

EVALUACIJA ALGORITMA ZA PROCJENU MAKSIMALNOG PRIMITKA KISIKA U TESTU NORDIJSKOG HODANJA

Bobinec, Robert

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:117:947712>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

Robert Bobinec

**EVALUACIJA ALGORITMA ZA PROCJENU
MAKSIMALNOG PRIMITKA KISIKA U TESTU
NORDIJSKOG HODANJA**

diplomski rad

Mentor:

Doc. dr. sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, kolovoz, 2020

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc. dr. sc. Vlatko Vučetić

Student:

Robert Bobinec

EVALUACIJA ALGORITMA ZA PROCJENU MAKSIMALNOG PRIMITKA KISIKA U TESTU NORDIJSKOG HODANJA

Sažetak

Pomoću progresivnog testa opterećenja u hodanju sa štapovima (nordijsko hodanje) na zvučni signal (Bobinec test) te laboratorijskim testom progresivnog opterećenja na pokretnoj traci analizirano je 17 osoba (10 žena i 7 muškaraca, u prosječnoj dobi od $38,47 \pm 14,09$ godina, visine $171,6 \pm 6,93$ cm i težine $75,83 \pm 12,51$ kg) u cilju stvaranja predložka novog algoritma procjene energetskeg parametra vršnog relativnog primitka kisika (BT-RVO_{2max}) temeljem varijabli h (cm), m (kg), a (god) i BT-DB (br. dionica) koje su izmjerene progresivnim testom opterećenja u nordijskom hodanju na zvučni signal (Bobinec test) te svima dostupnom opremom. Algoritam je ukazao da se primjenom Bobinec testa (progresivni test opterećenja u nordijskom hodanju), uz određenu grešku, može objasniti 94% ($R=0,97$; $p<0,000$) varijance varijable BT-RVO_{2max}. Parametar vršnog relativnog primitka kisika od izuzetne je važnosti kako bi mogli pravilno provoditi planiranje i programiranje treninga. Bobinec testom (progresivni test opterećenja u nordijskom hodanju na zvučni signal) na povoljan i jednostavan način moguće je ustanoviti indikatore anaerobnih i aerobnih energetskeg kapaciteta. To potvrđuje velik korelacijski koeficijent među parametrima izmjerenim u laboratoriju Sportsko dijagnostičkog centra na KIF u Zagrebu i parametara izmjerenih terenskim testiranjem. Predloženim algoritmom može se iznimno pouzdano procijeniti vrijednost relativnog vršnog primitka kisika, odnosno kondicijsko stanje sportaša ili rekreativca u praksi.

Ključne riječi: Bobinec test, sportska dijagnostika, nordijsko hodanje, VO₂, algoritam procjene vršnog relativnog primitka kisika

EVALUATION OF ALGORITHM FOR ESTIMATING THE MAXIMUM OXYGEN UPTAKE IN NORDIC WALKING TEST

Abstract

With the progressive load test in Nordic walking (Bobinec test) and the progressive load test on the treadmill was analyzed 17 persons (10 women and 7 men, average age $38,47 \pm 14,09$ years, height $171,6 \pm 6,93$ cm and weight $75,83 \pm 12,51$ kg) in order to create an template for a new algorithm to estimate the energy parameter of relative maximum oxygen uptake (BT-RVO_{2max}) based on variables h (cm), m (kg), a (yr) and BT-DB) which would be measured by a progressive load test in nordic walking (Bobinec test) and easy available equipment. The algorithm indicated that using the Bobinec test (progressive load test in Nordic walking), with an defined error, it is possible to explain 94% ($R = 0.97$; $p < 0.000$) of the measured variance of the variable BT-RVO_{2max}. The relative maximum oxygen uptake parameter is exceptionally important in order to do a proper plan and program for training. With the Bobinec test (progressive load test in nordic walking), it is possible to estimate the parameters of aerobic and anaerobic energetic capacity in affordable and simple way. This is confirmed by a high correlation coefficient between the measured parameters in the laboratory in Sports Diagnostic Center at KIF in Zagreb and the parameters measured in field testing. The proposed algorithm can be used to reliably estimate the relative maximum oxygen uptake, that is, the condition of an athlete or recreational athlete in praxis.

Key words: Bobinec test, sports diagnostic, nordic walking, VO₂, algorithm for estimating the peak of oxygen uptake

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Nordijsko hodanje | 1 |
| 1.2. Energetski sustavi..... | 2 |
| 1.2.1. Aerobni energetski sustav | 2 |
| 1.2.2. Anaerobni energetski sustav..... | 3 |
| 1.2.3. Maksimalni primitak kisika..... | 3 |
| 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA..... | 5 |
| 3. CILJEVI I HIPOTEZE | 7 |
| 4. METODE ISTRAŽIVANJA..... | 8 |
| 4.1.Uzorak ispitanika..... | 8 |
| 4.2.Uzorak varijabli..... | 8 |
| 4.2.1. Kinantropometrijske karakteristike | 8 |
| 4.2.2. Parametri procjene energetskih kapaciteta | 10 |
| 4.2.3. Opis testa progresivnog opterećenja na pokretnom sagu..... | 11 |
| 4.2.4. Opis progresivnog testa nordijskog hodanja na zvučni signal (Bobinec test) .. | 11 |
| 4.3.Metode obrade podataka | 13 |
| 5. REZULTATI..... | 14 |
| 5.1.Rezultati deskriptivne analize | 14 |
| 5.2.Rezultati Studentovog t-testa..... | 14 |
| 5.3.Regresijska analiza i izrada algoritma za BT-VO ₂ max | 15 |
| 6. RASPRAVA..... | 17 |
| 7. ZAKLJUČAK | 18 |
| 8. LITERATURA..... | 19 |

