

E-ISSN 1986-6119
print ISSN 1986-6089
CD-ROM ISSN 1986-6097
UDK/UDC 796/799

SPORTLICIA

Naučno-stručni časopis o antropološkim aspektima sporta, fizičkog vaspitanja i rekreacije
Scientific-Expert Journal of Antropological Aspects of Sports, Physical Education and Recreation

1/2020

Vol.16, Issue 1, December 2020

God.16, Broj 1, Decembar 2020



9 771986 608009

Publisher / Izdavač

University of Banja Luka,

Faculty of Physical Education and Sport

Univeritet u Banjoj Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta

Editor-in-chief / Glavni urednik

Goran Bošnjak, University of Banja Luka, BiH

Editors / Urednici

Gorana Tešanović, University of Banja Luka, BiH

Vladimir Jakovljević, University of Banja Luka, BiH

Branko Škof, University of Ljubljana, SLO

Igor Vučković, University of Banja Luka, BiH

Aleksandar Nedeljković, University of Belgrade, SRB

Tomislav Rupčić, University of Zagreb, CRO

Editorial Board / Uredivački odbor

Lenče Aleksovska-Veličkovska, University of Skopje, N.MAC

Borko Petrović, University of Banja Luka, BiH

Branislav Antala, University of Bratislava, SVK

Ahmed Saad-Eldin Mahmoud, Alexandria University, EGY

Jose Antonio Rodríguez, University of Los Andes, VEN

Zenfira Gasanova Matvejeva, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, RUS

Izet Rađo, University of Sarajevo, BiH

Igor Jukić, University of Zagreb, CRO

Bojan Matković, University of Zagreb, CRO

Zoran Milošević, University of Novi Sad, SRB

Veroljub Stanković, University of Priština, SRB

Enric M. Sebastiani, University of Ramon Llull, ESP

Jose Antonio Perez Turpin, University of Alacant, ESP

Milan Žvan, University of Ljubljana, SLO

Vujica Živković, University of Skopje, N.MAC

Duško Bjelica, University of Niš, MNG

Marin Čorluka, University of Mostar, BiH

Boris Maleš, University of Split, CRO

Tomislav Krističević, University of Zagreb, CRO

Milovan Bratić, University of Niš, SRB

Saša Jakovljević, University of Belgrade, SRB

Dejan Madić, University of Novi Sad, SRB

Stivo Popović, University of Niš, CG

Borislav Cicović, University of Istočno Sarajevo, BiH

EDITORIAL COUNCIL / IZDAVACKI SAVJET

Section Editors and Members / Urednici i članovi sekcija

Sport Section / Sekcija sporta

Milan Čoh, University of Ljubljana, SLO

Vladimir Koprivica, University of Belgrade, SRB
Saša Jovanović, University of Banja Luka, BiH

Physical Education Section / Sekcija fizičkog vaspitanja

Ken Hardman, University of Worcester, GBR

Božo Bokan, University of Belgrade, SRB

Skender Nijaz, University of Bibač, BiH

Recreation Section / Sekcija rekreacije

Predrag Dragosavljević, University of Banja Luka, BiH

Dušan Mitić, University of Belgrade, SRB

Valentin Garkov, National Sports Academy, BUL

Goran Nikovski, University of Skopje, N.MAC

Bio-medical Section/ Sekcija za bio-medicinu

Zdenka Krivokuća, University of Banja Luka, BH

Dušan Hamar, Comenius University, SVK

Nenad Ponorac, University of Banja Luka, BiH

Amela Matavulj, University of Banja Luka, BiH

Jelena Ilić, University of Belgrade, SRB

Theory, philosophy and history section / Sekcija za teoriju, filozofiju i istoriju

Nenad Živanović, University of Niš, SRB

Daniela Daševa, National Sports Academy, BUL

Veroljub Stanković, University of Priština, SRB

Recenzentski odbor/ Review Committee

Sanja Mandarić, University of Belgrade, SRB

Nicolae Ochiana, University of Bacău, ROU

Luis Carrasco, University of Seville, ESP

Vlatko Šeparević, University of Tuzla, BiH

Almir Atiković, University of Tuzla, BiH

Marjeta Kovač, University of Ljubljana, SLO

Dana Badau, University of Tîrgu - Mureş, ROM

Dragan Radovanović, University of Niš, SRB

Jelena Ilić, University of Belgrade, SRB

Milan Mihajlović, University of Megatrend, SRB

Heris Sheikhhalizadeh, University of Azad, IRN

Toplica Stojanović, University of Leposavić, SRB

Nenim Nurković, University of Sarajevo, BiH

Milinko Dabović, University of Belgrade, SRB

Mario Kasović, University of Zagreb, CRO

Lubor Tomanek, Comenius University, SVK

Zuzana Pupišová, Matej Bel University in Banská Bystrica, SVK

Ljubomir Antekolović, University of Zagreb, CRO

Marijo Baković, University of Zagreb, CRO

Žarko Kostovski, University of Skopje, N.MAC

Nenad Janković, University of Belgrade, SRB

Irina Juhas, University of Belgrade, SRB

Ivana Čerkez Zovko, University of Mostar, BiH

Željko Sekulić, University of Banja Luka, BiH

Stefan Stojkov, National Sports Academy, BUL

Patrik Drid, University of Novi Sad, SRB

Peter Bonov, National Sports Academy, BUL

Aleksandar Raković, University of Niš, SRB

Danica Stanković, University of Niš, SRB

Ilona Mihajlović, University of Novi Sad, SRB

Radenko Dobrăš, University of Banja Luka, BiH

Snežana Bijelić, University of Banja Luka, BiH

Goran Spasojević, University of Banja Luka, BiH

Miran Pechar, University of Mostar, BiH

Franjo Lovrić, University of Mostar, BiH

Duško Lepir, University of Banja Luka, BiH

Mohamed Belal, Alexandria University, EGY

Damir Ahmić, University of Tuzla, BiH

Kukrić Aleksandar, University of Banja Luka, BiH

Slobodan Goranović, University of Banja Luka, BiH

Muhamed Tabaković, University of Sarajevo, BiH

Ekrem Čolakhoodžić, University of Džemal Bijedić Mostar, BiH

Nermin Nurković, University of Sarajevo, BiH

Hadži Miloš Vidaković, University of Priština, SRB

Aleksandar Gadžić, University of Singidunum Belgrade, SRB

Siniša Kovač, University of Sarajevo, BiH

Mensur Vrcić, University of Sarajevo, BiH

Bojan Jorgić, University of Niš, SRB

Sladan Karaleić, University of Priština, SRB

Željko Rajković, University of Belgrade, SRB

Vladimir Milićić, University of Belgrade, SRB

Dalibor Fulurić, University of Istočno Sarajevo, BiH

Siniša Karišić, University of Istočno Sarajevo, BiH

Technical Editor / Tehnički urednik

Duško Šljivić, University of Banja Luka, BiH

Web Editor & Administrator

Saša Šljivić, University of Banja Luka, BiH

Language Editor / Prevodilac

Dalibor Kesić, University of Banja Luka, BiH

Editorial Office / Ured Izdavaštva

University of Banja Luka,

Faculty of Physical Education and Sport

Univerzitet u Banjoj Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta

Bulevar Vojvode Petra Bojovića 1A

78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

Phone/Fax: 00387 051 31 22 80

E-mail: info@ffvs.unibl.org

Web site: www.sportlogia.com (full text available free of any charge)

Abstract or Indexed-in:

Cross Ref, Academic Search Premier, CAB Abstracts, EBSCO SPORTDiskus with

Fulltext, EBSCOhost Research Databases, Fulltext Sources Online, Cab Global Health, Google Scholar, INASP - International Network for the Availability of Scientific Publications, Open Access Map, Science Gate, WorldCat.

SportLogia journal (print ISSN 1986-6089, e-ISSN 1986-6119, CD-ROM ISSN 1986-6097) is published two times in one volume per year until 2014 (every June and December) and in one issue per year since 2015, by Faculty of Physical Education and Sports, University of Banja Luka, Bulevar Vojvode Petra Bojovića 1A, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. All articles are stored and registered in regional and national Co-operative Online Bibliographic System & Service Cobiss.net with full analytical processing of journal

SportLogia

God.16, Broj 1, Decembar 2020. E-ISSN 1986-6119

Radosav Đukić, Goran Bošnjak, Vladimir Jakovljević

& Gorana Tešanović

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI

U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE.....1

Luka Androja, Josip Miočić, Dražen Adžić & Žarko Bilić

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH

SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE

SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA.....31

Vjekoslav Cigrovski, Ivan Bon, Mateja Očić,

Igor Božić & Mislav Škovran

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA.....41

Borko Katanić, Predrag Ilić, Aleksandar Stojmenović,

Mima Stanković & Manja Vitasović

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA

U FUDBALU : PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE.....48

Vedran Dukarić, Tomislav Rupčić, Li Feng,

Vjekoslav Cigrovski & Damir Knjaz

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH

UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA.....71

Tijana Stojanović, Dragan Perić,

Darko Stojanović & Toplica Stojanović

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI

STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA.....82

Goran Pašić, Goran Grahovac & Milomir Trivun

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG

TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA.....92

Razia Nawaz, Wasim Khan, Ratko Pavlović,

Tasleem Arif & Sardar Nasir Sohail

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA
PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA
VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA.....**110**

Ratko Pavlović, Javier Lamoneda Prieti & Emilija Petković

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA

BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG

PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE.....**126**

Bernarda Letnar

STRENGTHENING AND STABILIZATION

EXERCISES IN PREVENTION OF SHOULDER INJURIES.....**149**

Borko Petrović, Aleksandar Kukrić, Radenko Dobraš & Nemanja Zlojutro

MASKIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG

MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ.....**161**

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Parameters of functional abilities in running – research review

Radosav Đukić¹, Goran Bošnjak², Vladimir Jakovljević² i Gorana Tešanović²

¹Spartamedic, Austrija

²Univerzitet u Banjoj Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Bosna i Hercegovina

PREGLEDNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.dbjt

UDK: 796.422.012.1

Primljeno: 26.05.2020.

Odobreno: 23.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 1-30.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija: Radosav Đukić, Dr. Sci

Spartamedic, Beč, Austrija Tel.: +43 664 1330916, e-mail:rade.djukic@chello.at

SAŽETAK

Trčanje kao atletska disciplina iziskuje velik nivo izdržljivosti i brzinske izdržljivosti, što je u direktnoj vezi sa kardiovaskularnim i respiratornim sistemima, odnosno sa sposobnošću organizma sportiste da podnese opterećenja koja, pa se kao relevantni faktori za uspjeh trčanju navode: anaerobna snaga i maksimalna potrošnja O_2 , koncentracija mlijecne kiseline i manjak kisika, sposobnost podnošenja stresa, visoko sposobnost koncentracije i njeno zadržavanje tokom dužeg vremena. Mnogo je istraživanja koja su se bavila izučavanjem parametara funkcionalnih sposobnosti u pokušaju nalaženja najefikasnijeg načina poboljšanja istih, a budući da je mnogo sličnih i različitih podataka o toj tematiki ovaj rad je urađen sa ciljem klasifikovanja dostupnih radova domaćih i stranih autora čime bi se izveli zaključci primjenljivi kako u praksi tako i za dalja istraživanja.

Za potrebe ovog istraživanja analizirani su originalni naučni radovi koji su se bavili funkcionalnim sposobnostima kao faktorima uspjeha u trčanju na kratke, srednje i dugе distance te uticajem treninga na funkcionalne sposobnosti, pronađeni na elektronskim bazama podataka - Medline, PubMed, Researchgate, Web of Science and Google Scholar. Istraživanja korištena u ovom pregledu pratila su transverzalno vrijednosti submaksimalne i maksimalne potrošnje kiseonika, energetske sisteme, vrijednosti frekvencije srca, plućnu ventilaciju, koncentraciju laktata u krvi, kao i njhove promjene nakon longitudinalne provedbe eksperimentalnih protokola i trenažnih procesa. Budući da su prikupljena istraživanja imala pre malo ispitanika različite populacije sa malom brojnošću elitnih trkača, te da nisu imala dovoljno informacija o dugogodišnjem iskustvu, nivou sportske forme, kategorijama trka, te opisa treninga i metoda, dobijanje empirijskih informacija uteviljenih na dokazima bilo je ograničeno, kao i izvedba valjanih zaključaka. Shodno navedenom, postoji potreba za više sistematskim pristupom istraživanjima i provedbi kompleksnih studija sa dovoljnim brojem trkača svih uzrasta, oba pola elitnog nivoa, te saradnja akademskih istraživača, klubova i sportista što bi omogućilo provođenje studija koje bi omogućile značajne statističke podatke, analize i interpretacije. Rezultati identifikovani u ovome pregledu pružaju polazište za buduća istraživanja koja identifikuju i kvantifikuju prediktore funkcionalnih performansi kao faktore uspjeha trčanja na kratkim, srednjim i dugim distancama.

Ključne riječi: maksimalna potrošnja kiseonika, koncentracija laktata, kratke distance, srednje distance, dugе distance, trenažni proces

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

UVOD

Kao relevantni faktori za uspjeh trčanju na srednje pruge navode se: anaerobna snaga i maksimalan VO_2 , koncentracija mlječne kiseline i manjak kisika, sposobnost podnošenja stresa, visoko sposobnost koncentracije i njeno zadržavanje tokom dužeg vremena, a kako kod napora izdržljivosti nije osnovna determinanta samo maksimalna potrošnja kiseonika (VO_2max), koju sportista može postići, već značajniju ulogu igra mogući nivo na kome se može iskoristiti maksimalni aerobni kapacitet, a u mnogim istraživanjima se navodi i podataka da netreniran početnik, može podići svoj VO_2max 15-20% za samo 12-16 sedmica redovnog i pravilnog treninga (Frajtnić, 2012). Aerobna izdržljivost se može poboljšati povećanjem primanja kiseonika tako da se poveća sposobnost asimilacije, prenosa i upotrebe kiseonika i povišenjem anaerobnog praga kako bi se moglo trčati većom brzinom bez ulaska u anaerobnu zonu, ali treba imati u vidu da uloga aerobnih i anaerobnih kapaciteta ili doprinos aerobnih i anaerobnih energetskih izvora u trčanju zavisi o intenzitetu i trajanju trčanja (Škof, Kropej i Milić, 2002), a kvaliteta izvedbe i uspješnost zavisi o količini i

strukturi opterećenja u treningu u nekom vremenskom razdoblju.

Poboljšanje primanja kiseonika kroz povećanje sposobnosti asimilacije, prenosa i upotrebe kiseonika najbolje se postiže neprekidnom metodom opterećenja, dok povišenje anaerobnog praga koje ima za rezultat mogućnost trčanja većom brzinom bez ulaska u anaerobnu zonu se najbolje postiže ponavljanjem metodom opterećenja (Čoh, 1992). Takođe, suštinski značaj kod mlađih sportista tokom selekcije imaju različite tjelesne strukture (Malousaris, Bergeles, Barzouka, Bayios, Nassis, i Koskolou, 2008) koje su presudne za poboljšanja vještine u mnogim sportovima (Carter i Heath, 1990), a da bi se procijenila struktura cijelog tijela i njegovih pojedinih komponenti potrebno je identifikovati antropometrijske karakteristike (McArdle i Katch, 1991). Kod dječaka u pubertetu se događaju burne promjene u organizmu, uporedno sa ubrzanim rastom skeleta, povećava se i mišićna masa, što je glavni razlog povećanja maksimalnog primitka kisika i poboljšanja izdržljivosti (koja je u fazi inicijacije bila niska) i sportskog postignuća (Idrizović, 2013).

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Istraživanjem anaerobne izdržljivosti su se takođe bavili (Bowerman i sar. 1999), i navode da se anaerobna izdržljivost takođe može poboljšati na dva načina: poboljšanjem sposobnosti tolerancije na visoke nivoje mlijecne kiseline što će omogućiti nastavak aktivnosti i treniranje nervnomišićnog sistema na tempu trke i poboljšanjem anaerobnog kapaciteta ćelija povećanjem količine energije pohranjene u ATP-u mišićnih ćelija. Aerobna izdržljivost u jednoj svojoj fazi dostiže stagnaciju iako se trenažni proces provodi, tako da bi cilj u ovoj fazi (faza oblikovanja sportaša), trebalo biti – primjenom treninga izdržljivosti povećati aerobnu i anaerobnu izdržljivosti, tj. svako povećanje izdržljivosti, do kojeg je došlo tokom pretpuberteta, dovesti na viši nivo (Bompa, 2006). Takođe, utvrđeno je da (Rotstein, Dofan, Bar i Tenenbaum, 1986) je devetonedeljni intervalni trening kod sportista imao pozitivan efekat na anaerobni prag, anaerobni kapacitet i aerobnu moć te doveo do povećanja anaerobnog kapaciteta ($VO_{2\max}$). Pokazalo se da dva tipa intervalnog treninga – usmjeren na laktatni i ventilatorni prag su dovela do povećanja $VO_{2\max}$ za 5% odnosno 6%, laktatnog praga za 19.4% odnosno 22.4% i

ventilatornog praga za 19.5%, odnosno 18.5% (Burke, 1998).

Nekoliko ranijih istraživanja (Morgan, Baldini, Martin i Kohrt, 1989; Powers, Dodd, Deason, Byrd i McKnight, 1983) pokazalo je da maksimalna potrošnja kiseonika ($VO_{2\max}$), brzina trčanja na laktatnoj granici i ekonomičnost trčanja većom brzinom značajno povezani sa uspjehom u trčanju. Visoku korelaciju sa intenzitetom fizičke aktivnosti pri anaerobnom pragu imaju rezultati u aerobnim aktivnostima dugog trajanja (Costill i sar., 1985; Farrell i sar., 1979; Rhodes i McKenzie, 1984) i pokazatelj su individualnog aerobnog kapaciteta (Peron i sar., 1987; Tanaka, 1983). Pri opterećenju preko 60 do 90 sekundi do pokrivanja energetskih potreba dolazi u situaciji kada se rad sve više odvija aerobno, s napomenom, da kod aerobnih opterećenja konstantnog intenziteta tokom ukupnog trajanja opterećenja laktat može ostati na nivou normale ili neznatno porasti iznad normale (Malacko i Rađo, 2004). Lacour, Bouvat i Barthélémy (1990) su istraživali koncentracije laktata u krvi kao pokazatelje potrošnje anaerobne energije tokom trčanja na 400m. Ohkuwa, Kato, Katsumata, Nakao i Miyamura (1984) su istraživali krvne

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

laktate i glicerin nakon trčanja na 400m i 3000m (kod sprintera i trkača na duge staze), te došli do zaključka da vrhunac krvnih laktat dobijen nakon trke na 400m može biti korišten kao pokazitelj anaerobne radne sposobnosti kod dugoprugaša i netrenirane grupe, ali ne i kod sprintera.

Poznato je da sve veći broj autora naglašava važnost razvoja energetskih kapaciteta kod sportaša nezavisno o potrebama matičnog sporta ili zahtijeva sportske discipline (Bompa, 1999; Holmann i Hettinger, 2000).

Maksimalno laktatno stabilno stanje (MLSS) ili anaerobni prag (drugi ventilacijski prag) definiran je intenzitetom rada pri kojem je još uvijek moguće postići stabilno stanje VO₂ i mlječne kiseline u krvi, tj. može se uspostaviti ravnoteža između procesa akumulacije i razgradnje mlječne kiseline (Barstow i sar., 1993). Anaerobni prag se dostiže pri intenzitetu od oko 80 - 90% VO₂max (u nesportista pri 65 - 70% VO₂max, a u treniranih osoba čak i pri

95% VO₂max, zavisno o trenažnom ciklusu - pripremnom, predtakmičarskom ili takmičarskom), uz koncentraciju mlječne kiseline u krvi od oko 3-5 mmol/l (Viru, 1995).

Sportske aktivnosti relativno kratkog trajanja a visokog intenziteta za čije je ostvarivanje esencijalno visok nivo anaerobne izdržljivost te brzinska i snažna izdržljivost najveći dio energije crpe iz anaerobnih rezervi, tj. iz anaerobnih energetskih kapaciteta (Vučetić i Šentija, 2005).

Kako se vidi, mnogo je istraživanja koja su se bavila izučavanjem parametara funkcionalnih sposobnosti u pokušaju nalaženja najefikasnijeg načina poboljšanja istih, što bi dovelo do poboljšanja rezultata u trčanju, a budući da je mnogo sličnih i različitih podataka o toj tematiki ovaj rad je urađen sa ciljem klasifikovanja dostupnih radova domaćih i stranih autora čime bi se izveli zaključci primjenljivi kako u praksi tako i za dalja istraživanja.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

METODOLOGIJA

Za potrebe ovog istraživanja i pronalaženje odgovarajućih originalnih naučnih radova iz atletike i značaja funkcionalnih sposobnosti za postizanje rezultata u trčanju, a preko ključnih riječi: trenažni proces u trčanju, anaerobni trag, koncentracija laktata, maksimalna potrošnja kiseonika, korištene su elektronske baze podataka - Medline, PubMed, Researchgate, Web of Science and Google Scholar. Nakon uklanjanja nerelevantnih članaka, sastavljeni su preostali članci i pročitan je puni tekst svakog od njih kako bi se procijenila prihvatljivost za uključivanje. Kriteriji prihvatljivosti stvorenici su za nezavisno

REZULTATI

Tabela 1. Funkcionalne sposobnosti istraživane kod trkača na kratke staze

| Autor | Uzorak ispitanika | Testovi | Rezultati |
|---------------------------------|---|---|--|
| Kurelić i sar. (1975) | 34 | – trčanje na 100m, 1500m – srčana frekvencija i – vitalni kapacitet pluća | – poboljšan rezultat na 1500m, – smanjenje srčana frekvencija |
| Roberts i sar. (1979) | sprinteri i trkači na srednje distance | – maksimalna aerobna moć, – anaerobni prag | – trkači na srednje distance imaju veći VO _{2max} i viši anaerobni prag |
| Nummela i Rusko (1995) | 8 (trkači na kratke staze) 6 (trkači na srednje distance) | – potrošnja O ₂ nakon vježbanja (EPOC) | – relativni doprinos anaerobnog prinosa energije ↓ sa 80% na 60% tokom prvih 15 sekundi u obje grupe – nije pronađena korelacija između deficit-a O ₂ i EPOC |
| Spencer, Gastin, i Payne (1996) | 4 (trkači na kratke staze) 5 (trkači na srednje distance) | – procjena aerobnog i anaerobnog sistema metodom AOD | – nema razlike u AOD – kod trkača na kratke staze ↑VO _{2max} na 400 metara u odnosu na trkače na srednje distance tokom trke 800 i 1500m |
| Spencer i Gastin (2001) | 20 (trkači - 3 specijalizovana za 200 m, 6 za 400 m, 5 za 800 m, 6 za 1500) | – relativni doprinos aerobnog i anaerobnog energetskog sistema izračunat metodom AOD | – ↑ AOD sa trajanjem opterećenja tokom trčanja od 200, 400 i 800 m |
| Nagasawa (2013) | 5 (trkači na srednje distance) 5 (trkači na kratke staze) 6 (kontrolna grupa) | – stopa reoksigenacije mišića (T1/2 StO ₂) – maksimalna potrošnja kisika (VO _{2max}) | – T1/2 StO ₂ je imao značajnu pozitivnu korelaciju sa VO _{2max} |

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Pretpostavlja se da je povezanost funkcionalnih sposobnosti ($VO_{2\max}$, srčana frekvencija, kapacitet pluća, deficit kiseonika) u velikoj korelaciji sa trčanjem na srednjim distancama i da zavisi u velikom nivou od njihovih vrijednosti. A kako se vidi u tabeli 1. autori su se bavili problematikom promjena funkcionalnih sposobnosti tokom i nakon odgovarajućih opterećenja kod trkača na kratke distance ali i trkača na srednje distance kao kontrolne grupe. Među privim istraživanjima povezanosti trčanja na srednji distancama sa funkcionalnim sposobnostima bavio se Kurelić i sar. (1975), gdje je na uzoru od 34 ispitanika uzrasta 22 godine +/- 6 mjeseci došao do zaključka da su rezultati trčanja na 1500m znatno povezani sa srčanom frekvencijom kao jednim vidom funkcionalnih sposobnosti. Istraživanjem razlika u vrijednosti anaerobnog praga i maksimalnoj potrošnji kiseonika ($VO_{2\max}$) kod trkača na kratkim distancama i trkača na srednjim distancama, Roberts i sar. (1979), su utvrdili da trkači na srednjim distancama imaju veći $VO_{2\max}$ i viši anaerobni prag. Na uzorku od 8 muških trkača na kratkim distancama i 6 muških trkača na srednjim distancama, Nummela i Rusko (1995) su analizirali vrijednosti deficit kiseonika (AOD), prekomjerne potrošnje kiseonika i

koncentracije laktata nakon izvršenog iscrpnog rada (do maksimuma). Rezultati su pokazali da se relativni doprinos anaerobnog izvora energije smanjio sa 80% na 60% tokom prvih 15 sekundi iscrpnog rada kod obje grupe ispitanika. Takođe, kod obje grupe ispitanika maksimalna potrošnja kiseonika ($VO_{2\max}$) je dostigla vrhunac u intervalu od 25. do 40. sekunde iscrpnog rada kod obje grupe. Međutim, relativni doprinos aerobnog izvora energije bio je značajno veći u grupi trkača na srednjim distancama (54-63%) u odnosu na trkače na kratkim distancama (43-47%) i primijećena je statistički značajna razlika ($p<0,05$). Upoređujući $VO_{2\max}$ u različitim disciplinama, Spencer, Gasin i Payne (1996) testirali su 4 trkača na kratkim distancama i 5 trkača na srednjim distancama.

Došli su do rezultata da nisu pronađene značajne razlike u AOD između ispitanika. Takođe su došli do zaključka da su trkači na kratkim distancama ostvarili u trčanju na 400m (98% $VO_{2\max}$) dok su trkači na srednjim distancama ostvarili u trčanju na 800m i 1500m (90% i 94% $VO_{2\max}$). Relativni doprinos aerobnog i anaerobnog energetskog sistema izračunatog metodom akumuliranog deficit kiseonika (AOD), analizirali su Spencer i Gastin (2001) na

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

uzorku 20 atletičara grupisanih po disciplinama trčanja (200m N=3, 400m N=6, 800m N=5, 1500m N=6).

Veličina deficit kiseonika (AOD) povećavala se sa trajanjem opterećenja tokom trčanja od 200, 400 i 800 m ($30,4 \pm 2,3$, $41,3 \pm 1,0$ i $48,1 \pm 4,5$ ml/kg), ali nije zabilježen daljnji porast u trčanju na 1500 m ($47,1 \pm 3,8$ ml/kg).

Prelaz na potrošnju pretežno aerobnim energetskim sistemom dogodio se između 15. i 30. sekunde kod trčanja na 400, 800 i 1500 m.

Na uzorku od dvije grupe, eksperimentalne koju su činili 5 muških trkača na dugim distancama i 5 muških trkača na kratkim distancama, i kontrolne grupe koju su činili 6 muških ispitanika, Nagasawa (2013) je analizirao zasićenost kiseonika u mišićnom tkivu (StO_2) u mišićima vastus lateralis, stopu reoksigenacije mišića nakon vježbe koja je procijenjena na polovini vremena potrebnog za oporavak StO_2 ($T_{1/2} StO_2$) i aerobni

kapacitet procijenjen mjeranjem maksimalne potrošnje kiseonika ($VO_{2\max}$). Stopa reoksigenacije ($T_{1/2} StO_2$) kod trkača na srednje distance ($25,0 \pm 4,5$ sekunde) bio je znatno duži od onog u kontrolnoj grupi ($15,9 \pm 1,6$ sekunde; $p < 0,01$) i kod trkača na kratkim distancama ($18,0 \pm 4,6$ sekundi; $p < 0,05$).

Kod svih ispitanika (trkači na srednje distance, trkači na kratke distancama i kontrolna grupa), $T_{1/2} StO_2$ je imao značajnu pozitivnu korelaciju sa $VO_{2\max}$ ($r = 0,75$; $p < 0,01$) i bio je duži kod ispitanika sa višim $VO_{2\max}$.

Primarna ograničenja većine aktualne literature koja istražuje uticaj različitih programa treninga na performanse sprint-a su ta što obično uključuju samo jedan modalitet treninga po istraživanju (tj. ne istražuju longitudinalne učinke periodizacije) ili po grupi sportista, (Cormie i sar. 2010) ili se ne temelje na eltnim sprinterima (Bolger, Lyons, Harrison i Kenny, 2015).

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Tabela 2. Funkcionalne sposobnosti istraživane kod trkača na srednje staze

| Autor | Uzorak ispitanika | Testovi | Rezultati |
|--|---|--|---|
| Krsmanović (1987) | 64 | – funkcionalne sposobnosti – 1500m | – statistički značajna korelacija trčanja na 1500 m sa funkcionalnim sposobnostima |
| Vuksanović (1999) | 431 | – motoričke sposobnosti – funkcionalne sposobnosti | – pozitivan uticaj MS i FS na rezultate trčanja na 1000m |
| Stoiljković i sar. (2004) | 32 | – mjerjenje ventilacijskog praga (VT) i VO ₂ max | – unos kiseonika na ventilacijskom pragu i VO ₂ max su se značajno povećali |
| Gasiin, Costill, Lawson, Krzeminski, i McConnell (1995) | 9 (VO ₂ max = 57 +/- 3) 12 (VO ₂ max = 55 +/- 3) | – supramaksimalni napor metodom AOD | – AOD je pouzdana metoda za procjenu VO ₂ max |
| Mayhew (1977) | 9 | – VO ₂ max – utrošak energije | – potrošnje kiseonika i brzina trčanja su u korelaciji – kalorijski utrošak je nezavisan od brzine trčanja |
| Pate, Macera, Bailey, Bartoli, i Powell (1992) | 188 (119 muškaraca, 69 žena) | – srčani puls i ventilacija – VO ₂ max | – VO ₂ max, HR6 i VE6 su u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa VO ₂ -6 |
| Fletcher, Esau, i Macintosh (2009) | 16 | – VO ₂ max | – nije utvrđena razlika u potrošnji kiseonika u odnosu na brzinu – ↑ kalorijska potrošnja sa brzinom |
| Allen, Seals, Hurley, Ehsani, i Hagberg (1985) | 16 | – VO ₂ max – koncentracija laktata | – stariji sportisti su imali 9% ↓ VO ₂ max od mlađih – stariji sportisti postigli su 2,5 m/mol nivoa laktata u krvi pri većem procentu njihovog VO ₂ max |
| Brisswalter i Legros (1994) | 10 | – energetski troškovi trčanja (C), ventilacija (VE), respiratorna frekvencija (RF), brzina otkucaja srca (HR), koncentracija laktata (La) i brzina koraka (SR) | – nisu pronađene značajne razlike između testova u C, VE, RF, HR, SR – značajne svakodnevne razlike pronađene su u La |
| Daniels i Oldridge (1971) | 14 (dječaci uzrasta 10–15 godina) | – submaksimalni i maksimalni VO ₂ | – tokom 12-mjesečnog perioda ↑ VO ₂ max |
| Daniels, Oldridge, Nagle, i White (1978) | 20 (10-18 godina) | – submaksimalni i maksimalni VO ₂ | – VO ₂ max je u korelaciji sa tjelesnom težinom – trajanje treninga doprinosi promjeni submaksimalnog VO ₂ |
| Svedenham i Sjödin (1984) | 27 (trkači na srednje i duge distancije) 2 (trkači na 400 metara) | – VO ₂ max – koncentracija laktata | – brzina trčanja koja odgovara koncentraciji laktata u krvi od 4 mmol/l značajno se razlikovala između grupa – koncentracija laktata u krvi nakon testa (VO ₂ max test) bila je niža kod trkača na duge staze |
| Helgerud (1994) | 6 muškaraca 6 žena | – potrošnja kiseonika tokom trčanja (CR) – VO ₂ max | – VO ₂ u ml · kg – 0,75 · min – 1 bio je značajno veći kod muškaraca u odnosu na žene |
| Saltin, i dr. (1995) | 3 (kenijski trkači) 3 (skandinavski trkači) | – VO ₂ max | – najbolji skandinavski trkači nisu se značajno razlikovali od kenijskih trkača u VO ₂ max, ali nijedan od Skandinavaca nije postigao tako visoke pojedinačne vrijednosti kao što su uočeni kod nekih kenijskih trkača |
| Duffield, Dawson, i Goodman (2005) | 10 (trkači na 3000m - 8 muškaraca, 2 žene) 14 (trkači na 1500m - 10 muškaraca, 4 žene) | – unos kiseonika, – koncentracije laktata u krvi | – relativni doprinos aerobnog energetskog sistema za 3000 m bio je veći kod žena – koncentracija laktata u krvi nije se razlikovala u odnosu na pol i disciplinu |
| McConnell i Clark (1988) | 10 | – VO ₂ max | – nije bilo značajnih razlika u maksimalnom unosu kisika (VO ₂ max) između protokola |
| Lourenço, Barreto Martins, Tessutti, Brenzikofe, i Macedo (2011) | 11 | – VO ₂ max – ventilacijski prag (VT) i – respiratorna kompenzacija (RCP) | – nisu pronađene značajne razlike ni u jednom od analiziranih parametara, uključujući VT, RCP i VO ₂ max |
| Foster, Costill, Daniels, i Fink (1978) | 26 | – sukcinat dehidrogenaze (SDH) – VO ₂ max | – utvrđena je mala veza između SDH sa VO ₂ max |

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Da bi ispitao povezanost funkcionalnih sposobnosti i trčanja na 1500m, Krsmanović (1987), testirao je 64 ispitanika uzrasta 22 godine+/- 6 mjeseci i zaključio je da postoji statistički značajna korelaciona povezanost između rezultata trčanja na 1500 m i funkcionalnih sposobnosti (kardiovaskularnog sistema). Na uzorku od 431 ispitanika uzrasta 18 godina +/- 6 mjeseci, Vuksanović (1999) je zaključio da funkcionalne sposobnosti imaju znatan uticaj na rezultate trčanja na 1000m. Stoiljković i sar. (2004) su izvršili mjerjenje ventilacionog praga (VT) i VO₂max kod 32 ispitanika (22,3+/-2,5 godina) i dobili da se unos kiseonika na ventilacionom pragu povećao između početnih i krajnjih mjera testiranja ($34,8 \pm 6,3 \text{ mlO}_2/\text{kg/min}$ početak, $41,3 \pm 6,2 \text{ mlO}_2/\text{kg/min}$ kraj) i VO₂max ($52,1 \pm 5,9 \text{ mlO}_2/\text{kg/min}$ početak, $57,1 \pm 5,3 \text{ mlO}_2/\text{kg/min}$ kraj). Procjenu aerobnog i anaerobnog sistema metodom akumuliranog deficit-a kiseonika AOD (Medbo i sar. 1988), bavili su se Gassin i sar. (1995) koji su testirali 21 ispitanika sa VO₂max u rasponu od $55+/- 3$ do $57 +/3$ pri supramaksimalnom naporu metodom AOD. Nakon izvršene analize došli su do zaključka da je navedena metoda dosta pouzdana kod procjene anaerobne sposobnosti. Da bi utvrdili odnos

između potrošnje kiseonika i brzine trčanja, Mayhew i sar. (1977) su testirali 9 ispitanika muškog pola, trkača na srednjim distancama. Dobili su rezultate sa visokom korelacijom između potrošnje kiseonika i brzine trčanja ($r=0,917$). Pate i sar. (1992) na uzorku od 188 ispitanik (119 muškaraca i 69 žena) ispitivali su povezanost VO₂max, srčanu frekvenciju (HR6) i ventilacione sposobnosti (VE6) sa potrošnjom kiseonika pri trčanju od 6 mph (VO₂-6). Analiza korelace povezanosti je otkrila da su VO₂max, HR6 i VE6 u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa VO₂-6 ($p<0,001$). Provedenim testom trčanja na 5 minuta pri brzinama od 75%, 85% i 95% od laktatnog praga, Fletcher i sar. (2009) su na uzorku od 16 trkača na srednjim distancama ispitivali prosječnu potrošnju kiseonika pri trčanju na 5 minuta pri brzinama koje su odgovarale 75%, 85% i 95% brzine na laktatnom pragu sa 5-minutnim odmorom između faza. Rezultati su pokazali da se prosječna potrošnja kiseonika kretala od 221, 217 i 221 ml/kg i da nije bilo razlike u potrošnji kiseonika u odnosu na brzinu trčanja ($p = 0,657$). Vrijednostima VO₂max i nivoa laktata kod mlađih i starijih sportista bavili su se Allen i sar. (1985) Testirali su kod 8 ispitanika muškog pola trkača na srednjim distancama

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

uzrasta 56 +/- 5 godina i 8 ispitanika muškog pola trkača na srednjim distancama uzrasta 25 +/- 3 godine maksimalnu potrošnju kiseonika i nivo laktata. Dobijeni rezultati su pokazali da su stariji sportisti imali niži VO₂max za 9% ($p<0,05$), ali su imali niži nivo laktata u krvi pri većem procentu njihovog VO₂max, što je ukazalo da mogu raditi bliže svom VO₂max tokom trke. Analizom energetskih troškova trčanja (C), ventilacije (VE), respiratorne frekvencije (RF), srčane frekvencije (HR), koncentracije laktata (La) i brzine koraka (SR), bavili su se Brisswalter i Legros (1994) na uzorku muškaraca i žena trkača na srednjim distancama pri uobičajenom tempo treninga na traci -75% VO₂max pri brzini (15,8 +/- .02 km.h⁻¹). Zaključili su na nema značajne razlike između testova C, VE, RF, HR i SR između ispitanika u odnosu na pol, dok je pokzana samo razlika kod testa (La) $p<0,025$. Daniels i Oldridge (1971) su tokom 22 mjeseca pratili porast submaksimalnog i maksimalnog VO₂ iz uzoraka izdahnutog vazduha tokom testa na traci za trčanje, na uzorku od 14 dječaka uzrasta od 10-15 godina.

Dokazali su da je određen vremenski period odrastanja doveo do povećanja submaksimalnog VO₂ sa 2331 ml na 2839

ml, dok nije došlo do povećanja maksimalnog VO₂.

Langitudinalnim istraživanjem koje je trajalo 6 godina, Daniels i sar. (1978), su analizirali povezanost submaksimalnog i maksimalnog VO₂ na uzorku od 20 ispitanika muškog pola uzrasta od 10-18 godina. Submaksimalni VO₂ izmjerен je tokom posljednje 2 minute 6-minutnog trčanja pri brzini od 202 m/min, a maksimalni VO₂ izmjerен tokom 5-8 minuta kod testa koji se izvodio do maksimuma. VO₂max se kretao od 1933 ml/min za 10-godišnjake do 4082 za 18-godišnjake. Zaključili su da se u svim longitudinalnim poređenjima maksimalni VO₂ mijenja sa promjenom tjelesne težine, odnosno da maksimalni VO₂ ne raste brže od tjelesne težine aktivnih dječaka uzrasta od 10 do 18 godine. Na uzorku od 29 trkača na srednjim i dugim distancama koji su bili podijeljeni u 6 grupa (grupe trkača od 400 m do maratona), Svedenhag i Sjödin (1984) su analizirali VO₂max i koncentraciju laktata u krvi. Maksimalna potrošnja kiseonika je analizirana je na osnovu testova trčanja pri brzini od 15 km/h i 20 km/h, i na ovim brzinama nije se značajno razlikovala među grupama. Brzina trčanja koja odgovara koncentraciji laktata u krvi od 4 mmol/l

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

značajno se razlikovala između grupa s najvećom vrijednošću (5,61 m/s) u grupi od 5000 do 10000 m, dok je koncentracija laktata u krvi nakon testova bila niža kod trkača na duge staze.

