena.
28. Mišigoj-Duraković, M. (2008.). Kinantropologija: Biološki aspekti tjelesnog vježbanja. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
29. Myers J, Bellin D. (2000). Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary *exercise testing. Sports Medicine, 30-1, 23-29.*
30. Reed, Bill (2009-09-05). "Saved by the kettlebell". Winnipeg Free Press.
31. Saltin, B., Astrand, P.O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology, 23(3), 353-358*
32. Skinner, J.S., McLellan, T.H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Reasearch Quarterly for exercise and sport, 51(1), 234-248.*
33. Siahkouhian M1, Meamarbashi A (2013). Advanced methodological approach in determination of the heart rate deflection point: S.Dmax versus L.Dmax methods. *The journal of Sports Medice and Physical Fitness. Feb;53(1):27-33.*
34. Sproule J., Kunalan C., McNeill M., Wright H. (1993). Validity of 20-MST for predicting VO2max of adult Singaporean athletes. *J Sports Med.; 27(3): 202–204*
35. Šentija D., Vučetić V., Dajaković S. (2017). Can an incremental kettlebell swinging test be used to assess aerobic capacity*? 8th International scientific conference on Kinesiology. ZBORNIK RADOVA 656-659*
36. Tsatsouline, Pavel (2006.) Enter the kettlebell. Dragon Door Publications, Inc. ISBN: 0-938045-69-5
37. Verstappen, F.T.J., Huppertz, R.M., Snoeckx, L.H.E.H. (1982). Effect of training specificity on maximal treadmill and bicycle ergometer exercise. *International Journal of Sports Medicine, 3(1), 43-46.*
38. Vučetić, V (2007) Razlike u pokazateljima energetskih kapaciteta trkača dobivenih različitim protokolima opterećenja. *Doktorska disertacija*
39. Walsh, M.L., Banister, E.W. (1988). Possible mechanisms of the anaerobic threshold. *A review. Sports Medicine, 5, 269-302.*
40. Ward, T.E., Hart, C.L., McKeown, B.C., Kras, J. (1998). The Bruce treadmill protocol: does walking or running during the fourth stage alter oxygen consumption values? *Journal of sports Medicine and Physical Fitness, 38, 132-137.*
41. Williams BM, Kraemer RR. (2015.)Comparison of Cardiorespiratory and Metabolic

Responses in Kettlebell High-Intensity Interval Training Versus Sprint Interval Cycling. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 29(12), 3317-25*