1. UVOD

1.1. Nordijsko hodanje

Nordijsko hodanje je tjelesna aktivnost u kojoj se hoda sa posebno dizajniranim štapovima. U svojim počecima, ono se koristilo samo kao ljetni trenažni operator za skijaše i biatlonce te se tek u 80-im godinama prošlog stoljeća počelo razvijati kao zasebna sportska grana. Iako razvoj nordijskog hodanja sporo teče, u posljednje vrijeme javnosti se sve više prezentiraju pozitivni učinci nordijskog hodanja, posebice za ljude starije dobi. Nordijsko hodanje, za razliku od običnog hodanja, koristi sve mišiće tijela te se na taj način cijelo tijelo podjednako jača (Vargović, 2015). Sukladno tome i sama kalorijska potrošnja u nordijskom hodanju je veća nego kod običnog hodanja što dovodi do laganog i efikasnog puta ka poboljšanju općenite kondicijske spremnosti ne uzimajući u obzir na spol, dob ili trenutno kondicijsko stanje vježbača. Nordijsko hodanje je oblik šetnje, koja uključuje hodanje tijekom kojeg se u dlanovima drže specijalno dizajnirani štapovi. Dok hodaju, ljudi koriste svoje ruke, ramena, prsa, i ostale mišiće gornjeg dijela tijela (Evans et al., 1994; Vargović, 2015). Nordijsko hodanje kao aktivnost aerobnog karaktera i niskog intenziteta u novije vrijeme sve više pronalazi interesne skupine i jedna je od najbrže rastućih aktivnosti u Europi i svijetu (Schwanbeck, 2012).

Dobrobiti nordijskog hodanja:

- Povećava efekte kardiovaskularnog treninga za 22% (Foley, 1994).
- Troši 46% više kalorija u odnosu na normalni hod ili lagani jogging (Cooper Institute, 2004, Dallas and others). Taj postotak raste do 67% ukoliko se primjenjuje tehnika hodanja uzbrdo (German Journal of Sports Medicine, 56, 7/8, 249).
- Aktivira 90% tjelesne muskulature te povećava izdržljivost mišića ruku (m.triceps brachii), vrata i ramena te (m.latissimus dorsi) za 38% (Karawan, 1992).
- Smanjuje bol u vratu, ramenima i leđima (Anttila et al., 1999).
- Smanjuje stres na zglobove stopala, koljena i kuka za 26% (Willson et al., 2001)
- Razvija pravilnu posturu gornjeg dijela tijela (Schwanbeck, 2014:22).

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 & Ružić, 2009). Tijelu su za proizvodnju energije potrebne 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 su oblika stvaranja/obnove ATP-a:

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

1.2.1. 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 (Dajaković & Vučetić, 2017). 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 (Dajaković, 2017; Guyton & Hall, 1989). Iako je aerobni sustav značajno sporiji od anaerobnog, mnogo je ekonomičniji zbog neremećenja pH vrijednosti mišića i tjelesne homeostaze.

1.2.2. Anaerobni energetski sustav

Anaerobni metabolizam stvara energiju bez prisustva kisika kada postoji potreba za brzom dopremom energije u aktivnostima visokog intenziteta. Energija se kod anaerobnog kapaciteta stvara na dva načina: anaerobni – alaktatni (AA) i anaerobni – laktatni sustav (AL). Mišićne stanice posjeduju oko 5 mikromola ATP-a po gramu. To je iznimno mala količina te omogućuje svega par sekundi rada. To su zalihe pohranjene u mišićima. Nakon što se ta zaliha potroši, AA sustav je prvi mehanizam obnove. Rad omogućen AA sustavom ne traje duže od desetak sekundi. Idući je način obnove energije AL, tzv. anaerobna glikoliza. Njome se oslobađaju tri dodatne molekule ATP-a. Tom se količinom produžuje rad do ukupnih 120 sekundi. Naravno, bitan faktor trajanja rada je i stupanj treniranosti. Nakon naglog i intenzivnog rad u mišićima gotovo da nestane glikogena te se on razgradi do pirogroždane kiseline a dio pirogroždane kiseline pretvara se u laktate (mliječna kiselina). Laktati se pojavljuju u mišićima, eritrocitima i moždanim stanicama, a razgrađuju u jetri (Guyton & Hall, 1989). Anaerobni sustavi izazivaju snažan biokemijski, živčani i strukturalni odgovor organizma. (Matković & Ružić, 2009).

1.2.3. 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 (Vučetić, 2007). Primitak kisika može biti izražen 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 ($mLO_2/kg \cdot lmin^{-1}$) (Dajaković & Vučetić, 2017). 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:

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

pri čemu se MVD minutni volumen disanja korigiran faktorom STPD*, a ΔO_2 (I - E) inspiracijsko ekspiracijska razlika u koncentraciji kisika, ili prema formuli:

$$\mathbf{VO_2max = MVS \times \Delta O_2 (A-V)}$$

pri čemu je MVS minutni volumen srca, a ΔO_2 (A-V) arterijsko-venska razlika u koncentraciji kisika u krvi (Vučetić, 2007).