Helgerud (1994) testirao je maksimalnu potrošnju kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ i laktatni prag kod 6 muškaraca i 6 žena uzrasta 20 do 30 godina i zaključio je da su muškarci pokazali za oko 10% veći $\text{VO}_{2\text{max}}$, ali nije utvrđena razlika u odnosu na nivo laktatnog praga između muškaraca i žena. Istraživanjem maksimalne potrošnje kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ na različitim nadmorskim visinama, na uzorku kenijskih i skandinavskih dječaka uzrasta 14,2 +/- 0,2 godine, Saltin i sar. (1995) su iznijeli niz zaključaka.

Na većoj nadmorskoj visini su neaktivni kenijski dječaci imali maksimalni unos kiseonika ($\text{VO}_{2\text{max}}$) od 47 (44-51) ml/kg/min, dok su dječaci slične starosti koji redovno hodaju ili trče, ali nisu trenirali za takmičenje dostizali $\text{VO}_{2\text{max}}$ iznad 62 (58 - 71) ml/kg/min.

Kenijski trkači u aktivnom treningu imali su $\text{VO}_{2\text{max}}$ 68 +/- 1,4 ml/kg/min na višoj nadmorskoj visini, dok su ostvarili $\text{VO}_{2\text{max}}$ 79,9 +/- 1,4 ml/kg/min na nivou mora. Takođe je primjećeno da su pojedini

kenijski dječaci dostizali i $\text{VO}_{2\text{max}}$ od 85 ml/kg/min na nivou mora. Najbolji skandinavski trkači nisu se značajno razlikovali od kenijskih trkača u $\text{VO}_{2\text{max}}$ kako na višoj nadmorskoj visini, tako i na nivou mora, ali nijedan od skandinavskih trkača nije postigao tako visoke pojedinačne vrijednosti kao što su uočene kod nekih kenijskih trkača.

Zaključeno je da upravo fizička aktivnost tokom djetinjstva, kombinovana s intenzivnim treningom kod dječaka, dovodi do većeg $\text{VO}_{2\text{max}}$. Odnosom deficit kiseonika (AOD) i koncentracije laktata koji doprinose vrijednostima aerobnog energetskog sistema kod trkača na srednjim distancama, Duffield i sar. (2005), su na uzorku od 10 trkača na 3000m (8 muškaraca i 2 žene) i 14 trkača na 1500m (10 muškaraca i 4 žene) izmjerili deficit kiseonika (AOD) i koncentraciju laktata. Rezultati analiza su pokazali da je relativni doprinos aerobnog energetskog sistema zasnovan na mjerama (AOD) za 3000 m bio 86% (muškarci) i 94% (žene), dok je za 1500 m 77% (muški) i 86% (ženski). Procjena potrošnje aerobne energije na osnovu koncentracije laktata se nije razlikovao među ispitanika u odnosu na pol i disciplinu ($p>0,05$).

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Analiziranjem vrijednosti maksimalne potrošnje kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ pri izvođenju testa gdje se protokol povećanja brzine mijenjao 4 puta, svaki za 2,5% na svake 2 minute izvođenja, bavili su se McConnell i Clark (1988) na uzorku od 10 trkača na srednjim distancama.

Rezultati su pokazali da nije bilo značajnih razlika u maksimalnoj potrošnji kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ između protokola (P1, 65,0 +/- 5,6 ml/kg/min; P2, 64,5 +/- 5,3 ml/kg/min; P3, 66,2 +/- 3,9 ml/kg/min; P4, 64,7 +/- 5,8 ml/kg/min). Testom koji se izvodio ponavljanjem 4 protokola (gdje se brzina trčanja povećavala za 0,3 km/h svakih 25 sekundi), Lourenço i sar. (2011) su analizirali maksimalnu potrošnju kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$, ventilacijski prag (VT) i

respiratornu kompenzaciju (RCP), na uzorku od 11 muških trkača na srednjim distancama. Nakon izvršenih analiza nisu pronađene značajne razlike ni u jednom analiziranom parametru tokom provođenja protokola testa ($p>0,05$). Foster i sar. (1978) na uzorku od 26 trkača na srednjim distancama su testom trčanja na pokretnoj traci (trčanje 1 milja, 2 milje i 6 milja), analizirali maksimalnu potrošnju kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$, sastav mišićnih vlakana i dehidrogenaze (SDH).

Rezultatima je utvrđena niska povezanost između SDH i $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($r=-0,11$ za 1 milju, $r=-0,14$ za 2 milje i $r=-0,20$ za 6 milja), dok je povezanost sastava mišićnih vlakana sa $\text{VO}_{2\text{max}}$ bila srednjeg nivoa ($r=0,52$ za 1 milju, $r=-0,54$ za 2 milje i $r=-0,55$ za 6 milja).

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Tabela 3. Funkcionalne sposobnosti istraživane kod trkača na duge distance

| Autor | Uzorak ispitanika | Testovi | Rezultati |
|--|--|--|---|
| Bilat, i sar. (2003) | 20 (elitni kenijski trkači: 13 muškaraca i 7 žena) | – VO _{2max} i brzina na pragu laktata (vLT) | – srednja brzina između vVO _{2max} i vLT nije se značajno razlikovala od brzine na 10 km, bez obzira na pol ili tip treninga |
| Cavanagh i Williams (1982) | 10 (rekreativni trkači na duge distance) | – unos O ₂ | – srednji porast O ₂ iznosio je 2,6 i 3,4 ml. kg-1 min-1 na ekstremnim dužinama kratkog i dugog koraka |
| Coetzer, i dr. (1993) | 9 bijelih i 11 crnih južnoafričkih trkača na srednje i duge distance | – trka na 3000m i 5000m | – crni trkači su imali nižu koncentraciju laktata u krvi tokom vježbanja – vrijeme do zamora bilo je duže kod crnih trkača |
| Conley i Krahnenbuhl (1980) | 12 (trkači na duge distance) | – unos kiseonika (VO ₂) – VO _{2max} | – ekonomija trčanja čini veliku i značajnu količinu razlike uočenih u trci na 10 km |
| Davies i Thompson (1979) | 13 (muški ultramaratonaci i 9 (žene maratonke) | – VO _{2max} | – VO _{2max} kod muškaraca bila je veća nego kod žena, ali trošak O ₂ za datu brzinu je bilo isto kod oba pola |
| Craig i Morgan (1998) | 9 (trkači na srednje i duge distance) | – VO _{2max} – ekonomičnosti rada (RE) – deficit kisika (AOD) | – nije pronađena značajna veza između vremena trčanja od 800 m i AOD |
| Boileau, Mayhew, Riner, i Lussier (1982) | 74 elitna trkača (42 srednje distance – MD, 32 duge distance - LD) | – VO _{2max} | – srednji VO _{2max} LD trkača bio je značajno veći od vrijednosti za MD grupu – VO _{2max} je u visokoj korelaciji sa trkačkim performansama u MD grupi |
| Daniels i Daniels (1992) | 20 ženskih i 45 muških trkača na srednje i duge distance | – VO _{2max} – frekvencija srca (HR) – nivo laktata u krvi (HLa) | – muškarci imaju veći VO _{2max} od žena i koristili su manje kisika pri uobičajenim apsolutnim brzinama, ali VO ₂ se nije razlikovalo između muškaraca i žena |
| Taunton, Maron, i Wilkinson (1981) | 15 muških trkača na srednjim (MD) i dugim (LD) distancama | – VO _{2max} – nivo laktata u krvi | – vrijednosti VO _{2max} bile su veće kod LD trkača – vrijednosti laktata u krvi bile su veće u MD grupi u poređenju sa LD trkačima |
| Powers i Corry (1982) | 5 (plivači) 5 (kros- trkači) | – VO _{2max} | – VO _{2max} znatno veći kod trkača nego kod plivača |

Billat i sar. (2003) su na uzorku od 20 elitnih kenijskih trkača (13 muškaraca i 7 žena) analizirali VO_{2max}, brzinu na VO_{2max} (vVO_{2max}) i brzinu na laktatnom pragu (vLT) testom do iscrpljenosti na stazi od 400 m. Zaključili su da srednja brzina između vVO_{2max} i vLT nije se značajno razlikovala ($P = 0,87, 0,25, 0,87$) bez obzira na pol ili stepen treniranosti. Unosom O₂ metodom Douglas Bag, kod 10 rekreativnih trkača (srednje vrijednosti VO_{2max} 64,7 ml/kg/min), bavili su se Cavanagh i

Williams (1982). Porast O₂ iznosio je 2,6 i 3,4 ml/kg/min mijenjanjem tehnike trčanja. Upoređujući bijele i crne trkače na 3000 m i 5000 m, Coetzer i sar. (1993) na uzorku od 9 bijelih i 11 crnih trkača su došli do zaključka da superiorne performanse crnih trkače ne proizilaze iz većeg procenta vlakana tipa I, već proizilaze iz toga što crni trkači imaju niži nivo laktata u krvi tokom opterećenja i duže vrijeme do nastajanja zamora od bijelih trkača (169 +/- 65 sekundi naspram 97 +/- 69 sekundi; $p < 0,05$). Na uzorku od 12 trkača

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

na srednjim distancama, Conley i Krahenbuhl (1980) godine analizirali su povezanost VO₂max sa ekonomijom trčanja. Rezultati su pokazali da VO₂max nema statistički značajnu povezanost sa ekonomijom trčanja ($r=-0,12$, $p=0,35$), ali su napomenuli da među visoko obučenim i iskusnim trkačima sličnih sposobnosti i sličnog VO₂max ekonomija trčanja čini veliku i značajnu razliku u postignutim rezultatima trčanja dužih dionica. Upoređujući maksimalnu potrošnju kiseonika VO₂max na uzorku od 13 muškaraca maratonaca i 9 žena maratonki, Davis i Thompson (1979) zaključili su da je između vrijednosti VO₂max kod muškaraca koja je iznosila 72,5 ml/kg/min i kod žena koja je iznosila 58,2 ml/kg/min uočena statistički značajna razlika ($p<0,001$). Problemom predviđanja rezultata trčanja na srednjim distancama na osnovu vrijednosti VO₂max, ekonomičnosti trčanja (RE) i deficit-a kiseonika (AOD), bavili su se Craing i Morgan (1998).

Na uzorku od 9 muških trkača na srednjim i dugim distancama (starosti 24,7 +/- 4,5 godine, tjelesne težine = 69,4 +/- 8,5 kg, maksimalne potrošnje kiseonika VO₂max 64,8 +/- 4,5 ml/kg/min), analizirali su predviđanje rezultata trčanja na srednjim

distancama na osnovu vrijednosti VO₂max, ekonomičnosti trčanja (RE) i deficit-a kiseonika (AOD).

Zaključili su da nije pronađena značajna veza između vremena trčanja na 800 m i deficit-a kiseonika (AOD), a takođe i da se vrijeme trčanja na 800m ne može predvidjeti na osnovu vrijednosti ostalih varijabli koje su analizirane (VO₂max i ekonomičnost trčanja (RE). Analiziranjem maksimalne potrošnje kiseonika pri različitim brzinama trčanja, na uzorku od 74 elitna trkača (42 trkača na srednjim distancama (MD) i 32 trkača na dugim distancama (LD), Boileau i sar. (1982) su iznijeli određene zaključke.

Prosječna vrijednost maksimalne potrošnje kiseonika VO₂max (ml/kg/min) kod LD trkača (76,9 ml/kg/min) bio je značajno veći od vrijednosti za MD trkače (68,9 ml/kg/min) i utvrđena je statistički značajna razlika ($p<0,01$). Pri različitim brzinama trčanja, relativna potrošnja kiseonika (%VO₂) bila je niža za LD grupu trkača u prosjeku za 8% i utvrđena je statistički značajna razlika ($p<0,01$). Takođe su utvrdili da je maksimalna potrošnja kiseonika VO₂max u većoj korelaciji sa trkačkim performansama u MD grupi trkača ($r=0,70$) nego u LD grupi trkača ($r=0,32$).

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Maksimalnu potrošnju kiseonika, srčanu frekvenciju i nivo laktata u krvi, na uzorku od 20 ženskih i 45 muških trkača na srednjim i dugim distancama, su analizirali i Daniels, J. i Daniels, N. (1992) i iznijeli dobijene rezultate.

Rezultati su pokazali da su muškarci viši, teži, imaju nižu sumu šest kožnih nabora i veću maksimalnu potrošnju kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ od žena ($p<0,05$). Muškarci su koristili manje kisika (ml/kg/min) pri uobičajenim apsolutnim brzinama, ali nije utvrđena statistički značajna razlika između muškaraca i žena. Kada su se upoređivali muškarci i žene jednake maksimalne potrošnje kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$, muškarci su bili znatno ekonomičniji u potrošnji energije. Zaključeno je da su muškarci pri apsolutnim brzinama trčanja ekonomičniji od žena, ali kada se izraze u ml/km/kg ne postoje razlike pri sličnim intenzitetima trčanja. Takođe, kada se uporede muškarci i žene jednake

maksimalne potrošnje kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$, muškarci pokazuju bolje aerobne sposobnosti. Maksimalnu potrošnju kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ i nivo laktata u krvi kod trkača na srednjim i dugim distancama testirali su i Taunton i sar. (1981).

Mjerili su vrijednost maksimalne potrošnje kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ i nivo laktata u krvi kod 15 muških trkača na srednjim i dugim distancama. Iznešeni zaključci upućuju na to da su vrijednosti maksimalne potrošnje kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ bile značajno veće kod trkača na dugim distancama (68,7ml/kg/min) u odnosu na trkače na srednjim distancama (62,8ml/kg/min). Takođe, vrijednosti laktata u krvi nakon maksimalnog rada bile su značajno veće u grupi trkača na srednjim distancama (15,0 mmol/l) u poređenju sa trkačima na dugim distancama (11,9 mmol/l). Coory i Powers (1982) su utvrdili da trkači imaju veći $\text{VO}_{2\text{max}}$ od plivača.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Tabela 4. Uticaj treninga na funkcionalne sposobnosti

| Autor | Uzorak | Testovi | Rezultati |
|--|--|---|--|
| Tončev (1988) | 80 (učenici) | – aerobne sposobnosti | – aerobne sposobnosti poboljšane |
| Burke i sar. (1994) | 80 (uzrast 17 godine +/- 6 mjeseci) | – koncentracija laktata i VO ₂ max | – rezultati su kod oba tipa intervalnog treninga pokazali povećanje VO ₂ max za 5% odnosno 6%, laktatnog praga za 19.4% odnosno 22.4% i ventilatornog praga za 19.5%, odnosno 18.5% |
| Stoiljković, Branković, Stoiljković i Joksimović (2005) | 90 (uzrast 11 i 12 godina) | – sistolni i dijastolni krvni pritisak – frekvencija pulsa u opterećenju – apsolutna potrošnja kiseonika – relativna potrošnja kiseonika | – povećanje nivoa funkcionalnih sposobnosti u eksperimentalnom periodu primjenom <i>kružnog</i> oblika rada veće je kod eksperimentalne grupe u odnosu na kontrolnu grupu |
| Jakovljević i Batričević (2008) | 38 (14 i 15 godina +/- 6 mjeseci) | – frekvencija srca u miru, – vitalni kapacitet pluća, – sistolni i dijastolni krvni pritisak | – utvrđena statistički značajna razlika transformacionih procesa eksperimentalnog modela kod vitalnog kapaciteta pluća i sistolnog i dijastolnog krvnog pritiska |
| Franch, Madsen, Djurhuus, i Pedersen (1998) | 36 (rekreativaci) | – VO ₂ max – RE (ekonomičnost trčanja) | – povećan je VO ₂ max i brzina trčanja pri VO ₂ max – ekonomičnost trčanja je poboljšana |
| Helgerud, i sar. (2007) | 40 | – VO ₂ max – udarni volumen srca (SV), – volumen krvi, – prag laktata (LT) – ekonomija trčanja (CR) | – trenažni proces je značajno uticao na povećanje VO ₂ max u odnosu na inicijalno stanje – ekonomija trčanja (CR) se statistički značajno povećala za 10% |

Baveći se uticajem određenog eksperimentalnog programa na funkcionalne sposobnosti, Tončev (1988) testirao je 80 ispitanika uzrasta 17 godina +/- 6 mjeseci i došao do rezultata da su nakon eksperimentalnog programa vježbanja poboljšane funkcionalne sposobnosti ispitanika. Sličnom problematikom su se bavili i Burke i sar. (1994), ispitivali su uticaj intervalnog treninga na nivo laktata (laktatni prag) i VO₂max, kod 80 ispitanika uzrasta 17 godina +/- 6 mjeseci. Zaključili su da se VO₂max povećao za 6%, a laktatni prag za 22,4%. Stoiljković i sar. (2005) su ispitivali uticaj kružnog oblika treninga na

sistolni i dijastolni krvni pritisak, frekvečniju srca u opterećenju, apsolutnu i relativnu potrošnju kiseonika, na uzorku od 90 ispitanika uzrasta 11 i 12 godina. Dobijeni rezultati analize pokazuju da su svi parametri funkcionalnih sposobnosti povećani nakon tretmana kružnog treninga. Trenažni model koji je bio upućen na razvoj funkcionalnih sposobnosti, analizirali su Jakovljević i Batričević (2008) mjerili su srčanu frekvenciju u miru, vitalni kapacitet, sistolni i dijastolni krvni pritisak na uzorku od 38 ispitanika 14 i 15 godina prije provođenja eksperimentalnog tretmana treninga. Došli su do zaključaka da je eksperimentalni

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

tretman treninga imao pozitivan uticaj na razvoj svih spsosobnosti. Analiziranjem uticaja trenažnog procesa u frekvenciji vježbanja od 3 puta sedmično provedenog u trajanju od 6 sedmica, na uzorku od 36 muškaraca koji se bave rekreativni trčanjem, Franch i sar. (1998) su analizirali maksimalnu potrošnju kiseonika $\text{VO}_{2\text{max}}$ i ekonomičnost trčanja (RE). Ispitanici su bili podjeljeni u tri grupe koje su provodile različite treninge (iscrpan trening sa pretrčavanjem većih dužina (DT), dugotrajan trening (LIT) i trening sa pretrčavanjem kraćih dionica (SIT). Rezultati su pokazali da je $\text{VO}_{2\text{max}}$ povećan je za 5,9% ($p<0,0001$), 6,0% ($p<0,0001$) i 3,6% ($p<0,01$) u DT, LIT i SIT, i brzina trčanja pri $\text{VO}_{2\text{max}}$ za 9% ($p<0,0001$), 10% ($p<0,0001$), odnosno 4% ($p<0,05$). Ekonomičnost trčanja poboljšana je za 3,1% u DT ($p<0,05$), 3,0% u LIT ($p<0,01$) i 0,9% SIT. Efikasnost trenažnog procesa u trajanju

od 8 sedmica na $\text{VO}_{2\text{max}}$, udarni volumen srca (SV), laktatni prag (LT) i ekonomiju trčanja (CR), na uzorku od 40 muškaraca, podijeljenih u četiri grupe -70% maksimalne frekvencije srca; na laktatnom pragu (85% HRmax); intervalno trčanje 15/15 (15 s trčanja pri 90-95%; 4 x 4 min intervalnog trčanja (4 min trčanja pri 90-95% HRmax), analizirali su Helgerud i sar. (2007), te zaključili da je aerobni intervalni trening visokog intenziteta rezultirao značajno povećanim $\text{VO}_{2\text{max}}$ u poređenju sa intenzitetom treninga na velikim razdaljinama i laktatnim pragom ($P <0,01$). Procenat povećanja za grupe od 15/15 i 4 x 4 min iznosio je 5,5, odnosno 7,2%, što odražava povećanje $\text{VO}_{2\text{max}}$ sa 60,5 na 64,4 ml x kg (-1) x min (-1) i 55,5 do 60,4 ml x kg (-1) x min (-1). SV se značajno povećao za približno 10% nakon intervalnog treninga ($P <0,05$).

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

DISKUSIJA

Kako se vidi u tabeli 1, za procjenu funkcionalnih sposobnosti trkača na kratke staze, istraživanja su provedena na relativno malobrojnom uzorku - od 9 (Spencer, Gastin, i Payne, 1996) do 34 (Kurelić i sar.; 1975), i uglavnom se sva baziraju na poređenju funkcionalnih sposobnosti trkača na kratke staze sa funkcionalnim sposobnostima trkača na srednje staze, prilikom čega se utvrđivala potrošnja kiseonika i maksimalna potrošnja kiseonika (Roberts i sar.,1979; Nummela i Rusko, 1995; Nagasawa, 2013) procjenjivala energetika aerobnih i anaerobnih sistema (Spencer, Gastin i Payne,1996; Spencer i Gastin, 2001) te stopa reoksigenacije mišića (Nagasawa, 2013). Rezultati istraživanja ukazuju da trkači na srednje distance imaju veću maksimalnu potrošnju kiseonika i viši aerobni prag od trkača na kratke staze (Roberts i sar.,1979), da relativni doprinos energije tokom prvih 15 sekundi trčanja i kod jednih i kod drugih opada, te da nema razlike u vrijednosti deficit-a kiseonika (Nummela i Rusko,1995; Spencer, Gastin, i Payne, 1996). Takođe, istraživanja su pokazala da je maksimalna potrošnja kiseonika veća kod trkača na kratke distance u odnosu na trkače na srednje distance

tokom prvih 400m u trčanju na 800m i 1500m Spencer, Gastin, i Payne (1996), da se kod trkača na kratke staze povećava deficit kiseonika sa trajanjem opterećenja (Spencer i Gastin,2001), te da je stopa relaksacija mišića i maksimalna potrošnja kiseonika u pozitivnoj korelaciji (Nagasawa, 2013).

Uzorak ispitanika istraživanja navedenih u tabeli 2. kretao se od 6 do 431 trkača na srednje dionice različitog uzrasta i pola, a istraživanja su se bavila procjenom submaksimalne i maksimalne potrošnje kiseonika. U tabeli 2. prikazana su različita istraživanja funkcionalnih sposobnosti, kako $\text{VO}_{2\text{max}}$, tako i nivoa laktata tokom i nakon opterećenja, zatim energetska potrošnja, do veličine srčane frekvencije. Takođe su i ispitivane metode procjene $\text{VO}_{2\text{max}}$, kako submaksimalni tako i maksimalni, te potrošnja kiseonika tokom trčanja. Sva ova istraživanja analizirana su u povezanosti sa trčanjem na srednjim i dugim distancama. Dokaz statistički značajne povezanosti funkcionalnih sposobnosti sa trčanjem na srednjim distancama utvrđeno je u tri istraživanja (Krsmanović,1987; Vuksanović, 1999; Duffield, Dawson i Goodman, 2005; Daniels, Oldridge, Nagle i White,

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

1978). Analizom potrošnje kiseonika, na različitim brzinama trčanja, bavilo se više istraživanja, koji su donijeli različite zaključke.

Potvrđene promjene VO₂max kod različitih brzina trčanja, i njihovu međusobnu korelaciju utvrdili su u svom istraživanju (Stoiljković i sar. 2004; Mayhew, 1977; Pate, Macera, Bailey, Bartoli i Powell, 1992; Daniels i Oldrige, 1971; Foster, Costill, Daniels i Fink, 1978), dok istraživanja (Fletcher, Esau i Macintosh, 2009; Brisswalter i Legros, 1994; McConnell i Clark, 1988; Lourenço, Barreto, Martins, Tessutti, Brenzikofer, i Macedo, 2011) nisu potvrdila korelaciju VO₂max i brzine trčanja. Povezanošću VO₂max i nivoa laktata bavili su se (Svedenhag i Sjödin, 1984,) koji su utvrdili razlike u VO₂max i nivoa laktata i dokazali da trkači na dužim stazama imaju manju koncentraciju laktata u krvi od trkača na srednjim distancama. Poredeći različite grupe ispitanika i njihove funkcionalne sposobnosti (Helgerud, 1994, Saltin i sar. 1995, Allen, Seals, Hurly, Ehsani i Hagberg, 1985.) zaključili su da muškarci imaju veći VO₂max od žena, i da ne postoji razlika između evropskih i afričkih trkača, te da stariji i isikusniji trkači imaju manji VO₂max od mlađih trkača, ali i

da ostvaruju manji nivo laktata u krvi pri većem postotku sopstvenog VO₂max.

Procjenom VO₂max različitim metodama (Gasiin, Costill, Lawson, Krzeminski i McConell 1995), su zaključili da je AOD metoda veoma pouzdana kod procjene VO₂max.

U tabeli 3. prikazani su radovi koji su se bavili vrijednostima VO₂max u zavisnosti od dužine disance, takođe su analizirane vrijednosti VO₂max u odnosu na pol ispitanika i ekonomičnosti izvođenja tehnike trčanja. Statistički značajnu razliku između muških i ženskih trkača na dugim distancama u potrošnji VO₂max dokazali su (Davies i Thompson, 1979, Daniels i Daniels 1992), dok su (Daniels i Daniels 1992, Bilat i sar. 2003) dokazali da se brzina trčanja pri VO₂max i laktanom pragu statistički ne razlikuje u odnosu na pol trkača i da se VO₂ ne razlikuje između polova pri uobičajnim apsolunim brzinama trčanja.

Analizirajući povezanost tehnike trčanja na dugim disancama sa funkcionalnim sposobnostima (Cavanagh i Williams, 1982, Conley i Krahenbuhl, 1980) su dokazali statističku povezanost ekonomičnosti trčanja sa vrijednostima VO₂ max, dok su (Craig i Morgan, 1998) uvrđili da ne postoji statistička povezanost između

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

rezultata trčanja na 800m i vrijednosti deficit-a kiseonika. Upoređujući vrijednosti VO₂max i nivoa laktata između trkača na srednjim i dugim distancama (Coetzer i sar. 1993, Boileau, Mayhew, Riner i Lussier, 1982, Taunton, Maron i Wilkinson, 1981,), su dokazali da crni trkači imaju nižu koncentraciju laktata i duži period ulaska u zamor od bijelih trkača, zatim da trkači na duge distance imaju veći VO₂max, a manji nivo laktata u krvi od trkača na srednjim distancama. Poredeći vrijednosti VO₂max kod različitih sportova (Powers i Corry, 1982) su dokazali da trkači na dugim distancama imaju statistički veću vrijednost VO₂max od plivača. Rotstein i sar. (1986) utvrdili su da je devetonedeljni intervalni trening kod sportista doveo do povećanja anaerobnog praga, VO₂max i anaerobnog kapaciteta, koji je mjerен Wingate testom. Uloga aerobnih i anaerobnih kapaciteta ili doprinos aerobnih i anaerobnih energetskih izvora u trčanju zavisi o intenzitetu i trajanju trčanja (Škof, Kropoj i Milić, 2002). Nekoliko ranijih istraživanja (Morgan, Baldini, Martin i Kohrt, 1989., Powers, Dodd, Deason, Byrd i McKnight, 1983) pokazalo je da maksimalna potrošnja kiseonika (VO₂max), brzina trčanja na laktatnoj granici i ekonomičnost trčanja

većom brzinom značajno povezani sa uspjehom u trčanju.

Bernštajn (1966) je pimijetio da ni u jednoj oblasti fiziologije čovjeka nema takvog intenziteta filogenetskog progrusa, kao u oblasti motoričkih funkcija. Zbog ovih razloga, u cilju uspostavljanja neophodne i bitne ravnoteže između vegetativnih i motoričkih funkcija, široko se primjenjuju različite, u pogledu njihove dinamike i kinematike, fizičke vježbe, koje imaju moćan i koncentrisan uticaj na različite dijelove centralnog, perifernog i vegetativnog nervnog sistema, što doprinosi njihovom uravnoteženju, a primjena odgovarajućih dijagnostičkih postupaka i metoda analize podataka osigurava uvid o nivou sposobnosti, karakteristikama i motoričkim znanjima kojima sportista raspolaze, čime se saznaje o mogućim barijerama koje su potencijalna smetnja daljem razvoju i napretku sportiste (Mueller, 1999; Weineck, 2007; Reilly, 2007).

U tabeli 4 prikazani su radovi koji su analizirali uticaj određenog oblika trenažnog procesa na funkcionalne sposobnosti. Analizirajući uticaje intervalnog i kružnog oblika treninga na funkcionalne sposobnosti (Burke i sar. 1994, Stoiljković, Branković, Stoiljković i Joksimović,

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

2005) su dokazali statistički značajnu razliku između inicijalnog i finalnog mjerenja određenih funkcionalnih sposobnosti (koncentracija laktata i VO_{2max}). Praćenjem vrijednosti VO_{2max}, ekonomičnosti trčanja te vitalnog kapaciteta pluća i sistolnog i dijastolnog krvnog pritiska tokom izvođenja trenažnog procesa (Tončev, 1988; Jakovljević i Baričević, 2008; Franch, Madsen, Djurhuus i Pedersen, 1998; Helgerud i sar., 2007), su utvrdili statistički značajno povećanje vrijednosti VO_{2max}

između inicijalnog i finalnog mjerenja, povećanje vitalnog kapaciteta, smanjenje sistolnog i dijastolnog krvnog pritiska, te povećanje ekonomičnosti trčanja. Testirajući 6 atletičara desetobojaca, Popov (1980) je utvrdio da određeni djelovi sprinterskog treninga pozitivno utiču na funkcionalne sposobnosti. Petrović i Kukrić (2006) na uzorku od 12 ispitanika uzrasta 20 godina +/- 6 mjeseci i zaključili su da je trenažni model imao pozitivan uticaj na povećanje funkcionalnih sposobnosti.

ZAKLJUČAK

Nakon analize svih navedenih radova koji su se bavili funkcionalnim sposobnostima trkača na kratkim i srednjim distancama, može se iznijeti uočiti da se pokazalo da trkači na srednjim distancama imaju bolje funkcionalne sposobnosti, odnosno veću maksimalnu potrošnju kiseonika, viši aerobni prag i manji deficit kiseonika od trkača na kratkim distancama.

Pregled svih radova koji su se bavili funkcionalnih sposobnostima trkača na srednjim distancama, je ukazao da postoji velika povezanost maksimalne potrošnje kiseonika i nivoa laktata sa brzinama trčanja

i ostvarenim rezultatima na srednjim distancama, a takođe je utvrđeno da muški trkači na srednjim distancama imaju veću maksimalnu potrošnju kiseonika i niži nivo laktata od ženskih trkača. Međutim, istraživanja koja su se bavila funkcionalnim sposobnostima trkača na dugim distancama pokazala su da ti trkači imaju veću maksimalnu potrošnju i niži nivo laktata od trkača na srednjim distancama, te da pol dosta utiče na ispoljavanje masimalne potrošnje kiseonika, ali da nema razlika između polova pri brzinama trčanja na nivou maksimalne potrošnje kiseonika i nivoa laktata. Analiza radova koji su se bavili uticajem trenažnog procesa na funkcionalne

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

sposobnosti, pokazala je da provedba raznih oblika trenažnih metoda dovela do statistički značajnog povećanje vrijednosti maksimalne potrošnje kiseonika, vitalnog kapaciteta pluća, te ekonomičnosti trčanja, ali i do smanjenja sistolnog i dijastolnog krvnog pritiska.

Ograničenje ove studije bio je ograničen pristup istraživanjima, te ograničena metodologija primjenjena u njima, dok su mnoga istraživanja imala premalo ispitanika različite populacije sa malom brojnošću elitnih trkača, što je uzrokovalo niskom statističkom snagom kako bi se mogli izvući uopšteni zaključci. Takođe, nedovoljno je informacija o dugogodišnjem iskustvu, nivou sportske forme, kategorijama trka, te opisa treninga i metoda, što bi omogućilo provedbu dovoljnih statističkih analiza, dobijanje empirijskih informacija utemeljenih na dokazima i izvedbu valjanih zaključaka. U

radovima o treningu istaknute su korisne metode, ali kratkoročne prikupljanje podataka nije obuhvatilo dovoljan broj radova o dugoročnom učinku treninga. Shodno svemu navedenom, postoji potreba za više sistematskim pristupom istraživanjima i provedbi kompleksnih studija sa dovoljnim brojem trkača svih uzrasta, oba pola elitnog nivoa, kako bi se omogućili značajni statistički podaci, analiza i interpretacija.

Takođe, potrebna je saradnja akademskih istraživača, klubova i sportista u Evropi što bi omogućilo provođenje značajnih studija koje pružaju bazu dokaza o poboljšanju performansi i napretka kroz trenažni sistem. Rezultati identificirani u ovome pregledu pružaju polazište za buduća istraživanja koja identifikuju i kvantifikuju prediktore funkcionalnih performansi kao faktore uspjeha trčanja na kratkim, srednjim i dugim distancama.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

LITERATURA

Allen, W., Seals, D., Hurley, B., Ehsani, A., & Hagberg, J. (1985). Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. *Journal of applied physiology*, 58(4), 1281-1284.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1985.58.4.1281>
PMid:3988681

Barstow, T.J., R. Casaburi & K. Wasserman (1993). O₂ uptake kinetics and the O₂ deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *Journal of Applied Physiology*, 75, 755-762
<https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.2.755>
PMid:8226479

Berstajn, B. (1966). *Modeling school structures*. London, GBR.

Bilat, V., Lepetre, P., Heugas, A., Laurence, M., Salim, D., & Koralsztein, J. (2003). Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2), 297-304.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053556.59992.A9>
PMid:12569219

Boileau, R., Mayhew, J., Riner, W., & Lussier, L. (1982). Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. *Canadian journal of applied sport sciences*, 7(3), 167-172.

Bolger , R., Lyons, M., Harrison, A. J., & Kenny, I.C. (2015). Sprinting performance and resistance-based training interventions: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 29(4).1146-1156.
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000720>
PMid:25268287

Bompa, T. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Bompa, T. O. (2006). *Periodizacija - teorija i metodologija treninga*. Gopal, Zagreb.

Bowerman, J., Freeman, W. i Gambetta, V. (1999). *Atletika*. Gopal, Zagreb.

Brisswalter, J., & Legros, P. (1994). Daily stability in energy cost of running, respiratory parameters and stride rate among well-trained middle distance runners. *International journal of sports medicine*, 15(5), 238-241.
<https://doi.org/10.1055/s-2007-1021053>
PMid:7960317

Burke, J., Thayer, R., & Belcamino, M. (1994). Comparison of effects of two interval-training programmes on lactate ande ventilatory thresholds. *Br J Sports Med*, (28), 18-21.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.28.1.18>
PMid:8044486 PMCid:PMC1332151

Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping -Development and application*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Cavanagh, P., & Williams, K. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(1), 30-35. <https://doi.org/10.1249/00005768->

Đukić, R., Bošnjak, G., Jakovljević, V., & Tešanović, G. (2020) Parametri funkcionalnih sposobnosti u trčanju – pregledno istraživanje. *Sportlogia*, 16 (1), 1-30. <https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.dbjt>

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

198201000-00006

PMid:7070254

Coetzer, P., Noakes, T., Sanders, B., Lambert, M., Bosch, A., Wiggins, T., & Dennis, S. (1993). Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *Journal of applied physiology*, 75(4), 1822-1827.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.4.1822>

PMid:8282637

Conley, D., & Krahnenbuhl, G. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 12(5), 357-360.

<https://doi.org/10.1249/00005768-198025000-00010>

PMid:7453514

Cormie, P., M. R. McGuigan, et al. (2010). "Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training." *Med Sci Sports Exerc* 42(8): 1582- 1598.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>

PMid:20139780

Costill, D.L., et al. 1985. Metabolic characteristics of skeletal muscle during detraining from competitive swimming. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 17(3),339-343.

<https://doi.org/10.1249/00005768-198506000-00007>

Craig, I., & Morgan, D. (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(11), 1631-1636.

<https://doi.org/10.1097/00005768-199811000-00012>

PMid:9813877

Čoh, M. (1992). *Atletika*. Ljubljana, Fakultet za sport.

Daniels, J., & Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(4), 483-489.

<https://doi.org/10.1249/00005768-199204000-00015>

PMid:1560747

Daniels, J., & Oldridge, N. (1971). Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Medicine and science in sports*, 3(4), 161-165.

<https://doi.org/10.1249/00005768-197100340-00004>

PMid:5173386

Daniels, J., Oldridge, N., Nagle, F., & White, B. (1978). Differences and changes in VO₂ among young runners 10 to 18 years of age. *Medicine and science in sports*, 10(3), 200-203.

Davies, C., & Thompson, M. (1979). Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 41(4), 233-245.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

<https://doi.org/10.1007/BF00429740>

PMid:499187

Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *Journal of sports sciences*, 23(10), 993-1002.

<https://doi.org/10.1080/02640410400021963>

PMid:16194976

Farrell, P.A., Wilmore J.H., Coyle, F.F., Billing, J.E., Costill, D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports* 11: 338-344.

<https://doi.org/10.1249/00005768-197901140-00005>

Fletcher, J., Esau, S., & Macintosh, B. (2009). Economy of running: Beyond the measurement of oxygen uptake. *Journal of applied physiology*, 107(6), 1918-1922. doi:10.1152/japplphysiol.00307.2009

<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00307.2009>

PMid:19833811

Foster, C., Costill, D., Daniels, J., & Fink, W. (1978). Skeletal muscle enzyme activity, fiber composition and VO₂ max in relation to distance running performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 39(2), 73-80.

<https://doi.org/10.1007/BF00421711>

PMid:689010

Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M., & Pedersen, P. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1250-1256.

<https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00011>

PMid:9710865

Fratrić, F. (2012). *Osnove teorije i metodike sportskog treninga*. Retrieved from http://www.senta-zentasport.rs/old/reci_nauke/teorija-sportskog-treninga-fratric/osnove-teorije-i-metodike-sportskog-treninga-skripta.pdf

Gasiin, P., Costill, D., Lawson, D., Krzeminski, K., & McConell, G. (1995). Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(2), 255-263.

<https://doi.org/10.1249/00005768-199502000-00016>

Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 68(2), 155-161.

<https://doi.org/10.1007/BF00244029>

PMid:8194545

Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 665-671.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>

PMid:17414804

Hollmann, W., Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin. Grundlarge fur Arbeit, Training und Preventivmedizin.* Stuttgart, New York: Schattauer Verlag.

Idrizović, K. (2013). Razlike u dinamici razvoja motoričkih sposobnosti dječaka i djevojčica. In Findak, V. (Eds.). *Zbornik radova 22. Ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Organizacijski oblici rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije*, (pp. 444-449). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

Jakovljević, D., & Batričević, D. (2008). Efekti modela eksplozivne snage na razvoj motoričkih i funkcionalnih sposobnosti učenika. *Sport Science*, 1(1). 30-33.

Krsmanović, R. (1987). Diskriminativna analiza funkcionalnih sposobnosti kardiovaskularnog sistema, motoričkih sposobnosti i rezultata trčanja na različitim dionicama. In Berković, L. (Ed.), *Zbornik radova III kongresa pedagoške fizičke kulture Jugoslavije*, 155-157. Novi Sad: RS.

Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., Radojević, Đ., & Viskić-Štalec, N. (1975). *Struktura i razvoj morfoloških i motoričkih dimenzija omladine [The structure and development of the morphological and motor dimensions of the young]*. Beograd, RS: Institut za naučna istraživanja Fakulteta za fizičko vaspitanje.