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Sugiyama i sur. (2013) proveli su istraživanje s ciljem da okarakteriziraju odgovore na srčanu frekvenciju (HR), primitak kisika (VO_2), subjektivni osjećaj napora (OMNI scale) te aktivaciju mišića (iEMG) tijekom nordijskog hodanja (NW) i hodanja po razinama (LW) na pokretnoj traci. U istraživanje je sudjelovalo deset zdravih odraslih osoba (četiri muškaraca, šest žena), koji se u svakodnevnom životu redovito bave tjelesnom aktivnošću. Svi subjekti bili su upoznati sa nordijskim hodanjem. Svaki ispitanik krenuo je hodati 60m/min za vrijeme 3 minute, s postupnim povećanjem od 10m/min svake 2 minute do 120 m/min. VO_2 , V^E i HR bilježili su se svakih 30 sekundi i OMNI skala se koristila tijekom zadnjih 15 sekundi svake razine. EMG očitavanja bilježila su mišićnu aktivnost na triceps brachii, vastus lateralis, biceps femoris, gastrocnemius, i tibialis anterior muscles. VO_2 je bio znatno viši tijekom NW nego za vrijeme LW, sa iznimkom za brzinu od 70 m/min ($P < 0.01$). V^E i HR bili su veći u NW u odnosu na LW tijekom svih pješačkih brzina ($P < 0.05$ to 0.001). OMNI ljestvica gornjih ekstremiteta bila je značajno viša u NW nego LW tijekom svih brzina ($P < 0.05$). Sukladno tomu, iEMG čitanja za VL bila su niža tijekom NW nego LW tijekom svih brzina, dok iEMG čitanja za BF i GA mišiće bila su značajnije niža tijekom NW nego za vrijeme LW na nekim brzinama. Ovi podaci ukazuju da korištenje štapova u NW smanjuje aktivnost mišića u donjim ekstremitetima tijekom „stav“ i „push off“ faze i povećava aktivnost gornjeg dijela tijela i potrošnju energije tijekom određenih brzina hodanja.

Rodgers i sur., (1995) uspoređivali su energetske potrošnje tijekom submaksimalnog hodanja sa štapovima u deset žena, 24 godina starosne životne dobi. Srednja maksimalna aerobna snaga (21 naprama 18 ml / kg / min) i srca (133 naprama 122FS) bili su znatno veći tijekom hodanja sa štapovima u odnosu na hodanje bez štapova. Također ukupni utrošak kalorija u 30-minutnoj aktivnosti bila je značajno veća u hodanju sa štapovima nego bez štapova. (141kcal naprama 74 kcal).

Koutlianos i sur., (2013) za cilj istraživanja postavili su neizravnu procjenu VO_{2max} uporabom ACSM jednadžbe za Bruce protokol kod sportaša iz različitih sportova te usporedba sa izravnim mjerenjem. Drugi dio istraživanja odnosi se na razvoj regresijskog modela prosudbe VO_{2max} za sportaše. Ispitanici su provodili stupnjeviti test opterećenja sa izravnim mjerenjem VO_{2max} pomoću spiroergometrijskog sustava. Tri su jednadžbe korištene kako bi se neizravno izračunao VO_{2max} : 1) $VO_{2max} = (0.2 \times \text{brzina}) + (0.9 \times \text{brzina} \times \text{nagib}) + 3.5$ (ACSM jednadžba), 2) regresijska analiza koristeći model „Enter“

metoda, 3) stepenasta metoda bazirana na izmjerenim podacima za VO₂max. Kao nezavisne varijable korištene su: BMI, brzina, nagib, dob i vrijeme trajanja tjelovježbe. Rezultati su ukazali da je regresijska analiza pomoću „Enter“ metode dala jednadžbu ($R = 0,64$, standardna pogreška procjene (SEE) = 6,11): $VO_{2max} (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = 58,443 - (0.215 \cdot age) - (0.632 \cdot BMI) - (68,639 \cdot stupnja) + (1.579 \cdot vrijeme)$, korak po korak metoda ($R = 0,61$, SEE = 6.18) dovelo je do: $VO_{2max} (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = 33,971 - (0.291 \cdot godine) + (1.481 \cdot vrijeme)$. Izračunate vrijednosti VO₂max se nisu bitno razlikovale od izmjerenog VO₂max koji je dobiven pomoću regresijskog modela ($p > 0,05$). Naprotiv, VO₂max dobiven izračunom iz ASCM jednadžbe je bio značajno viši od izmjerenog za 14,6% ($p < 0,05$). Zaključak je da ACSM jednadžba nije u mogućnosti ustanoviti VO₂max, dok regresijski modeli umjereno precizno prognoziraju izmjereni VO₂max sa predviđanim.