Lacour, J. R.; Bouvat, E.; Barthélémy J. C. (1990). Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, (61), 172-176

<https://doi.org/10.1007/BF00357594>

PMid:2282899

Lourenço, T.F., Barreto Martins, L.E., Tessutti, L.S., Brenzikofer, R., & Macedo, D.V. (2011). Reproducibility of an incremental treadmill VO(2)max test with gas exchange analysis for runners. *Journal of strength and conditioning research*, 25(7), 1994-1999.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e501d6>

PMid:21487313

Malacko, J. i Rađo, I. (2004). *Tehnologija sporta i sportskog treninga*. Sarajevo.

Malousaris, G. G., Bergeles, N. K., Barzouka, K. G., Bayios, I. A., Nassis, G. P., & Koskolou, M. D. (2008). Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 337-344.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.11.008>

PMid:17697797

Mayhew, J. (1977). Oxygen cost and energy expenditure of running in trained runners. *British journal of sports medicine*, 11(3), 116-121.

<https://doi.org/10.1136/bjsm.11.3.116>

PMid:922272 PMCid:PMC1859586

Đukić, R., Bošnjak, G., Jakovljević, V., & Tešanović, G. (2020) Parametri funkcionalnih sposobnosti u trčanju – pregledno istraživanje. *Sportlogia*, 16 (1), 1-30. <https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.dbjt>

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

McArdle, W. D., & Katch, V. I. (1991). *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance*. 2nd ed. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.
<https://doi.org/10.1249/00005768-199112000-00013>

McConnell, T., & Clark, B. (1988). Treadmill protocols for determination of maximum oxygen uptake in runners. *British journal of sports medicine*, 22(1), 3-5.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.22.1.3>
PMid:3370399 PMCid:PMC1478508

Morgan, D.W., Baldini, F.D., Martin, P.E. in Kohrt, W.M. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Medicine and Scence in Sports and Exercise*, 21(1), 78-83.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198902000-00014>
PMid:2927305

Mueller, E. (1999). *Science and Elite Sport*. London: E&FN Spon.
<https://doi.org/10.4324/9780203984956>

Nagasawa, T. (2013). Slower recovery rate of muscle oxygenation after sprint exercise in long-distance runners compared with that in sprinters and healthy controls. *Journal of strength and conditioning research*, 27(12), 3360-3366.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182908fcc>
PMid:23604001

Nummela, A., & Rusko, H. (1995). Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. *International journal of sports medicine*, 16(8), 522-527.
<https://doi.org/10.1055/s-2007-973048>
PMid:8776206

Ohkuwa, T., Kato, Y., Katsumata, K., Nakao, T. & Miyamura, M. (1984). Blood lactate and glycerol after 400-m and 3,000-m runs in sprint and long distance runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, (53), 213-218
<https://doi.org/10.1007/BF00776592>
PMid:6542855

Pate, R., Macera, C., Bailey, S., Bartoli, W., & Powell, K. (1992). Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(10), 1128-1133.
<https://doi.org/10.1249/00005768-199210000-00010>
PMid:1435160

Peronnet, F., Thibault, G., Rhodes, E.C., McKenzie D.C. (1987). Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 610-615.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198712000-00012>

Petrović, B., & Kukrić, A. (2006). Uticaj izabranog trenažnog modela na poboljšanje maksimalne brzine trčanja. *Glasnik Fakulteta fizičkog vaspitanja*, Univerzitet u Banjoj Luci, (2). 77-83.

Đukić, R., Bošnjak, G., Jakovljević, V., & Tešanović, G. (2020) Parametri funkcionalnih sposobnosti u trčanju – pregledno istraživanje. *Sportlogia*, 16 (1), 1-30. <https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.dbjt>

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Powers, N., & Corry, I. (1982). Maximal aerobic power measurement in runners and swimmers. *British journal of sports medicine*, 16(3), 154-160.

<https://doi.org/10.1136/bjsm.16.3.154>

PMid:7139226 PMCid:PMC1858953

Powers, S.K., Dodd, S., Deason, R., Byrd, R. in McKnight, T. (1983). Ventilatory threshold, running economy and distance running performance of trained athletes. Research Quarterly for *Exercise and Sport*, 54(2), 179-182.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1983.10605291>

Reilly, T. (2007) *The Science of Training - Soccer : A Scientific Approach to Developing Strength, Speed and Endurance*. Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9780203966662>

Rhodes, E.C., D.C. McKenzie. (1984). Predicting marathon times from an aerobic threshold measurements. *Phys. Sportsmed.* 12: 95-99.

<https://doi.org/10.1080/00913847.1984.11701745>

Rotstein, A., Dofan, R., Bar-Or, O., and Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int. J. Sports Med.*, 7 286.

<https://doi.org/10.1055/s-2008-1025775>

PMid:3793338

Saltin, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T., Kim, C., . . . Rolf, C. (1995). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 5(4), 209-221.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1995.tb00037.x>

PMid:7552766

Spencer, M., & Gastin, P. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(1), 157-162. <https://doi.org/10.1097/00005768-200101000-00024>

PMid:11194103

Spencer, M., Gastin, P., & Payne, W. (1996). Energy system contribution. *New studies in athletic*, 11(4), 59-65.

Svedenhag, J., & Sjödin, B. (1984). Maximal and Submaximal Oxygen Uptakes and Blood Lactate Levels in Elite Male Middle- and Long-Distance Runners. *International journal of sports medicine*, 5(5), 255-261
<https://doi.org/10.1055/s-2008-1025916>

PMid:6500792

Stoiljković, S., Ilić, N., Stefanović, Đ., Mitić, D., Mitrović, D., Popović, D., Nešić, D. & Mazić, D. (2004). Oxygen uptake at ventilatory threshold and VO₂max, before and after eight weeks of endurance training. *Godišnjak Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja*, (12). 83-98.

Stoiljković, S., Branković, N., Stoilković, D., & Joksimović, A. (2005). Valorizacija "kružnog" oblika rada za razvoj dinamičke snage u nastavi fizičkog vaspitanja. *Sport Mont*, 6-7(III). 273-282.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Škof, B., Kropej, V.L., in Milić, R. (2002). Povezanost dimenzija sestave telesa in aerobne učinkovitosti pri otrocih med 10 in 14 let [The correlation between body composition dimensions and aerobic ability of children aged 10 to 14 years]. In R. Pišot, V. Štemberger, F. Krpač, & T. Filipčič (Eds.), *Otrok v gibanju: zbornik prispevkov: proceedings* (pp. 372-378). Ljubljana: Pedagoška fakulteta.

Tanaka, K. (1983). Relationship of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation with endurance performance. *European Journal of Applied Physiologie*, 52: 51-56.
<https://doi.org/10.1007/BF00429025>
PMid:6686129

Taunton, J., Maron, H., & Wilkinson, J. (1981). Anaerobic performance in middle and long distance runners. *Canadian journal of applied sport sciences*, 6(3), 109-113.

Tončev, I. (1988). Uticaj programiranog modela trčanja na ventilacijske funkcije, motoričke sposobnosti, kognitivne i konativne osobine omladinaca. In Berković, L. (Ed.), *Zbornik radova nastavnika i saradnika fakulteta Fizičke kulture u Novom Sadu*, (133-144). Novi Sad: RS.

Viru, A. (1995). *Adaptation in sport training*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc.

Vučetić, V., Šentija, D. (2005). Doziranje i distribucija intenziteta u trenažnom procesu - zone trenažnog intenziteta. *Kondicijski trening. UKTH, Zagreb* 2(3) 2005. (36-42).

Vuksanović, M. (1999.) *Utvrđivanje efikasnosti nastave fizičkog vaspitanja u odnosu na postignute rezultate u atletici*. Doktorska disertacija. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet Novi Sad.

Weineck, J. (2007). *Optimales Training*. Berlin, GER: Spitta Verlag.

PARAMETRI FUNKCIONALNIH SPOSOBNOSTI U TRČANJU – PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

ABSTRACT

Running as an athletic discipline requires a high level of endurance and speed endurance, which is directly related to the cardiovascular and respiratory systems, ie the ability of an athlete's body to withstand loads, and the following are listed as relevant factors for running success: anaerobic strength and maximum O₂ consumption, lactic acid concentration and oxygen deficiency, ability to withstand stress, high ability to concentrate and its retention over longer periods of time. There is a lot of research that has studied the parameters of functional abilities in an attempt to find the most effective way to improve them, and since there are many similar and different data on this topic, this paper has been done to classify the available papers by domestic and foreign authors which would lead to conclusions applicable both in practice and for further research

For the purposes of this research, original scientific papers have been analyzed that dealt with functional abilities as success factors in short, middle and long distance running and the impact of training on functional abilities, found in electronic databases - Medline, PubMed, Researchgate, Web of Science and Google Scholar. The research used in this review monitored transversely the values of submaximal and maximal oxygen consumption, energy systems, heart rate values, pulmonary ventilation, blood lactate concentration, as well as their changes after longitudinal implementation of experimental protocols and training processes. Since the collected research had too few respondents from different populations with a small number of elite runners, and they did not have enough information about many years of experience, level of sports form, race categories, and descriptions of training and methods, obtaining empirical information based on evidence was limited, as well as reaching valid conclusions. Accordingly, there is a need for a more systematic approach to research and implementation of complex studies with a sufficient number of runners of all ages, both sexes of the elite level, and cooperation of academic researchers, clubs and athletes to enable studies that would provide significant statistics, analysis and interpretation. The results identified in this review provide a starting point for future research that identifies and quantifies predictors of functional performance as factors of short, middle, and long distance running success.

Keywords: maximum oxygen consumption, lactate concentration, short distances, middle distances, long distances, training process

Primljeno: 26.05.2020.

Odobreno: 23.11.2020.

Korespondencija:
Radosav Đukić, Dr Sci
PhD in Sport Science
Spartamedic, Tel.: +43 664 1330916, Beč, Austrija
e-mail:rade.djukic@chello.at

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

*INFLUENCE OF ATTENDING EXTRACURRICULAR SPORTS ACTIVITIES ON FUNCTIONAL ABILITIES
OF FIFTH AND SIXTH GRADE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS*

Luka Androja¹, Josip Miočić¹, Dražen Adžić² i Žarko Bilić¹

¹Visoka škola Aspira, Hrvatska

²Osnovna škola Kožičića Benje, Hrvatska

ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.amab

UDC: 796-053.2

Primljeno: 22.09.2020.

Odobreno: 26.10.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 31-40.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija:

Luka Androja,
Visoka škola Aspira, Ul. Domovinskog rata 65, Split, Croatia
+385 21 382 802
E-mail:luka.androja@aspira.hr

SAŽETAK

Uzorak je činio 121 ispitanik iz petih i šestih razreda osnovnih škola grada Zadra. Provedeno je istraživanje kako bi se utvrdile razlike između učenika koji, osim tjelesnog i zdravstvenog odgoja pohađaju i neki drugi oblik izvannastavne sportske aktivnosti. Provođenjem deskriptivne analize dobili smo rezultate koji nam pokazuju da su muški učenici koji se bave izvannastavnom aktivnošću postigli 21,28% bolje prosječne rezultate od ispitanika koji se ne bave izvannastavnim aktivnostima. Ispitanice uključene u izvannastavne aktivnosti su postigle 9,16% bolje rezultate od ispitanica koje se nisu bavile izvannastavnim aktivnostima (bolji rezultati u testu za procjenu funkcionalne sposobnosti (F6 test)). Korištenjem t-testa otkrili smo da su empirijske razine značajnosti statistički značajne ($p = 0,000$) za sve ispitanike kod oba spola u funkcionalnim sposobnostima (F6 test). Autori mogu tvrditi da učenici koji pohađaju neke oblike izvannastavnih sportskih aktivnosti imaju bolji rezultat u varijabi F6. Izvođenjem regresijske analize autorи ne mogu predvidjeti rezultat u F6 testu na temelju antropometrijskih karakteristika tjelesne visine (TV) i tjelesne težine (TT). Broj nastavnih sati i trajanje sata tjelesnog odgoja u osnovnoj školi nije dovoljan za razvoj funkcionalne sposobnosti. Da bi poboljšali funkcionalne sposobnosti učenika, svaki bi ih učitelj trebao potaknuti da pohađaju neke dodatne oblike izvannastavnih sportskih aktivnosti u vidu poboljšanja cjelokupnog antropološkog statusa. Niže funkcionalne sposobnosti imaju posljedice i veći rizik od raznih bolesti. Stoga ne postoji aktivnost poput sportskog treninga kako bi se sprječili potencijalni problemi.

Ključne riječi: *osnovna škola, izvannastavne aktivnosti, tjelesna i zdravstvena kultura, funkcionalne sposobnosti*

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

UVOD

Sport je sastavni dio obrazovnog procesa. U Republici Hrvatskoj nastava tjelesnog odgoja u višim razredima osnovne škole održava se dva puta tjedno po 45 minuta. Postavlja se pitanje na kojoj su razini učenici zadovoljni tjelesnom aktivnošću prema kronološkoj i biološkoj dobi ako dva školska sata ispunjavaju nastavni plan i program. Među učenicima petog i šestog razreda osnovne škole uobičajeni su izbor izvannastavne sportske aktivnosti. Među širokim spektrom aktivnosti koje se nude učenicima, sportske aktivnosti prema istraživanjima zauzimaju prvo mjesto. Sport će imati dva učinka na dijete; prvi je utjecaj na zdravlje i zdrav način života, a drugi, možda važniji, onaj koji utječe na psihu djece (Stevanović, 2003). Određivanje aktualnog stanja pojedinog učenika, ali i skupine u cjelini te usporedba s populacijom djece rane školske dobi omogućuju učitelju da na neposredan način kontrolira svoj rad te kvalitetno programira i provodi planirane sadržaje radi realizacije postavljenih ciljeva. (Androja , T. Bavčević & D. Bavčević, 2019). Već dugi niz godina sportski znanstvenici pokušavaju pronaći načine za procjenu funkcionalnih sposobnosti u nekoliko odabralih populacija. Važnost odgovarajuće razine funkcionalnih

sposobnosti proizlazi prvenstveno iz zdravstvenih razloga, kao svojevrsne zaštitne mjere protiv pretežno sjedilačkog načina života i njegovih posljedica: pojave sve veće pretilosti i dijabetesa (Hills et al; 2007). Optimalna razina funkcionalnih sposobnosti može se postići programiranim kondicijskim treningom, a taj dio usmjeren je na povećanje učinkovitosti transportnog (kardiovaskularnog i kardio-respiratornog) sustava i povećanje anaerobnih kapaciteta. Strukturu treninga funkcionalnih sposobnosti čine podražaji aerobnog i anaerobnog karaktera koji tako pokrivaju područje aktivacije različitih energetskih sustava (Milanović, D. 2013). Istraživanje je pokazalo da se redovnije izvannastavne sportske aktivnosti češće izvode u sredinama koje to podržavaju i cijene u materijalnom i profesionalnom smislu. Stručnjaci su utvrdili da je za optimalan rast i razvoj te zdravlje svake osobe potrebno osigurati odgovarajuće materijalne uvjete, stručno osoblje te nadzirati i procijeniti odgovarajuće karakteristike i sposobnosti (Findak i sur. 1996). S obzirom na nedostupnost i komplikiranu primjenu ovih mjera u nastavi tjelesnog i zdravstvenog, najprikladnija procjena funkcionalnih

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

sposobnosti učenika (opća aerobna sposobnost) provodi se trčanjem 3 minute (F3) za učenike osnovnih škola i 6 minuta (F6) za učenike viših razreda osnovne škole i srednjoškolce (Findak, 1999). Sertić i sur. (2005.) proveli su istraživanje uspoređujući dvanaestogodišnje judo borce i nesportske muškarce i dobili značajne razlike u F6 testu. Lörger i sur. (2008) pokušali su odrediti antropološki model uspješnog rukometara u školskom sportu i dobili su vrijednosti F6 testa više od ocjene izvrstan u odnosu na orijentacijske norme

(Findak i sur; 1999). Problem ovog rada je ispitati trče li učenici koji pohađaju izvannastavne aktivnosti više metara od onih koji ne pohađaju test trčanja u trajanju od 6 minuta. Glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi postoje li kvantitativne razlike između učenika petog i šestog razreda Šime Budića i Šimuna Kožičića Benje iz Zadra u testu funkcionalne sposobnosti, koji pohađaju neke oblike izvannastavnih sportskih aktivnosti i onih učenika koji ih ne pohađaju bilo koji oblik izvannastavnih sportskih aktivnosti.

METODE

Ispitanici

Tablica 1. Veličina uzorka

| spol | aktivnost | frekvencija | MTT | MTV |
|------|-----------|-------------|-------|--------|
| M | da | 33 | 42,06 | 150,02 |
| | ne | 28 | 44,25 | 149,73 |
| | sve skupa | 61 | | |
| Ž | da | 31 | 41,08 | 151,08 |
| | ne | 29 | 43,44 | 150,64 |
| | sve skupa | 60 | | |

Uzorak u ovom istraživanju sastojao se od 121 učenika petog i šestog razreda osnovne škole Šime Budinića i Šimuna Kožičića Benje iz

Zadra u dobi od 11 i 12 godina. 61 ispitanik je muškog spola, dok je 60 ispitanika ženskog spola. Uzorak je također podijeljen na

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

ispitanike koji pohađaju dodatne aktivnosti izvan predmeta tjelesni odgoj i one koji to ne čine. Zaručena su 33 učenika (s prosječnom tjelesnom težinom od 42,06 kg i prosječnom tjelesnom visinom od 150,02 cm), dok 28 nije angažirano (s prosječnom tjelesnom težinom od 44,25 kg i prosječnom tjelesnom visinom od

149,73 cm). Što se tiče studentica, njih 31 je angažirano (s prosječnom tjelesnom težinom od 41,08 kg i prosječnom tjelesnom visinom od 151,08 cm), dok se njih 29 ne bavi nikakvim izvannastavnim aktivnostima (s prosječnom tjelesnom težinom od 43,44 kg i sa prosječna tjelesna visina 150,64 cm).

Statistička analiza

Unos i obrada kompletnih podataka izvršeni su uz pomoć računalnog programa Statistica ver. 12,0.

REZULTATI

Tablica 1. Rezultati F6 testa svih ispitanika

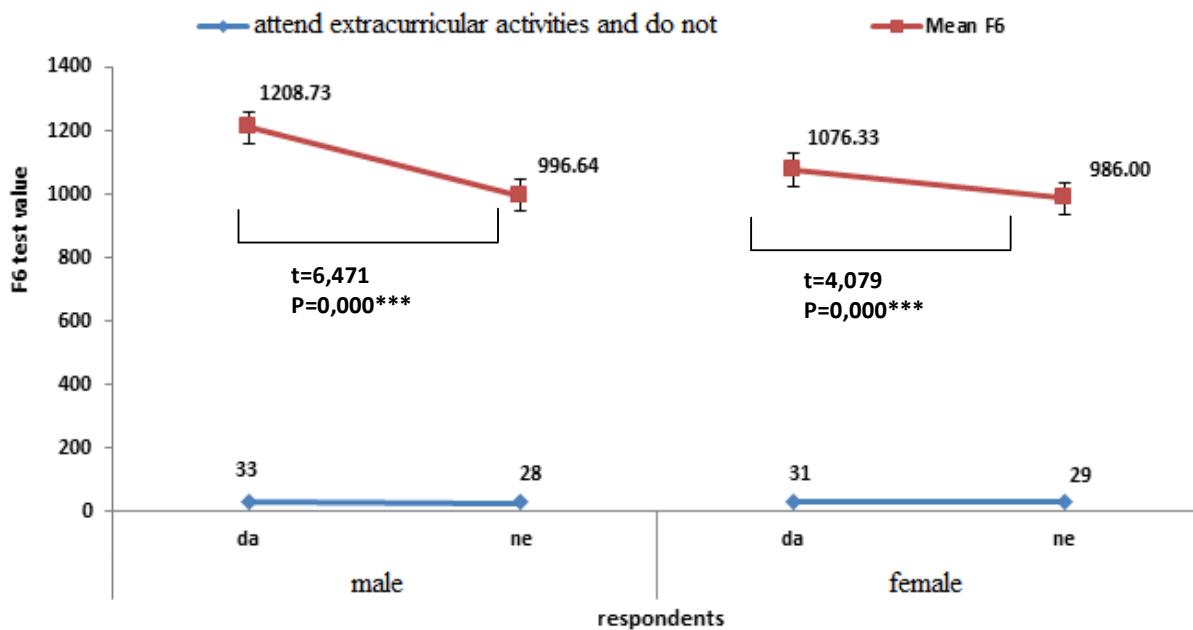
| spol | aktivnost | frekvencija | Min F6 | Max F6 | arit.sredina F6 | SD | K-S test |
|------|-----------|-------------|--------|---------|-----------------|--------|----------|
| M | da | 33 | 840,00 | 1368,00 | 1208,73 | 110,66 | 0,078 |
| | ne | 28 | 600,00 | 1260,00 | 996,64 | 145,06 | 0,417 |
| Ž | da | 31 | 970,00 | 1248,00 | 1076,33 | 77,65 | 0,127 |
| | ne | 29 | 720,00 | 1128,00 | 986,00 | 93,59 | 0,478 |

Tablica 1. prikazuje rezultate svih ispitanika na F6 testu sposobnosti. Na temelju prosječne vrijednosti rezultata F6 testa može se primijetiti da su ispitanici oba spola koji se bave izvannastavnim aktivnostima postigli bolje rezultate od onih koji to nisu. Tako su ispitanici muškog spola koji pohađaju

izvannastavne aktivnosti postigli 21,28% bolje prosječne rezultate od ispitanika koji se ne bave izvannastavnim aktivnostima. Ispitanice uključene u izvannastavne aktivnosti postigle su 9,16% bolje rezultate od ispitanica koje se nisu bavile izvannastavnim aktivnostima.

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

Grafikon 1. Prikaz rezultata F6 testa kod ispitanika oba spola koji su uključeni u dodatne aktivnosti i onih koji nisu angažirani te razlike između postignutih rezultata



Tablica 2. Razlike između rezultata F6 testa kod ispitanika muškog i ženskog spola koji se bave izvannastavnim aktivnostima i koji se ne bave izvannastavnim aktivnostima

| Variable | N (ne) | N (da) | Mean (ne) | Mean (da) | t- value | df | p |
|-------------|--------|--------|-----------|-----------|----------|----|--------------|
| F6 M | 28 | 33 | 996,64 | 1208,73 | 6,471 | 59 | 0,000 |
| F6 Ž | 29 | 31 | 986,00 | 1076,33 | 4,079 | 58 | 0,000 |

Na temelju vrijednosti rezultata T-testa za neovisne uzorke prikazane u tablici, može se zaključiti da postoji statistički značajna razlika kod oba spola, na 0,005 između rezultata

postignutih na testu sposobnosti između ispitanika koji su uključeni u izvannastavne aktivnosti. a oni koji se ne bave izvannastavnim aktivnostima.

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

Tablica 3. Razlike između rezultata ispitanika muškog i ženskog spola koji su sudjelovali u izvannastavnim aktivnostima u F6 testu

| Variabla | N M | N Ž | arit. sredina M | arit. sredina Ž | t- value | df | p |
|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------------|----------|----|--------------|
| F6 | 33 | 31 | 1208,73 | 1076,33 | 5,507 | 62 | 0,000 |

Na temelju vrijednosti rezultata T-testa za neovisne uzorke prikazane u tablici, može se zaključiti da postoji statistički značajna razlika na razini 0,005 između rezultata postignutih na

testu sposobnosti između muških i ženskih ispitanika angažiranih u izvannastavne aktivnosti. Može se zaključiti da su muški ispitanici postigli bolje rezultate za 12,30%.

Tablica 4. Regresijska analiza (predviđanje rezultata F6 testa na temelju pojedinačnih varijabli antropometrije - tjelesna visina i tjelesna težina)

| Ispitanici | Independent variables | Nestandardizirani koeficijent | | Standardizirani koeficijent | T | Sig. | Zavisna varijabla |
|------------|-----------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|--------|-------|-------------------|
| | | B | Standard error | | | | |
| M | konstanta | 1778,296 | 503,619 | | 3,531 | 0,001 | F6 |
| | TV | -3,173 | 4,050 | -0,254 | -0,783 | 0,440 | |
| | TT | -2,226 | 2,955 | -0,244 | -0,753 | 0,457 | |
| Ž | konstanta | 967,783 | 522,443 | | 1,852 | 0,075 | F6 |
| | TV | 1,391 | 3,950 | 0,092 | 0,352 | 0,727 | |
| | TT | -2,474 | 2,797 | -0,232 | -0,885 | 0,384 | |

Ispitujući predviđanje rezultata ispitivanja za procjenu funkcionalnih sposobnosti (F6), na temelju antropometrijskih karakteristika tjelesne visine (TV) i tjelesne težine (TT) kod oba spola, uočeno je da su u ispitanika oba spola antropometrijske karakteristike tjelesne visine (TV) i tjelesne težine), ne utječu

statistički značajno na rezultate testa za procjenu funkcionalnih sposobnosti (F6). Na temelju ovih rezultata može se prepostaviti da se rezultati F6 testa ne mogu predvidjeti na temelju antropometrijskih karakteristika tjelesne visine (TV) i tjelesne težine (TT) oba spola.

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

DISKUSIJA

Autori su dobili podatke da su učenici muškog pola koji pohađaju izvannastavne aktivnosti bolji u F6 testu za čak 21,28%, dok su djevojčice bolje za 9,16%. Razlog za prethodno napisane podatke objasnit ćemo kroz sljedeću raspravu. T-test za neovisne uzorke korišten je za utvrđivanje razlika između onih učenika koji pohađaju tjelesni i zdravstveni odgoj i neki dodatni oblik izvannastavnih sportskih aktivnosti i onih koji to ne čine. Uz pomoć empirijske razine značajnosti koja je statistički značajna, prema segmentu procjene između kriterijske varijable F6 test učenika i učenica, možemo tvrditi da učenici koji su pohađali neke oblike izvannastavne sportske aktivnosti imaju bolji rezultat u varijabla F6 (F_6 muški = 0,000, F_6 ženski = 0,000). Također, razlika između učenika i studentica je statistički značajna (0,000). T-test pokazao nam je da postoji statistički značajna razlika između oba spola u F6 testu kod onih koji se bave i onih koji se ne bave izvannastavnim aktivnostima. Rezultat je pokazatelj da izvannastavne aktivnosti mogu značajno pridonijeti razvoju funkcionalnih sposobnosti. Ne radi se samo o boljem rezultatu, bolje funkcionalne sposobnosti

koreliraju s mnogim drugim pozitivnim čimbenicima za zdravlje i funkcionalnost cjelokupnog ljudskog organizma. Studenti su imali 12,30% bolji rezultat na F6 testu od učenika. Djevojke u pubertet ulaze ranije, ali to može imati i negativne konotacije. Antropometrijski sastav tijela sličan je kod djevojčica i dječaka u ranom djetinjstvu. Kasnije djevojčice počinju dobivati više masnog tkiva, a dječaci, počevši od adolescencije, počinju rasti vitku masu puno više od djevojčica. Također, u prosjeku se dječaci više bave sportom nego djevojke, a posebno sportovi poput nogometa, košarke, rukometa gdje su izraženi trkački udjeli. Dok su djevojke više uključene u sportove kao što su odbojka, ples, u treninzima imaju veći naglasak na tehničkom dijelu i ljepoti izvedbe, a manje na funkcionalnim sposobnostima. Izvođenjem regresijske analize, kao što je prethodno rečeno, ne možemo predvidjeti rezultat u F6 testu na temelju antropometrijskih karakteristika tjelesne visine (TV) i tjelesne težine (TT). U dobi od 11 i 12 godina djevojčice počinju ulaziti u pubertet, ali brzi rast i razvoj ne znače nužno bolju korelaciju s boljim rezultatima u sportskim aktivnostima.

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

Može se dogoditi upravo suprotno! Svako je dijete zasebna jedinka, a autori uglavnom tvrde da se u ovoj dobi ne može zaključiti da će netko biti bolji u F6 testu zbog izraženijih antropometrijskih karakteristika.

ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati pokazuju da postoje značajne razlike između učenika petog i šestog razreda osnovnih škola Šime Budinića i Šimuna Kožičića Benje iz Zadra koji aktivno vježbaju izvannastavne sportske aktivnosti, odnosno sportski trening i one koji to nemaju. Istraživanje je potvrđilo da dodatna sportska aktivnost pored podučavanja tjelesnog i zdravstvene kulture ima pozitivan učinak na funkcionalne sposobnosti učenika. Broj sati i trajanje lekcije iz tjelesnog i zdravstvenog odgoja u osnovnoj školi nisu dovoljni za razvoj funkcionalne sposobnosti. Kako bi poboljšao funkcionalne sposobnosti učenika, svaki bi ih učitelj trebao potaknuti da pohađaju neke

dodatne oblike izvannastavnih sportskih aktivnosti u obliku poboljšanja ukupnog antropološkog statusa i pomoći rastu i razvoju. Također, Ministarstvo znanosti i obrazovanja trebalo bi razmotriti uvođenje dodatnog sata tjelesnog odgoja u školskom tjednu. Ako to nije moguće, studente bi trebalo više educirati o važnosti bavljenja sportom na zdravstveni status. Niže funkcionalne sposobnosti imaju posljedice i veći rizik od raznih bolesti. Stoga ne postoji aktivnost poput sportskog treninga kako bi se spriječili potencijalni problemi. Rezultati izuzetno mogu poslužiti trenerima i profesorima kineziologije za kvalitetnije planiranje i programiranje trenažnih ciklusa i nastavnog procesa, usmjeravanje, kontrolu individualne razine treniranosti, praćenje rasta i razvoja, razvijanje bazičnih i specifičnih motoričkih sposobnosti, kontrolu realizacije nastave te općenito cjelokupne nastave tjelesne i zdravstvene kulture. (Androja, T. Bavčević & D. Bavčević, 2019).

ZAHVALA

Autori se zahvaljuju Visokoj školi Aspira, što im je dala sredstva za objavljivanje ovog rada u SportLogiji.

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

LITERATURA

1. Androja, L., Bavčević, T.; Bavčević, D. (2019). Correlation between morphological characteristics and motor skills in primary-school students from seventh and eighth form // *Book of Proceedings, XXII Scientific Conference "FIS Communications 2019" in physical education, sport and recreation / Stojiljković, Nenad (ur.)*. Niš: Faculty of sport and physical education, University of Niš, 2019. str. 154- 15
2. Findak, V. (1999.): Metodika tjelesne i zdravstvene kulture. Zagreb, Školska knjiga.
3. Findak, V., Metikoš, D. Mraković, M. i Neljak, B. (1996.) Primijenjena kineziologija u školstvu – Norme. Zagreb: Hrvatski pedagoško-književni zbor. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu.
4. Hills, A.P., King, N.A., Armstrong, T.P. The Contribution of Physical Activity and Sedentary Behaviours to the Growth and Development of Children and Adolescents. *Sports Med*, 37(6): 533 – 545, 2007.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200737060-00006>
PMid:17503878
5. Lorger, M., Bujan, M., Ovčarić, L. (2008.): Motoričko – antropometrijski model mlade uspješne rukometašice u školskom sportu, U: Findak, V. (ur.): 17. ljetna škola kineziologa Hrvatske, Rovinj, str. 528 – 534, Kineziološki fakultet Sveučilište u Zagrebu
6. Milanović, D. (2013). Teorija treninga. Zagreb: Kineziološki fakultet sveučilišta u Zagreb
7. Sertić, H., Vračan, D., Baić, M. (2005.): Razlike u nekim antropološkim obilježjima dvanaestogodišnjih dječaka džudaša i dječaka nesportaša, U: Findak, V. (ur.): 14. ljetna škola kineziologa Hrvatske, Rovinj, str. 119 – 125, Kineziološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.
8. Stevanović, M. (2003.) Predškolska pedagogija. Rijeka:Andromeda

UTJECAJ POHAĐANJA IZVANNASTAVNIH SPORTSKIH AKTIVNOSTI NA FUNKCIONALNE SPOSOBNOSTI UČENIKA PETOG I ŠESTOG RAZREDA

ABSTRACT

The sample consisted of 121 respondents from fifth and sixth-grade elementary schools from the City of Zadar. A research was conducted to determine the differences between students who, in addition to physical education and health education, also attend some other form of extracurricular sports activity. By conducting a descriptive analysis, we obtained results that show us that male students engaged in extracurricular activity achieved 21.28% better average results than respondents who do not engage in extracurricular activities. Female respondents engaged in extracurricular activities achieved 9.16% better results than respondents who did not engage in extracurricular activities (better scores in the test to assess functional ability (F6 test)). Using the t-test, we found that empirical levels of significance were statistically significant ($p = 0.000$) for all respondents in both sexes in functional abilities (F6 test). The authors can claim that students attending some forms of extracurricular sports activity have a better score in the variable F6. By performing regression analysis, authors cannot predict the result in the F6 test based on anthropometric characteristics of body height (TV) and body weight (TT). To improve the functional abilities of students, each teacher should encourage them to attend some additional forms of extracurricular sports activities in the form of improving the overall anthropological status.

Keywords: *extracurricular activities, physical education, functional abilities*

Primljeno: 22.09.2020.
Odobreno: 26.10.2020.

Korespondencija:
Luka Androja
Visoka škola Aspira
Ul. Domovinskog rata 65, Split, Hrvatska
Tel.: +385 21 382 802
E-mail:luka.androja@aspira.hr
<https://orcid.org/0000-0002-0546-6972>

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

METHODS OF IMPLEMENTATION OF AN ALPINE SKIING SCHOOL

Vjekoslav Cigrovski¹, Ivan Bon¹, Mateja Očić¹, Igor Božić² i Mislav Škovran¹

¹Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

²Univerzitet u Banjo Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Bosna i Hercegovina

STRUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.cbobs

UDK: 796.926

Primljeno: 29.10.2020.

Odobreno: 03.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 41-47.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija:

doc. dr. sc Vjekoslav Cigrovski,

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Horvaćanski zavoj 15, 10 000 Zagreb, Hrvatska

E-mail:vjekoslav.cigrovski@kif.hr

SAŽETAK

Danas se u skijaškim školama primjenjuju različiti programi po kojima se uče skijaški početnici. Svi programi imaju isti cilj, a to je naučiti početnike specifične pokrete tijela pomoću kojih će moći upravljati skijama. Tri se programa najčešće koriste u školama alpskoga skijanja. Po jednom programu skijaške početnike se uči osnovama alpskoga skijanja isključivo elementima paralelne skijaške tehnike. Drugim programom skijaški početnici usvajaju znanja pomoću elemenata plužne i paralelne skijaške tehnike. Treći program učenja alpskoga skijanja kombinira navedena dva načina. Osim programa, u praksi postoje dva pristupa učenja alpskoga skijanja. Prvi način uključuje svakodnevni odlazak do skijaškog poligona ili obližnjeg zimskog turističkog centra, na kojem se usvaja skijaška tehnika te se isti dan vraća u mjesto stanovanja. Drugi način sastoji se u organiziranom, najčešće sedmodnevnom, odlasku na zimovanje u sklopu čega se svaki dan uče osnove alpskoga skijanja. Neovisno o korištenim programima učenja, sigurnost skijaša prioritet je u svakoj školi alpskoga skijanja. Stoga je savjet svim skijašima početnicima uključiti se u školu alpskoga skijanja, jer na taj način čine najbolju prevenciju nastanka ozljeda.

Ključne riječi: programi, škola skijanja, direktno učenje, tradicionalno učenje, kombinirano učenje

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

UVOD

Dugi niz godina skijaške škole u zimsko turističkim centrima bile su jedini sadržaj koji se organizirao i nudio u planinama tijekom zime. Škole alpskoga skijanja i danas se standardno organiziraju i provode u svim skijaškim centrima, no ponuda različitih tjelesnih i zabavnih aktivnosti je znatno proširena. Tome su se prilagodile i skijaške škole te danas organiziraju i provode skijaške vrtiće za najmlađe početnike, individualne i grupne programe za različite razine skijaškog

znanja, jutarnje ili cjelodnevne škole skijanja, jednosatne ili višesatne edukacije, škole daskanja na snijegu, školu skijanja i daskanja s učiteljem po uređenim, ali i izvan uređenih skijaških staza (freeriding, freeskiing, ski safari, freestyle) te učenje različitih vrsta skokova u snježnim parkovima (snowpark). Snježni parkovi su danas izrazito popularni kod mlađih skijaša koji se žele baviti atraktivnim akrobatskim skokovima na skijama te su stoga sastavni dio većine skijaških centara.

Primjena škole alpskoga skijanja u praksi

Postoje dva najčešća načina učenja alpskoga skijanja. Prvi način uključuje svakodnevni odlazak do skijaškog poligona ili obližnjeg zimskog turističkog centra, na kojemu se usvaja skijaška tehnika, a zatim se u popodnevnim ili večernjim satima vraća u mjesto stanovanja.

Skijaški poligon podrazumijeva prirodni ili umjetni skijaški teren koji egzistira samostalno te nije dio zimsko turističkog centra. Svaki skijaški poligon osim terena posjeduje stroj za njegovo uređivanje i održavanje, zaštitne mreže i znakove koji služe zaštiti i sigurnosti.

Osim toga skijaški poligon posjeduje skijašku žičaru, uređaje za izradu kompaktnog (umjetnog) snijega te vrlo često i rasvjetu, koja omogućava upotrebu poligona i u kasnim popodnevnim i večernjim satima. Dvorane za skijanje također se ubrajaju u skijaške poligone, a često se grade u blizini naselja i gradova. Iako još ne postoje u Hrvatskoj, u mnogim europskim zemljama egzistiraju te se u njima provoditi škola alpskoga skijanja. Prednost dvorane za skijanje je mogućnost njenog korištenja tijekom cijele godine, a ne samo u zimskom periodu. Isto tako prednost dvorane za skijanje je mogućnost

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

da skijaški početnici prilagodbu na skije i kretanje na njima nauče u neposrednoj blizini mjesta življenja. Kada nauče osnove mogu se odlučiti za putovanje u zimsko turistički centar, gdje će im ukupni doživljaj idiličnog planinskog ambijenta tijekom zime biti veći, jer će u većoj moći iskoristiti skijaške terene.

Drugi način sastoji se u organiziranom odlasku djece i mlađih na zimovanje sa školom ili sportske pripreme sa klubom. U odabranom zimsko turističkom centru zimovanje se najčešće organizira sedam dana, a sportske pripreme mogu trajati i duže. Takvim načinom osim usvajanja i usavršavanja skijaških znanja omogućava se provedba sportskih treninga i drugih tjelesnih aktivnosti tijekom dana, a društveno-zabavnih aktivnosti u popodnevnim i večernjim satima (Cigrovski, Matković i sur., 2019).

Osnovni cilj prvog načina isključivo je učenje alpskoga skijanja, dok

su ciljevi zimovanja i sportskih priprema osim usvajanja skijaških znanja usmjereni i na druge sportove i socijalizaciju djece. Tako se tijekom provedbe zimovanja kod djece utječe na: motoričke i funkcionalne sposobnosti, ali i na kognitivne, emocionalne i socijalne sposobnosti i osobine (Rausavljević i sur., 2012). Zajedničkim boravkom tijekom zimovanja djeca se stalno druže i rješavaju zadatke tijekom dana. Uloga kineziologa između svih aktivnosti je i poticati djecu na samostalnost, motivirati ih te im svojim ponašanjem biti uzor. Škola alpskog skijanja je samo jedan od sadržaja zimovanja ili sportskih priprema na koji se vežu mnoge druge vrijednosti, koje u konačnici pozitivno utječu na rast i cjelokupni razvoj djece (Pišot & Vidamšek, 2004; Cigrovski, Matković i sur., 2019).