Batista i sur., (2013) za cilj istraživanja je bio utvrditi valjanost 4 regresijske jednadžbe za procjenu maksimalne vrijednosti primitka kisika (VO₂peak) iz 20 metarskog beep testa za adolescente u dobi od 11 do 13 godina. Ispitanici su proveli 20 metarski beep test i jedan progresivni maksimalni test za direktnu analizu maksimalnog primitka kisika (VO₂peak). Korištene su 4 linearne regresijske jednadžbe za procjenu vršnog primitka kisika (VO₂peak): Barnett i sur. (1. jednadžba), Leger i sur. (2. jednadžba), Mahar i sur. (3. jednadžba) i Matsuzaka i sur. (4. jednadžba). Kod dječaka, jedino se treća jednadžba za procjenu maksimalnog primitka kisika (VO₂peak) nije značajno razlikovala od direktno izmjerenog ($p > 0,05$). Jednadžbe 1, 2 i 4 su u prosjeku procjenjivale manji maksimalni primitak kisika (VO₂peak) dok je treća jednadžba procijenila nešto više vrijednosti od direktno izmjerenih, posebice za djevojčice ($p < 0,05$). Također, otkrivene su velike razlike između referentne metode i 4 jednadžbe, sa višom procjenom vrijednosti kod jednadžbe 2 za dječake ($8.36 \pm 15.24 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) i djevojčice ($2.45 \pm 12.63 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Najviša korelacija je kod četvrte jednadžbe za dječake ($r = 0.80$), jednadžba 1 za djevojke ($r = 0.72$), a jednadžba 3 za ukupan uzorak ($r = 0.80$). Zaključno, treća je jednadžba najbolje predviđala maksimalnu vrijednost primitka kisika (VO₂peak) u testu za adolescente od 11 do 13 godina.

3. CILJEVI I HIPOTEZE

Cilj ovog rada je postaviti i izračunati algoritam procjene parametra aerobnog energetskeg kapaciteta (BT-RVO_{2max}) koristeći pritom rezultate izmjerene terenskim mjerenjem novo konstruiranim progresivnim testom na zvučni signal provedenim nordijskim hodanjem sa laboratorijskom opremom. Tim bi algoritmom bilo značajno jednostavnije testiranje nordijskih hodača i procjenjivanje njihovih energetskeg kapaciteta bez laboratorijske opreme i skupih testiranja zbog čega bi bilo i pristupačnije široj javnosti.

Hipoteza: novo konstruiranim progresivnim testom opterećenja na zvučni signal provedenim nordijskim hodanjem se može procijeniti relativni maksimalni primitak kisika.

4. METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika u ovom radu sastojao se od 10 žena i 7 muškaraca prosječne dobi $38,47 \pm 14,09$, visine $171,6 \pm 6,93$ cm te težine $75,83 \pm 12,51$ kg. Svi su ispitanici ispunili privolu za testiranje te su svojevolumno pristupili testiranjima. Testiranja su provedena u skladu s etičkim principima. Pošto je uvjet za odabir ispitanika bio je uredan zdravstveni status, svi su prošli osnovni liječnički pregled te se zahtijevala pravilna tehnika izvođenja nordijskog hodanja po pravilima INWA-e. Testiranja su provedena u Sportsko-dijagnostičkom centru Instituta za kineziologiju na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu te na prostoru ŠRC Jarun-a i parku Maksimir.

4.2. Uzorak varijabli

Ispitanici su po dolasku u Sportsko dijagnostički centar Kineziološkog fakulteta u Zagrebu upućeni u plan i program testiranja te koje će se varijable mjeriti i pratiti. U mjerni postupak ulaze osnovne kinantropometrijske mjere/karakteristike te parametri energetske kapaciteta ustanovljeni progresivnim testom opterećenja na pokretnom sagu i tri dana kasnije terenski progresivni test opterećenja u nordijskom hodanju (Bobinec test). Uz navedene varijable kao referentna vrijednost uzeta je i dob ispitanika.

4.2.1. Kinantropometrijske karakteristike

Od kinantropometrijskih karakteristika potrebne su bile samo: tjelesna visina (cm) i tjelesna masa (kg). Tjelesna visina je mjerena antropometrom. Mjerenje se provodi tako da ispitanik stoji na ravnoj podlozi, s ravnomjerno raspoređenom težinom obje noge. Ramena su opuštana, 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.). Masa tijela mjerena je specijalnom vagom TANITA BC-418 MA. Ispitanik u donjem rublju stane na vagu te se izmjerena vrijednost zabilježi i pohrani u programu vage.

Tablica 1. Kinantropološke varijable korištene u istraživanju

| Br. | Naziv | Mj. jedinica | ID testa |
|------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | Visina ispitanika | cm | h |
| 2 | Težina ispitanika | kg | m |
| 3 | Dob ispitanika | god. | a |

4.2.2. Parametri procjene energetske kapaciteta

Uzorak varijabli čine izmjereni parametri dobiveni progresivnim testom opterećenja u nordijskom hodanju. Ventilacijski parametri popraćeni su i sakupljeni pomoću sustava CORTEX METAMAX3B-R2 (MMX3B-R2). Parametri srčane frekvencije praćeni su i sakupljeni pomoću monitora srčane frekvencije POLARH10. MMX3B-R2 i POLAR H10 međusobno su povezani Bluetooth vezom te prikazuju rezultate u MetaSoft Studio programu gdje se pohranjuju te obrađuju podaci.