Programi škole alpskoga skijanja

U skijaškim školama postoje različiti programi po kojima se uče skijaški početnici. No, cilj svakog programa je naučiti početnike specifične pokrete tijela (skijaška gibanja) koja su neophodna za upravljanje skijama te koja u različitim

omjerima sudjeluju kod izvođenja svih vrsta zavoja (LeMaster, 2010). Učinkovitost procesa učenja bit će veća ako je program škole skijanja prilagođen uvjetima u kojima se prenosi skijaško znanje te dobi i sposobnostima učenika. S

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

druge strane kako bi skijaški početnici napredovali u svojoj tehnici potrebna im je adekvatna skijaška oprema, odgovarajući skijaški teren te učitelj koji će prilagoditi određeni program njihovim mogućnostima i motivaciji. Programi su sastavljeni tako da se skijaško znanje postepeno usvaja, a svaki naučeni element skijaške tehnike predstavlja logičnu nadogradnju već usvojenog znanja s konačnim ciljem učenja različitih vrsta paralelnih zavoja (Cigrovski & Matković, 2015).

Programom skijaške škole definira se što će se svakoga dana raditi unutar vremena koje je predviđeno za usvajanje skijaških znanja. Program škole alpskoga skijanja po kojem se savjetuje podučavati skijaške početnike, ali i usavršavati znanje kod naprednijih skijaša je definiran te odobren od nadležnih institucija. Kod sastavljanja programa šestodnevne ili sedmodnevne škole skijanja potrebno je odabrati samo jedan dio cijelokupnog službenog programa. Koji dio programa će se koristiti ovisi o: trajanju škole skijanja unutar svakoga dana, broju dana podučavanja, dobi učenika, sposobnostima, motivaciji i predznanju učenika. Programi škole alpskoga skijanja s vremenom se mijenjaju tako da se pojedini dijelovi elemenata skijaške tehnike izvode na malo drugačiji način. Isto tako, promjene u

programu očituju se u unapređenju važne metodičke vježbe na razinu elementa tehnike ili degradiranju određenog elementa tehnike na razinu metodičke vježbe. Zbog toga se programi mogu razlikovati u nazivu pojedinih elemenata tehnike ili u preporučenim metodičkim vježbama.

Pregledom dostupne literature moguće je istaknuti nekoliko najčešćih programa učenja alpskoga skijanja. Jedan program učenja osnova sadrži isključivo elemente paralelne skijaške tehnike. Takvim pristupom skijaše se odmah uči izvoditi paralelne zavoje, pa se taj način naziva direktni put učenja (Murovec, 2006). Ovaj pristup je dinamičniji, a skijaši početnici savladavanju blage skijaške padine isključivo metodičkim vježbama i zadacima u kojima su skije konstantno u paralelnom položaju. Drugi program podučavanja podrazumijeva upotrebu elemenata plužne i paralelne skijaške tehnike pa se taj način naziva tradicionalni način učenja (Lešnik & Žvan, 2010). Plužni zavoj prvi je način kontinuiranog skretanja koji skijaški početnici moraju usvojiti prilikom učenja po ovom programu. Postoji i treći program učenja alpskoga skijanja, koji podrazumijeva kombinaciju navedena dva načina pa se on često naziva kombinirani pristup

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

prenošenja skijaških znanja (Lešnik & Žvan, 2010).

Drugi spomenuti način učenja skijaških znanja, čiji programi sadrže elemente i vježbe plužne i paralelne skijaške tehnike najviše se koristi u praksi. Plužni položaj skija u kojemu su prednji dijelovi skija (vrhovi) gotovo spojeni, a stražnji dijelovi skija (repovi) međusobno rašireni osigurava skijaškim početnicima stabilan ravnotežni položaj zbog povećane površine oslonca na snježnu površinu. Osim stabilnog položaja, plužna pozicija skijašu omogućuje potpunu kontrolu brzine kretanja. Kontrolirano spuštanje niz skijaški teren omogućeno je skijašu kada on u plužnom položaju vrši potisak u gležnjevima, koljenima i kukovima prema naprijed i unutra kako bi doveo skije na njihove unutarnje bočne rubnike (Matković i sur., 2004).

Zbog navedenih pogodnosti plužnog položaja skija za skijaške početnike, danas se u školama vrlo često primjenjuju elementi ove skijaške tehnike. No to ne znači da je potrebno inzistirati na dugotrajnom zadržavanju skijaša u plužnom položaju. Naprotiv, nakon što su skijaši savladali svoje prve zavoje pomoću plužne skijaške tehnike, izvođenje zavoja trebalo bi se nastaviti elementima i

vježbama koje uključuju dijelove kada su skije u paralelnom položaju. Program škole koji je koncipiran na ovaj način bazira se na odnosu plužnog i paralelnog dijela zavoja. Postupni prelazak iz plužnog prema paralelnom zavoju čini se od kraja zavoja pa prema njegovom početku. Smanjivanjem dijela plužnog zavoja skijaši uče izvoditi sve veći dio zavoja koristeći paralelnu skijašku tehniku. Pod time se podrazumijeva da će se u početku samo završni dio zavoja izvoditi u paralelnoj poziciji, zatim sve veći dio zavoja u paralelnoj poziciji, dok u konačnici učenik cijeli zavoj ne učini sa skijama u paralelnoj poziciji. Kada je učenik u stanju cijeli zavoj izvesti sa skijama u paralelnoj poziciji počinje se učiti ubod skijaškog štapa na početku svakog zavoja (Tate, 2007).

Koji od navedenih načina koristiti u svom radu prvenstveno ovisi o odabiru kineziologa, ali ovisi i o uvjetima u kojima se skijanje uči. Uvjeti su u skijaškim centrima različiti s obzirom na odabir skijaških terena te dostupnosti skijaške opreme, čemu su se i škole unutar pojedinog centra prilagodile.

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

ZAKLJUČAK

Škola alpskoga skijanja za početnike i skijaše rekreacijske razine predstavlja najbolju prevenciju nastanka ozljeda. Sigurnost skijaša rekreacijske razine te zaštita njihovog zdravlja prioritet je u svakoj organizaciji škole alpskoga skijanja. Stoga je savjet svim početnicima i skijašima s malo iskustva u alpskome skijanju uključiti se u školu kako bi naučili pravilno upravljati skijama i kako bi

zaštitili svoje zdravlje. Kod samostalnog učenja često se usvoje krivi, automatizirani pokreti, pa je tada potreban veliki angažman skijaša rekreacijske razine kako bi se oni ispravili. Znatno lakše i s manje truda skijaško znanje će se naučiti kada učenik nema usvojene krive pokrete tijela te kada od početka uvježbava pravilna gibanja tijekom izvođenja zavoja.

LITERATURA

1. Cigrovski, V., & Matković, B. (2015). Skijaška tehnika carving. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Cigrovski, V., Matković, B., & suradnici. (2019). Sportovi na snijegu. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
3. LeMaster, R. (2010). Ultimate skiing. Champaign, IL.: Human Kinetics.
4. Lešnik, B., & Žvan, M. (2010). A turn to move on, theory and methodology of alpine skiing. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Sport.
5. Matković, B., Ferenčak, S., Žvan, M. (2004). Skijajmo zajedno. Zagreb: Europapress holding i FERBOS inženjering.
6. Murovec, S. (2006). Na kanto! : UPS – učenje s podaljševanjem smuči. Kranj: Format Kranj.
7. Pišot, R., & Videmšek, M. (2004). Smučanje je igra. Ljubljana: Združenje učiteljev in trenerjev smučanja Slovenije.
8. Rausavljević, N., Videmšek, M., & Pišot, R. (2012). Igrom do prvih koraka na snijegu. Zagreb: Hrvatska olimpijska akademija.
9. Tate, D. (2007). Parallel dreams alpine skiing. [Scotland] : Parallel Dreams Publishing.

NAČINI PROVOĐENJA ŠKOLE ALPSKOGA SKIJANJA

ABSTRACT

Nowadays, various programs are used in ski schools to teach beginners. All programs have the same goal, and that is to teach beginners specific body movements with which they will be able to manage their skis. The three programs are most commonly used in alpine skiing schools. According to one program, ski beginners are taught the basics of alpine skiing exclusively with elements of parallel skiing techniques. In second program, ski beginners acquire knowledge using elements of snowplough and parallel ski technique. The third alpine skiing learning program combines these two methods. In addition to the program, in practice there are two approaches to learning alpine skiing. The first method involves a daily trip to the ski slope or the nearby winter tourist centre, where the skiing technique is adopted and beginners return to the place of residence the same day. The second way consists of an organized, usually seven-day, winter trip, during which the basics of alpine skiing are learned every day during the stay in the ski-resort. Regardless of the learning programs used, the safety of skiers is a priority in every alpine skiing school. Therefore, it is advisable for all beginner skiers to get involved in an alpine skiing school, as this is the best way to prevent injuries.

Key words: *programs, skiing school, direct learning, traditional learning, combined learning*

Primljeno: 29.10.2020.
Odobreno: 03.11.2020.

Korespondencija:
doc. dr. sc **Vjekoslav Cigrovski**
Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Horvaćanski zavoj 15, 10 000 Zagreb, Hrvatska
E-mail:vjekoslav.cigrovski@kif.hr

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

THE USE OF ELECTROMYOGRAM IN FOOTBALL: SYSTEMATIC REVIEW

Borko Katanić¹, Predrag Ilić¹, Aleksandar Stojmenović¹, Mima Stanković¹ i
Manja Vitasović²

¹Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu, Srbija

²Konjički klub Gorska tim Beograd, Srbija

PREGLEDNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.kissv

UDK: 612:796.332

Primljeno: 04.11.2020.

Odobreno: 12.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 48-70.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija: Borko Katanić

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija

E-mail:borkokatanic@gmail.com

SAŽETAK

Cilj ove pregledne studije bio je da ukaže na primenu elektromiografa u fudbalu. Za pretraživanje literature korišćene su sledeće elektronske baze podataka: Google Scholar, PubMed, Medline, Mendeley u periodu od 2005. do 2019. godine. Nakon procedure selekcije radova u odnosu na odgovarajuće kriterijume, odabранo je 20 studija koje odgovaraju potrebama ovog sistematskog preglednog istraživanja. Mišići koji su najviše bili ispitivani su: *m.musculus quadriceps*, *m.biceps femoris*, *m.gastrocnemius*, *m.tibialis anterior* i *m. gluteus maximus*. Pregledom je uočen prilično heterogen izbor tema kada je u pitanju uloga EMG u fudbalu, pa su i njihovi ostvareni rezultati grupisani prema određenim karakteristikama. S tim u vezi rezultati su razvrstani prema sledećim temama: akutni efekti specifične fudbalske aktivnosti, uticaj fudbalskog treninga snage, trening udaraca po lopti nogom, rezultati u odnosu na polne razlike i ostale teme koje nije bilo moguće razvrstati u pomenute grupe. Sumiranjem dosadašnjih rezultata stiče se uvid u višestruku primenu EMG u fudbalu sa ciljem što kvalitetnije analize neuro-mišićne aktivacije.

Ključne reči: EMG, elektromiograf, mišići, fudbal.

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

UVOD

Iako prvi dokumenti vezani za elektromiografiju (EMG) datiraju još iz 17. i 18. veka, ipak za tvorca se smatra nauènik dr Lambert, poznat kao "otac" EMG-a, koji je poèetkom šezdesetih godina prošlog veka, uz pomoæ svog saradnika Šmita, razvio mašinu koja je analizirala elektriène impulse i bila relativno jednostavna za upotrebu (Reaz, Hussain, & Mohd-Yasin, 2006). Dalji razvoj omoguæen je naroèito zahvaljujuæi napretku raèunarske tehnologije u poslednjih dvadesetak godina koji je omoguæio da EMG sistem ima današnji izgled i funkcionalnost.

Elektromiografija predstavlja elektrofiziološku metodu registrovanja akcionih potencijala motornih jedinica mišiæa i ispitivanja provodljivosti senzornih i motornih perifernih nerava (Đuriæ & Mihaljev-Martinov, 1998). Drugim reèima, EMG je zapis prostornog i vremenskog obrasca elektriène aktivnosti u aktiviranim motornim jedinicama i veæ dugo se smatra zlatnim standardom kada je u pitanju prouèavanje neuromuskularne funkcije (Farina, Merletti, & Enoka, 2004; Kinugasa, & Akima, 2005). Generalne karakteristike površinskog EMG-a, kao što su njegova

amplituda i spektar snage, zavise od svojstava membrane mišiænih vlakana kao i od vremena delovanja mišiænog potencijala. Tako površinski EMG odražava i periferna i centralna svojstva neuromuskularnog sistema (Farina, et al., 2004). Poboljšanje elektromiografskih (EMG) ureðaja za detekciju elektriènih potencijala izvedenih voljnih složenih pokreta i evolucija metodoloških pristupa prikupljanja podataka, kao i kompjuterizovane analize obrazaca odgovorni su za sve veæu primenu EMG-a u bioinžinjeringu, rehabilitaciji, sportu i na poljima biomehanike, fiziologije, zoologije i ergonomije (Clarys et al., 1988).

Praæenje performansi elitnih sportista je proces koji je od vitalne važnosti kako bi se postigli što bolji rezultati tokom takmièenja (Hernandez, Estrada, Garcia, Sierra, & Nazeran, 2010). Podruèja istraživanja kineziološke elektromiografije mogu se sumirati na sledeæi naèin, ta podruèja ukljuèuju: studije vezane za normalnu mišiænu funkciju tokom odabranih pokreta i položaja; studije mišiæne aktivnosti u složenim sportovima; studije koje se tièu rehabilitacije i oporavka sportista; studije koje ispituju izometrijske

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

kontrakcije sa povećanjem tenzije u mišiću; studije koje procenjuju funkcionalne anatomske mišićne aktivnosti (validacija klasičnih anatomske funkcija); studije koordinacije i sinhronizacije (kinematički lanac); studije u vezi specifičnosti i efikasnosti određenih treningnih metoda; studije koje ispituju mišićnu izdržljivost i uticaj zamora; istraživanja koja ispituju odnos između elektromiografije i ispoljavanja mišićne sile ēoveka i dr. (Clarys, 2000).

Poznato je da se EMG najviše koristi u medicini i njenim srodnim oblastima, pa je samim tim i najveći broj studija koje se bave elektromiografijom, upravo vezan za medicinu. Međutim, savremeni sport, koji se naroèito u poslednje dve-tri decenije "naslanja" na medicinu i njene srodne oblasti, uoèio je benefite i na polju elektromiografije, pa je zato danas primetna višestruka primena EMG i u sportu. S tim u vezi je i prepostavka da i fudbal može imati benefite i naæi određene odgovore ispitivanjem na ovom polju. Stoga je cilj ove

pregledne studije da ukaže na primenu elektromiografa u fudbalu.

METOD

Izvori podataka i strategija

Za pretraživanje literature korišćene su sledeće elektronske baze podataka: Google Scholar, PubMed, Medline, Mendeley u periodu od 2005. do 2019. godine. Pretraživanje je vršeno korišćenjem sledećih ključnih reči: EMG, electromiograph, football, soccer.

Strategija pretraživanja je modifikovana za svaku elektronsku bazu, gde je to bilo moguće, u cilju povećanja senzitivnosti. Svi naslovi i abstracti su pregledani za potencijalne radove koji će biti uključeni u sistematski pregled. Takođe, pregledane su liste referenci prethodnih preglednih i originalnih istraživanja. Relevantne studije su dobijene nakon detaljnog pregleda, ukoliko su ispunile kriterijume za uključivanje.

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Kriterijumi za uključivanje:

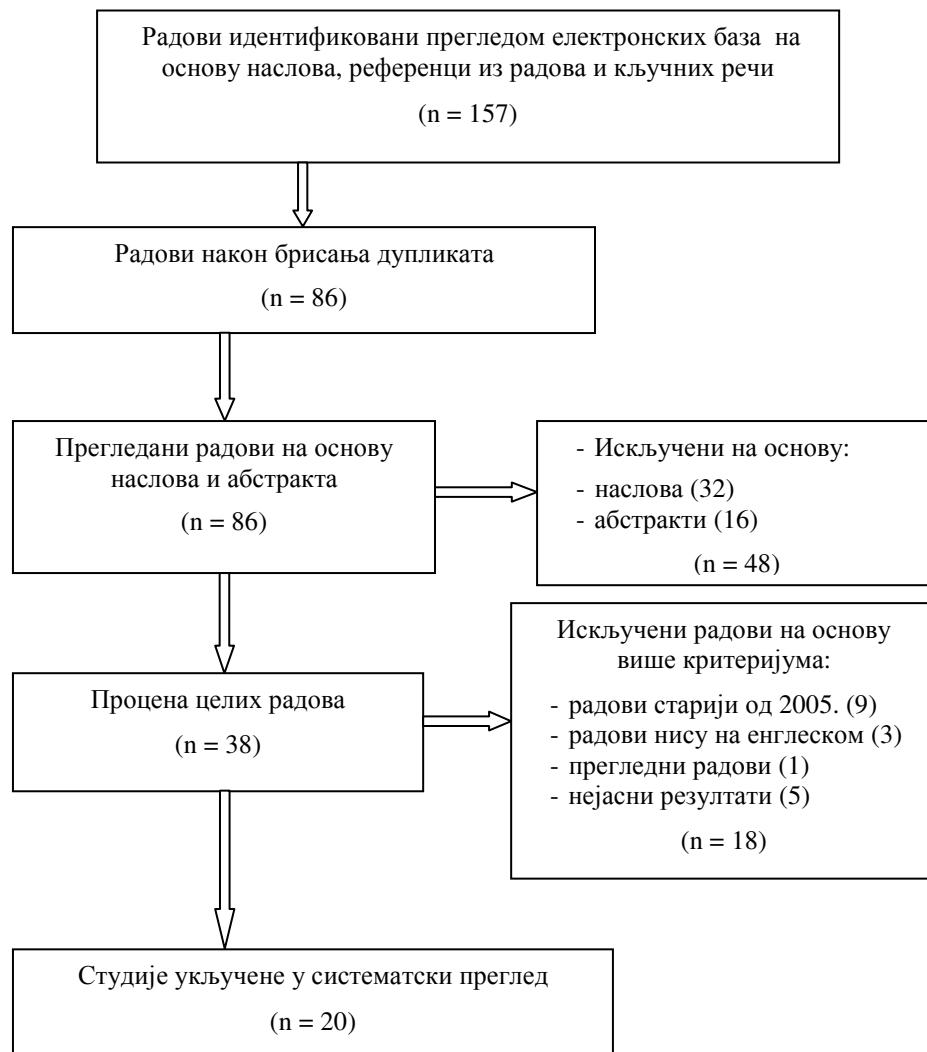
- Istraživanja u kojima je na fudbalerima vršeno ispitivanje mišaenih potencijala elektromiografom
- Istraživanja pisana na engleskom jeziku
- Istraživanja objavljena u periodu od 2005. do 2019.
- Radovi objavljeni u celosti

Kriterijumi za isključivanje:

- Istraživanja pisana na drugim jezicima
- Istraživanja starija od 2005. godine
- Radovi koji nisu prikazani u celosti (samo abstrakti)
- Pregledna, sistematska istraživanja
- Istraživanja u kojima nisu jasno prikazani postignuti rezultati
- Duplikati istraživanja

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

Prikaz br. 1: Dijagram toka analize radova



PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

REZULTATI

Tabela 1. Sistematski pregled i karakteristike uključenih istraživanja

| Prvi autor i godina | Uzorak ispitan. | Pol | Godine ispitan. | Veličina uzorka (n) | Tema studije | Ispit. mišići | Ispit. EM G kara kt. | Rezultati | Zaključak |
|-----------------------------|--------------------------------|-----|-----------------|---------------------|---|---------------------------|----------------------------|--|---|
| Kaygusuz, et al. (2005) | E1: F E2: KO + RU KG: SE | M | 19,9 | 30 | Efekti različitih treninga na neuromišićnu aktivaciju | GCL GC M APB | AM P AR FR HRT | E1: AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.05), AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.05); E2: AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.01), AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.01), FR (p<0.05), HR (p<0.05) | Trening odbojke i košarke doprinosi neuromuskularnim razlikama i u gornjim i u donjim ekstremitetima više od treninga u fudbalu, jer se oba ekstremiteta uveliko koriste u ovom sportu. |
| Greig, et al. (2006) | E: F | M | 24,7 | 10 | Ispitivanje odgovora intermitentnog tredmil protokola baziranog na nacionalnoj analizi odigravanja mečeva | RF BF | EM G peak total | HR INT↑ (p<0.01); RPE INT↑ (p<0.01); SS INT↑ (p<0.01); BF total INT>SS (p<0.01); BF peak INT>SS (p=0.05); RF total INT>SS (p<0.01); RF peak INT>SS (p<0.05); | Profil INT aktivnosti indukuje kumulativnost mehaničkog opterećenja mišićno-koštanog sistema. Povećana incidencija povreda u poslednjim fazama meča pripisuje se narušenoj mehanički pokretu, a ne fiziološkom naprezanju. |
| Manolopoulos, et al. (2006) | E: F K: F | M | 20,8 | 20 | Učinci kombinovanog treninga snage i udarca po lopti na biomehaniku fudbalskog udarca kod amaterskih igrača | RF BF VM GC M | MVC | TI i MVC CoM↑ (p<0.05); LV↓(p<0.05); AV↑(p<0.05); EMG BF↑ (p<0.05); MVC VM↑ (p<0.05); Fmax↑ (p<0.05); 10m↑ (p<0.05) | Trening nije imao efekta na vrednosti EMG, osim povećanja prosečne vrednosti u mišiću GCM, dok su maksimalna izometrijska snaga i vreme sprinta znatno poboljšani posle treninga. Rezultati ukazuju da je primena specifičnog fudbalskog programa vežbi snage posebno efikasna u poboljšanju performansi fudbalskog udarca. |
| Rahnmana, et al. (2006) | E: F | M | 21,4 | 10 | Elektromiografija mišića donjih ekstremiteta zamorenih intenzitetom fudbalske utakmice | RF BF TA GC M | MVC | MVC nakon 45 i 90' RF↓, BF↓, TA↓ (p<0.05) | Rezultati su pokazali da je, nakon simulacije intenziteta vežbanja fudbalske igre, EMG aktivnost u većim mišićima donjih udova bila manja nego ranije. |

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

| | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----|------|----|---|--|---------------------------|---|
| | | | | | | | | Ovo smanjenje ukazuje da produženo vežbanje ima uticaja na mišićnu aktivnost čak i ako se održava radna stopa. |
| Brophy, et al. (2010) | E1: F E2: F | M+Ž | 19,6 | 25 | Razlike između polova u aktivaciji mišića donjih ekstremiteta tokom udarca po lopti nogom | VM VL GC GM A GM E IL HM | MA zam. i staj. | Zam. IL 123%M>34%Ž (p=0.0007); staj. VM 124%M>55%Ž (p=0.005); GME 113%M>69%Ž (p=0.002); GMA 139%M>78%Ž (p=0.07) |
| Hart, et al. (2007) | E1: F E2: F | M+Ž | 19,7 | 16 | Razlike u polovima prilikom aktivacije mišića GME tokom izvođenja skoka u dalj kod fudbalera | GM E GC M VL LH M | MA | GME M 7.16>2.62 Ž (p=0.002) |
| Oliver, et al. (2008) | E: MF | M | 15,8 | 10 | Promene u parametrima vezanim za skok i mišićnu aktivaciju posle specifičnih fudbalskih vežbi | VL BF TA SO | MA | MA pri DJ: VL↓, BF↓, TA↓ (p<0.05); SO↑(p<0.05); SJ -1.4 (p<0.05); CMJ -3.0 (p<0.05); DJ -2.3 (p<0.05); MA & CMJ (p=0.07), MA & DJ (p<0.05) |
| Beaulieu, et al. (2008) | E1: FP E2: FP | M+Ž | 22,0 | 30 | Razlike između polova u EMG parametrima vreme-učestalost nepredvidivih manevra | RF BF TA GC M VL+ M ST | EM G IC GC TI | EMG M=Ž ST, GCM, GCL (P>0.05); IC M>Ž za VL (P= 0.011, d= 0.99), VM (P= 0.010, d= 1.01) i tokom faze VL (P= 0.002, d= 1.23), RF (P= 0.025, d= 0.86) i VM (P= 0.005, d= 1.13); TI-pik ranije kod |

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|---|------|----|--|----------------|-------------------------------------|---|--|
| | | | | | | | | Ž nego M za BF (P= 0.026, d= 0.86); a kasnije za TA (P= 0.003, d= 1.21) | razlike u kinematici zglobo kolena, izlažući ženski ACL većem naporu, što može biti rezultat razlika u neuromuskularnim strategijama kod stabilizacije zglobo kolena. |
| Thorlund, et al. (2009) | E: MF | M | 17,6 | 9 | Promena brze mišićne sile tokom fudbalske utakmice | QD HM | EM G MV C RFD | MVC↓ 10 % (p ≤0.01); RFD↓ 9% (0 – 200 ms); VL 17%, BF↓ 31% (p ≤0.05) | Primećeno je opadanje brze mišićne sile, koja verovatno ima negativne učinke na uticaj performansi u eksplozivnim aktivnostima (tj. ubrzanja, udaranja, sprintanje) koja su sastavni deo fudbalskih utakmica. |
| Cerrah, et al. (2011) | E1: FP E2: F | M | 22,9 | 31 | Aktivacijske karakteristike mišića kolena udarne noge tokom udarca u odnosu na parametre izokinetičke snage i brzinu lopte | RF BF VM VL GC | MV C80 0ms pre i 800 ms posle udara | E1< E2 190–380 ms RF (p<0.05); E1>E2 200–620 ms VL (p<0.05); E1<E2 470–580 ms VM (p<0.05); E1>E2 650, 600, 100, 50ms BF (p<0.05); E1<E2 250–400ms GC (p<0.05) | Nalazi ove studije, na osnovu EMG-a, pokazuju da se učinak profesionalnih igrača u poređenju s amaterima ne odnosi na faktor snage, nego na suputne razlike u tehniči, koje se tiču same preciznosti. |
| Amori - Khobasari & Kellis (2013) | E: F | M | 18,8 | 12 | Uticaj statičkog i dinamičkog istezanja na neuromišićne komponente prilikom udarca | VM VL RF | MA | E: F dinam. EMG RF↑ (p=0.015), VL↑ (p=0.004), VM↑ (p=0.049), AV↑ (p<0.001); stat. EMG RF↓ (p=0.015), VL↓ (p=0.004), VM↓ (p=0.049), AV↓ (p<0.001) | Na osnovu ovih rezultata, može se sugerisati da je dinamičko istezanje efikasnije u povećanju mišićne aktivacije mišića natkolena, kao i ugaone brzine prilikom ekstenzije u zglobo kolena tokom završne faze udarca nogom. |
| Chauhan, et al. (2013) | E: FPP | M | 24,4 | 15 | Predikcija mišićne arhitekture na osnovu izometrijske kontrakcije | VL RF | MA UP | UP& EMG RF ($R^2=0.68$, p<0.005); UP & EMG VL ($R^2=0.40$, p>0.05) | Rezltati ukazuju na snažan odnos između mišićne aktivnosti EMG i mišićne čvrstoće. Ovi nalazi predlažu da se mere zasnovane na EMG mogu koristiti za predviđanje čvrstoće mišića i mere zasnovane na ultrazvuku mogu biti korisne za predviđanje mišićne aktivnosti EMG. Ovo je zanimljivo jer ova dva |

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---|------|----|---|----------------------------|----------------------|--|---|
| | | | | | | | | | alata za procenu EMG-a i ultrazvuka mere različite aspekte funkcionisanja mišića. |
| Katis, et al. (2013) | E: F | M | 23,7 | 21 | Mišićna aktivacija udarne noge prilikom preciznih i nepreciznih udaraca | RF BF TA GC | MA | PR gornja TA↑ (p=0.026), BF↑ (p=0.043), GC↑ (p=0.040); donja TA↑ (p=0.041), RF↑ (p=0.041) | Igrači koji pokazuju veću aktivaciju mišića TA i RF mogu biti manje precizni u odnosu na donji cilj. Zaključeno je da aktiviranje mišića udarne noge predstavlja značajan mehanizam koji uveliko doprinosi tačnosti fudbalskog udarca. |
| Oliver , et al. (2014) | E: MF | M | 15,8 | 10 | Izmenjena neuromuskularna kontrola krutosti nogu nakon specifičnih fudbalskih aktivnosti | VL BF TA SO | MA MS | MS (26.6 vs. 24.0 kN·m ⁻¹ , p > 0.05), CoM dis. (r = 0.90, p < 0.01), GRF (r = 0.58, p > 0.05); MA SO (r = 0.64, p < 0.05), VL (r = 0.98, p < 0.05) | Nakon fizičkih vežbi, pojedinačne promene u aktivaciji mišića ekstenzora, moduliraju promene u premeštanju centra mase i krutosti mišića nogu. Pojedine proemene koje smanjuju preaktivaciju, aktivnost kočenja i posledično krutost mišića nogu uz zamor mogu poveći rizik od povrede. |
| Serner , et al. (2014) | E: FP | M | 21,4 | 40 | EMG evaluacija vežbi adukcije kuka kod fudbalera | AL GM E RA EOA | EM G | AL sa 14% na 108% EMG (p<0.0001); u 3 od 8 vežbi (35–48%, p<0.0001); RA sa 5% na 48% EMG (p<0.001) | Vežbe adukcije kuka sa elastičnom trakom mogu biti dinamične vežbe visokog intenziteta, koje se lako izvode u bilo kojoj ustanovi i stoga bi mogle da budu relevantne i da se uključe u buduće programe prevencije i lečenja. |
| Girard , et al. (2015) | E: FP | M | 27±1 | 17 | Neuromišićni zamor nakon utakmice u vrelim i standardnim uslovima | SO | MA MV C RFD | E: SO↓ -1.5% (p<0.05), PPT↓ - 16.5% (p<0.05), F30↓, F50↓, F70↓ (p<0.05) | Promene u maksimalnoj voljnoj aktivaciji plantarnih pregibača su umerene i ne razlikuju se nakon takmičenja u umerenim i vrelim klimatskim uslovima. |
| Camp ayo-P iernas, et al. (2017) | E1: SF E2: F K: SS | M | 24,4 | 28 | Uloga čula vida kod zadataka nestabilne ravnoteže između slabovidih i fudbalera sa dobrim vidom | RF PL TA GCL | EM G | PC1=53.96%, PC2=17.41%, PC3=12.77%; PC1 E2 EMG↓ (dg=0.72), K EMG↓ (dg=0.49), PC2 i PC3 nema razlike među grupama | Što se tiče neuromuskularnog ponašanja, tri glavna obrazaca objasnila su 84,15% ukupne promenljivosti u izmerenim podacima i to PC1-veličina i oblik obrasca amplitde |

Katanić, B., Ilić, P., Stojmenović, A., Stanković, M., & Vitasković, M. (2020) Primena elektromiografa u fudbalu : pregledno istraživanje. *Sportlogia*, 16 (1), 48-70.

<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.kissv>

Stranica 56

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|---|------|----|---|--------------------------------|---------------|--|--|
| | | | | | | | | | aktivacije, PC2-veza između fleksora i ekstenzora, i PC3-veza između pronaciјe i supinaciјe. Poboljšanje ostalih čula uzrokovano vizuelnom uskraćenošću ne omogućava slepima bolju ravnotežu od F i SS u uslovima zatvorenih očiju. Slabovidi povećavaju svoju mišićnu koaktivaciju kao sigurnosnu strategiju, ali takvo ponašanje nije različito od onog koje prikazuju ljudi u uslovima zatvorenih očiju. |
| Schuerman, et al. (2017) | E: F K: F | M | 24.3 | 51 | Ispitivanje proksimalne neuromuskularne kontrole na zaštitu od povrede kolena | HM GM A TM | MV C | GMA↑ faza leta (P= 0.027); TM↑ faza leta (P=0.042); HM↓ bol sa 20% na 6% (P<0.024) | Čini se da je mišićna aktivnost tokom eksplozivnog trčanja povezana sa pojmom povrede zadnje lože kod fudbalera. Veća količina mišićne aktivacije mišića GMA i TM tokom faze leta prilikom trčanja, povezana je sa manjim rizikom od povreda zadnje lože. Sadašnji rezultati pružaju osnovu za poboljšanu rehabilitaciju i prevenciju zasnovanu na dokazima, posebno fokusirajući se na povećanje neuromuskularne kontrole glutealnih i mišića trupa tokom sportskih aktivnosti. |
| Privalova, et al. (2019) | E: F | M | | 12 | Testiranje funkcije mišića uključenih u izvođenje udarca po lopti nogom | VL VM GCL GC M | AM P FR | VLD>VLI, FR GCd>GCI (p<0.05), AMP GCI>GCd (p<0.05), VL & GM (p<0.05) | Sportski trening usmeren na poboljšanje tehnike udaraca nogom fudbalera, doprinosi formiranju funkcionalnih mišićnih kompleksa koji učestvuju u aksijalnoj rotaciji žila i bočnom pomicanju kolena. |
| Read, et al. (2019) | E: F | M | 28,2 | 10 | Uticaj ugla u zglobu kolena na mišićnu aktivaciju zadnjeg lanca pri izometrijskom testu kod | GM A BF ST GC M | MV C | MVC BF30°>BF90° (31%>22%, p<0.002); GMA (CV% = 36.1 vs. 19.8), GCM (CV% 31 | Ugao od 90° pokazao je manje varijacije u performansama, posebno kod gluteus makimusa i medijalnog gastroknemiusa. Stoga, vežbači koji koriste test za |

Katanić, B., Ilić, P., Stojmenović, A., Stanković, M., & Vitasković, M. (2020) Primena elektromiografa u fudbalu : pregledno istraživanje. *Sportlogia*, 16 (1), 48-70.

<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.kissv>

Stranica 57

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|-----------|--|--|----------|--|
| | | | | | fudbalera | | | vs.22.6) | procenu snage mišića buta, mogu da daju prednost položaju kolena od 30°. |
|--|--|--|--|--|-----------|--|--|----------|--|

Legenda: ACL (anterior cruciate ligament) – prednji ukršteni ligamenti; AL (m.adductor longus) - mišiæ dugi primicaè; AMP (amplitude) - amplituda je zbir razlika elektriènih potencijala mišiæa; APB (m. abductor pollicis brevis) – dugaèki odmicaè palca; AR (area) - površina ispod krive potencijala; AV (angular velocity) – ugaona brzina; BF (m. biceps femoris) – dvoglavi bedreni mišiæ; CV (coefficient of variation) – koeficijent varijacije; vs. (versus) – naspram; CoM dis. (center of mass displacement) – premeštanje centra mase; DJ (deep jump) – skok u dubinu; DUR (duration) - trajanje potencijala; E (1-2) - eksperimentalne grupe; EAO (m.external abdominal oblique) – spoljašnji kosi trbušni mišiæ; EMG (electromiograph) – elektromiograf, registracija elektr. aktivnosti u mišiæu; F – fudbaleri; FP – fudbaleri profesionalci; FPP – fudbaleri polu-profesionalci; F-R (F response) - sekundarni mišiæeni odgovor; FR (frequency) – frekvencija; GCM (m. gastrocnemius caput mediale) – trbušasti mišiæ lista, unutrašnja glava; GCL (m. gastrocnemius caput laterale) - trbušasti mišiæ lista, spoljašnja glava; GMA (m.gluteus maximus) – veliki sedalni mišiæ; GME (m.gluteus medius) – srednji sedalni mišiæ; GRF (ground reaction force) - reaktivna sila podloge; HM (hamstrings) - zadnja loža buta; H-R (H-reflex) - refleksna reakcija na elektrièni stimulus; HRT (half relaxation time) - relaksirajuæe vreme; IC (initial ground contact) - poèetni kontakt sa tlom; IL (m. iliacus) – boèni mišiæ; INT – interminentno; KO – košarkaši; KG – kontrolna grupa; LHM (lateral hamstrings) - spoljašnja strana zadnje lože buta; LV (linear velocity) – linearna brzina; M- muškarci; MA (muscular activation) - mišiæena aktivacija; MS (musculus stiffness) – mišiæena krutost; MH (medial hamstrings) - unutrašnja strana zadnje lože buta; MF – mladi fudbaleri; MVC (maximal voluntary contraction) - maksimalna voljna kontrakcija; MV (M-wave) – M-talas, primarni mišiæeni odgovor; PC (principal component) – faktor glavnih komponenti koje objašnjavaju neuro-mišiæeno ponašanje; PL (m. peroneus longus) - dugi lišnjaèni mišiæ; PTT (peak twitch torque/force) - vršna sila trzanja; RA (m.rectus abdominis) – pravi trbušni mišiæ; RF (m. rectus femoris) - pravi mišiæ buta; RFD (rate of force/torque development) - stopa prirasta sile RU – rukometashi; QD (m.quadriceps) – èetvoroglavi mišiæ buta; RPE (rating of perceived exertion) - ocena percipirane vežbe; SE – sedentarne osobe; SF – slabovidi fudbaleri; SS - slabovidi studenti; ST (m.semitendinosus) – polutetivni mišiæ; SO (m. soleus) – listoliki mišiæ; TA (m. tibialis anterior) - prednji golenjaèni mišiæ; TI (approximation of the EMG signal's power) - aproksimacija snage; TM (trunk muscles) – mišiæi trupa; UP (ultrasound pennation angle) - ultrazvuk perastog ugla; VA (voluntary activation) - voljna aktivacija; VM (m.vastus medialis) – unutrašnji stegneni mišiæ; VL (m.vastus lateralis) – spoljašnji stegneni mišiæ; Ž – žene.

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

DISKUSIJA

Preglednim istraživanjem je obuhvaćeno 20 studija u kojima je primjeno ispitivanje elektromiografom na fudbalerima. Istraživanje je obuhvatilo ukupno 387 ispitanika, što je u proseku oko 19 ispitanika po studiji. Najmanje ispitanika u jednom istraživanju je 9, a najviše 51. Ispitivanje mišićne aktivacije kod fudbalera uglavnom se odnosilo na donje ekstremitete, a mišići koji su najviše bili akcentovani su: m.musculus quadriceps (m.vastus lateralis et medialis 11, rectus femoris 10), m.biceps femoris 12, m.gastrocnemius 11 puta, a potom slede m.tibialis anterior 6 i m. gluteus maximus et medius 6 puta. Uočeno je da su istraživanja koja su vršila ispitivanje mišićne aktivacije pomoću elektromiografa imala prilično heterogene teme. Određene studije su analizirale akutne efekte fudbalskih aktivnosti, druge su ispitivale uticaj različitih vrsta treninga na mišićnu aktivnost, kao i ispitivanje mišićne aktivacije prilikom izvođenja udarca nogom. Manji broj studija bavio se ispitivanjem povreda i uzroka povređivanja, polnih razlika u mišićnoj aktivaciji fudbalera i dr.

Nekoliko studija je ispitivalo akutne efekte fudbalskih aktivnosti. Rezultati su pokazali da je, nakon specifičnih fudbalskih aktivnosti, došlo do smanjenja mišićne aktivnosti (Girard, Nybo, Mohr, & Racinais, 2015; Oliver, Armstrong, & Williams, 2008; Oliver, Croix, Lloyd, & Williams, 2014; Rahnama, Lees, & Reilly, 2006; Thorlund, Aagaard, & Madsen, 2009), stope prirasta sile i smanjenja eksplozivnih performansi (Oliver, Armstrong, & Williams, 2008; Thorlund, Aagaard, & Madsen, 2009), iako se održava radna stopa (Rahnmana et al., 2006). Thorlund et al. (2009) su ustanovili da je nakon utakmice došlo do značajnog smanjenja aktivacije mišića VL za 17% i BF za 31% ($p \leq 0.05$) i prosečno ukupnog smanjenja u QD i HM za 10%, uz smanjenje RFD za 9% ($p \leq 0.01$), što se negativno odražava na eksplozivne aktivnosti. Rahnmana et al. (2006) su utvrdili značajno nižu aktivaciju mišića RF, BF i TA i nakon 45 minuta, a naročito nakon 90 minuta fudbalske utakmice ($p < 0.05$). Za razliku od klasične utakmice, Oliver et al. (2008) su posmatrali interminentno specifično trčanje koje odgovara intenzitetu fudbaskog meča i

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

nakon 43 minuta trčanja, aktivacija kod svih skokova je bila niža, a naročito je bila smanjena kod skoka u dubinu za mišiće VL \downarrow , BF \downarrow , TA \downarrow ($p<0.05$). Autori su ustanovili i ostvaren negativan uticaj na mehaniku kretanja, što dovodi do moduliranja promena koje smanjuju preaktivaciju, aktivnosti premeštanja centra mase i zaustavljanja tela (Greig, Mc Naughton, & Lovell, 2006; Oliver et al., 2014). Narušena mehanika pokreta za posledicu ima povećanje rizika od povreda kod fudbalera (Greig et al., 2006; Oliver et al., 2014). Girard et al. (2015) ističu da se promene u maksimalnoj voljnoj aktivaciji ne razlikuju nakon takmičenja u umerenom i vrućem okruženju.

Ostale studije koje su se bavile uticajem treninga, bile su eksperimentalnog karaktera.

Specifičan fudbalski trening snage doveo je do povećanja prosečne vrednosti EMG u mišićima GCM, BF i VM ($p<0.05$), dok su maksimalna izometrijska snaga i vreme sprinta znatno poboljšani posle treninga ($p<0.05$) (Manolopoulos, Papadopoulos, & Kellis, 2006). Amiri-Khorasani & Kellis (2013) su ispitivali uticaj dinamičkog istezanja i pokazali da je ono efikasno u

povećanju aktivacije mišića natkolena (VM, VL i RF) i ugaone brzine prilikom ekstenzije u zglobu kolena tokom završne faze udarca. Dok su Serner et al. (2014) ukazali na pozitivan uticaj treninga sa elastičnom trakom na prevenciju od povreda mišića primicača kuka. Nakon programa vežbi pokretljivosti zgloba kuka došlo je do značajnog povećanja aktivacije u mišićima AL sa 14% na 108% EMG ($p<0.0001$) i RA sa 5% na 48% EMG ($p<0.001$) i značajnog poboljšanja u 3 od 8 vežbi (35–48%, $p<0.0001$). Jedina studija koja je upoređivala fudbalere sa drugim sportisitma, pokazala je značajno povećanje amplituda impulsa u mišićima GCLi GCM i u grupi KO + OD i kod fudbalera, s tim što je ipak zaključak da treninzi odbojke i košarke više doprinose neuromuskularnim razlikama u gornjim i u donjim ekstremitetima uz (Kaygusuz, et al. 2005).

Nekoliko studija analiziralo je fudbalski udarac i nivo aktivacije prilikom izvođenja. Sportski trening fudbalera usmeren na poboljšanje tehnike udaraca nogom, doprinosi formiraju funkcionalnih mišićnih kompleksa koji učestvuju u poboljšanju performansi fudbalskog udarca (Manolopoulos et al., 2006; Privalova et al.,

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

2019). Prilikom udarca po lopti obema nogama, pokazana je veća aktivacija u mišiću VL desne u odnosu na levu nogu ($p<0.05$), dok je GC desne imao veću frekvenciju, a manju amplitudu u odnosu na GC leve noge ($p<0.05$), takođe ostvarena je veza između mišića VL & GM ($p<0.05$) (Privalova, et al. 2019). Cerrah et al. (2011) su na osnovu EMG-a, utvrdili značajne razlike između profesionalnih i amaterskih igrača u aktivaciji mišića RF, BF, VM, VL i GC ($p<0.05$), pokazavši da se učinak profesionalnih igrača u poređenju s amaterima ne odnosi na faktor snage, izuzev mišića GCM, nego na suptilne razlike u tehnicu, koje se tiču same preciznosti. Katis et al. (2013) ističu da igrači koji pokazuju veću aktivaciju mišića TA i RF mogu biti manje precizni. Takođe, zapažaju da aktiviranje mišića udarne noge predstavlja značajan mehanizam koji uveliko doprinosi preciznosti fudbalskog udarca. Brophy et al. (2010) su kod muškaraca utvrdili veću aktivaciju mišića stajne noge VM, GME i GMA (VM 124% $>55\%$, $p=0.005$; GME 113% $>69\%$, $p=0.002$; GMA 139% $>78\%$ $p=0.07$) i mišića IL (IL 123% $>34\%$, $p=0.0007$) zamajne noge u donsou na žene prilikom bočnih udaraca. Što se dovodi u

vezu sa povećanim rizikom od povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kod žena.

Nekolicina studija bavila se ispitivanjem povreda i uzroka povređivanja fudbalera. Schuermans et al. (2017) su ispitivali mišićnu aktivnost tokom eksplozivnog trčanja i njenu vezu sa pojmom povrede zadnje lože kod fudbalera. Zaključivši da je veća količina mišićne aktivacije GMA ($p= 0.027$) i TM ($p=0.042$) tokom faze leta prilikom trčanja, povezana sa manjim rizikom od povreda zadnje lože. Greig et al. (2006) su ispitivali uzrok povećane incidencije povreda u poslednjim fazama meča zaključivši da uzrok leži u narušenoj mehanici pokreta, a ne fiziološkom naprezanju. Posmatrajući polne razlike, Beaulieu, Lamontagne & Xu (2008) ističu da sportistkinje usvajaju drugaćiju strategiju regrutovanja motornih jedinica. Primetne su razlike u nižoj frekvenciji u EMG signalu mišića LHM, kao i izlaganju ACL većem opterećenju. Nema razlike između muškaraca i žena u aktivaciji mišića ST, GCM, GCL ($P>0.05$), veća aktivacija kod muškaraca ostvarena je u VL i VM ($P=0.01$), kao i sve vreme tokom izvođenja pokreta u mišićima VL, RF i VM. Žene značajno ranije dostižu maksimalnu

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

aktivaciju mišića BF, a kasnije mišića TA u odnosu na muškarce. Ove informacije mogu igrati ulogu u objašnjavanju polnih razlika prilikom stope povreda ACL.

Ispitujući razlike u mišićnoj aktivaciji muškaraca i žena fudbalera prilikom skoka u dalj, grupa autora zapaža da je samo aktivacija u mišiću GME ($7.16 > 2.62$, $p=0.002$) bila značajno veća kod muškaraca nego kod žena, dok nije bilo razlika između polova za bilo koji drugi mišić (Hart, Garrison, Kerrigan, Palmieri-Smith, & Ingersoll, 2007). U svojoj studiji Beaulieu et al. (2008) su našli razliku jedino u mišiću LHM, dok su Brophy et al. (2010) utvrdili veću aktivaciju mišića VM, GME i GMA stajne noge kod muškaraca i mišića IL udarne noge. Autori nisu tražili vezu između ovih parametara i fudbalskih performansi, već uglavnom njihov uticaj na povređivanje sportista. Navedene polne razlike mogu biti povezana sa povećanim rizikom od povreda.

Preostale studije proučavale su različite teme, tako su Campayo-Piernas, Caballero, Barbado, & Reina, (2017) ispitivali razlike među slabovidim fudbalerima i fudbalerima sa dobrom vidom. Iako pod pretpostavkom da su slabovidni usled vizuelne uskraćenosti, razvili ostala

čula, ipak ona im nisu omogućila bolju ravnotežu od regularnih fudbalera u uslovima zatvorenih očiju. Takođe, u svom radu su utvrdili tri glavna obrasca objašnjavaju 84,15% ukupne promenljivosti neuromuskularnog ponašanja, a to su PC1 (53.96%)- veličina i oblik obrasca amplitde aktivacije, PC2 (17.51%)- veza između fleksora i ekstenzora, i PC3(12.77%)- veza između pronacije i supinacije. Chauhan, Hamzeh, & Cuesta-Vargas, (2013) su utvrdili snažan odnos između mišićne aktivnosti EMG i mišićne gustine. Ovi nalazi predlažu da se mere zasnovane na EMG mogu koristiti za predviđanje čvrstoće mišića, kao i da mere zasnovane na ultrazvuku mogu biti korisne za predviđanje mišićne aktivnosti EMG. Grupa autora, pri izometrijskom testu čučnja, je utvrdila da je veća aktivacija ostvarena prilikom ugla od 30° u zglobu kolena u odnosu na ugao od 90° kod mišića zadnjeg lanca BF, GMA i GCM (Read, Turner, Clarke, Applebee, & Hughes, 2019).

Analiza dosadašnjih rezultata potvrđuje konstataciju Clarysa (2000) da su područja primene elektromiografa u sportu vrlo raznolika. Konkretno, u ovom slučaju, izdvojilo se nekoliko različitih polja

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

ispitivanja: akutni efekti specifične fudbalske aktivnosti, specifične fudbalske vežbe snage, trening udaraca po lopti nogom, polne razlike i dr. Na osnovu svih

pruženih informacija, ukazano je na mogućnost višestruke primene EMG u fudbalskom sportu.

ZAKLJUČAK

Ovaj pregledni rad bio je usmeren ka tome da pokaže višestruku primenu elektromiografa u fudbalu. Preglednim istraživanjem obuhvaćeno je 20 studija u kojima je primenjeno ispitaivanje

- m.musculus quadriceps
- m.biceps femoris
- m.gastrocnemius
- m.tibialis anterior
- m.gluteus

Uočeno je da su istraživanja koja su vršila ispitivanje mišićne aktivacije pomoću elektromiografa imala prilično heterogene teme, tako da su postignuti i različiti

- smanjenje mišićne aktivnosti
- smanjenje stope prirasta sile
- smanjenje eksplozivnih performansi
- narušavanje mehanike kretanja
- održavanje radne stope

2) Uticaj fudbalskog treninga snage doveo je do:

- povećanja prosečne vrednosti EMG u mišiću GCM
- poboljšanje maksimalne izometrijske snage

elektromiografom na fudbalerima. Ispitivanje mišićne aktivacije kod fudbalera uglavnom se odnosilo na donje ekstremitete, a mišići koji su najviše bili akcentovani su:

rezultati. Ostvareni rezultati grupisani su prema zajedničkim temama.

1) Akutni efekti specifične fudbalske aktivnosti su:

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

- poboljšanja vremena u sprintu

3) Trening udaraca po lopti nogom utiče na:

- poboljšanje performansi fudbalskog udarca
- suptilne razlike u tehnici udarca
- igrači sa većom aktivacijom TA i RF su manje precizni
- nema uticaja na faktor snage

4) Rezultati u odnosu na polne razlike:

- aktivnost GME bila značajno veća kod muškaraca
- veću aktivaciju mišića VM, GME i GMA stajne noge muškaraca
- veća aktivacija GMA i TM tokom faze leta prilikom trčanja muškaraca

5) Ostali dobijeni rezultati:

- dinamičko istezanje utiče na povećanje MA i UB ekstenzora natkolena
- vežbe sa elastičnom trakom utiču na prevenciju od povreda primicača
- trening OD i KO više doprinosi neuro-mišićnim razlikama
- slabovidi nemaju bolju ravnotežu od fudbalera sa dobrim vidom
- utvrđen je snažan odnos između EMG aktivnosti i mišićne čvrstoće

Sumiranjem dosadašnjih rezultata stiče se uvid u višestruku primenu elektromiografa u fudbalu. Ostvareni rezultati grupisani su prema zajedničkim temama. Određene studije su analizirale akutne efekte fudbalskih aktivnosti, druge su ispitivale uticaj različitih vrsta treninga na mišićnu aktivnost, kao i ispitivanje mišićne aktivacije prilikom izvođenja udarca nogom.

Manji broj studija bavio se ispitivanjem povreda i uzroka povređivanja, polnih razlika u mišićnoj aktivaciji i dr.

Na osnovu svih pruženih informacija, ukazano je na mogućnost višestruke primene elektromiografa u fudbalu, odnosno potvrđeno je široko polje upotrebe EMG u cilju pružanja jasnog uvida u stanje neuro-mišićne aktivacije kod fudbalera.

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

LITERATURA

1. Amiri-Khorasani, M., & Kellis, E. (2013). Static vs. dynamic acute stretching effect on quadriceps muscle activity during soccer instep kicking. *Journal of human kinetics*, 39(1), 37-47.
<https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0066>
PMid:24511339 PMCid:PMC3916919
2. Beaulieu, M. L., Lamontagne, M., & Xu, L. (2008). Gender differences in time-frequency EMG analysis of unanticipated cutting maneuvers. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(10), 1795-1804
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817b8e9e>
PMid:18799990
3. Brophy, R. H., Backus, S., Kraszewski, A. P., Steele, B. C., Ma, Y., Osei, D., & Williams, R. J. (2010). Differences between sexes in lower extremity alignment and muscle activation during soccer kick. *JBJS*, 92(11), 2050-2058.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01547>
PMid:20686049
4. Campayo-Piernas, M., Caballero, C., Barbado, D., & Reina, R. (2017). Role of vision in sighted and blind soccer players in adapting to an unstable balance task. *Experimental brain research*, 235(4), 1269-1279.
<https://doi.org/10.1007/s00221-017-4885-8>
PMid:28197674
5. Chauhan, B., Hamzeh, M. A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2013). Prediction of muscular architecture of the rectus femoris and vastus lateralis from EMG during isometric contractions in soccer players. *Springerplus*, 2(1), 548.
<https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-548>
PMid:24171156 PMCid:PMC3806983
6. Cerrah, A. O., Gungor, E. O., Soylu, A. R., Ertan, H., Lees, A., & Bayrak, C. (2011). Muscular activation patterns during the soccer in-step kick. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(3), 181-190.
<https://doi.org/10.3233/IES-2011-0414>
<https://doi.org/10.3233/IES-2012-0457>

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

7. Clarys, J. P., Cabri, J., De Witte, B., Toussaint, H., De Groot, G., Huytng, P., & Hollander, P. (1988). Electromyography applied to sport ergonomics. *Ergonomics*, 31(11), 1605-1620.
<https://doi.org/10.1080/00140138808966810>
PMid:3068053
8. Clarys, J. P. (2000). Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. *Ergonomics*, 43(10), 1750-1762.
<https://doi.org/10.1080/001401300750004159>
PMid:11083153
9. Đurić, S. i Mihaljev-Martinov J. (1998). Klinička neurofiziologija. Niš: Prosveta i Medicinski fakultet.
10. Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of applied physiology*, 96(4), 1486-1495.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01070.2003>
PMid:15016793
11. Girard, O., Nybo, L., Mohr, M., & Racinais, S. (2015). Plantar flexor neuromuscular adjustments following match play football in hot and cool condition . *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 154-163.
<https://doi.org/10.1111/sms.12371>
PMid:25943666
12. Greig, M. P., Mc Naughton, L. R., & Lovell, R. J. (2006). Physiological and mechanical response to soccer-specific intermittent activity and steady-state activity. *Research in Sports Medicine*, 14(1), 29-52.
<https://doi.org/10.1080/15438620500528257>
PMid:16700403
13. Hart, J. M., Craig Garrison, J., Casey Kerrigan, D., Palmieri-Smith, R., & Ingersoll, C. D. (2007). Gender differences in gluteus medius muscle activity exist in soccer players performing a forward jump. *Research in sports medicine*, 15(2), 147-155.

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

<https://doi.org/10.1080/15438620701405289>
PMid:17578754

14. Hernandez, C., Estrada, E., Garcia, L., Sierra, G., & Nazeran, H. (2010). Traditional sEMG fatigue indicators applied to a real-world sport functional activity: Roundhouse kick. In 2010 20th International Conference on Electronics Communications and Computers (CONIELECOMP) (pp. 154-158). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/CONIELECOMP.2010.5440776>

15. Katis, A., Giannadakis, E., Kannas, T., Amiridis, I., Kellis, E., & Lees, A. (2013). Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 125-131.

<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.08.020>

PMid:23021602

16. Kaygusuz, A., Meric, F., Ertem, K., Duzova, H., Karakoc, Y., & Ozcan, C. (2005). The effects of different skill training on neuromuscular electric activity of the limbs in amateur sportsmen. *Isokinetics and exercise science*, 13(3), 175-178.

<https://doi.org/10.3233/IES-2005-0201>

17. Kinugasa, R., & Akima, H. (2005). Neuromuscular activation of triceps surae using muscle functional MRI and EMG. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(4), 593-598.

<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000159026.99792.76>

PMid:15809557

18. Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., & Kellis, E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(2), 102-110.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00447.x>

PMid:16533348

19. Oliver, J., Armstrong, N., & Williams, C. (2008). Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *Journal of sports sciences*, 26(2), 141-148.

<https://doi.org/10.1080/02640410701352018>

PMid:17852695

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

20. Oliver, J. L., Croix, M. B. D. S., Lloyd, R. S., & Williams, C. A. (2014). Altered neuromuscular control of leg stiffness following soccer-specific exercise. *European journal of applied physiology*, 114(11), 2241-2249.
<https://doi.org/10.1007/s00421-014-2949-z>
PMid:25034627
21. Privalova, I. L., Bobrovskij, E. A., Nikolaev, S. G., Kuranov, V. B., Mamaeva, A. A., Trubitsyn, R. V., & Pushkina, V. (2019). Objectification op function test of the muscles involved in the implementation of targeted kicking actions of football players using the multichannel registration of surface electromyogram method. *Ученые записки Крымского федерального университета имени VI Vernadskogo. Biologija. Himija*, 5(2).
22. Rahnama, N., Lees, A., & Reilly, T. (2006). Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(3), 257-263.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2005.07.011>
PMid:16146698
23. Read, P. J., Turner, A. N., Clarke, R., Applebee, S., & Hughes, J. (2019). Knee angle affects posterior chain muscle activation during an isometric test used in soccer players. *Sports*, 7(1), 13.
<https://doi.org/10.3390/sports7010013>
PMid:30621242 PMCid:PMC6359063
24. Reaz, M. B. I., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological procedures online*, 8(1), 11-35.
<https://doi.org/10.1251/bpo124>
<https://doi.org/10.1251/bpo115>
PMid:16799694 PMCid:PMC1455479
25. Schuermans, J., Danneels, L., Van Tiggelen, D., Palmans, T., & Witvrouw, E. (2017). Proximal neuromuscular control protects against hamstring injuries in male soccer players: a prospective study with electromyography time-series analysis during maximal sprinting. *The American journal of sports medicine*, 45(6), 1315-1325.
<https://doi.org/10.1177/0363546516687750>
PMid:28263670
26. Serner, A., Jakobsen, M. D., Andersen, L. L., Hölmich, P., Sundstrup, E., & Thorborg, K. (2014). EMG evaluation of hip adduction exercises for soccer players: implications for exercise

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

selection in prevention and treatment of groin injuries. Br J Sports Med, 48(14), 1108-1114.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091746>
PMid:23511698

27. Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. International journal of sports medicine, 30(04), 273-278.
<https://doi.org/10.1055/s-0028-1104587>
PMid:19199196

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

ABSTRACT

The aim of this systematic review was to indicate and discuss the use of electromyogram in football. For the literature review, following electronic databases were used: Google School, PubMed, Medline and Mendeley for the period from 2005. to 2019. 20 papers were selected for this systematic review based on the established criteria. These studies focused the most on researching the following muscles: m.musculus quadriceps, m.biceps femoris, m.gastrocnemius, m.tibialis anterior and m. gluteus maximus. The review has determined quite a heterogenic choice of topics when it comes to the use of the electromyogram (herein after referred to as: EMG) in football, so the obtained results were grouped based on the similar characteristics. Therefore, the results were categorized according to the following topics: acute effects of the specific football activity, impact of the football strength training, training of kicking on the ball, results based on the difference in sexes, while the rest of the results were sorted in the joint group. Summarizing of the obtained results provides the insight in the multiple possibility for use of EMG in football in order to develop high quality analysis of the neuro-muscle activation of a certain muscle regions of the football players.

Key words: *EMG, electromyogram, muscles, soccer, football*

Primljeno: 04.11.2020.
Odobreno: 12.11.2020.

Korespondencija:
Borko Katanić
Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu
E-mail:borkokatanic@gmail.com

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

Determining asymmetry using specific unilateral tests in young basketball players

Vedran Dukarić¹, Tomislav Rupčić¹, Li Feng¹, Vjekoslav Cigrovski¹ i Damir Knjaz¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet, Hrvatska

ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.drfck

UDK: 796.323.2.012.1

Primljeno: 05.11.2020.

Odobreno: 13.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 71-81.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija:

Vedran Dukarić, mag.cin., znanstveni novak

Laboratorij za sportske igre, Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Horvaćanski zavoj 15, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Tel.: 00385917607137; E-mail: vedran.dukaric@kif.hr

SAŽETAK

Definiranje razlike između dominantne (D) i nedominantne noge (ND) jedan je od načina utvrđivanja asimetrije između ekstremiteta a samim time i rizika od ozljedovanja. Cilj ovog istraživanja usmjeren je na utvrđivanje razlika u specifičnim unilateralnim testovima kod mladih košarkaša i košarkašica. Uzorak ispitanika činilo je 17 košarkašica (prosječne visine $177,96 \pm 6,38$ cm; prosječne mase $69,53 \pm 8,00$ kg i dobi $15,50 \pm 0,96$ god) i 34 košarkaša (prosječne visine $194,29 \pm 7,52$ cm; prosječne mase $83,66 \pm 9,66$ kg i dobi $15,40 \pm 1,28$ god) kadetske i juniorske reprezentativne selekcije. Korišteni su testovi za procjenu eksplozivne snage donjih ekstremiteta: skok u vis iz koraka odrazom D i ND nogom sa zamahom ruku (S_vis_jedn_L; S_vis_jedn_D), košarkaški dvokorak odrazom D i ND nogom (Dvokorak_L, Dvokorak_D) i Drift protokol koji se sastoji od 5 uzastopnih jednonožnih skokova u mjestu (Drift_L, Drift_D). U testovima S_vis_jedn ($p=0,02$) i Dvokorak ($p=0,03$) prikazane su statistički značajne razlike uz pogrešku $p<0,05$ kod košarkaša. Kod košarkašica su utvrđene značajne razlike u testu S_vis_jedn ($p=0,03$). U ostalim testovima nema značajnih razlika između skokova odrazom D i ND nogom. Prikazani rezultati ukazuju na razlike između ekstremiteta te predstavljaju bazu za korekciju plana i programa treninga. Metodologija u ovom radu je jednostavna za provedbu i analizu te je usmjerena na imitaciju situacijskih uvjeta.

Ključne riječi: košarka, jednonožni skokovi, dominantna i nedominantna noge

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

UVOD

Košarka je sport u kojem dominiraju različite vrste skokova i doskoka. Ove strukture izvode se maksimalnim intenzitetom te ispoljavaju velike sile u zglobnim sustavima (Kozinc i sur., 2020). Samim time, potrebno je usmjeriti se na obilježja navedenih aktivnosti odnosno definiranje motoričkih sposobnosti i znanja. Utvrđivanje razlike između dominantne (D) i nedominantne noge (ND) jedan je od načina definiranja asimetrije te rizika od ozljedivanja. Skokovi predstavljaju jednostavnu aktivnost za procjenu jakosti ekstremiteta. Također, ove razlike moguće je promatrati putem nekih parametara doskoka nakon horizontalnih i vertikalnih skokova (Edwards i sur., 2012). Bazični košarkaški testovi eksplozivne snage, agilnosti i brzine redovito se koriste za utvrđivanje razine motoričkih sposobnosti (Ostojic, Mazic & Dikic, 2006; Wen i sur., 2018). Za kvalitetnije shvaćanje i iskorištavanje potencijala sportaša potrebno se usmjeriti na testove koji svojim karakteristikama i strukturama imitiraju konkretne situacije u igri. Specifični elementi mogu dati kvalitetnije spoznaje o razini sposobnosti i parametrima koji se provode u manje kontroliranim uvjetima. U košarkaškoj igri značajnu ulogu imaju strukture kretanja u

kojima dominira odraz sa jedne nogom (unilateralni skok). Unilateralni skokovi visoko su povezani sa sposobnošću brze promjene smjera kretanja te se razvojem jedne sposobnosti može utjecati na drugu i obrnuto (Thomas i sur., 2018; Maloney i sur. 2017; Maloney i sur. 2019). Rodriguez-Rosell i sur. (2017) utvrdili su veliku povezanost između sunožnog skoka iz mjesta (Abalakov skok) te unilateralnih skokova sa zaletom iz jednog (corr. 0,80-0,96) i dva koraka (corr. 0,88-0,98). Također, Sugiyama i sur. (2014) utvrdili su značajne razlike između D i ND noge u maksimalnom horizontalnom skoku sa zaletom kod seniorskih košarkaša. Primjenom specifičnih testova u kojima je kretna struktura sličnija situacijskim uvjetima, mogu se dobiti kvalitetniji podaci o sposobnostima i znanjima sportaša. Smanjene fizičke sposobnosti i velike razlike u visini skoka su pokazatelji povećanja rizika od ozljeda mladih u timskim sportovima (Fort-Vanmeerhaeghe i sur., 2020). Shiltz i sur. (2009) navode da košarkaši koji su prethodno imali neku od ozljeda koljena zadržavaju omjer asimetrije veći od 10% za sve mjerene izokinetičke varijable i više od 15% razlika varijabli za procjenu unilateralne funkcionalnosti. Ovi nalazi ukazuju na

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

veliku značajnost dijagnostike stanja i utvrđivanje asimetrije između ekstremiteta kako bi se pravovremeno utjecalo na korekciju motoričkih sposobnosti i znanja. Promatranjem više vrsta unilateralnih skokova moguće je egzaktno doći do

spoznaja o nedostacima u razini jakosti donjih ekstremiteta. Cilj ovog istraživanja je utvrditi razlike u specifičnim testovima između skokova dominantnom (D) i nedominantnom (ND) nogom kod mladih košarkaša i košarkašica.

METODE

Ispitanici

Uzorak ispitanika činilo je 17 košarkašica (prosječne visine $177,96 \pm 6,38$ cm; prosječne mase $69,53 \pm 8,00$ kg i dobi $15,50 \pm 0,96$ god) i 34 košarkaša (prosječne visine $194,29 \pm 7,52$ cm; prosječne mase $83,66 \pm 9,66$ kg i dobi

$15,40 \pm 1,28$ god) kadetske i juniorske reprezentativne selekcije. Svi ispitanici su za vrijeme testiranja bili dobrog zdravstvenog statusa. Svim ispitanicima dominantna odnosno odrazna noga bila je lijeva.

Procedura

Mjerenja su provedena u košarkaškoj dvorani za vrijeme pripremnog perioda nacionalnih selekcija. Prije početka mjerenja ispitanici su upoznati sa protokolom mjerenja te su proveli standardizirano zagrijavanje koje se sastojalo od trčanja, vježbi atletske škole trčanja, dinamičkog istezanja te imitacije elemenata koje se provode u testiranju. U istraživanju su se koristili testovi za procjenu eksplozivne snage donjih ekstremiteta: skok u vis iz koraka odrazom lijevom i desnom nogom sa zamahom ruku ($S_vis_jedn_L$; $S_vis_jedn_D$), košarkaški dvokorak odrazom lijevom i desnom nogom

($Dvokorak_L$, $Dvokorak_D$) i Drift protokol koji se sastoji od 5 uzastopnih jednonožnih skokova u mjestu ($Drift_L$, $Drift_D$). Upute ispitanicima bile su da maksimalnim intenzitetom izvedu test sa ciljem postizanja što veće visine skoka. Testovi su se ponavljali 3 puta a najbolji rezultat korišten je za daljnju analizu.

Visina skoka u testovima mjerena je sa optičkim mjernim instrumentom Optojump, Microgate (Glatthorn i sur., 2011). Opis testova: S_vis_jedn - Početni položaj ispitanika prilikom izvođenja jednonožnih skokova iz koraka nalazi se izvan prostora za mjerenje. Na znak ispitivača, ispitanik iz mesta izvodi jedan

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

korak i vertikalni odraz iskoračnom nogom unutar prostora za mjerjenje. Druga nogu služi kao zamašna. Tijekom skoka koristi se zamah rukama te sunožni doskok.; *Dvokorak* – ispitanik iz mjesta izvodi dva koraka te pri drugom koraku pretvara horizontalno u vertikano kretanje pri čemu mu pomaže pokret zamašne noge i zamah rukama; *Drift protokol* – provode se 5 uzastopnih jednonožnih skokova koristeći zamah ruku i zamašne noge sa ciljem postizanja maksimalne visine skoka i zadržavanjem ravnotežnog položaja.

Rezultati

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji promatranih varijabli u specifičnim skokovima

| Varijable | SP | AS | Min | Maks | SD |
|--------------|--------|-------|-------|-------|------|
| S_vis_jedn_L | Muški | 41,61 | 31,60 | 51,50 | 5,04 |
| | Ženski | 31,09 | 23,40 | 39,00 | 4,33 |
| S_vis_jedn_D | Muški | 38,63 | 29,40 | 51,00 | 4,89 |
| | Ženski | 28,16 | 21,50 | 33,50 | 3,34 |
| Dvokorak_L | Muški | 46,56 | 35,90 | 59,90 | 5,70 |
| | Ženski | 35,51 | 27,70 | 43,40 | 4,37 |
| Dvokorak_D | Muški | 43,39 | 34,60 | 57,70 | 6,11 |
| | Ženski | 33,18 | 25,40 | 39,00 | 4,15 |
| Drift_L | Muški | 21,69 | 16,00 | 30,70 | 3,43 |
| | Ženski | 16,01 | 11,60 | 21,70 | 2,74 |
| Drift_D | Muški | 20,93 | 14,80 | 27,40 | 3,29 |
| | Ženski | 15,16 | 10,40 | 20,00 | 2,77 |

Legenda: SP - spol ; AS – prosječna vrijednost; SD – standardna devijacija; Min – minimalna vrijednost; Maks – maksimalna vrijednost; S_vis_jedn_L – skok u vis iz koraka odrazom sa lijeve noge; S_vis_jedn_D - skok u vis iz koraka odrazom sa desne noge; Dvokorak_D – skok u vis sa horizontalnim zaletom od dva koraka i odrazom sa desne noge; Dvokorak_L - skok u vis sa horizontalnim zaletom od dva koraka i odrazom sa lijeve noge, Drift_L – uzastopni skokovi u mjestu odrazom sa lijeve noge; Drift_D - uzastopni skokovi u mjestu odrazom sa desne noge

Statistička analiza

Izmjereni rezultati analizirani su statističkim programom STATISTICA v13.5. Osnovni deskriptivni pokazatelji (Min, Maks, AS, St.dev) utvrđeni su za sve mjerene varijable. Za utvrđivanje razlika između visine skoka odrazom D i ND nogom korišten je t-test za nezavisne uzorke. Rezultati su smatrani statistički značajnim pri $p<0,05$.

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

Tablica 1 prikazuje osnovne deskriptivne pokazatelje unilateralnih skokova. Prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti veće su kod košarkaša. Najviša vrijednost skoka postignuta je u testu Dvokorak_L (59,90 cm). Najmanji rezultat jednonožnog skoka postignut je u testu Drift_L (10,40 cm). Prosječne vrijednosti skokova u svim testovima bile su veće kada se test

provodio odrazom sa D noge. Rezultati u testovima dvokorak prikazuju najviše vrijednosti u odnosu na ostale provedene testove. Također u ovom testu utvrđena su i najveća odstupanja rezultata (5,70 cm). Parametri košarkaša u svim testovima više su odstupali u odnosu na košarkašice. Primjetna je razlika u prosječnoj visini skoka između muške i ženske grupe.

Tablica 2. *T-test za nezavisne uzorke - KOŠARKAŠI*

| Varijable | N | t | F-ratio | p | razlika |
|----------------|----|------|---------|-------|---------|
| S_vis_jedn_L/D | 34 | 2,47 | 1,06 | 0,02* | 2,98 |
| Dvokorak_L/D | 34 | 2,21 | 1,15 | 0,03* | 3,17 |
| Drift_L/D | 34 | 0,93 | 1,08 | 0,36 | 0,76 |

*označene vrijednosti su značajne uz pogrešku $p<0,05$

U tablici 2 primjenom t-testa za nezavisne uzorke prikazane su razlike u visini skoka D i ND noge između promatranih testova košarkaša. U testovima S_vis_jedn ($p=0,02$) i Dvokorak

($p=0,03$) prikazane su statistički značajne razlike uz pogrešku $p<0,05$. U testu Drift nema značajne razlike D i ND noge ($p=0,36$).

Tablica 3. *T-test za nezavisne uzorke - KOŠARKAŠICE*

| Varijable | N | t | F-ratio | p-vrijednost | razlika |
|----------------|----|------|---------|--------------|---------|
| S_vis_jedn_L/D | 17 | 2,21 | 1,68 | 0,03* | 2,93 |
| Dvokorak_L/D | 17 | 1,59 | 1,11 | 0,12 | 2,33 |
| Drift_L/D | 17 | 0,90 | 1,02 | 0,37 | 0,85 |

*označene vrijednosti su značajne uz pogrešku $p<0,05$

Tablica 3 prikazuje razlike u visini skoka košarkašica. Značajne razlike dobivene su u testu S_vis_jedn ($p=0,03$).

U testovima Dvokorak ($p=0,12$) i Drift ($p=0,37$) nema značajnih razlika između skokova D i ND nogom.

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

RASPRAVA

Brzi i eksplozivni košarkaški elementi zahtjevaju visoko razvijene i ujednačene sposobnosti sportaša. Velike razlike u jakosti mišića i mišićnih skupina mogu negativno utjecati na izvedbu i rizik od ozljđivanja. Promatrani uzorak prikazuje razliku u testovima za procjenu eksplozivne snage primjenom specifičnih unilateralnih skokova. Statistički značajna razlika između D i ND noge utvrđena je kod košarkaša u testovima S_vis_jedn ($t=2,47$, $p=0,02$) i Dvokorak ($t=2,21$, $p=0,03$). Pehar i sur. (2017) također su ukazali na razlike u visini skoka D i ND nogom u testu dvokorak uzevši u obzir igračku poziciju i rang natjecanja. Također, u testu S_vis_jedn kod košarkašica utvrđene su značajne razlike ($t=2,21$, $p=0,03$). Rezultati svih testova košarkaša prikazuju više vrijednosti skokova u odnosu na košarkašice. Iako u preostalim testovima nisu utvrđene statistički značajne razlike one su prisutne. U izvedbi S_vis_jedn postoji mala horizontalna brzina te je potrebno iz koraka stvoriti veliku vertikalnu silu. Samim time potrebna je veća razina jakosti kako bi se postigle visoke vrijednosti. Omjer visine skoka u testu S_vis_jedn (2,98cm i 2,93cm) ukazuje na asimetriju te smanjenu razinu sposobnosti odraza s ND

noge. Najveća razlika primjećena je kod košarkaša u testu Dvokorak (3,17cm). U testu Drift nisu utvrđene značajne razlike ($p=0,37$ i $p=0,36$). Ovaj test zahtijeva od sportaša izvedbu uzastopnih skokova s naglaskom na minimiziranje mediolateralne i anteroposteriorne kretnje.

Najveća razlika (%) u visini skoka izmjerena je u testu Skok_vis_jedn ($M=7,2\%$, $\bar{Z}=9,4\%$). Veće razlike u asimetriji donjih ekstremiteta kod košarkašica također su izmjerene pri izvedbi različitih vrsta doskoka (Pappas i Carpes, 2012). Autori (Vaisman i sur. 2017) sugeriraju da ukoliko je razlika između pokazatelja mišićne jakosti donjih ekstremiteta manja od 15% smatra se da ne postoji značajna asimetrija između D i ND noge. Također, Bishop i sur. (2018) ukazuju da razlike veće od 10% između ekstremiteta negativno utječu na sposobnosti i izvedbu. Rezultati dvokoraka odrazom s D noge kod košarkašica mogu se usporediti sa nalazima Keerthi Kumar i Sundar Raj (2016) koji su promatrali promjene u visini skoka seniorskih košarkašica prije i nakon provedenog programa. Vrijednosti visine skoka gotovo su jednake (35,5 cm vs 35,6 cm) čime se može zaključiti da promatrani uzorak košarkašica postiže rezultate jednake seniorskoj kategoriji ispitanica.

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

Usporedbom rezultata sa istraživanjem Miura i sur. (2010), prezentirani uzorak košarkaša ima značajno manje vrijednosti visine u testu Dvokorak i S_vis_jedn.

Dugoročnim treningom u ekipnim sportovima mogu se razviti određene asimetrije između ekstremiteta. Uzastopnim ponavljanjima pokreta D nogom (jednonožni skokovi) negativno se utječe na uravnoteženost jakosti mišića. Jednonožni vertikalni skokovi mogu uzrokovati veće asimetrije između ekstremiteta u odnosu na različite horizontalne skokove (Fort-Vanmeerhaeghe i sur., 2015). Manje vrijednosti ND noge mogu se također

objasniti kroz nisku razinu koordinacije i smanjenu frekvenciju ponavljanja skokova kroz trenažni proces. Razvojem tehnike skokova kroz 6-tjedni program treninga moguće je povećati eksplozivna svojstva i vertikalni skok (7,5 % povećanje) (Attene i sur. 2015). Prema Stöckel i Weigelt (2012), postupno uključivanje različitih zadataka koordinacije i sport-specifičnih vježbi za razvoj ND strane tijela ključno je započeti u što ranijim kategorijama. Pravilno korištenje zamaha ruku i nogu direktno utječe na rezultat te uz naglasak na ujednačavanje jakosti ekstremiteta treba usmjeriti pažnju na tehniku izvedbe skoka i doskoka.

ZAKLJUČAK

Košarka je sport u kojem dominiraju različite vrste skokova. Smanjenje rizičnosti od ozljedivanja predstavlja jedan od glavnih razloga za provedbu dijagnostike stanja i utvrđivanje slabih strana sportaša. Razlike u visini skoka sa D i ND noge ukazuju na postojanje neujednačenosti jakosti između mišićnih skupina. Cilj ovog rada bio je usmjeren na definiranje navedenih asimetrija primjenom unilateralnih specifičnih testova. Kod košarkaša

utvrđene su statistički značajne razlike u testovima S_vis_jedn i Dvokorak. Također, rezultati košarkašica značajno su se razlikovali u testu S_vis_jedn. U svim testovima dobivena je razlika između skokova odrazom sa desne i lijeve noge. Prikazani rezultati ukazuju na prisutnost asimetrije te predstavljaju osnovu za korekciju plana i programa treninga. Ovaj rad prezentira jednostavnu metodologiju za utvrđivanje asimetrije u sposobnostima primjenom testova koji imitiraju

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

situacijske uvjete. Provedeno istraživanje usmjeren je isključivo na razlike u visini skoka. Promatranjem više parametara skoka (trajanje kontakta s podlogom, sila reakcije podloge, kutni odnosi zglobova) preciznije bi se utvrdile razlike i

potencijalni rizici pri izvedbi skokova. Daljnja istraživanja trebala bi se usmjeriti na definiranje asimetrija između različitih kategorija sportaša kako bi se što ranije započelo sa korekcijom tehnike i ujednačavnjem sposobnosti.