Tablica 2. Prikaz varijabli energetske kapaciteta korištenih u istraživanju

| Br. | Naziv | Mj. jedinica | ID testa |
|-----|---|--------------------------|------------|
| 1 | Maksimalni relativni primitak kisika u BT | mIO ₂ /min/kg | BT-RVO2max |
| 2 | Maksimalni doseg u BT | br. dionica | BT-BD |
| 3 | Maksimalna frekvencija srca BT | otk/min | BT-FSmax |
| 4 | Maksimalni relativni primitak kisika u progresivnom testu na pokretnom sagu | mIO ₂ /min/kg | RVO2max |
| 5 | Maksimalna frekvencija srca na pokretnom sagu | otk/min | FSmax |

4.2.3. Opis testa progresivnog opterećenja na pokretnom sagu

Prvi provedeni test bio je progresivni test opterećenja na pokretnom sagu (KF1). KF1 je standardni test za procjenu aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta. Četiri su faze testa: mirovanje, zagrijavanje, glavni dio (progresija) testa i oporavak. Prije testa svi su ispitanici bili podvrgnuti jednakom procesu zagrijavanja, odnosno funkcionalno-motoričkoj pripremi tijela. Test započinje minutom mirovanja. Nakon isteka prve 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 treće 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 tri minute pri brzini od 5 km/h (Dajaković & Vučetić, 2017).

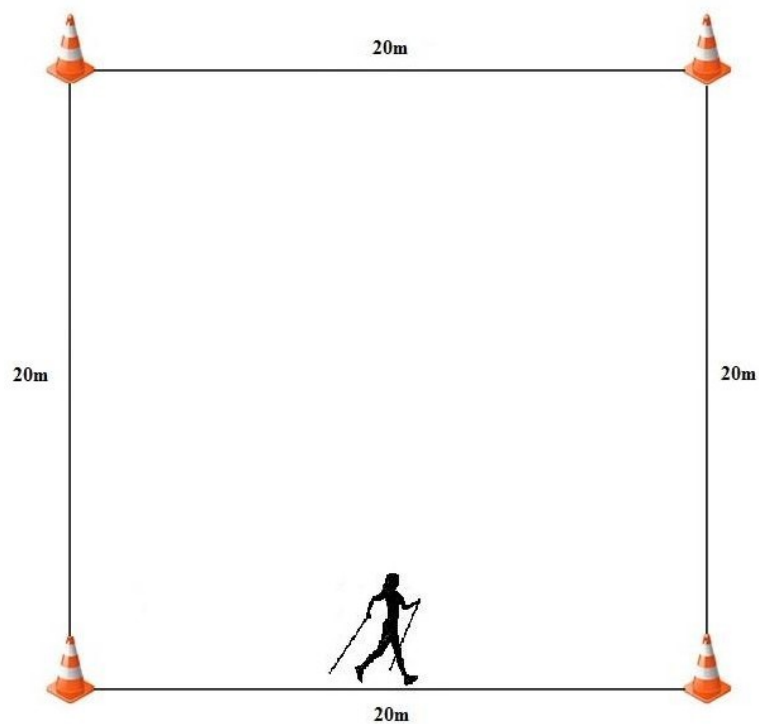
Obzirom da je ovaj test zlatni standard za mjerenje maksimalnih vrijednosti primitka kisika i maksimalne frekvencije, ispitanici su radili ovaj test kako bi im se odredile stvarne vršne vrijednosti praćenih parametara.

4.2.4. Opis progresivnog testa nordijskog hodanja na zvučni signal (Bobinec test)

Tri dana nakon prvog testa provodio se progresivni test opterećenja u nordijskom hodanju. Prije testa svi su ispitanici odradili jednaku motoričku pripremu lokomotornog sustava te su im verbalnim putem i demonstracijom prikazana uputstva za izvedbu testa. Po završetku pripreme lokomotornog sustava uslijedio je period do 2 minute mirovanja zbog stabilizacije frekvencije srca. Istekom 2 minute mirovanja započinje test. Test se provodi vani, na livadi ili nekom travnjaku. Izmjeri se i označi kvadrat veličine 15x15 metara. On predstavlja put kojim se ispitanici kreću, odnosno jedan krug od 60 metara. Ispitanici moraju prijeći put od jednog ruba kvadrata do drugog u određenom brzinom, odnosno u određenom vremenu definiranim zvučnim signalom. Ispitanici kreću s nordijskim hodažem brzinom 4 km/h. Svaka tri kruga, odnosno 180 metara koliko je definirana jedna razina, se povećava brzina nordijskog hodanja za 0,3 km/h. Test je gotov kada ispitanik ne može više pratiti zadani tempo (kasni na idući rub 3 puta za redom). Po završetku testa ispitanik hoda 3 minute laganim tempom kako bi se oporavio od testa.