LITERATURA

1. Attene, G., Iuliano, E., Di Cagno, A., Calcagno, G., Moalla, W., Aquino, G., & Padulo, J. (2015). Improving neuromuscular performance in young basketball players: plyometric vs. technique training. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(1-2), 1-8.
2. Bishop, C., Read, P., McCubbin, J., & Turner, A. (2018). Vertical and Horizontal Asymmetries are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, Advance online publication.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002544>
PMid:29489719
3. Edwards, S., Steele, J. R., Cook, J. L., Purdam, C. R., & McGhee, D. E. (2012). Lower limb movement symmetry cannot be assumed when investigating the stop-jump landing. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(6), 1123-1130.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824299c3>
PMid:22595986
4. Fort-Vanmeerhaeghe, A., Montalvo, A. M., Sitjà-Rabert, M., Kiefer, A. W., & Myer, G. D. (2015). Neuromuscular asymmetries in the lower limbs of elite female youth basketball players and the application of the skillful limb model of comparison. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 16(4), 317-323.
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.01.003>
PMid:26093377
5. Fort-Vanmeerhaeghe, A., Milà-Villarroel, R., Pujol-Marzo, M., Arboix-Alió, J., & Bishop, C. (2020). Higher Vertical Jumping Asymmetries and Lower Physical Performance are Indicators of Increased Injury Incidence in Youth Team-Sport Athletes. *Journal of strength and conditioning research*, Advance online publication.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003828>
6. Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizeri, F. M., Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength Conditioning Research*, 25 (2), 556-560.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d>
PMid:20647944
7. Keerthi Kumar, M., Sundar Raj, U. R. S. (2016). Effect of plyometric and weight training

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

programs on vertical jump in female basketball players. International Journal of Physical Education, Sports and Health; 3(3): 25-27.

8. Kozinc, Ž., Marković, G., Hadžić, V., & Šarabon, N. (2020). Relationship between force-velocity-power profiles and inter-limb asymmetries obtained during unilateral vertical jumping and single-joint isokinetic tasks. *Journal of sports sciences*, 1-11. Advance online publication.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1816271>
PMid:32896221
9. Maloney, S. J., Richards, J., Nixon, D. G., Harvey, L. J., & Fletcher, I. M. (2017). Do stiffness and asymmetries predict change of direction performance?. *Journal of sports sciences*, 35(6), 547-556.
10. Maloney, S. J., Richards, J., Jelly, L., & Fletcher, I. M. (2019). Unilateral Stiffness Interventions Augment Vertical Stiffness and Change of Direction Speed. *Journal of strength and conditioning research*, 33(2), 372-379.
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002006>
PMid:30689617
11. Miura, K., Yamamoto, M., Tamaki, H., & Zushi, K. (2010). Determinants of the abilities to jump higher and shorten the contact time in a running 1-legged vertical jump in basketball. *Journal of strength and conditioning research*, 24(1), 201-206.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bd4c3e>
PMid:19996782
12. Ostožic, S. M., Mazic, S., & Dikic, N. (2006). Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 740-744.
<https://doi.org/10.1519/R-15944.1>
<https://doi.org/10.1519/00124278-200611000-00003>
PMid:17149984
13. Pappas, E., & Carpes, F. P. (2012). Lower extremity kinematic asymmetry in male and female athletes performing jump-landing tasks. *Journal of science and medicine in sport*, 15(1), 87-92.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.07.008>
PMid:21925949
14. Pehar, M., Sekulic, D., Sisic, N., Spasic, M., Uljevic, O., Krolo, A., Milanovic, Z., & Sattler, T. (2017). Evaluation of different jumping tests in defining position-specific and performance-level differences in high level basketball players. *Biology of sport*, 34(3), 263-272.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.67122>
PMid:29158620 PMCid:PMC5676323
15. Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *Journal of strength and conditioning research*, 31(1), 196-206.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>
PMid:27172267

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

16. Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of athletic training*, 44(1), 39-47.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.39>
PMid:19180217 PMCid:PMC2629038
17. Stöckel, T., & Weigelt, M. (2012). Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. *L laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 17(1), 18-37.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2010.524222>
PMid:21500083
18. Sugiyama, T., Kameda, M., Kageyama, M., Kiba, K., Kanehisa, H., & Maeda, A. (2014). Asymmetry between the Dominant and Non-Dominant Legs in the Kinematics of the Lower Extremities during a Running Single Leg Jump in Collegiate Basketball Players. *Journal of sports science & medicine*, 13(4), 951-957.
19. Thomas, C., Dos'Santos, T., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). Relationships between Unilateral Muscle Strength Qualities and Change of Direction in Adolescent Team-Sport Athletes. *Sports* (Basel, Switzerland), 6(3), 83.
<https://doi.org/10.3390/sports6030083>
PMid:30127300 PMCid:PMC6162690
20. Vaisman, A., Guiloff, R., Rojas, J., Delgado, I., Figueroa, D., & Calvo, R. (2017). Lower Limb Symmetry: Comparison of Muscular Power Between Dominant and Nondominant Legs in Healthy Young Adults Associated With Single-Leg-Dominant Sports. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(12).
<https://doi.org/10.1177/2325967117744240>
PMid:29318166 PMCid:PMC5753919
21. Wen, N., Dalbo, V. J., Burgos, B., Pyne, D. B., & Scanlan, A. T. (2018). Power Testing in Basketball: Current Practice and Future Recommendations. *Journal of strength and conditioning research*, 32(9), 2677-2691.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002459>
PMid:29401204

UTVRĐIVANJE ASIMETRIJE PRIMJENOM SPECIFIČNIH UNILATERALNIH TESTOVA KOD MLADIH KOŠARKAŠA

ABSTRACT

*Defining the differences between the dominant (D) and non-dominant (ND) leg is one of the ways to determine the asymmetry between the extremities and thus the risk of injury. The aim of this research is to determine the differences in specific unilateral tests in young male and female basketball players. The sample consisted of 17 female basketball players (average height 177.96 ± 6.38 cm; average weight 69.53 ± 8.00 kg and age 15.50 ± 0.96 yr.) and 34 male basketball players (average height 194.29 ± 7.52 cm; average weight 83.66 ± 9.66 kg and age 15.40 ± 1.28 yr.) of the cadet and junior national teams. Tests were used to assess the explosive power of the lower extremities: high jump with D and ND leg take-off with arm swing (*S_vis_jedn_L*; *S_vis_jedn_D*), basketball two-step with D and ND leg take-off (*Dvokorak_L*, *Dvokorak_D*) and Drift protocol consisting of 5 consecutive unilateral jumps in place (*Drift_L*, *Drift_D*). The tests *S_vis_jedn* ($p = 0.02$) and *Dvokorak* ($p = 0.03$) showed statistically significant differences with an error of $p < 0.05$ in the group of male basketball players. Significant differences were found in female basketball players in the test *S_vis_jedn* ($p = 0.03$). In other tests, there are no significant differences between jumps with D and ND leg take-off. The presented results indicate differences between the extremities and represent the basis for the correction of the training plan and program. The methodology in this paper is simple to implement and analyse and is aimed at imitating situational conditions.*

Keywords: basketball, unilateral jumps, dominant and non-dominant leg

Primljeno: 05.11.2020.

Odobreno: 13.11.2020.

Korespondencija:

Vedran Dukarić, mag.cin., znanstveni novak

Laboratorij za sportske igre, Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Horvaćanski zavoj 15, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Tel.: +00385917607137; e-mail: vedran.dukaric@kif.hr

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

EFFECTS OF THE "SCHOOL ON THE MOVE" PROGRAM ON THE POSTURAL STATUS OF YOUNGER SCHOOL AGE STUDENTS

Tijana Stojanović¹, Dragan Perić², Darko Stojanović³ i Toplica Stojanović⁴

¹*Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu, Srbija*

²*Sportski centar „Čair“Niš, Srbija*

³*Fakultet za sport, Univerzitet „Union – Nikola Tesla“Beograd, Srbija*

⁴*Fakultet za sport i fizičko vaspitanje, Univerzitet u Prištini – Kosovska Mitrovica, Srbija*

ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.sdss

UDK: 796.012.1-053.5

Primljeno: 05.11.2020.

Odobreno: 18.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 82-91.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija: Stojanović Toplica

Fakultet za sport i fizičko vaspitanje, Univerzitet u Prištini – Kosovska Mitrovica, Srbija

E-mail:toplica.stojanovic@pr.ac.rs

SAŽETAK

Sa ciljem da se utvrde efekti programa „Škola u pokretu“ na posturalni status učenika, sprovedeno je istraživanje na uzorku od 22 učenika mlađeg školskog uzrasta oba pola u trajanju jednog školskog polugodišta. Učenicima su bila održana predavanja o ergonomskom riziku i načinima za smanjenje ergonomskih faktora rizika i distribuiran je određeni broj postera i flajera sa predstavljenim ispravnim tehnikama podizanja i nošenja školske torbe/ranca i ispravnog načina sedenja. Ergonomski program „Škola u pokretu“ podrazumevao je ohrabruvanje učenika da se slobodno pokreću na stolici ili da ustanu i istegnu se tokom časova kada osete nelagodnost/bol i uz nekoliko kratkih vežbi istezanja, za vreme sedenja na stolici. Posturalni status kičmenog stuba je procenjen u sagitalnoj i frontalnoj ravni (torakalna i lumbalna skolioza, kifoza i lordoza) instrumentom „Spinal mouse“ (Quantum Health and Wellness Ltd, Wallasay, England). Za statističku obradu podataka primenjena je analiza varijanse za ponovljena merenja (Repeated measures ANOVA). Rezultati pokazuju da je u periodu od 16 nedelja kod učenika došlo do značajnog poboljšanja vrednosti torakalne skolioze ($p=0.003$) i kifoze ($p=0.006$), dok kod lumbalne skolioze i lordoze nije bilo značajnih promena. Na osnovu ovih rezultata se može zaključiti da ovakav program može imati značajan uticaj na poboljšanje posture kičmenog stuba, te se može primeniti u praksi školske nastave i kao preventiva narušavanju posturalnog statusa kičmenog stuba učenika mlađeg školskog uzrasta.

Ključne reči: posturalni status, učenici, mlađi školski uzrast, program „Škola u pokretu“.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

UVOD

Učenici u školi najviše vremena provode u toku nastave za svojim radnim stolom. To bi trebalo da bude predmet interesovanja stručnjaka prilikom oblikovanja elemenata nameštaja. Ovo je veoma odgovoran i težak zadatak svih aktera, obzirom na činjenicu da zbog rasta i razvoja i kontinuiranog sedenja telo trpi najveće statičke i druge promene, koje često ostavaljuj trajne posledice na njihov organizam. Uočeno je da na dečji organizam najviše utiče strogo i apsolutno mirovanje koje nije svojstveno deci, pri čemu se javlja zamor tela i bol u određenim regijama tela, a dužim sedenjem dolazi do umora organizma (Weiss & Werkmann, 2009).

Ako se to čini na neadekvatno dimenzioniranom nameštaju ili se ne može menjati položaj tela, napor je još veći. Mnoga istraživanja su pokazala da se deca žale na sedenje u školskoj klupi, na neudobnost i bolove u leđima, vratu i natkolenicama, oslabljeni vid i dekoncentraciju (Castellucci et al., 2010; Grimmer & Williams, 2000). Glavni razlog leži u lošem ili nepravilnom držanju, koji se manifestuje opuštenim stavom tela, neravnomernom visinom ramena i iskrivljenom ili pogrbljenom kićmom. Pored toga, dosadašnja istraživanja kod nas i u svetu su pokazala da deca u toku dana

provode sedeći u školskoj klupi i pored kompjutera kod kuće više od sedam sati aktivnog vremena, pri čemu zauzimaju najrazličitije prinudne položaje tela, prilagođavajući se karakteristikama nameštaja koji je u svakodnevnoj upotrebi (Feathers et al., 2013). Postojeći nameštaj koji se aktivno koristi, kako u školi tako i kod kuće, uglavnom ne odgovara potrebama dece (a i odraslih), s obzirom na sve brži i kompleksniji životni ritam nametnut savremenim načinom života (Domljan et al., 2010).

Značajno pitanje u vezi sa dugim sedenjem u toku nastave u školi tiče se nesklada između učenika i radne površine – školskog stola i stolica (Grbac i Domljan, 2007). Kada dođe do nesklada, ergonomski stres će se potencijalno povećati. Fizičke dimenzije učenika i dimenzije radnog područja, uključujući dimenzije stolica i stolova, definišu ergonomsku neusklađenost. Nesklad nastaje kada više korisnika različitog uzrasta i veličina koriste nepodesiv nameštaj istih/univerzalnih dimenzija. Zanimljivo je da se mnogo više napora ulaže da se odraslima obezbedi ergonomski ispravna oprema za rad (podesiva stolica, fleksibilne radne površine i odgovarajuće veličine nameštaja). Međutim, čini se da su radne površine za

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

školsku decu zanemarene, jer je većina učionica opremljena jednom veličinom stolova i stolica, bez obzira na uzrast učenika. Ovo je uobičajena praksa, ne samo u našim školama, nego i u regionu bivše države Jugoslavije, pre svega zbog niže nabavne cene, lakšeg odlaganja, i sličnog estetskog izgleda učionica, ali i zbog nedovoljnog poznавања antropometrijskih parametara školske populacije i nepostojanja domaćeg proizvođača školskog nameštaja usklađenog sa ergonomskim preporukama (Pavlović-Veselinović i Đurašković, 1995).

Glavna posledica ergonomske neusklađenosti je usvajanje loših položaja sedenja. Kada učenici različite visine sede na nepodesivim stolicama i klupama, visok procenat njih će imati problem pri sedenju. Kao rezultat toga, mnoga deca ovo kompenzuju usvajanjem nefizioloških, neudobnih položaja tela, potencijalno povećavajući biomehanički stres na telo. Ergomske karakteristike školskih klupa i stolica, i njihov uticaj na mišićno-skeletne strukture, tj. posturalne poremećaje kičmenog stuba, kod dece mlađeg školskog uzrasta je akutan problem kako na svetskom nivou, tako i kod nas, što nas alarmira da pokrenemo sve raspoložive resurse i

učinimo iskorak u rešavanju ovog problema. Svaka od ovih promena nastaje kao posledica, jednim delom genetskih faktora, a veoma često kao posledica stečenih promena. Od tih faktora najveći uticaj na posturalni status ima radna sredina, nedakvatan nameštaj, prinudni položaji tela prilikom rada ili učenja, neadekvatna svetlost i dr. (Geldhof et al., 2007).

Ergonomski program „Škola u pokretu“ koji podrazumeva ohrabruvanje učenika da se slobodno pokreću na stolici ili da ustanu i istegnu se tokom časova kada osete nelagodnost/bol i uz nekoliko kratkih vežbi istezanja za vreme sedenja na stolici, smatra se jednim od efikasnijih za preveniranje nastanka neudobnosti i bola prilikom sedenja, kao i posturalnih poremećaja.

Cilj istraživanja je evaluacija efekata posebnog ergonomskog programa „Škola u pokretu“, koji se bazira na neinženjerskim merama prevencije, a sastoji se iz slobodnog pokretanja učenika za vreme časa prilikom sedenja na stolici u obliku kratkih vežbi istezanja i ustajanja sa stolice.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

METODE RADA

Uzorak ispitanika je izведен iz populacije učenika osnovne škole „Dušan Radović“ u Nišu, hronološke starosti 9-10 godina, koji su u trenutku istraživanja ispunjavali sve zdravstvene i ostale kriterijume i imali status redovnog učenika, a čiji su roditelji dali pismenu saglasnost za učešće u ovom istraživanju. Ukupan broj ispitanika uzet u ovom istraživanju je 22 učenika oba pola ($TV=146.48\pm4.80$; $TM=40.91\pm8.52$).

Posturalni status kičmenog stuba je procenjen u sagitalnoj i frontalnoj ravni (torakalna i lumbalna skolioza, kifoza i lordoza) instrumentom „Spinal mouse“ (Quantum Health and Wellness Ltd, Wallasay, England), koji je baziran na bezžičnoj ultrazvučnoj tehnologiji sa odgovarajućim softverom (Livanelioglu et al., 2015; Zsidai & Koscis, 2001).

Eksperimentalnoj grupi je održano predavanje o ergonomskom riziku i načinima za smanjenje ergonomskih faktora rizika, distribuiran je određeni broj postera i flajera sa predstavljenim ispravnim tehnikama podizanja i nošenja školske torbe/ranca i ispravnog načina sedenja. Ispitanici su primenili ergonomski program

„Škola u pokretu“, koji je podrazumevao ohrabrivanje učenika da se slobodno pokreću na stolici ili da ustanu i istegnu se tokom časova kada osete nelagodnost/bol uz nekoliko kratkih vežbi istezanja po sopstvenom izboru. Ispitanici su izvodili vežbe po potrebi sa 10-12 ponavljanja za vreme sedenja na stolici ili stojeći pored nje. Celokupna obuka ispitanika je bila praktična sa demonstracijom mogućih vežbi istezanja. Program je sproveden u trajanju od 16 nedelja.

Za analizu osnovnih statističkih podataka i distribuciju rezultata na inicijalnom i finalnom merenju primjenjeni su deskriptivni statistički postupci. Za analizu promena rezultata zavisnih varijabli između inicijalnog i finalnog merenja za svaku varijablu primenjena je analize varijanse za ponovljena merenja (Repeated measures ANOVA), a značajnost zaključivanja je utvrđena na nivou $p<0.05$. Podaci su obrađeni statističkim paketom STATISTICA 10.0 for Windows (StatSoft, Inc., Tulsa, OK).

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabelama 1. i 2. prikazani su rezultati posturalnog statusa ispitanika na inicijalnom i finalnom merenju, a da bi se problem efekata programa „Škola u pokretu“ rešio na efikasan način, bilo je potrebno nakon eksperimentalnog perioda prvo utvrditi promene između inicijalnog i

finalnog stanja mišićno - skeletalnih poremećaja (MSP) kičmenog stuba. Pomoću analize varijanse za ponovljena merenja izračunata je statistička značajnost razlika aritmetičkih sredina inicijalnog i finalnog merenja grupe, a rezultati su prikazani u tabeli 3.

Tabela 1. Deskriptivni parametri varijabli posturalnog statusa učenika – inicijalno merenje

| Varijabla | N | Mean | Std.Dev. | Min. | Max. | Range | Coef.Var. | Skew. | Kurt. | K-S |
|-------------|----|--------|----------|------|------|-------|-----------|-------|-------|------|
| AKIF | 22 | 38.50 | 7.15 | 25 | 55 | 30 | 18.6 | 0.47 | 0.34 | 0.09 |
| ALOR | 22 | -10.00 | 8.91 | -26 | 6 | 32 | -89.1 | -0.24 | -0.92 | 0.22 |
| ASKT | 22 | 6.50 | 2.87 | 2 | 12 | 10 | 44.2 | -0.03 | -0.79 | 0.21 |
| ASKL | 22 | 1.23 | 1.19 | 0 | 5 | 5 | 97.2 | 1.56* | 3.66* | 0.26 |

AKIF – kifoza; ALOR – lordoza; ASKT – torakalna skolioza; ASKL – lumbalna skolioza; N – broj ispitanika ; Mean – aritmetička sredina; Std.Dev. – standardna devijacija; Min. – minimalni rezultat; Max. – maksimalni rezultat; Range – raspon rezultata; Coef.Var. – koeficijent varijacije; Skew. – simetričnost distribucije rezultata; Kurt. – spljoštenost distribucije rezultata; K-S – vrednost Kolmogorov-Smirnovog testa.

Tabela 2. Deskriptivni parametri varijabli posturalnog statusa učenika – finalno merenje

| Varijabla | N | Mean | Std.Dev. | Min. | Max. | Range | Coef.Var. | Skew. | Kurt. | K-S |
|-------------|----|--------|----------|------|------|-------|-----------|-------|-------|------|
| AKIF | 22 | 33.86 | 8.35 | 22 | 51 | 29 | 24.6 | 0.52 | -0.35 | 0.13 |
| ALOR | 22 | -10.14 | 8.33 | -24 | 5 | 29 | -82.2 | 0.10 | -0.94 | 0.12 |
| ASKT | 22 | 4.82 | 3.50 | 0 | 13 | 13 | 72.6 | 0.83 | -0.05 | 0.15 |
| ASKL | 22 | 1.73 | 1.61 | 0 | 6 | 6 | 93.2 | 1.09* | 0.89 | 0.22 |

AKIF – kifoza; ALOR – lordoza; ASKT – torakalna skolioza; ASKL – lumbalna skolioza; N – broj ispitanika ; Mean – aritmetička sredina; Std.Dev. – standardna devijacija; Min. – minimalni rezultat; Max. – maksimalni rezultat; Range – raspon rezultata; Coef.Var. – koeficijent varijacije; Skew. – simetričnost distribucije rezultata; Kurt. – spljoštenost distribucije rezultata; K-S – vrednost Kolmogorov-Smirnovog testa.

Analiziranjem tabele 3. na univariatnom nivou se može konstatovati da su statistički značajne promene uočene kod kifoze i torakalne skolioze, dok ih kod

lordoze nije bilo. Promene su pozitivne, odnosno, i kifotična i torakalna skoliotična krivina su se nakon četvoromesečnog programa značajno smanjile.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

Tabela 3. Univarijantne razlike inicijalnog i finalnog merenja posturalnog statusa učenika

| Varijabla | Mean INI | Mean FIN | Difference | Difference % | F (1; 27) | p |
|-------------|----------|----------|------------|--------------|-----------|---------------|
| AKIF | 38.50 | 33.86 | -4.64 | -13.7 | 11.05 | 0.003* |
| ALOR | -10.00 | -10.14 | -0.14 | 1.4 | 0.00 | 0.949 |
| ASKT | 6.50 | 4.82 | -1.68 | -34.9 | 9.28 | 0.006* |
| ASKL | 1.23 | 1.73 | 0.50 | 28.9 | 1.26 | 0.274 |

Mean INI – aritmetička sredina inicijalnog stanja; Mean FIN – aritmetička sredina finalnog stanja; Difference – razlika aritmetičkih sredina inicijalnog i finalnog stanja; F – vrednost F-testa za testiranje značajnosti razlika aritmetičkih sredina; p – koeficijent značajnosti razlika aritmetičkih sredina.

U diskusiji statističke analize rezultata ovog istraživanja, možemo zaključiti da je program „Škola u pokretu“ za smanjenje MSP kičmenog stuba kod ispitanika u periodu od 16 nedelja proizveo statistički značajno smanjenje spinalnih krivina u torakalnom delu, dok isti nije zabeležen u lumbalnom.

Obzirom na relativno mali uzorak ispitanika (22), nivo zaključivanja statističke značajnosti daje potpunu informaciju o nivou nastalih promena MSP kičmenog stuba ispitanika, ali na numeričkom nivou se te promene jasnije vide. Imajući u vidu značajnost efekata primjenjenog programa na smanjenje MSP kičmenog stuba, važno je izneti da je svako, pa i najmanje smanjenje MSP, itekako važno za poboljšanje kvaliteta života dece, posebno u uzrastu kada se dešavaju značajne i nagle promene mišićnog i skeletnog sistema. Ovo je važno i sa aspekta edukacije dece i roditelja, da konstantna primena ovakvih programa doprinosi formiranju boljeg konačnog posturalnog statusa dece.

Iz tih razloga je važno saopštiti i numerički izražene efekte eksperimentalnog programa, posebno one izražene u procentualnim brojevima, gde se može videti njihov praktični doprinos smanjenju MSP kičmenog stuba. Promene nastale primenom eksperimentalnog programa „Škola u pokretu“, izražene u procentima, su značajne kod spinalnih krivina u torakalnom delu, kako u sagitalnoj, tako i u frontalnoj ravni. Kod kifoze se uočava smanjenje krivine za 4.64 ili 13.7%, što je visok procenat poboljšanja, koji je saglasan rezultatima sličnih istraživanja (Weiss & Turnbull, 2010; Weiss & Werkmann, 2009; Djurasović & Glassman, 2007; Pizzutillo, 2004). Smanjenje krivine kod torakalne skolioze iznosi 1.68, ili izraženo u procentima 34.9%, što predstavlja značajan napredak u smanjenju nivoa narušenog posturalnog statusa dece uzrasta 11 godina. Ovi rezultati su saglasni rezultatima drugih istraživača (Negrini et al., 2008; Mooney & Brigham, 2003; El-Sayyad & Conine, 1994) koji su se bavili problemom smanjenja skoliočne krivine.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

ZAKLJUČAK

Obzirom da ja tokom istraživanja dokazan pozitivan učinak ergonomskog programa „Škola u pokretu“, Ministarstvu prosvete bi se mogao preporučiti efikasan program za smanjenje ergonomskog rizika, za čiju primenu nisu neophodna velika finansijska ulaganja, dok se ne steknu uslovi za proizvodnju i nabavku novoprojektovane školske opreme, uskladene sa ergonomskim zahtevima domaće populacije dece, za šta su takođe date preporuke.

Naučni doprinos ovog rada ogleda se i u istraživanju efikasnosti edukacije dece o ergonomskim rizicima i preventivnih vežbi, kao i koncepta „Škole u pokretu“ u smanjenju rizika od nastanka mišićno-skeletnih poremećaja kod dece, o čemu do sada nije bilo relevantnih podataka. Posredno, rezultati istraživanja mogu doprineti zdravlju buduće radno sposobne populacije.

Ovo istraživanje ima svoju praktičnu i teorijsku vrednost. Pre svega postoji velika potreba da se posveti pažnja deci u razvoju, da im se obezbede najbolji uslovi za njihovo vaspitanje i obrazovanje i istovremeno preventivno deluje na pojave koje su prisutne u našem sve ubrzanim društvenom razvoju, kao što su hipokinezija, preterana gojaznost, deformiteti kičme, hipertenzije i drugo. Imajući u vidu da postoji rizik za razvoj mišićno-skeletnog poremećaja, posebno

apostrofiramo regiju kičmenog stuba, koja trpi najveće posledice zbog pomenutih uslova u našim školama, tako da tokom detinjstva i adolescencije može doći do predisponiranosti za nastanak ozbiljnih mišićno-skeletnih oboljenja u radno aktivnom dobu našeg stanovništa. Potrebno je od najranijeg detinjstva preventivno delovati na svaku posturalnu promenu.

Istraživanja ukazuju da su mišićno-skeletna nelagodnost i bol u ledima evidentni ne samo kod odraslih osoba, već i kod dece. Ergonomска edukacija usmerena ka pravilnom držanje tela, poboljšanju telesnih funkcija i određenih kretanja, kao i njihove ergonomске implikacije, mogu smanjiti i sprečiti ove probleme. Ovakav obrazovni program o značaju ergonomije mora početi još u najranijem detinjstvu i treba da bude sastavni deo nastavnog programa u školama. Ovo istraživanje ukazuje da je obrazovni program „Ergonomija, pokret i držanje“, koji je sproveden u osnovnoj školi „Dušan Radović“ u Nišu dao izuzetno dobre rezultate, čime su bili zadovoljni i deca, njihovi roditelji, nastavnici i direktor škole. Ovaj program je pokazao da i studenti fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, budući profesori, treba da sprovode programe prevencije posturalnih poremećaja, uskladijući svoj rad prema uzrasnim karakteristikama dece.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

LITERATURA

Castellucci, H. I., Anezes, P. M. & Viviani, C. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied Ergonomics*, 41, 563-568.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.12.001>
PMid:20031115

Djurasović, M., & Glassman, S.D. (2007). Correlation of radiographic and clinical findings in spinal deformities. *Neurosurgery Clinics of North America*, 18(2), 223-227.
<https://doi.org/10.1016/j.nec.2007.01.006>
PMid:17556122

Domljan, D., Vlaović, Z. & Grbac, I. (2010). Pupils' working postures in primary school Classrooms. *Periodicum biologorum*, 112(1), 39-45.

El-Sayyad, M., & Conine, T.A. (1994). Effect of exercise, bracing and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study. *Int. J. Rehabil. Res.*, 17, 70-74.
<https://doi.org/10.1097/00004356-199403000-00008>
PMid:7960331

Feathers, D., Pavlovic-Veselinovic, S., Hedge, A., (2013). Measures of fit and discomfort for school children in Serbia. *Work: A Journal of Prevention, Assessment, and Rehabilitation*. Vol. 44: S73-S81.
<https://doi.org/10.3233/WOR-121488>
PMid:23241689

Geldhof, E., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., & De Clercq, D. (2007). Back posture education in elementary schoolchildren: stability of two-year intervention effects. *Europa medicophysica*, 43(3), 369-379.

Grbac, I. i Domljan, D. (2007). Namještaj i zdrav život. *Sigurnost*, Zagreb, 49(3), 263-279.

Grimmer, K., & Williams, M. (2000). Gender-age environmental associates of adolescent low back pain. *Applied ergonomics*, 31(4), 343-360.
[https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(00\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00002-8)

Livanelioglu, A., Kaya, F., Nabiiev, V., Demirkiran, G., & Firat, T. (2015). The validity and reliability of "Spinal Mouse" assessment of spinal curvatures in the frontal plane in pediatric adolescent idiopathic thoraco-lumbar curves. *European Spine Journal*, 1-7.
<https://doi.org/10.1007/s00586-015-3945-7>
PMid:25900295

Mooney, V., & Brigham, A. (2003). The role of measured resistance exercises in adolescent scoliosis. *Orthopedics*, 26(2), 167-171.

Negrini, S., Zaina, F., Romano, M., Negrini, A., & Parzini, S. (2008). Specific exercises reduce brace prescription in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective controlled cohort study with worstcase analysis. *J Rehabil Med*, 40(6), 451-455.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

<https://doi.org/10.2340/16501977-0195>
PMid:18509560

Pavlović-Veselinović S. i Đurašković R., (1995). Analiza ergonomiske podobnosti školskog nameštaja. Preventivni inženjerинг i životna sredina, Zbornik radova, Niš, str. J3-1 do J3-3.

Pizzutillo, P.D. (2004). Nonsurgical treatment of kyphosis. American Academy of Orthopaedic Surgeons, Committee on Instructional Courses. Instructional Course Lectures, 53, 485-91.

Weiss, H.R., & Werkmann, M. (2009). Unspecific chronic low back pain - a simple functional classification tested in a case series of patients with spinal deformities. *Scoliosis*, 4(1), 1.
doi:10.1186/1748-7161-4-4.

<https://doi.org/10.1186/1748-7161-4-4>
PMid:19222845 PMCid:PMC2663534

Weiss, H., & Turnbull, D. (2010). Kyphosis (Physical and technical rehabilitation of patients with Scheuermann's disease and kyphosis). In: JH Stone, M Blouin, editors. International Encyclopedia of Rehabilitation. Available online: <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/125/>

Zsidai, A., & Kocsis, L. (2001). Ultrasound-based spinal column examination systems. *Facta Universitatis-Series: Physical Education and Sports*, 1, 1-12.

EFEKTI PROGRAMA „ŠKOLA U POKRETU“ NA POSTURALNI STATUS UČENIKA MLAĐEG ŠKOLSKOG UZRASTA

ABSTRACT

In order to determine the effects of the "School on the Move" program on the postural status of students, a survey was conducted on a sample of 22 younger school age students of both sexes for the duration of one school semester. Students were given lectures on ergonomic risk and ways of reducing ergonomic risk factors, and a number of posters and flyers with proper lifting, bag-wearing and sitting techniques were distributed. The "School on the Move" ergonomic program encouraged students to move freely on their chair or to stand up and stretch when they experienced discomfort/pain, or perform a few brief stretching exercises while sitting on their chair. The postural status of the spine was assessed in the sagittal and frontal plane (thoracic and lumbar scoliosis, kyphosis and lordosis) by the "Spinal mouse" instrument (Quantum Health and Wellness Ltd, Wallasay, England). A repeated measures ANOVA was used for statistical data processing. The results showed that during the 16-week period, there was a significant improvement in the reduction of thoracic scoliosis ($p=0.003$) and kyphosis ($p=0.006$), while there were no significant changes in the lumbar scoliosis and lordosis. On the basis of these results, it could be concluded that such a program could have a significant impact on the posture improvement of the spinal column, and that it can be practically applied in the school curriculum as a preventive measure for spinal postural status disturbance of younger school age students.

Key words: postural status, students, younger school age, "School on the Move" program.

Primljeno: 05.11.2020.

Odobreno: 18.11.2020.

Korespondencija:

Prof. Dr. Stojanović Toplica

Fakultet za sport i fizičko vaspitanje,
Univerzitet u Prištini – Kosovska Mitrovica, Srbija
E-mail:toplica.stojanovic@pr.ac.rs

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

*COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINING THE PERCENTAGE OF FATT TISSUE
ON A SAMPLE OF KAYAKERS AND CANOEISTS – IN SLALOM*

Goran Pašić¹, Goran Grahovac¹ i Milomir Trivun²

¹*Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina*

²*Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Bosna i Hercegovina*

ORIGINALNI NAUČNI RAD

doi: 10.5550/sgia.201601.se.pgt

UDK: 797.122

Primljeno: 07.11.2020.

Odobreno: 12.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 92-109.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija: dr Goran Pašić,

Docent na Univerzitetu u Banjoj Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta

Bulevar vojvode Petra Bojovića 1 A, 78 000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

Tel.: 00387 65 932 714. E-mail: gorandelmonte@yahoo.it

SAŽETAK

Određivanje tjelesne strukture u fizičkoj kulturi, sportu, ali i u sportskoj rekreaciji jedan je od načina za provjeru efikasnosti određenih trenažnih programa i njihovog uticaja na postotak potkožnog masnog tkiva i nemasne komponente. Ovo istraživanje provedeno je na uzorku od 49 kajakaša i kanuista slalomnika (starosti $19,9 \pm 1,7$ godina), sa ciljem upoređivanja validnosti metoda procjene postotka masnog tkiva koje se baziraju na metodi mjerjenja kožnih nabora u odnosu na metodu bioelektrične impedance radi primjene u dijagnostici trenažnog procesa kod kajakaša i kanuista slalomnika. Postotak masnog tkiva utvrđen je metodama utvrđivanja postotka masnog tkiva prema Siriju (1961), Brožeku i sar. (1963), Jackson, i Pollock, (1985) i metodom bioelektrične impedanse BIA. Nakon provedenih statističkih procedura, korelacionom analizom utvrđena je visoka povezanost metoda: antropometrijskih metoda po Siriju i Brožeku, obje metode sa metodom po Džekson Poloku, dok sve tri metode imaju visok nivo korelacije sa metodom BIA, dok je Wilcoxon test pokazao da metoda bioelektrične impedance ima statistički značajno veće vrijednosti od metoda utvrđivanja postotka masnog tkiva prema Siriju i Brožeku ($p < 0.001$), a značajno manje u odnosu na metodu utvrđivanja postotka masnog tkiva prema Džekson Poloku ($p = 0.005$). Istraživanje je pokazalo da bi na posmatranom uzorku ispitanika, kada je u pitanju jedan ispitanik, grupa ispitanika, ispitanici u okviru jednog sporta ili neujednačeni uzorak nesportista, ukoliko nema mogućnosti za korištenje neke od sofisticiranijih metoda tipa BIA, zadovoljavajuća metoda mogla biti metoda mjerjenja kožnih nabora.

Ključne riječi: *metod kožnih nabora, bioelektrična impedanca, kajak kanu slalom*

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

UVOD

Kajak kanu slalom je olimpijski sport regulisan pravilima Svjetske kajakaške federacije (ICF). Takmičari se trkaju na stazi dugoj maksimalno 400m sa prirodnim ili umjetnim preprekama vodenog toka (ICF, 2019). Za savladavanje staze, najbržim ukupnim vremenom, iskusnom takmičaru je obično potrebno 75–95 s. (Macdermid, i sar., 2019).

Slalomaši koriste kombinaciju tehnički zahtjevnih kretnih struktura povezanih sa kratkim ubrzanjima i veslanjem viokog intenziteta za šta je potrebna resinteza energije putem anaerobnog metabolizma. (Messias i sar., 2014).

Prema Zamparo i sar. (2006) aerobni izvor energije čini oko 50% (aerobni - 45,2%; anaerobni alaktatni - 24,9; anaerobni laktatni - 29,0%) ukupnog prometa metaboličke energije u slalomskoj trci. Značj aerobnog metabolizma kod slalomaša je pokazan u drugim studijama (Ferrari i sar., 2017; Manchado-Gobatto i sar., 2014; Messias i sar. 2015). Bielik i sar. (2019) zaključuju da slalomaši mogu imati korist od oksidativnog sistema tokom odmora u ili

intervalnom treningu. Uloga masti u oksidativnom sistemu kao izvora energije je značajna (Gollnick, 1985; Achten, i Jeukendrup, 2004), a kako je trening slalomaša u prosjeku dug 1,5-2h značaj masi kao izvora energije nije zanemarljiv.

Višak postotka masti negativno utiče na izvedbu slalomaša. Povećana težina veslača uzrokuje dublje uranjanje čamaca u vodu, povećavajući dodirnu površinu, tj. ukupan otpor trenju i otpor talasa, povećavajući tako otpor koji veslač mora savladati da bi čamac gurnuo napred. (Lundström, Borgen, i McKenzie, 2019).

Podaci antropometrijskih merenja poslednjih decenija, na takmičara u kajku i kanu, pokazuju manji postotak tjelesne masnoće i povećanu muskulaturu gornjeg dela tela i ruku koja je povezana sa performansama i uspešnjim veslanjem. (Lundström, Borgen, i McKenzie, 2019; Hagner-Derengowska i sar., 2014). Prethodne studije su pokazale da nema značajne razlike između kanuista i kajakaša u postotku masnog tkiva, a autori objašnjavaju da je to uzrokovano time što obije grupe imaju identične dionice staza i trening im je usmjeren na

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

poboljšanje snage i brzine, što rezultira povećanjem mase mišićnog tkiva. (Kameyama i sar., 1999; Hamano i sar, 2015).

Određivanje tjelesne strukture, a naročito postotka masnog tkiva, vrši se u cilju kontrole treniranosti sportista procjene zdravstvenog statusa, mogućih rizika, kao i kontrolisanja zdravstvenog stanja tokom dijeta (Malina, 2007; Ackland i sar, 2012), pa tako Wells i Fewtrell (2006) ističu da je mjerjenje tjelesne strukture u živo nesavršen proces i da je podložan raznim ograničenjima, ali da ima značajnu kliničku vrijednost u pedijatrijskoj praksi.

Validnost metoda bioelektrične impedanse BIA ispitivana je u brojnim istraživanjima. Potvrđena je validnost ove metoda u odnosu na hidrodenziometriju, metod mjerjenja kožnih nabora, ADP (pletizmografija zapremine cijelog tijela) i ustanovljena velika povezanost ukupne provodljivosti ljudskog tijela sa nemasnom komponentom (Keller i Katch, 1985; Lukaski i dr., 1985; Jackson, Pollock, Graves, i Mahar, 1988.; Macias, Alemán-Mateo, Esparza-Romero i Valencia, 2007).