Tablica 3. Prikaz brzine hodanja (km/h) po razinama

| Razina | Brzina (km/h) |
|--------|---------------|
| 1 | 4,0 |
| 2 | 4,3 |
| 3 | 4,6 |
| 4 | 4,9 |
| 5 | 5,2 |
| 6 | 5,5 |
| 7 | 5,8 |
| 8 | 6,1 |
| 9 | 6,4 |
| 10 | 6,7 |
| 11 | 7,0 |
| 12 | 7,3 |
| 13 | 7,6 |
| 14 | 7,9 |
| 15 | 8,2 |
| 16 | 8,5 |
| 17 | 8,8 |
| 18 | 9,1 |
| 19 | 9,4 |
| 20 | 9,7 |



Slika 1. Prikaz postavljanja terena za Bobinec test

4.3. Metode obrade podataka

Završetkom mjerenja te prikupljanjem svih podataka slijedi njihova obrada. Svi rezultati uneseni, analizirani te obrađeni programom MetaSoft Studio. Nakon obrade, rezultati su unijeti u Microsoft Office Excel 2016. za Windows 10. Potom je statistička analiza svih podataka odrađena u programu Statistica for Windows 13.0. Program omogućuje izračunavanje osnovnih statističkih parametara, analizu podataka, usporedbu te grafički i tablični prikaz svih dobivenih rezultata. Neki izračuni i grafički prikazi analizirani su pomoću programa Excel. Kako bi se dobili osnovni statistički parametri za svaku varijablu korištena je deskriptivna statistika. Njome su određeni sljedeći parametri: aritmetička sredina (AS), maksimalna (MAX) i minimalna (MIN) vrijednost, standardna devijacija (SD) te mjere zakrivljenosti i asimetrije, kurtosis (Kurt) iskewness (Skew). Multiplom regresijskom analizom dobivene su informacije za zavisne varijable (BT-RVO_{2max}) pomoću nezavisnih varijabli (dob(god.), težina(kg), visina(cm), BT-BD(br. dionica)). Kako bi bili sigurni da su u Bobinec testu postignute maksimalne vrijednosti energetskih sustava, iste su uspoređene Studentovim t-testom sa maksimalnim vrijednostima postignutim na KF1 testu. Promatrane varijable su maksimalna frekvencija srca (FS_{max} i BT-FS_{max}) i relativni maksimalni primitak kisika (RVO_{2max} i BT-RVO_{2max}).

5. REZULTATI

5.1. Rezultati deskriptivne analize

Deskriptivnom analizom obrađeni su osnovni statistički parametri te su izračunate sljedeće vrijednosti: aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) te raspon rezultata od minimalnih (MIN) do maksimalnih (MAX) vrijednosti. (Tablica 3).

Tablica 4. Prikaz deskriptivne analize svih parametara

| Deskriptivni podaci (n=17) | | |
|----------------------------|----------------|-----------------|
| Varijabla | AS ± SD | MIN - MAX |
| Dob | 38,47 ± 14,09 | 21,00 - 58,00 |
| Visina | 171,6 ± 6,93 | 160,10 - 184,30 |
| Težina | 75,83 ± 12,51 | 55,50 - 93,50 |
| RVO _{2max} | 42,21 ± 12,38 | 23,30 - 67,00 |
| HR _{max} | 181,38 ± 14,48 | 147,00 - 203,00 |
| BT-RVO _{2max} | 42,28 ± 11,70 | 25,30 - 64,90 |
| BT-HR _{max} | 180,53 ± 12,16 | 158,00 - 204,00 |
| BT-Dionice | 165 ± 43,66 | 108,00 - 240,00 |

5.2. Rezultati Studentovog t-testa

Studentov t-test korišten je za utvrđivanje razlika u parametri maksimalnih vrijednosti energetske sustava (RVO_{2max} i BT-RVO_{2max} te HR_{max} i BT-HR_{max}).

Tablica 5. Prikaz usporedbe parametara testa na pokretnoj traci (KF1) i Bobinec testa (BT)

| T-test za zavisne uzorke (n=17) | | | | |
|---------------------------------|----------|----------|-----------|----------|
| Varijabla | AS | SD | t | p |
| HR _{max} | 181,38 | 14,48 | 0,359250 | 0,724415 |
| BT-HR _{max} | 180,94 | 12,44 | | |
| RVO _{2max} | 42,21176 | 12,38471 | -0,178965 | 0,860212 |
| BT-RVO _{2max} | 42,28235 | 11,69579 | | |

Analizom rezultata utvrđeno je da nema statistički značajnih razlika između dobivenih maksimalnih vrijednosti energetske kapaciteta, odnosno maksimalne srčane frekvencije (HR_{max} i $BT-HR_{max}$) i relativnog maksimalnog primitka kisika (RVO_{2max} i $BT-RVO_{2max}$). Time je dokazano kako je Bobinec testom moguće izmjeriti i procijeniti vršne vrijednosti energetske kapaciteta.

5.3. Regresijska analiza i izrada algoritma za BT

Varijable dobivene prije samog testiranja: dob, visina ispitanika (izmjerena antropometrom) i težina ispitanika (izmjerena vagom TANITA BC-418 MA). Varijable dobivene nakon testa su: relativni maksimalni primitak kisika ($BT-RVO_{2max}$), maksimalni doseg u testu izražen prehodanim dionicama (jedna dionica je definirana kao jedna stranica kvadrata odnosno 15 metara) ($BT-BD$). Varijable relativnog maksimalnog primitka kisika izmjerene su pomoću uređaja MMX3B-2R.

Tablica 6. Sumarni podaci regresijske analize za zavisnu varijablu $RZ-VO_{2max}$

| Sumarna statistika $BT-RVO_{2max}$ | |
|------------------------------------|------|
| R | 0,97 |
| R^2 | 0,94 |
| AR^2 | 0,92 |
| p | 0,00 |

Iz tablice 6 vidljivo je kako je algoritam za procjenu relativnog maksimalnog primitka kisika statistički značajan te iznimno dobro korelira s nezavisnim varijablama, odnosno 94% ($R=0,97$; $-<0,000$) varijance varijable $BT-RVO_{2max}$ opisano je vrijednostima nezavisnih varijabli visina (h), težina (m), dob (a) i dosegom u BT ($BT-BD$) zbog čega je moguće vrlo precizno procijeniti $BT-RVO_{2max}$.