Wang, Zhang i sar. (2013) poredeći četiri različita sistema na principu bioelektrične impedanse sa metodama DEXA i MRI dobili su visok nivo korelacije $r=0.71-0.89$ za procjenu postotka masnog tkiva. Zaključuju da su uređaji tačni u procjeni telesnog sastava, posebno skeletne mišićne mase i nemasne komponente. Visok stepen korelacije metode BIA sa metodom DEXA ustanovili su i Fornetti, Pivarnik, Foley i Fiechtner (1999), kao i Company i Ball (2010).

Wells i Fewtrell (2006) smatraju da je manje precizan od DEXA, da za procjenu sastava cijelog tijela i metod mjerjenja kožnih nabora i BIA imaju ograničenja, te navode da se primjenom kombinacije obje metode može smanjiti vjerovatnoća greške, što treba imati u vidu jer podaci dobijeni utvrđivanjem strukture tijela daju uvid u trenutno stanje i predstavljaju polaznu osnovu za planiranje i programiranje treninga i vježbanja kako bi se postigli ili očuvali optimalni i poželjni odnosi različitih tipova tkiva.

Pogrešna procjena debljine potkožnog masnog tkiva, a time i cjelokupnog udjela masti primjenom

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

metode mjerjenja kožnih nabora, pri čemu su kao glavni problemi istaknuti nemogućnost palpacije razgraničenja mast-mišić i nemogućnost pouzdanog mjerjenja kod jako gojaznih osoba dokumentovana je i u ranijim istraživanjima (Brozek, Kinsey, 1960; Himes, Roche, i Siervogel, 1979). Kao nedostaci ove metode još se navode kompresija potkožnog masnog tkiva tokom mjerjenja i mogućnost mjerjenja samo na određenim tačkama (Lohman, 1981; Burkinshaw, Jones i Krupowics, 1973).

Metod mjerjenja kožnih nabora jednostavan je brz i informativan, ali ima ograničenja kod jako gojaznih osoba kao i kod značajnog odstupanja regionalne distribucije tkiva u odnosu na prosječne osobe, stoga su razvijene standardizovane jednačine koje na osnovu vrijednosti kožnih nabora, a prema polu, starosti i drugoj prirodi populacije (fizička aktivnost, specifična bolest, rasa) izračunavaju postotak masnog tkiva: posebne jednačine za odrasle (Jackson i Pollock, 1982), posebne jednačine za muškarce (Jackson i Pollock, 1978), za žensku populaciju (Jackson, Pollock i

Ward 1980), posebne formule za sportiste (Sinning, Dolney i Little, 1985; Forsyth i Sinning, 1973; Sinning, 1974; Pollock, Gettman, Jackson, Ayres, Ward, i Linnerud, 1977), a posebne za sportiskinje (Sinning, 1978; Meleski, Shoup, i Malina, 1982; Sinning i Wilson, 1984 i Mayhew, Clark, McKeown, i Montaldi, 1985). Budući da jednačine koje su razvijene za jedan uzorak nije uvjek moguće sa velikom pouzdanošću primijeniti na drugom uzorku, razvijane su posebne formule za određene sportove: za trkače dugoprugaše (Pollock, Gettman, Jackson, Ayres, Ward, i Linnerud, 1977), rvače (Sinning, 1974), gimnastičarke (Sinning, 1978), plivačice (Meleski, Shoup, i Malina, 1982) i sl.

Ovo istraživanje provedeno je sa ciljem utvrđivanja validnosti primjene metoda izračunavanja postotka masnog tkiva na osnovu metode mjerjenja kožnih nabora u odnosu na metodu bioelektrične impedance kod kajakaša i kanuista slalomaša, radi odabira i praktične primjene odgovarajuće metode, njene tačnosti i preciznosti u njihovom trenražnom procesu.

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

METODE ISTRAŽIVANJA

Uzorak ispitanika činili su sportisti - 49 kajakaša i kanuista muškog pola, uzrasta $19,9 \pm 1,7$ godina, učesnika evropskog prvenstva u kajak kanu slalomu u kategoriji juniora i mlađih seniora. Ispitanici su bili predstavnici Njemačke, Poljske, Slovačke, Slovenije i Hrvatske i bili su normalnog zdravstvenog statusa i dobrovoljno su pristupili istraživanju. Budući da su ispitanici vrhunsku kajakaši i kanuisti koji su putem izbornih trka obezbijedili mjesto u nacionalnim selekcijama, te da navedene reprezentacije predstavljaju najkonkurentnije timove ovdje je riječ o uzorku koji je dugi niz godina bio uključen u trenažni proces.

Istraživanje je provedeno u jutarnjim satima tri dana prije početka prvenstva u kabinetu za antropomotoriku na Fakultetu fizičkog vaspitanja i sporta u Banjoj Luci. Instrumenti su bili standardne izrade i baždareni. Zbog načina uzimanja podataka, ispitanici su bili obućeni u donji veš i bez čarapa, nisu konzumirali alkohol najmanje 72h, hranu i tečnost najmanje 4 sata, nisu vježbali najmanje

12h prije mjerena, niti su bili korisnici diuretika.

Za prikupljanje podataka o tjelesnoj visini ispitanika korišten je antropometar po Martinu, prema protokolu i metodama mjerena antropometrijskih dimenzija po IBP-u. Antropometrijsko procjenjivanje gustine tijela i sadržaja masti u strukturi sastava tijela i gornjih ekstremiteta određivan je pomoću metoda bioelektrične impedance i analizatora tjelesne kompozicije marke Tanita model BC 418-MA III (Tanita, Tokyo, Japan) propuštanjem niske struje $800 \mu\text{amp}$ kroz tijelo ispitanika. Mjerenje je izvršeno u protokolom predviđenim uslovima (temperatura prostorije $22 - 24^\circ\text{C}$ u mirnom okruženju) prema protokolu pripreme za mjerenje. Budući da se postotak masnog tkiva prema Siriju, Brožeku i Džekson i Poloku određuje prema jednačinama, prije utvrđivanja postotka masnog tkiva bilo je potrebno utvrditi vrijednosti kožnih nabora (tricepsni, pektoralni, midaksilarni, abdominalni, suprailijačni, supraskapularni i natkoljeni) i vrijednost tjelesne gustine na osnovu jednačina sa

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

kožnim naborima. Metoda mjerena kožnih nabora rađena je pomoću Harpendenovog kalipera sa mjernim rasponom od 0 do 40mm prema IBP standardu.

Za utvrđivanje postotka masnog tkiva ispitanika korištena je metoda bioelektrične impedance i metoda kožnih

nabora. Specifičnost metode kožnih nabora je u tome što postoje različite formule različitih autora za procjenu postotka masnog tkiva, koje se sve baziraju na istoj formuli proračuna tjelesne gustine a za potrebe ovog istraživanja korištene su sljedeće formule:

- a) Mast (%) = $(4.95/BD-4.5)*100$ muškarci (Siri, 1957; prema: Sudarov i Fratić 2010)
- b) Mast (%) = $(4.57/BD-4.142)*100$ (Brožek i sar.1963)
- c) Mast (%) = $0.29288 * \Sigma 4 - 0.0005 * (\Sigma 4)^2 + 0.15845 * A - 5.76377$, (Jason i Pollock, 1985)

Za formule po Siriu i Brožeku bilo je potrebno utvrditi vrijednost sedam kožnih nabora: tricepsni, pektoralni, midaksilarni, abdominalni, suprailijačni, supraskapularni i natkoljeni kožni nabor, dok je za formulu po Jason i Pollock bilo potrebno utvrditi vrijednosti četiri kožna

nabora (mm): abdominalni, tricepsni, natkoljeni i suprailijačni kožni nabor. Iz priloženog se vidi da sve tri formule pri izračunavanju postotka masti koriste A (godine ispitanika) i BD - tjelesnu gustinu koja je izračunata pomoću jednačine za muškarce (18 do 29 godina) prema Džekson i Poloku (1978):

$$BD = 1.12 - 0.00043499 * \Sigma 7 + 0.00000055 * (\Sigma 7)^2 - 0.00028826 * A.$$

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

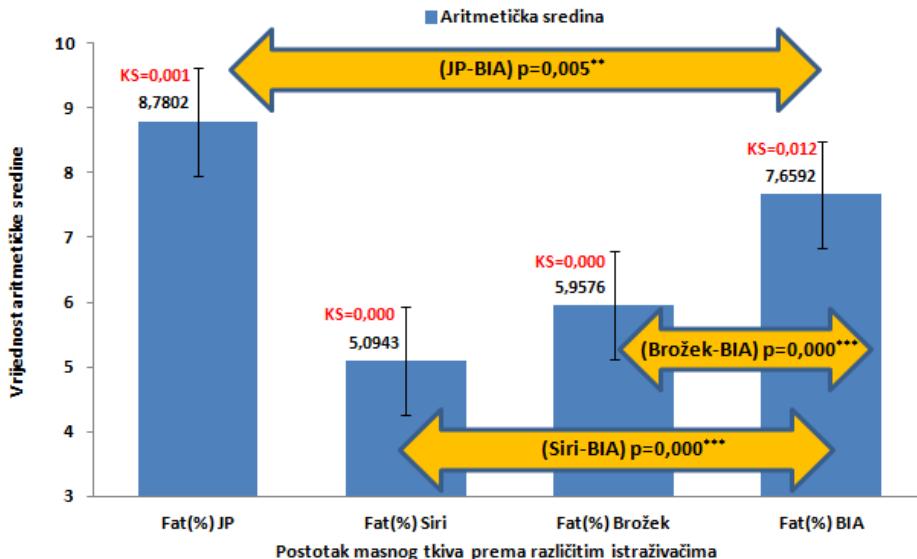
Statistička analiza

Za statističku obradu podataka primijenjene su metode deskriptivne statistike, Kolmogorov-Smirnov test za utvrđivanje normalnosti distribucije, korelacija između metoda kožnih nabora i BIA metodom određene su Spearmanovim koeficijentom korelacije, a Wilcoxon test je korišten za poređenje

vrijednosti postotka masnog tkiva dobijenih antropometrijskim i metodom BIA. Kao statistički značajne uzimane su vrijednosti u kojima je $p < 0.05$. Svi eksperimentalni podaci su analizirani korišćenjem SPSS verzija 20.0 statistički softver (SPSS Inc ,IBM- Preduzeće , Chicago, IL , SAD).

REZULTATI

Grafikon 1. Postotak masnog tkiva prema različitim metodama



Legenda: osa Y aritmetička sredina \pm standardna devijacija; KS – Kologorov-Smirnov test (statistička značajnost); p – Statistička značajnost Wilcoxon testa za uparene uzorke; Fat(%) JP - postotak masnog tkiva po Jackson i Pollock-u; Fat(%) Siri - postotak masnog tkiva po Siri-u; Fat(%) Brožek - postotak masnog tkiva po Brožeku; Fat(%)BIA- postotak masnog tkiva prema BIA

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

Razlika aritmetičkih sredina mjerenih na osnovu metodama prema Siriju i Brožeku (5,09; 5,96) znatno je manja od rezultata dobijenih tehnikom bioelektrične impedanse BIA (7,66), dok su najveće vrijednosti postotka masnog tkiva pokazali rezultati mjereni metodom po Džekson Poloku (8,78). Najveću grešku aritmetičke sredine pokazuje metod BIA (0,63) pa metod po Džekson Poloku (0,57) dok standardne greške aritmetičke sredine metoda prema Siriju i Brožeku imaju manje vrijednosti (0,50) odnosno (0,46). Normalnost raspodjele testirana (Grafikon 1) je Kolmogorov-Smirnov-im testom normalnosti koji je pokazao da niti jedna od posmatranih metoda nema normalnu raspodjelu, što je očekivano obzirom na selektiranu grupu kajakaša i kanuista.

Provjera stepena povezanosti metoda za utvrđivanje postotka masnog tkiva izvršena je korelacionom analizom po Spirmanu. Dobijeni rezultat ukazuje da koeficijent ima statistički značajnu vrijednost na nivou značajnosti $p=0.01$ tj. 99%. Koeficijent korelacije metode BIA (MT (%) BIA) sa metodama po Siriju i Brožeku (MT(%) Siri i MT(%) Brožek) iznosi 0.667, što predstavlja veoma visoku povezanost, dok je sa metodom prema

Džekson Poluku (MT(%) JP) nešto niža 0.636. Dobijene vrijednosti jednačinama po Siriju i Brožeku u potpunosti koreliraju, dok je Spirmanov koeficijent obije metode u odnosu na metod jednačine po Džekson Poloku $r=0.975$.

Dakle, nakon provedene analize koeficijenta korelacije postotka masnog tkiva utvrđenog primjenom tri različite metode, može se konstatovati da je uočena visoka statistička povezanost varijabli.

Wilcoxon test pokazao je postojanje značajnih razlika u dobijenim vrijednostima antropometrijskim metodama u odnosu na bioelektričnu impedancu BIA. Poređenjem medijana MT(%) JP i MT(%) BIA (7.50 odnosno 6.80) pokazalo je da metod BIA pokazuje statistički značajno ($p=0.005$) manje vrijednosti postotka masnog tkiva u odnosu na metod po Džekson Poloku. Sa druge strane uporedivanjem medijana MT(%) Siri (4.20) i MT(%) Brožek (5.13) sa MT(%) BIA (6.80) pokazalo je da postoji statistički značajna razlika ($p < 0.001$). Metod BIA pokazuje statistički značajno veće vrijednosti postotka masnog tkiva u odnosu na dva metoda na osnovu sedam kožnih nabora.(Grafikon1).

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

DISKUSIJA

U ovom istraživanju upoređena su četiri metode za procjenu postotka masnog tkiva u tjelesnoj strukturi: tri koje se zasnivaju na metodi mjerjenja kožnih nabora i metoda bioelektrične impedanse. Zajedničke karakteristike su im da su neinvazivne, jednostavne, brze i relativno jeftine.

Prema korelacionoj analizi uočena je visoka povezanost metoda: antropometrijske metode po Siriu i Brožeku su u potpunoj korelaciji (1.000), obje metode sa metodom po Džekson Poloku imaju neznatno niži koeficijent $\rho=0.975$, dok sve tri metode imaju visok nivo korelacijske sa metodom BIA, što ukazuje na to da postoji mogućnost prognoziranja jedne varijable na osnovu druge. Dobijeni rezultati su u skladu sa ranijim istraživanjima (Jackson, Pollock, Graves i Mahar 1988; Baščevan, Vučetić, i Rodić, 2011; Utter i sar. 2001; Ostojić, 2006).

Wilcoxon test pokazao je postojanje značajnih razlika u dobijenim vrijednostima antropometrijskim metodama u odnosu na metod BIA. Metode mjerjenja po Siriu i Brožeku imaju statistički značajno niže vrijednosti

postotka masnog tkiva dok je metod po Džekson Poloku pokazao statistički značajno više vrijednosti u odnosu na BIA. Do sličnih rezultata se došlo i u drugim istraživanjima (Knechtle, B., Knechtle, P., i Rosemann, 2011; Michailidis, Methenitis, i Michailidis, 2013). Osnovno pitanje koje se nameće je koja je od ovih metoda preciznija i validnija?

U brojnim istraživanjima je potvrđena pouzdanost bioelektrične impedanse u odnosu na hidrodenziometriju Keller i Katch (1985); Lukaski i sar.(1985); Jackson, Pollock, Graves, i Mahar, (1988). Preciznost i validnost bioelektrične impedanse u odnosu na platzmografiju zapremine cijelog tijela ADP ustanovili su Macias, Alemán-Mateo, Esparza-Romero i Valencia (2007). Preciznost BIA sistema u odnosu na DEXA ustanovili su u mnogim istraživanjima (Wang, Zhang i sar. 2013; Fornetti, Pivarnik, Foley i Fiechtner 1999; Company i Ball (2010)). Kad su u pitanju antropometrijski metodi koji se zasnivaju na jednačinama na osnovu kojih se izračunava postotak masnog tkiva preko kožnih nabora takođe

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

kroz brojna istraživanja pokazuju dosljednost i da koreliraju sa metodom DEXA (Lintsi, Kaarma i Kull, 2004; Bowden i sar. 2005). Tu je pokazano da metodi kožnih nabora imaju značajno viši koeficijent korelacije sa metodom DEXA od metoda BIA. Ovo se donekle može objasniti razvojem brojnih jednačina za izračunavanje postotka masnog tkiva preko kožnih nabora, koje su specijalizovane za tačno određenu populaciju prema polu (Jackson i Pollock, 1982), posebno za muškarce (Jackson i Pollock, 1978), a posebne za žene (Jackson i Pollock, 1980) ili prema aktivnosti (Sinning, Dolney, i Little 1985; Forsyth i Sinning, 1973; Sinning, 1974; Pollock, i sar. 1977). Sa druge strane neka istraživanja su ukazala na nepreciznost ovih jednačina u odnosu na metodu DEXA i ADP (Silva, Fields, Quitério, i Sardinha, 2009) gdje je zaključeno je da ovi antropometrijski metodi nisu validni za procjenu i praćenje promjene postotka masti i nemasnog tkiva kod visokotreniranih džudista prije i poslije takmičenja. Brodie, Moscrip, Hutcheon (1998) opsežnim istraživanjem velikog broja radova koji su se bavili raznim sistemima za procjenu tjelesne

kompozicije uključujući hemijske, električne, fizičke i antropometrijske, zaključuju da su sofisticirani uređaji procjene tjelesne strukture poput kompjuterizovanih tomografskih skenera dostupni uglavnom velikim institutima sa visokim budžetima. Međutim, pronalaze da je kliničko iskustvo brojnih nutricionista pokazalo da je moguće veoma uspješno primjeniti niskobudžetne metode koje su brze i neinvazivne.

U ovom istraživanju iako metode prema Siriu i Brožeku visoko koreliraju sa metodom po Džekson Poloku, sa druge strane izmjerene su statistički značajno više, odnosno niže vrijednosti u odnosu na BIA. Ovo istraživanje je pokazalo da u slučaju vrhunskih kajakaša i kanuista slalomaša koji su učestvovali u istraživanju, sve jednačine ne pokazuju jednaku vrijednost. Naravno, potrebno je osvrnuti se na moguće faktore koji su mogli doprinijeti ovakvim rezultatima. Na vrijednosti postotka masnog tkiva za dobijene rezultate metodom kožnih nabora prema Siriju, Brožeku i Džekson i Poloku moglo je uticati način mjerjenja prilikom koga je postojala mogućnost greške iako je obavljena od strane istog mjerioca, te neravnomjerna distribucija

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

tkiva srazmjerno specifičnosti sporta, dok je na rezultate dobijene BIA metodom mogla uticati nedovoljna pripremljenost sportista za izvođenje mjerena (mjerenje je obavljeno tri dana prije takmičenja a svaki od sportista ima posebne pripreme za takmičenje na koje se nije smjelo uticati – suplementacija, režim ishrane i hidratacije, raspored treninga i dr.). Takođe, treba uzeti u obzir da je ovo bilo istraživanje transverzalnog tipa i specifičnost uzorka na kome je istraživanje provedeno, jer se radilo o sportistima koji su dugi niz godina

podvrgnuti trenažnom porocesu, te da bi se dobili validniji rezultati ovakvih istraživanja bilo bi poželjno ovakva mjerenja provoditi znatno češće na istoj populaciju sportista. Istraživanje je pokazalo da bi na ovom uzorku ispitanika, ukoliko nema mogućnosti za korištenje neke od sofisticiranih metoda tipa BIA metode, zadovoljavajuća metoda mogla biti bilo koja od tri posmatrane metode mjerenja kožnih nabora. Bitno je da se uvijek upotrebljuje ista metoda. Naravno, ova tvrdnja se ne može generalisati.

ZAKLJUČAK

Danas postoje specifične jednačine za računanje postotka masti antropometrijskim metodama za pojedine sportove. Razvijanjem posebne jednačine za kajakaše i kanuiste pomoglo bi da se preciznije određuje procenat masti ovom najjeftinjom i najmobilnijom metodom.

Takođe, pokazano je da se u sportskom treningu kajakaša i kanuista, u zavisnosti od finansijskih mogućnosti, ukoliko se želi konstantno pratiti postotak masnog tkiva sportista, postoji mogućost izbora između dvije metode utvrđivanja

postotka masnog tkiva – pomoću Body composition analyser-a ili mjereći kožne nabore kaliperom pa utvrđujući postotak masnog tkiva preko formule prema Džekson Poloku te Siriu i Brožku. Gledano sa praktične strane jasno je da se zbog praktičnosti i jednostavnosti mjerenja te brzini dobijanja podataka prednost daje metodi bioelektrične impedance. Međutim kada se sagleda ekonomska situaciju u sportu, te da cijena aparta za mjerenje bioelektrične impedance, za naše prilike i nije mala,

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

mjerenje tjelesne strukture metodama preko kožnih nabora sigurno je dovoljno validno i pristupačnije. Ako je riječ o manjim grupama sportista i ako mjerenja izvodi isti mjerilac istim kaliperom mogućnost pogreške se još više smanjuje. Da bi se sa sigurnošću moglo govoriti

koja je od mjerenih metoda najvalidnija za procjenu tjelesne kompozicije u kajak kanu sportu, bilo bi potrebno obuhvatiti mnogo veći uzorak i uporediti obrađene metode sa najpreciznijim metodama poput DEXA, ADP ili hidrodenziometrijom.

LITERATURA

1. Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 20(7-8), 716-727.
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.005>
PMid:15212756
2. Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 42(3), 227-249.
<https://doi.org/10.2165/11597140-000000000-00000>
PMid:22303996
3. Baščvan, S., Vučetič, V., & Rodić, S. (2011). Comparison of different methods for assessment body composition. U: S. Simović (Ur.), 2nd international scientific congress "Anthropological aspects of sport, physical education and recreation". 2, str. 165-169. Banja Luka: Faculty of Physical Education and Sport
4. Bielik, V., Messias, L.H., Vajda, M., Lopata, P., Chudý, J., & Manchado-Gobatto, F. (2019). Is the aerobic power a delimitating factor for performance on canoe slalom?: An analysis of Olympic Slovak canoe slalom medalists and non-Olympics since Beijing 2008 to Rio 2016. *Journal of Human Sport and Exercise*, 14, 876-892.
<https://doi.org/10.14198/jhse.2019.144.16>
5. Bowden, R. G., Lanning, B. A., Doyle, E. I., Johnston, H. M., Nassar, E. I., Slonaker, B., Scanes, G., & Rasmussen, C. (2005). Comparison of body composition measures to dual-energy x-ray absorptiometry. *Journal of Exercise Physiology Online*, 8(2), 1-9.

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

6. Brodie, D., Moscrip, V., & Hutcheon, R. (1998). Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 14(3), 296-310.
[https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(97\)00474-7](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(97)00474-7)
7. Brozek, J., & Kinsey, W. (1960). Age changes in skinfold compressibility. *Journal of Gerontology*, 15 (1), 45-51. <https://doi.org/10.1093/geronj/15.1.45>
<https://doi.org/10.1093/geronj/15.1.45>
PMid:13805108
8. Brozek, J., Grande, F., & Anderson, J.T. (1963). Densiometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110, 113-140.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x>
PMid:14062375
9. Burkinshaw, L., Jones, P., & Krupowicz, D. (1973). Observer Error in Skinfold Thickness Measurements. *Human Biology*, 45(2), 273-279. Retrieved November 6, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/41459867>
10. Company, J. & Ball, S. (2010). Body Composition Comparison: Bioelectric Impedance Analysis with Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Adult Athletes, *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 14(3), 186-201
<https://doi.org/10.1080/1091367X.2010.497449>
11. Ferrari, H. G., Messias, L., Reis, I., Gobatto, C. A., Sousa, F., Serra, C., & Manchado-Gobatto, F. B. (2017). Aerobic Evaluation in Elite Slalom Kayakers Using a Tethered Canoe System: A New Proposal. *International journal of sports physiology and performance*, 12(7), 864-871.
<https://doi.org/10.1123/ijsspp.2016-0272>
PMid:27918656
12. Fornetti, W. C., Pivarnik, J. M., Foley, J. M., & Fiechtner, J.J. (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *Journal of Applied Physiology*, (Bethesda, Md.: 1985), 87(3), 1114-1122.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1999.87.3.1114>
PMid:10484585
13. Forsyth, H. L., & Sinning, W. E. (1973). The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Medicine and science in sports*, 5(3), 174-180.
<https://doi.org/10.1249/00005768-197323000-00015>
PMid:4747639
14. Gollnick P. D. (1985). Metabolism of substrates: energy substrate metabolism during exercise and as modified by training. *Federation proceedings*, 44(2), 353-357.

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

15. Hagner-Derengowska, M., Hagner, W., Zubrzycki, I., Krakowiak, H., Słomko, W., Dzierżanowski, M., Rakowski, A., & Wiącek-Zubrzycka, M. (2014). Body structure and composition of canoeists and kayakers: analysis of junior and teenage polish national canoeing team. *Biology of sport*, 31(4), 323-326.
<https://doi.org/10.5604/20831862.1133937>
PMid:25609891 PMCid:PMC4296839
16. Hamano, S., Ochi, E., Tsuchiya, Y., Muramatsu, E., Suzukawa, K., & Igawa, S. (2015). Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers. *Open access journal of sports medicine*, 6, 191-199.
<https://doi.org/10.2147/OAJSM.S82295>
PMid:26150737 PMCid:PMC4480586
17. Himes, J. H., Roche, A. F., & Siervogel, R. M. (1979). Compressibility of skinfolds and the measurement of subcutaneous fatness. *The American journal of clinical nutrition*, 32(8), 1734-1740.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/32.8.1734>
PMid:463811
18. Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497-504.
<https://doi.org/10.1079/BJN19780152>
PMid:718832
19. Jackson, A. S., Pollock, M. L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 175-181.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198023000-00009>
PMid:7402053
20. Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1982). Steps towards the development of generalised equations for predicting body composition of adults. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 7(3), 189-196.
21. Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1985). Practical Assessment of Body Composition. *The Physician and Sportsmedicine*, 13(5), 76-90.
<https://doi.org/10.1080/00913847.1985.11708790>
PMid:27463295
22. Jackson, A. S., Pollock, M. L., Graves, J. E., & Mahar, M. T. (1988). Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.:1985), 64(2), 529-534.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.2.529>
PMid:3372410

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

23. Kameyama, O., Shibano, K., Kawakita, H., Ogawa, R., & Kumamoto, M. (1999). Medical check of competitive canoeists. *Journal of Orthopaedic Science*, 4(4), 243-249.
<https://doi.org/10.1007/s007760050099>
PMid:10436270
24. Keller, B., & Katch, F.I. (1985). Validity of bioelectrical resistive impedance for estimation of body fat in lean males. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17 (2), 272.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198504000-00404>
25. Knechtle, B., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2011). Upper body skinfold thickness is related to race performance in male Ironman triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 32(1), 20-27.
<https://doi.org/10.1055/s-0030-1268435>
PMid:21110283
26. Lintsi, M., Kaarma, H., & Kull, I. (2004). Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 24(2), 85-90.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2004.00534.x>
PMid:15056180
27. Lohman T. G. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biology*, 53(2), 181-225.
28. Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *The American journal of clinical nutrition*, 41(4), 810-817.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/41.4.810>
PMid:3984933
29. Lundström, P., Borgen, J. S., & McKenzie, D. (2019). The canoe/kayak athlete. In D. McKenzie, & B. Berglund, *Handbook of Sports Medicine and Science Canoeing* (pp. 40-46). Hoboken, NJ : Wiley-Blackwell.
<https://doi.org/10.1002/9781119097198.ch3>
30. Macias, N., Alemán-Mateo, H., Esparza-Romero, J., & Valencia, M.E. (2007). Body fat measurement by bioelectrical impedance and air displacement plethysmography: a cross-validation study to design bioelectrical impedance equations in Mexican adults. *Nutrition Journal*, 6, 18.
<https://doi.org/10.1186/1475-2891-6-18>
PMid:17697388 PMCid:PMC2020472
31. Macdermid, P. W., Osborne, A., & Stannard, S. R. (2019). Mechanical Work and Physiological Responses to Simulated Flat Water Slalom Kayaking. *Frontiers in physiology*, 10, 260.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00260>
PMid:30949065 PMCid:PMC6436605

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

32. Malina R. M. (2007). Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clinics in sports medicine*, 26(1), 37-68.
<https://doi.org/10.1016/j.csm.2006.11.004>
PMid:17241914
33. Manchado-Gobatto, F. B., Arnosti Vieira, N., Dalcheco Messias, L. H., Ferrari, H. G., Borin, J. P., de Carvalho Andrade, V., & Terezani, D. R. (2014). Anaerobic threshold and critical velocity parameters determined by specific tests of canoe slalom: Effects of monitored training. *Science & Sports*, 29(4), pp. e55-e58.
<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2014.04.006>
34. Mayhew, J. L., Clark, B. A., McKeown, B. C., & Montaldi, D. H. (1985). Accuracy of anthropometric equations for estimating body composition in female athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 25(3), 120-126.
35. Meleski, B. W., Shoup, R. F., & Malina, R. M. (1982). Size, physique, and body composition of competitive female swimmers 11 through 20 years of age. *Human biology*, 54(3), 609-625.
36. Messias, L. H. D., dos Reis, I. G. M., Ferrari, H. G., & de Barros Manchado-Gobatto, F. (2014). Physiological, psychological and biomechanical parameters applied in canoe slalom training: a review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1), 24-41.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868700>
37. Messias, L. H., Ferrari, H. G., Sousa, F. A., Dos Reis, I. G., Serra, C. C., Gobatto, C. A., & Manchado-Gobatto, F. B. (2015). All-out Test in Tethered Canoe System can Determine Anaerobic Parameters of Elite Kayakers. *International journal of sports medicine*, 36(10), 803-808.
<https://doi.org/10.1055/s-0035-1548766>
PMid:26038882
38. Michailidis, Y., Methenitis, S., & Michailidis, C. (2013). A comparison of arm to leg bioelectrical impedance and skinfolds in assessing body fat in professional soccer players. *Journal of Sport and Human Performance*, 1(4):8-13.
<https://doi.org/10.12922/18>
39. Ostojic, S.M. (2006). Estimation of body fat in athletes: skinfolds vs bioelectrical impedance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46, 442-446.
40. Pollock, M. L., Gettman, L. R., Jackson, A., Ayres, J., Ward, A., & Linnerud, A. C. (1977). Body composition of elite class distance runners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301, 361-370.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1977.tb38213.x>
PMid:270927
41. Silva, A.M, Fields, D.A., Quitério, A.L, & Sardinha, L.B. (2009). Are Skinfold-Based Models Accurate and Suitable for Assessing Changes in Body Composition in Highly Trained Athletes? *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1688-1696.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3f0e4>
PMid:19675495

Pašić, G., Grahovac, G., & Trivun, M. (2020). Komparacija metoda utvrđivanja postotka masnog tkiva na uzorku kajakaša i kanuista slalomnika. *Sportlogia* 16 (1), 92-109.
<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.pgt>

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

42. Sinning, W.E. (1974). Body composition assessment of college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 6(2), 139-145
<https://doi.org/10.1249/00005768-197400620-00026>
43. Sining, W.E. (1978). Anthropometric estimation of body density, fat and lean body weight in women gymnast. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 10(4), 243-249
44. Sining, W.E., Dolney, D.G., & Little, K.D. (1985). Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athlete. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17(1), 124-130.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198502000-00020>
45. Sining, W.E., & Wilson, J.W. (1984). Validity of "generalized" equations for body composition analysis in women athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55:2, 153-160.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1984.10608392>
46. Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid space and density. In J. Brozek & A. Hanschel (Eds.1961), *Techniques for measuring body composition* (pp. 223-244). Washington, DC: National Academy of Science.
47. Sudarov, N & Fratrić, F. (2010). *Dijagnostika treniranosti sportista* [Diagnostic of athletes]. Novi Sad, RS: Pokrajinski zavod za sport.
48. Utter, A.C., Scott, J.R., Oppiger, R.A., Visich, P.S., Goss, F.L., Marks, B.L., Nieman, D.C., & Smith, B.W. (2001). A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and skinfolds in assessing body fat in collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 157-160.
[https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2001\)015<0157:ACOLTL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2001)015<0157:ACOLTL>2.0.CO;2)
<https://doi.org/10.1519/00124278-200105000-00001>
PMid:11710398
49. Zamparo, P., Tomadini, S., Didone, F., Grazzina, F., Rejc, E., & Capelli, C. (2006). Bioenergetics of a slalom kayak (K1) competition. *International journal of sports medicine*, 27(07), 546-552.
<https://doi.org/10.1055/s-2005-865922>
PMid:16802250
50. Wang, J. G., Zhang, Y., Chen, H. E., Li, Y., Cheng, X. G., Xu, L., Guo, Z., Zhao, X. S., Sato, T., Cao, Q. Y., Chen, K. M., & Li, B. (2013). Comparison of two bioelectrical impedance analysis devices with dual energy X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in the estimation of body composition. *Journal of strength and conditioning research*, 27(1), 236-243.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824f2040>
PMid:22344056
51. Wells, J. C., & Fewtrell, M. S. (2006). Measuring body composition. *Archives of disease in childhood*, 91(7), 612-617.
<https://doi.org/10.1136/adc.2005.085522>
PMid:16790722 PMCID:PMC2082845

KOMPARACIJA METODA UTVRĐIVANJA POSTOTKA MASNOG TKIVA NA UZORKU KAJAKAŠA I KANUISTA SLALOMAŠA

ABSTRACT

Determining body structure in physical culture, sports, but also in sports recreation is one of the ways to check effectiveness of certain training programs and their impact on a percentage of subcutaneous fat and fat-free components. This study was conducted on a sample of 49 kayakers and slalom canoeists (aged 19.9 ± 1.7 years), and the aim was to compare validity of methods for estimating percentage of body fat based on the skinfold measurement method in relation to the bioelectrical impedance method for application in diagnostics within a training process of slalom kayakers and slalom canoeists. The percentage of body fat was determined by methods of determining the percentage of body fat according to Siri (1961), Brozek et al. (1963), Jackson, & Pollock, (1985) and the BIA bioelectrical impedance method. After statistical procedures, correlation analysis revealed a high correlation between the methods: anthropometric methods according to Siri and Brozek, both methods with the Jackson Pollock method, while all three methods have a high level of correlation with the BIA method, while the Wilcoxon test showed that the bioelectrical impedance method had statistically significantly higher values than the method of determining the percentage of body fat according to Siri & Brozek ($p < 0.001$), and significantly lower than the method of determining the percentage of body fat according to Jackson Pollock ($p = 0.005$). The research showed that in the observed sample of respondents, when it comes to one respondent, a group of respondents, respondents within one sport or an uneven sample of non-athletes, if it is not possible to use some of the more sophisticated BIA methods, a satisfactory method could be the skinfold measurement method.

Keywords: *skinfold measurement method, bioelectrical impedance, body fat, kayak canoe slalom*

Primljeno: 07.11.2020.

Odobreno: 12.11.2020.

Korespondencija:
dr Goran Pašić

Docent na Univerzitetu u Banjoj Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta
Bulevar vojvode Petra Bojovića 1 A, 78 000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina
Tel.: 00387 65 932 714.
E-mail: gorandelmonte@yahoo.it

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

*EFFECT OF AEROBIC EXERCISE ON BODY COMPOSITION OF OVERWEIGHT FEMALE;
INSPIRING UNIVERSITY STUDENTS TO PRACTICE
AND RECEIVE MORE ADVANTAGEOUS WAY OF LIFE*

Razia Nawaz¹, Wasim Khan¹, Ratko Pavlović², Tasleem Arif³ i Sardar Nasir Sohail¹

¹ Odjeljenje za sportske nauke i fizičko vaspitanje, Gomal Univerzitet, D.I. Khan, Pakistan

² Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, BiH

³ Odeljenje za sportske nauke i fizičko vaspitanje, Sarhad univerzitet na nauke i tehnologije Peshawar, Pakistan

ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.nkpas

UDC: 796.035-056.257

Primljeno: 26.06.2020.

Odobreno: 21.09.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 110-125.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija:

Prof.dr Ratko Pavlović, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta

Vuka Karadžića 30, 71126 Lukavica, Bosna i Hercegovina , Tel.:+387 57 320 330

E-mail:pavlovicratko@yahoo.com

SAŽETAK

Istraživanje je provedeno sa ciljem procjenjivanja efekata programa aerobnih vježbi na tjelesni sastav žena sa prekomjernom tjelesnom težinom u dobi od 22 do 27 godina. Uzorak od 30 žena sa prekomjernom težinom u dobi od 22 do 27 godina iz okruga Tonsa (Pandžab), Pakistan bio je uključen u istraživanje. Program vježbanja od četiri sedmice pripremljen je i proveden sa ispitanicama eksperimentalne grupe. Eksperimentalna grupa je podvrgnuta mjerenu antropometrijskim, kao i mjerenu kožnih nabora (3 nabora). Podaci izmjereni prije i poslije programa (kod kontrolne i eksperimentalne grupe) su pažljivo zabilježeni kao baza podataka. Za dobijanje valjanih zaključaka korištene su deskriptivna (srednja i standardna devijacija) i inferencijalna statistika (nezavisni uzorak t-test i upareni uzorak t-test).

Analizom podataka utvrđeno je da je srednja ocjena (EG) prije i poslije programa iznosila 28,66 i 23,5. T-vrijednost tabele je 5,022, a statistička značajnost 0,001 - što je niže od

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

nivoa značajnosti ($P <0,05$), pa se zaključuje da je razlika između prije i poslije pokazala značajne efekte aerobnih vježbi na postotak tjelesne masti kod ispitanica kontrolne grupe. Prema analiziranim podacima, srednja vrijednost post-testova u pogledu postotka tjelesne masti kontrolne grupe iznosila je 28,89, a eksperimentalne grupe 23,5. Statistička značajnost 0,002 i vrijednost t -987 u tabeli prikazuju značajnu statističku razliku indeksa tjelesne mase ($P <0,05$) kod ispitanica kontrolne i eksperimentalne grupe. Dobijeni rezultati su ukazali na to da su aerobne aktivnosti tokom četiri sedmice vježbanja imale značajan efekat na ispitanice sa prekomjernom težinom u smislu smanjenja postotka njihove tjelesne masti. Na osnovu dobjenih rezultata, preporučuje se da se žene sve više uključuju u fizičke aktivnosti i vježbanje.

Ključne riječi: *efekat, aerobno vježbanje, tjelesna kompozicija, prekomjerna težina, studenti, kvalitetniji život.*

INTRODUCTION

Leading a happy and a successful life is the innate quest of all human beings. Good physique and sound health are the prerequisites to satisfy this human desire. One may take part in exercise to achieve optimal physical fitness. It is a matter of common observation that majority of us particularly among female folk leads sedentary life and findings of the research states that in sedentary lifestyle the human health is obviously prone to various unfavorable situations like obesity, weight gain, hypertension and other chronic

diseases (Tudor-Locke, Craig, Thyfault, & Spence 2013). In this regard, participation in some kind of daily exercise occupies its own remarkable role in the maintenance and promotion of good health (Stathi, Fox, Withall, Bentley, & Thompson 2014). Research reveals that people who possesses optimal body composition seems to be healthier and feel better about themselves. It is very much important to know the right body composition and then focus towards the achievement and maintenance of it (Campos,2004).