Tablica 7. Regresijska analiza zavisne varijable BT-RVO_{2max}

| Regresijska analiza zavisne varijable BT-RVO _{2max} (n=17) | | | | | | |
|---|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | b* | Std.Err. | b | Std.Err. | t(12) | p-value |
| Intercept | | | 87,33212 | 25,60951 | 3,41014 | 0,005172 |
| a (god) | -0,296199 | 0,104433 | -0,24580 | 0,08666 | -2,83626 | 0,015000 |
| h (cm) | -0,206327 | 0,110493 | -0,34801 | 0,18636 | -1,86734 | 0,086464 |
| m (kg) | -0,139644 | 0,095002 | -0,13052 | 0,08880 | -1,46991 | 0,167312 |
| BT-BD | 0,769791 | 0,126970 | 0,20619 | 0,03401 | 6,06278 | 0,000056 |

Tablica 7 prikazuje saznanja za zavisnu varijablu BT-RVO_{2max} dobivena regresijskom analizom. Iz toga proizlazi sljedeći algoritam:

$$\text{BT-RVO}_{2\text{max}} = 87,33212 + (-0,24580 \times a) + (-0,34801 \times h) + (-0,13052 \times m) + (0,20619 \times \text{BT-BD})$$

6. RASPRAVA

Rezultati dobiveni Studentovim t-testom ukazuju kako novopredloženim progresivnim testom nordijskog hodanja na zvučni signal ispitanik dostiže vršne fiziološke vrijednosti koji su često orijentiri u planiranju te doziranju trenažnih opterećenja. Ovime je omogućeno da određena populacija kojoj su testovi trčanja, kao i KF1, nisu optimalni zbog određenih ograničavajućih faktora, mjeri novo konstruiranim testom opterećenja u nordijskom hodanju, kojim je moguće odrediti razinu kondicijske pripremljenosti..

Analizirajući trkačke testove dolazi se do zaključka kako jednom dijelu populacije, zbog specifičnih biomehaničkih zahtjeva koje donosi trčanje, kardiorespiratorni čimbenici u konačnici nisu glavni limitirajući faktori preuranjenog odustajanja, čime se niti ne uspijevaju dostići maksimalne vrijednosti analiziranih varijabli ovog istraživanja. (Zubčić et al., 2015). Ovakvim se progresivnim testom nordijskog hodanja izoliraju određeni sputavajući faktori, čime se dobivaju preciznije informacije o ispitanicima koji svojim sposobnostima nisu u stanju provesti testove trčanja.

Tablicom 6 prikazana je vrlo visoka korelacija relativnog maksimalnog primitka kisika sa nezavisnim varijablama 94% ($R=0,97$; $p<0,000$), dok se iz tablice 7 vidi da dvije od četiri varijable (a ($p=0,015$), BT-BD ($p=0,000$)) objašnjavaju vrlo velik dio varijance varijable BT-RVO_{2max} što ukazuje na visoku pouzdanost algoritma. Visina i težina (varijable h ($p=0,086$) i m($p=0,167$)) nemaju toliki statistički značaj u algoritmu, odnosno ne objašnjavaju velik dio varijance BT-RVO_{2max}. Razlog tomu vrlo vjerojatno leži u malom broju ispitanika ($n=17$), te bi se daljnjim mjerenjem i istraživanjem sa većim brojem ispitanika vrlo vjerojatno povećao dio varijance opisan zadanim varijablama, odnosno postiglo da je $p<0,05$ kod navedenih varijabli.

Kako bi se novo sastavljeni test i algoritam nordijskog hodanja etablirao kao standardni test procjene energetske kapaciteta potrebna su daljnja istraživanja. Ovim je istraživanjem već vidljiva, po dobivenim rezultatima, njegova praktična primjenjivost.

7. ZAKLJUČAK

U svijetu sporta, kineziologije i treninga unatrag dvadesetak godina načinjeni su brojni pomaci. Zbog iznimno brzog općeg razvoja tehnologije napreduju i tehnologije u treningu i dijagnostici sportaša. Danas je moguće znatno preciznije i jednostavnije utvrditi fizičko stanje sportaša ali i rekreativaca, te na temelju toga kvalitetnije isplanirati i programirati treninge. Laboratoriji za dijagnostiku opremljeni su svakojakim uređajima za precizno utvrđivanje stanja sportaša, međutim predstavljaju visoke cijene opreme za dijagnostiku. Testiranja u laboratorijima, iako su odličan način za utvrđivanje stanja sportaša ili rekreativca, također cjenovno nisu lako dostupna svima.

Cilj istraživanja je bio prikazati kako primjenom jednostavnih alata, svima dostupnim, iznimno jednostavno provesti testiranje sportaša ili rekreativca te na temelju tih rezultata procijeniti parametre energetske kapaciteta. Relativni maksimalni primitak kisika (RVO_{2max}) jedan je od ključnih parametara svakom treneru i sportašu zbog čega se i pridaje iznimna pažnja njegovu određivanju.

U istraživanju nad ispitanicima su provedeni progresivni test opterećenja na pokretnom sagu (KF1) te progresivni test opterećenja u nordijskom hodanju (BT). Razlog tomu bio je utvrditi moguće razlike u izmjerenim parametrima na ta dva testa, odnosno mogu li se Bobinec testom (BT) dostići maksimalne vrijednosti energetske sustava. Studentovim t-testom utvrđeno je da nema statistički značajne razlike.

Sukladno tome predložen je i izračunat algoritam kojim s četiri varijable (visina ispitanika (cm), težina ispitanika (kg), dob ispitanika (god) i doseg u testu (broj dionica)), uz određenu pogrešku, je moguće objasniti 94% ($R=0,97$; $p<0,000$) varijance varijable $BT-RVO_{2max}$ postignute na progresivnom testu u nordijskom hodanju (BT).

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 et al., 2017)

8. LITERATURA

- Anttila, M. A., Holopainen, T., & Jokinen, S. (1999). Polewalking and the effect of regular 12-week polewalking exercise on neck and shoulder symptoms, the mobility of the cervical and thoracic spine and aerobic capacity. *Final Project Work for the Helsinki IV College for Health Care Professionals*.
- Batista, M. B., Cyrino, E. S., Arruda, M., Dourado, A. C., Coelho-E-Silva, M. J., Ohara, D., Romanzini, M., Ronque, E. R. V., & others. (2013). Validity of equations for estimating $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ from the 20-m shuttle run test in adolescents aged 11–13 years. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2774–2781.
- Čokorilo, N., Mikalački, M., Korovljev, D., Dimitrić, G., & Vasić, G. RAZLIKE U EFEKTIMA NORDIJSKOG HODANJA I HODANJA NA MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE ŽENA UVOD.
- Dajaković, S. (2017). *Evaluacija algoritama za procjenu parametara aerobnog energetskeg kapaciteta pomoću ruskog zvona*. University of Zagreb. Faculty of Kinesiology.
- Dajaković, S., & Vučetić, V. (2017). Konstrukcija i vrednovanje ventilacijskih i metaboličkih parametara u progresivnom testu opterećenja s ruskim zvonom. *Konstrukcija i Vrednovanje Ventilacijskih i Metaboličkih Parametara u Progresivnom Testu Opterećenja s Ruskim Zvonom*.
- Evans, B. W., Potteiger, J. A., Bray, M. C., & Tuttle, J. L. (1994). Metabolic and hemodynamic responses to walking with hand weights in older individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(8), 1047—1052.
<http://europepmc.org/abstract/MED/7968423>
- Foley, T. S. (1994). *The effects of the Cross Walk[R] 's resistive arm poles on the metabolic costs of treadmill walking*.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (1989). Medicinska fiziologija. In *Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu; Sveučilišni udžbenici i priručnici*.
- Karawan, A. (1992). *The effects of twelve weeks of walking or exerstriding on upper body muscular strength and endurance*.
- Koutlianos, N., Dimitros, E., Metaxas, T., Cansiz, M., Deligiannis, A. S., & Kouidi, E. (2013). Indirect estimation of $\dot{V}O_{2\text{max}}$ in athletes by ACSM's equation: valid or not?

Hippokratia, 17(2), 136.

Matković, B., & Ružić, L. (2009). Fiziologija sporta i vježbanja. *Biblioteka Odjela Za Izobrazbu Trenera*.

Rodgers, C. D., VanHeest, J. L., & Schachter, C. L. (1995). Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders. *Med. Sci. Sports Exerc*, 27(4).

Schwanbeck, K. (2012). *The Ultimate Nordic Pole Walking Book*. Meyer & Meyer Sport. <https://books.google.hr/books?id=wwPbQAWq7C4C>

Šentija, D., Vučetić, V., & Dajaković, S. (2017). Can an incremental kettlebell swinging test be used to assess aerobic capacity. *In 8 Th International Scientific Conference on Kinesiology. ZBORNIK RADOVA*, 656.

Sugiyama, K., Kawamura, M., Tomita, H., & Katamoto, S. (2013). Oxygen uptake, heart rate, perceived exertion, and integrated electromyogram of the lower and upper extremities during level and Nordic walking on a treadmill. *Journal of Physiological Anthropology*, 32(1), 1–9.

Vargović, F. (2015). *Transformacijski efekti programa nordijskog hodanja na antropološki status osobe s pretulošću III. stupnja*. University of Zagreb. Faculty of Kinesiology. Department of Kinesiology of~....

Vučetić, V. (2007). *SVEUČILIŠTE U ZAGREBU KINEZIOLOŠKI FAKULTET Vlatko Vučetić RAZLIKE U POKAZATELJIMA ENERGETSKIH PROTOKOLIMA OPTEREĆENJA*.

Willson, J., Torry, M. R., Decker, M. J., Kernozek, T., & Steadman, J. R. (2001). Effects of walking poles on lower extremity gait mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 142–147. <https://doi.org/10.1097/00005768-200101000-00021>

Zubčić, D., Reinholz, K., & Vučetić, V. (2015). Mogu li se vršne fiziološke vrijednosti izmjeriti progresivnim testom hodanja? *13. Godišnja Međunarodna Konferencija "Kondicijska Priprema Sportaša 2015"*, 68.