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

Even though, in our society women are not paying due consideration to the idea of exercise. For some individuals a prompter objective is to look fit and solid. Subsequently, numerous individuals don't get into the endeavors of fitness and solid body. Research suggested that effective management of body composition needs the harmonization of numerous characteristics including proper diet, stress management and more significantly adequate amount of exercise (Slentz, Aiken, Houmard, Bales, Johnson, Tanner, & Kraus, 2005). According to Kang et al. (2002) daily exercise results in the successful management of body composition.

The purpose of controlling body weight is actually a matter of adjusting body fat. In this regard, research reveals that achievement of healthy body composition not solely conform rigid standards of human wellbeing rather exercise is the key to achieve the goal of wellness in life style (Faigenbaum, Chu, Paterno, & Myer 2013).

Several studies confirm that excess amount of body fat cause for various health problems like obesity, cardiovascular diseases (CVD) hypertension and diabetes (Bastien,Poirier, Lemieux, &Després 2014;

Lavie et al., 2016). Viewing upon this notion, result of the research revealed that women who are obese are more likely to suffer from menstrual abnormalities, and complications during pregnancy (Mandviwala, Khalid, &Deswal 2016) which match the findings of the study, conducted by Paladini(Paladini, 2009) found that obese women suffer from respiratory problems and joint diseases and more significantly complications during pregnancy. Study described that reduction of 5-10 % weight loss helped in the control of various heart problems including stroke, diabetes and other weight related disorders (Look AHEAD Research Group, 2016).

Participating in aerobic exercise play a vital role in controlling the weight ranged contributes to promoting mental and physical health as well. Health conscious people should take active part in physical activities to diminish anxiety, stress, and depression. They will sleep well, and feel much better and relaxed throughout the day. Lowry et al. (2000) recommended that 30 to 40 minutes' vigorous exercises several times per week are probably right for weight management. Regular, aerobic exercise is necessary for the survival of evolution. It is

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

possible to go through life with less physical activity than those in the past decades. Promotes the welfare of the living modern comfort and low energy; however, humans are not genetically adapted to the sedentary lifestyle. Physical activities initiate various adjustments inside skeletal muscles and the cardiorespiratory framework, all of which giving positive results to the counteractive action and treatment of numerous metabolic issue. Absence of practice ought to rather be seen as "anomalous" and related with various wellbeing dangers.

Keeping in view the brief discussion on the importance and vitality of aerobic exercise with reference to the body composition particularly among women, the researcher conducted a study entitled effects of aerobic exercise on body composition of overweight female aging 22-27 years in District Tonsa (Punjab), Pakistan. The goal of the research is to evaluate the effect of aerobic exercise on body mass index and body fat percentage among overweight females aging 22-27 years.

METHOD AND MATERIALS

The research methodology used in this study is described below.

Research Design

Experimental research provides a systematic and logical method for answering the questions or testing the hypotheses. The experimental method provides a reliable way of studying the relationship between two variables under carefully controlled conditions (Kothari, 2004). Experiments can be conducted either in the laboratory or in the field. Field experiment is more suitable when the researcher wants to minimize the

possibility that people will change their typical behaviour(Frankfort-Nachmias, &Nachmias 2007). Therefore, the researcher adopted field experiment.

Study Participants

Those overweight female who had never exercised were included in the study. For this purpose, thirty (30) volunteer agreed to participate in the study. The health risks of the subjects were verbally

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

inquired because the health conditions of the carefully chosen subjects were critical for the study. Therefore, the researcher put forth considerable attention to some of the major health issues like diabetes, hypertension, asthmatic problems which can make complications during the intervention period.

On the basis of Body Mass Index (BMI), a list of thirty subjects in rank order was prepared. Two identical groups were randomly framed on the basis of even and odd numbers in such a way to associate both the groups according to their BMI. One group was labeled as the Experimental Group (EG) n=15 and the second group was labeled as the Control Group (CG n=15).

Research Instrument

For registering the measurements and personal data of the subjects, the researcher designed a chart in order to measure the anthropometric variables, including age, height and weight. For the purpose, the subjects were asked to mention their age. Measures of Height and weight were recorded with the help of Stadiometer. For three site skin fold measurements (Triceps, Suprailic and Thigh Muscles) Skin

Fold Caliper was used to determine the body fat percentage of the subject.

Pre-test

Keeping in view the related studies pre-test was designed which focused age, height, weight and three Sites Skin Fold measurements. All the qualifying forty subjects underwent pre-test and their age, height, weight and three Sites Skin Folds were measured and recorded on the chart. Body Mass Index (BMI) and Body Composition were computed by standardized formula devised by (AdolpheQuetelet in the 1900's) for calculating the Body mass index of the individual subject weight (Kg) was divided by their height (m) 2. For 3-site skin fold measurements Triceps, Suprailic, and Thigh muscles were measured with the help of Skin Fold Caliper. Participant were required to remove shoes and heavy outfit before the measurements of height and weight. Measurements of each participant were taken by the same evaluator/investigator. The data were recorded and tabulated very carefully for analysis. On the basis of variables body mass Index and body fat percentage of every subject was determined.

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

Research Protocol

A four (04) week exercise protocol which could meet the set objectives of the study was designed and used among females of experimental group. The experiment of aerobic exercises spread over duration of four weeks and applied only on the experimental group ($n=15$). The control group ($n=15$) was given no treatment. Aerobic exercises were selected and four weeks' exercises protocol was formulated to treat the experimental group. A total of four weeks' program was formulated having four training day and three resting days on alternate basis in each week. The recommended detailed program is given in the exercise protocol.

Post-test

The experimental group was subjected to measure the anthropometric as well as 3-site skin fold measurements after the treatment of four weeks' exercise protocol.

Statistical Analysis

The data regarding pre-test of all the subjects were coded and entered into computer carefully. The Body Mass index and body fat percentage of each subject was computed. The data regarding post-test of both groups-control and experimental were carefully recorded and entered into the computer for analyses. For this purpose, both descriptive (mean and standard deviation) and inferential statistics (Independent Samples t-Test and Paired Samples t-Test) were used for analyzing the data.

RESULTS

Descriptive analysis:

Table 1. *Pre-Test-Anthropometric and 3- site skin fold Measurements ($n=30$)*

| Parameters | (CG) Mean \pm SD | (EG) Mean \pm SD | p-value |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Age | $23.55 \pm .992$ | 32.9 ± 1.64 | 0.008 |
| Height (Inches) | 63.85 ± 1.65 | 64.9 ± 2.44 | 0.645 |
| Weight (kg) | 75.2 ± 4.98 | 74.08 ± 6.47 | 0.509 |
| Body Mass Index (kg/m) ² | 29.78 ± 2.48 | 29.88 ± 2.37 | 0.511 |
| Body Fate Percentage | 28.58 ± 2.78 | 29.13 ± 3.96 | 0.513 |

Significant at 0.05 level

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

Data regarding anthropometric characteristics and 3-site skin fold Measurements of Thirty (30) participants are shown in the above table. According to the table 1, the mean age, height and weight of the control group were $23.55 \pm .992$ years, 63.85 ± 1.65 and 75.2 ± 4.98 respectively. Whereas, the mean age, height and weight of the experimental group were 32.9 ± 1.64 , 64.9 ± 2.44 and 74.08 ± 6.47 . Based upon the above measurements, the mean values of the body mass index of control and experimental group were calculated (Kg/m^2)

29.78 ± 2.48 and 29.88 ± 2.37 . Likewise, 3-site skin fold measurements of both the groups were recorded by Skin Fold Caliper and mean values were obtained as 28.58 ± 2.78 and 29.13 ± 3.96 .

To find out the difference in pre-test of control group and experimental group in terms of body mass index and body fat percentage, t-test was applied and the results has showed that there was no statistical significant difference between the two groups($P>0.05$).

Table 2. *Pre and Post-test results of Control Group (CG) and Experimental Group (EG) in Body Mass Index*

| Variable | Control Group (CG) | Mean | SD | t-value | P-Value |
|-----------------|--------------------------------|-------------|-----------|----------------|----------------|
| Body Mass Index | Pre-test | 38.78 | 3.26 | 0.856 | 0.392 |
| | Post-test | 38.86 | 3.21 | | |
| Variable | Experimental Group (EG) | Mean | SD | t-value | P-Value |
| Body Mass Index | Pre-test | 29.74 | 3.26 | 21.56 | 0.003 |
| | Post-test | 26.64 | 3.62 | | |

Significant at 0.05 level

The above table 2 revealed the mean difference in Pre and Post-test results of Control Group (CG) in term of Body Mass Index. Accordingly, the data shown that the mean score of control group in pre and post-

test were found as 38.78 and 38.86. The t-value of the table is 0.856 and P-value is 0.392 which is higher than the significant level ($P>0.05$). Therefore, it is concluded that the difference between Pre and Post-test

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

of Control Group has shown no significant increase in body mass index. The table is also showing the mean difference in Pre and Post-test results of Experimental Group (EG) in term of Body Mass Index. The mean score of (EG) in pre and post-test for BMI were found as 29.74 and 26.64. The t-value

of the table is 21.56 and P-value is 0.003 which is lower than the significant level ($P<0.05$). Therefore, it is concluded that the difference between Pre and Post-test of Control Group has shown significant decrease in body mass index.

Table 3. Mean, Standard Deviation and 't' ratio of Post-test results of Control and Experimental Group in Body Mass Index

| Group | Test | Mean | SD | t-value | P-value |
|--------------|-------------|-------------|-----------|----------------|----------------|
| Control | Post | 38.86 | 3.21 | -21.56 | 0.003 |
| Experimental | Post | 26.64 | 3.62 | | |

Significant at 0.05 level

The above table no 3 shows Mean, Standard Deviation and 't' ratio of Post-test results of Control and Experimental Group in Body Mass Index. According to the analyzed data the mean value of Post-tests regarding BMI of Control Group was 38.86 and Experimental Group was 26.64. The P-value 0.003 and t-value -21.56 in the table depict

the significant statistical difference between the two means of Control and Experimental Group in Body Mass Index ($P<0.05$). Henceforth, it is concluded the four weeks' aerobic exercise protocol has significant effect on overweight females in perspective of decreasing in their body mass index.

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

Table 4. Pre and Post-test results of Control Group (CG) in Body Fat Percentage

| Variable | Control Group (CG) | Mean | SD | t-value | P-Value |
|----------------------|--------------------------------|-------------|-----------|----------------|----------------|
| Body Fat Percentage | Pre-test | 28.18 | 4.12 | -0.988 | 0.346 |
| | Post-test | 28.89 | 2.89 | | |
| Variable | Experimental Group (EG) | Mean | SD | t-value | P-Value |
| Body Fate Percentage | Pre-test | 28.66 | 3.98 | 5.022 | 0.001 |
| | Post-test | 23.5 | 2.6 | | |

Significant at 0.05 level

The table 4 has reveals the mean difference in Pre and Post-test results of Control Group (CG) in term of body fat percentage. The mean score of control group in pre and post-test were found as 28.18 and 28.89. The t-value of the table is -0.988 and P-value is 0.346 which is higher than the significant level ($P>0.05$). Therefore, it is concluded that the difference between Pre and Post-test of Control Group has shown no significant increase in body mass index. From the analysis it can be said that sedentary life style among overweight females produced no significant difference during the duration of experimentation period.

The table is also showing the mean difference in Pre and Post-test results of Experimental Group (EG) in term of body fat percentage. The analyzed data have established that the mean score of (EG) in pre and post-test were found as 28.66 and 23.5. The t-value of the table is 5.022 and P-value is 0.001 which is lower than the significant level ($P<0.05$). Therefore, it is concluded that the difference between Pre and Post-test of Control Group has shown significant effects of aerobic exercises on body fat percentage of overweight females.

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

Table 5. Mean, Standard Deviation and ‘t’ ratio of Post-test results of Control and Experimental Group in Body Fat Percentage

| Group | Test | Mean | SD | t-value | P-value |
|--------------|-------------|-------------|-----------|----------------|----------------|
| Control | Post | 28.89 | 2.89 | -21.87 | 0.002 |
| Experimental | Post | 23.5 | 2.6 | | |

Significant at 0.05 level

The above table 5 is showing Mean, Standard Deviation and ‘t’ ratio of Post-test results of Control and Experimental Group in body fat percentage. According to the analyzed data the mean value of Post-tests regarding body fat percentage of Control Group was 28.89 and Experimental Group was 23.5. The P-value 0.002 and t-value -987 in the table depict the significant statistical difference between the two means of Control and Experimental Group in Body Mass Index ($P<0.05$). Hence, it is concluded that four weeks’ aerobic exercise protocol has significant effect on overweight females in perspective of decreasing in their body fat percentage.

DISCUSSION

In response to first hypothesis, the data revealed that aerobic exercise has positive impact on the body mass index of overweight females aging 22-27 years. It is

additionally proposed by the researcher that a human body needs a five-day practice in seven days, independent of what age group he/she is placed in. The same study has found that a normal exercise keeps our body fit as well as it helps in keeping up our body in a normal weight. In another study, indicated that that exercise expands the blood dissemination of the body and sets the individuals us up for the diligent work throughout the day (Cousins, 2000). Research suggested that short term exercise can avoid incessant ailments and other medical issues identified with lungs and heart (Mostert& Kesselring 2002). General practices help to fortify the heart and the bulk can increment and the weight can be controlled through daily aerobic exercise (Agarwal, 2012).

The second hypotheses revealed that the aerobic exercise has positive effects upon body fat control of overweight females

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

aging, which have been accepted by the analyzed data. These findings are supported by the findings of Halle et al.(1999) who found that taking part in any exercise and use of balance diet are the true benefactors which helps in losing body fat than depending on the calorie restriction. Exercise can avert or even inverse the effects of certain diseases while, another study has concluded that exercise let down blood pressure and the level of cholesterol, which in turn helps in the prevention of

heart attacks (Swain & Franklin 2006; Ciolac et al., 2008).

In summary, regular physical activity appears to confer a health benefit to the people. However, further research is necessary to examine its role in the prevention of different diseases. In particular, large RCTs evaluating the effectiveness of an exercise intervention are required to fully elucidate the importance of regular physical activity for the health status of patients with cancer.

CONCLUSION

Obesity has become a worrying health and social issue. This present study examined this issue to assess the effects of aerobic exercise on body composition of overweight female aging 22-27 years in the vicinity of District Tonsa, Punjab. Accessing to the findings of the study there existed significant effects of four weeks' aerobic exercises with special reference to the body composition among overweight female aging 22-27 years on the targeted population. Likewise, the study has concluded that the aerobic exercise protocol also helps in decrease the ratio of body fat

percentage and body mass index but increase lean body mass.

It has also been concluded that there is a positive relationship between aerobic exercises and overweight women in order to reduce the value of fat in the body. It is consequently to say that aerobic exercise at some level and for a specific duration would be essential to preserve and maintain the complete fitness and anthropometric benefits of exercise among overweight women. A downward trend towards the ignorance of any physical exertion and take a high calorie diet will lead to increases in the value of fat in the body. This research has shown the

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

exercises protocol for those women who are cognizant about their health; they will easily execute the recommended protocol at their home. This study supports the worth of

aerobic exercise in the treatment of obese or overweight women also lighting the importance of aerobic on daily basis.

LIMITATION AND FUTURE SUGGESTIONS

The present study was carried out among the university level students, the researcher is ambitious to inclusion of larger and diverse population would help in adding to the credibility of future research in this area. This study was conducted to assess the effects of aerobic exercise upon females.

Another study be conducted among males. This study was focused to assess the effects of aerobic exercise among age group of 22-27. Similar study may also be carried out on male of different age groups for the improvement in their fitness level of male for healthy society.

ACKNOWLEDGEMENT

We are immensely grateful to all the study participants those who participated in the study.

CONFLICT OF INTEREST

No conflict of interest has been found in the study.

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

REFERENCES

- Agarwal, S. K. (2012). Cardiovascular benefits of exercise. *International journal of general medicine*, 5, 541.
<https://doi.org/10.2147/IJGM.S30113>
PMid:22807642 PMCid:PMC3396114
- Bastien, M., Poirier, P., Lemieux, I., & Després, J. P. (2014). Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. *Progress in cardiovascular diseases*, 56(4), 369-381.
<https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.10.016>
PMid:24438728
- Campos, P. F. (2004). The obesity myth: Why America's obsession with weight is hazardous to your health. Penguin.
- Ciolac, E. G., Guimarães, G. V., Bortolotto, L. A., Doria, E. L., & Bocchi, E. A. (2008). Acute aerobic exercise reduces 24-h ambulatory blood pressure levels in long-term-treated hypertensive patients. *Clinics*, 63(6), 753-758.
<https://doi.org/10.1590/S1807-59322008000600008>
PMid:19060996 PMCid:PMC2664274
- Cousins, S. O. B. (2000)." My Heart Couldn't Take It" Older Women's Beliefs About Exercise Benefits and Risks. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(5), P283-P294.
<https://doi.org/10.1093/geronb/55.5.P283>
PMid:10985293
- Faigenbaum, A. D., Chu, D. A., Paterno, M. V., & Myer, G. D. (2013). Responding to exercise deficit disorder in youth: Integrating wellness care into pediatric physical therapy. *Pediatric physical therapy: the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 25(1), 2.
<https://doi.org/10.1097/PEP.0b013e31827a33f6>
PMid:23288000 PMCid:PMC3538023
- Frankfort-Nachmias, C., & Nachmias, D. (2007). Study guide for research methods in the social sciences. Macmillan.
- Halle, M., Berg, A., Garwers, U., Baumstark, M. W., Knisel, W., Grathwohl, D., ... & Keul, J. (1999). Influence of 4 weeks' intervention by exercise and diet on low-density lipoprotein subfractions in obese men with type 2 diabetes. *Metabolism*, 48(5), 641-644.
[https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(99\)90064-1](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(99)90064-1)
- Kang, H. S., Gutin, B., Barbeau, P., Owens, S., Lemmon, C. R., Allison, J., ... & Le, N. A. (2002). Physical training improves insulin resistance syndrome markers in obese adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 1920-1927.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00010>
-
- Nawaz, R., Khan, W., Pavlović, R., Arif, T., & Sohail, S. (2020) Efekat aerobnih vježbi na tjelesnu građu žena sa prekomjernom težinom, nadahnjujući student da vježbaju i imaju kvalitetniji način života. *Sportlogia*, 16 (1), 110-125. <https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.nkpas> Stranica 122

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

PMid:12471297

Kothari, C. R. (2004). Research methodology: Methods and techniques. New Age International.

Lavie, C. J., De Schutter, A., Parto, P., Jahangir, E., Kokkinos, P., Ortega, F. B., ...&Milani, R. V. (2016). Obesity and prevalence of cardiovascular diseases and prognosis-the obesity paradox updated. Progress in cardiovascular diseases, 58(5), 537-547.

<https://doi.org/10.1016/j.pcad.2016.01.008>

PMid:26826295

Look AHEAD Research Group. (2016). Association of the magnitude of weight loss and changes in physical fitness with long-term cardiovascular disease outcomes in overweight or obese people with type 2 diabetes: a post-hoc analysis of the Look AHEAD randomised clinical trial. *The lancet Diabetes & endocrinology*, 4(11), 913-921.

[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(16\)30162-0](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30162-0)

Lowry, R., Galuska, D. A., Fulton, J. E., Wechsler, H., Kann, L., & Collins, J. L. (2000). Physical activity, food choice, and weight management goals and practices among US college students. *American journal of preventive medicine*, 18(1), 18-27.

[https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(99\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(99)00107-5)

Mandviwala, T., Khalid, U., &Deswal, A. (2016). Obesity and cardiovascular disease: a risk factor or a risk marker?.*Current atherosclerosis reports*, 18(5), 21.

<https://doi.org/10.1007/s11883-016-0575-4>

PMid:26973130

Mostert, S., & Kesselring, J. (2002).Effects of a short-term exercise training program on aerobic fitness, fatigue, health perception and activity level of subjects with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 8(2), 161-168.

<https://doi.org/10.1191/1352458502ms779oa>

PMid:11990874

Paladini, D. (2009). Sonography in obese and overweight pregnant women: clinical, medicolegal and technical issues. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 33(6), 720-729.

<https://doi.org/10.1002/uog.6393>

PMid:19479683

Slentz, C. A., Aiken, L. B., Houmard, J. A., Bales, C. W., Johnson, J. L., Tanner, C. J., ... & Kraus, W. E. (2005). Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *Journal of applied physiology*, 99(4), 1613-1618.

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00124.2005>

PMid:16002776

Stathi, A., Fox, K. R., Withall, J., Bentley, G., & Thompson, J. L. (2014). Promoting physical activity in older adults: A guide for local decision makers. The Avon Network for the Promotion of Active Ageing in the Community. Bath: University of Bath.

Swain, D. P., & Franklin, B. A. (2006). Comparison of cardio-protective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *The American journal of cardiology*, 97(1), 141-147.

<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.07.130>

PMid:16377300

Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Thyfault, J. P., & Spence, J. C. (2013). A step-defined sedentary lifestyle index:< 5000 steps/day. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 38(2), 100-114.

<https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0235>

PMid:23438219

EFEKAT AEROBNIH VJEŽBI NA TJELESNU GRAĐU ŽENA SA PREKOMJERNOM TEŽINOM; NADAHNUJUĆI STUDENTE DA VJEŽBAJU I IMAJU KVALITETNIJI NAČIN ŽIVOTA

SAŽETAK

Istraživanje je provedeno sa ciljem procjenjivanja efekata programa aerobnih vježbi na tjelesni sastav žena sa prekomjernom tjelesnom težinom u dobi od 22 do 27 godina. Uzorak od 30 žena sa prekomjernom težinom u dobi od 22 do 27 godina iz okruga Tonsa (Pandžab), Pakistan bio je uključen u istraživanje. Program vježbanja od četiri sedmice pripremljen je i proveden sa ispitanicama eksperimentalne grupe. Eksperimentalna grupa je podvrgnuta mjerenu antropometrijskim, kao i merenja kožnih nabora (3 nabora). Podaci izmjereni prije i poslije programa (kod kontrolne i eksperimentalne grupe) su pažljivo zabilježeni kao baza podataka. Za dobijanje valjanih zaključaka korištene su deskriptivna (srednja i standardna devijacija) i inferencijalna statistika (nezavisni uzorak t-test i upareni uzorak t-test).

Analizom podataka utvrđeno je da je srednja ocjena (EG) prije i poslije programa iznosila 28,66 i 23,5. T-vrijednost tabele je 5,022, a statistička značajnost 0,001 - što je niže od nivoa značajnosti ($P < 0,05$), pa se zaključuje da je razlika između prije i poslije pokazala značajne efekte aerobnih vježbi na postotak tjelesne masti kod ispitanica kontrolne grupe. Prema analiziranim podacima, srednja vrijednost post-testova u pogledu postotka tjelesne masti kontrolne grupe iznosila je 28,89, a eksperimentalne grupe 23,5. Statistička značajnost 0,002 i vrijednost t -987 u tabeli prikazuju značajnu statističku razliku indeksa tjelesne mase ($P < 0,05$) kod ispitanica kontrolne i eksperimentalne grupe. Dobijeni rezultati su ukazali na to da su aerobne aktivnosti tokom četiri sedmice vježbanja imale značajan efekat na ispitanice sa prekomjernom težinom u smislu smanjenja postotka njihove tjelesne masti. Na osnovu dobjenih rezultata, preporučuje se da se žene sve više uključuju u fizičke aktivnosti i vježbanje.

Ključne riječi: efekat, aerobno vježbanje, tjelesna kompozicija, prekomjerna težina, studenti, kvalitetniji život.

Received: 26.06.2020.

Approved: 21.09.2020.

Korespondencija:
Prof.dr Ratko Pavlović,

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta
Vuka Karadžića 30, 71126 Lukavica, Bosna i Hercegovina . Tel.:+387 57 320 330
E-mail:pavlovicratko@yahoo.com

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

THE DIFFERENCES IN KINEMATIC PARAMETERS OF HAMMER THROW FINALISTS OF
THE 2017 LONDON ATHLETICS WORLD CUP

Ratko Pavlović¹, Javier Lamoneda Prieti² i Emilia Petković³

¹Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, BiH

²Group Physical Activity for Health Promotion, University de Granada Junta de Andalucía. Španija

³Univerzitet u Nišu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Srbija

ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.ppp

UDK: 796.433.4(410)"2017"

Primljeno: 02.07.2020.

Odobreno: 02.10.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 126-148.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija:

Prof.dr. Ratko Pavlović, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Bosna i Hercegovina

Vuka Karadžića 30, 71126 Lukavica, Bosna i Hercegovina , +387 57 320 330

E-mail:pavlovicratko@yahoo.com

SAŽETAK

Bacanje kladiva je motorički vrlo kompleksna bacačka disciplina sa manifestacijom više različitih sila koje nastoje da onemoguće rotaciono kretanje sprave i bacača u projektovanoj sagtalnoj ravni. Kinematicki parametri su jedan od segmenata u analizi atletskih disciplina, uključujući i bacanje kladiva. Cilj studije bio je da se utvrde prostorne i vremenske razlike kinematickih parametara između muških i ženskih finalista, bacača kladiva Svjetskog prvenstva u Londonu. Studija je sprovedena na uzorku 24 finalista Svjetskog prvenstva u Londonu, 2017, sa ciljem analize razlika kinematickih parametara između muških i ženskih bacača kladiva. Da bi se dobili potrebni rezultati primenjen je t-test za male nezavisne uzorke. Rezultati su potvrdili razlike u većini mjerenih parametara ali statistički značajne razlike između muških i ženskih finalista su potvrđene samo u visini izbačaja ($T=2,992$; $p<0,009$). Muški finalisti su bacali kladivo u prosjeku sa visine $1,74\pm0,13m$, a žene sa $1,54\pm0,17m$. Na osnovu dobijenih rezultata kinematickih parametara može se zaključiti da su evidentne kvantitativne i kvalitativne razlike u mjerenim kinematickim parametrima finalista u Londonu, ali da su statistički značajne razlike evidentne samo u visini izbačaja sprave.

Ključne riječi: elitni sportisti, kinematicki parametri, bacanje kladiva, razlike.

Pavlović, R., Prieti, H., & Petković, E. (2020) Razlike u kinematickim parametrima bacača kladiva finalista svjetskog atletskog prvenstva u Londonu, 2017. Godine. *Sportlogia*, 16(1), 126-148.

<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.ppp>

Stranica 126

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

UVOD

Bacanje kladiva je kompleksna disciplina akikličnog tipa, sa ciljem izbačaja sprave na što veću udaljenost u skladu sa propozicijama i pravilima discipline i samog takmičenja. Tehniku karakterišu vrlo brze integrisane rotacije bacača i sprave oko vertikalne osovine u sagitalnoj ravni, gdje se bacač i sprava, kreću od zadnjeg ka prednjem dijelu kruga. U toku rotacionog kretanja takmičar i sprava generišu veliku kinetičku energiju pri maksimalnoj brzini ($>27\text{m/s}$) kratkog vremenskog trajanja u fazi izbačaja (1,6s-2,2s). Trajanje svih okreta zavisi od toga koliko okreta bacač izvodi. Bacanje kladiva utiče na kompletну muskulaturu bacača, primarno na muskulaturuku iramenogpojasa, jačajući unutrašnje i spoljašnje ligamente dominantnih kinetičkih lanaca. Kod takmičara se razvijaju i usavršavaju motoričke sposobnosti, posebno koordinacija, brzina, snaga kao i osjećaj ritma kretanja, tzv. propriocepcija (Pavlović, 2020). Bacačke discipline zahtjevaju viši stepen razvijenosti pojedinih morfoloških dimenzija pa često zbog toga, kod nedovoljno upućenih subjekata,

preovladava mišljenje da su bacači zbog svoje konstitucije manje efikasni u ispoljavanju motoričkih sposobnosti. To ustaljeno mišljenje je itekako pogrešno, jer svi oni oni imaju izrazito visok nivo razvijenosti i manifestacije motoričkih sposobnosti tokom motoričkog kretanja (Milanović, 1997), gdje tjelesna sa različitim procentualnim udjelom zauzima važno mjesto (Ugarković, 1996). Dominantna je mišićna masa (53-56%), zatim koštana masa (18-22%) i potkožno masno tkivo (15-19%). Na osnovu parametara somatotipa kojem kladivaši odgovaraju mezendomorfnom somatotipu. Bacače kladiva u odnosu na ostale atletičare karakteriše veća količina mišićne mase, tako da po Šeldonovoj klasifikaciji bliži mezenomorfnom tipu koji je u pozitivnoj korelaciji sa rezultatskom uspješnošću (Pavlovic, Radinovic, & Jankovic, 2012; Pavlovic, Rakovic, Radic, Simeonov, & Piršl, 2013).

Sa motoričko-funkcionalnog aspekta, bacanje kladiva je prvenstveno inicirano eksplozivnom aktivacijom mišića agonista. Nakon početne aktivacije slijedi period relaksacije a zatim i deceleracije uslijed

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

djelovanja mišića antagonista kao i pasivnog istezanja vezivnog tkiva sa integriranim učešćem pojedinih motoričkih sposobnosti. Za bacanje kladiva karakteristično je da se maksimalna brzina kretanja postiže kroz okrete oko vertikalne osovine u sagitalnoj ravni do momenta izbačaja, što od bacača zahtjeva izoštren kinestetički osjećaj, visok stepen motoričkih sposobnosti, prije svega brzinsku snagu, koordinaciju pokreta, odličnu orijentaciju u toku izvođenja okreta, osjećaj za ritam (Pavlović, 2016). S tim u vezi, smatralo se da četiri okreta izvode niži i tehnički uvježbani (brži) bacači, a tri okreta snažniji bacači. Danas se susreću obje varijante kod svih bacača, a najčešći su bacači sa četiri okreta (Idrizović, 2010, Mihajlović, 2010). Tokom izvođenja okreta razvija se velika centrifugalna sila koja se prenosi nabacača i nastoji ga oboriti tokom projektovanog rotacionog kretanja. Da bi se suprotstavio obaranju i ostao u ravnotežnom položaju, bacač se naginje na suprotnu stranu od kladiva stvarajući tzv. protivtežu, kada bacač proizvodi silu istog intenziteta ali suprotnoga smjera. Brzina kretanja kaudalnog dijela tijela na kraju završnog naprezanja se usporava, a brzina kranijalnog dijela tijela povećava da bi se postigla veća

ugaona brzina sistema, odnosno što veća periferna brzina kladiva u momentu izbačaja (Pavlović, 2016). Veličina nagiba tijela bacača na suprotnu stranu od kladiva zavisi od sopstvene težine bacača, njegove fizičke pripremljenosti i tehničkog majstorstva. Što je veća težina bacača, kao i njegova snaga, to je manji nagib. Idelano bi bilo očuvanje vertikalnog položaja tijela za vrijeme okretanja, ali je to skoro nemoguće. Tome treba težiti, jer ako se osa okretanja ostavi u neizmjenjenom položaju povećava se poluga rotacija kladiva i u konačnom rezultatu povećava se i daljina leta sprave (Stefanović, Bošnjak, 2011). Sa biomehaničkog aspekta, bacačima kladiva je primarno, saopštiti što veću brzinu (kroz okrete) u što kraćem vremenskom intervalu u granicama površine oslonca.

Pored brzine okreta, daljina leta kladiva zavisi i od početne brzine leta, ugla izbačaja i visine tačke izbačaja (Pavlović, 2016, Mercadante, Menezes, Martini, i sar. 2007) od kojih se brzina izbačaja pokazala kao najvažnija (Baronietz, Barclay, & Gathercole, 1997; Štuhec, Vertič, Čoh, 2008). Prema navodima (Maroński, 1991; Bowerman, Freeman, & Vern Gambetta, 1998) povećanjem brzine izbačaja postiže se

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KЛАDIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

dramatično poboljšanje dometa bilo kog projektilnog bacanja, gdje se sa povećanjem brzine za 5% poveća rezultata za 7 metara, a promjenom ugla 5% dužina samo 60cm.

Pored dejstva endogenih faktora na rezultat bacanja, takođe značajan doprinos ostvaruju gravitaciona, centrifugalna i Coriolosova sila. Koristeći računarsko modeliranje za tipične visine izbačaja i optimalne uglove izbačaja kladiva, uticaj rotacije Zemlje na distancu bacanja i sudaranja kladiva sa vazdučnim strujanjima, vazdušnog pritiska, temperature, nadmorske visine i nagiba zemlje (Mizera, & Horváth, 2002), predložili praktična uputstva za korekciju tehnike, pomoću kojih se rezultati postignuti na različitim geografskim širinama ili sa različitim pravcima oslobođanja mogu korigovati formulom koja uključuje efekat zemljine rotacije, što u konačnici uključuje pojave koje utiču na funkcionalni tok krajnje brzine sprave. Susanka, Stepanek, Miskos, & Terauds (1986) su put prostorne putanje glave kladiva i odgovarajućih antropometrijskih tačaka ocjenjivali sa stanovišta pojedinačnih okreta, dvopotporne i jednopotpornе faze i faze izbačaja, proučavajući tangencijalne i komponente ubrzanja kao i sile koje deluju

na spravu. Pri tome je utvrđeno da pozitivni faktori izazivaju povećanje brzine glave kladiva, uključujući više faktora. Dapena, & McDonald (1989) su pomoću trodimenzionalne kinematografije dokazali da je putanja vektora ugaonog momenta, nagib tijela i visina ravni kladiva u odnosu na sistem mase bacača međusobno povezani. Zbog toga neki bacači pri okretima naginju trup nazad držeći visoko dršku kladiva, dok drugi bacači nisko drže dršku kladiva a tokom okreta se naginju naprijed. Dapena, Gutiérrez-Dávila, Soto, & Rojas-Ruiz (2003) analiziraju rezultatsku uspješnost bacanja kladiva kao posljedicu neutralisanje otpora vazdušnog strujanja, uz prepostavku da se centar mase kladiva poklapa sa centrom kugle. Pri izbačaju kladiva koriste trodimenzionalne podatke bacanja muških i ženskih takmičara upotreboom simulacije matametičkog modela.

Dokazali su da predviđanje korištenja pravog centra mase kladiva smanjila odstupanja za muškarce ($2,39 \pm 2,58$ m) i žene ($5,28 \pm 2,88$ m), dok su predviđanja djelovanja otpora vazduha i pravog središta mase kladiva dodatno smanjila odstupanja za muške ($-0,46 \pm 2,63$ m), odnosno ženske bacače ($1,16 \pm 2,31$ m). Polovina gubitka

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

udaljenosti proizvedenog vazdušnim otporom nastala je zbog djelovanja sila na kuglu, a ostatak zbog sila koje su vršene na sajlu i ručicu kladiva. Povećanje sile ispoljene na žicu kladiva pri skretanju presudno je za distancu bacanja. Brice, Ness, Rosemond, Lyons, & Davis (2008) su analizirali pet najboljih hitaca kladiva a proizvedenu silu koja djeluje na glavu kladiva uporedili sa silom koja je izmjerena pomoću aparata naprezanja. Rezultati su pokazali da je kvalitativno vremenska zavisnost dvije sile bila u osnovi ista, dok je kvantitativno prosječna razlika između izmjerениh i izračunatih sila tokom pet bacanja iznosila 76N, što odgovara razlici od 3,8% za silu žice kladiva od 2000N. Takođe Brice, Ness, & Rosemond (2011) analiziraju odnos sile i linearne brzine žice kladiva pri bacanju identificujući uticaj veličine i pravca sile na fluktuaciju brzine kladiva. Rezultati su pokazali snažnu korelaciju između smanjenja linearne brzine i sile žice kladiva, gdje je utvrđena jaka korelacija između ugla pod kojim sila kladiva zaostaje u radijusu rotacije ka svom maksimumu i veličine smanjenja brzine kladiva.

Terzis, Spengos, Kavouras, Manta, & Georgiadis (2019) su utvrdili da je efikasnost bacanja kladiva u visokoj korelaciji sa bezmasnom tjelesnom masom sportiste i većom mineralnom gustinom kostiju, sa preko 66% (>8000) vlakana tipa IIa u mišićnoj strukturi, što je u zavisnosti od nekih drugih endogeno-egzogenih faktora (Ojanen, Rauhala, & Häkkinen, 2007; Judge, Bellar, McAtee, & Judge, 2010). Grupa autora (Mercadante, Menezes, Martini i sar. 2007) analizira razlike kinematičkih parametara (ugao, brzinu, visinu izbačaja, krivu brzine u funkciji vremena) između brazilskih i međunarodnih bacača, počevši od 3D putanje glave kladiva. Rezultati su pokazali rezultatsku inferiornost brazilskih bacača u odnosu na međunarodne bacače, u brzini izbačaja (prosjek 24,59m/s muški i 23,59m/s žene), međunarodni (prosjek 29,60m/s muški i 28,89m/s žene). Krive brzine u funkciji vremena međunarodnih bacača u poređenju sa brazilskim uzorkom pokazuju da su ubrzanja veća, a usporavanje manje tokom skretanja. Konz, & Hunter (2015) na uzorku 16 elitnih bacača Svjetskog atletskog finala 2003 i 13 elitnih američkih bacača realizuju istraživanje sa ciljem utvrđivanja razlika u

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

tehnici bacanja između polova. Rezultati su potvrdili da je masa sportista, visina atletičara, brzina izbačaja, neke vremenske komponente i centripetalna sila različiti među polovima. Panoutsakopoulos, Vujkov, & Obradović (2012) istražuju povezanost između trajanja i distance bacanja kladiva sa tri i četiri okreta, a odnos između trajanja faza bacanja i performansi bacanja kladiva ispituju adekvatnim korelacijama. Rezultati su pokazali da postoji visoka i snažna korelacija između trajanja bacanja sprave i distance bacanja za bacače sa 4 okreta ($r= .83$; $p<0,01$) i 3 okreta ($r=-.96$; $p<0,01$). Tehnički posmatrano, većina bacača je prosječno više vremena u jednopotpornom nego u dvopotpornom osloncu, gdje je potvrđen inverzan odnos distance bacanja sa ukupnim trajanjem okreta. Pavlović (2020) na uzorku finalista Svjetskog prvenstva u Daegu, 2011. godine analizira razlike muških i ženskih bacača kladiva u vremenskim i prostornim kinematičkim parametrima. Rezultati studije potvrdili su razlike u svim definisanim parametrima, dok

su statistički značajne razlike evidentirane samo u brzini izbačaja ($p<0,004$) i brzini četvrtog okreta ($p<0,002$) u korist muškaraca. Muškarci su bacali prosječnom brzinom izbačaja $27,91\text{m/s}$ pri prosječnoj brzini okreta $4,67\text{m/s}$, a žene $27,17\text{m/s}$, sa prosječnom brzinom okreta $4,03\text{m/s}$. Posljedice razlika mogu se tražiti u dužini treninga, različitom procesu treniranja, iskustvu takmičara, morfološkom profilu, motoričkim i anatomske strukturama, tehnici pokreta, biomehaničkim parametrima koji nisu uzeti u obzir tokom istraživanja. Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja, a trgom prethodnih rezultata, kao i mogućih pozitivnih ili negativnih trendova u razvoju ove discipline sa aspekta kvalitativnih i kvantitativnih promjena definisan je cilj aktuelnog istraživanja. Cilj istraživanja je bio da se utvrde, evidentiraju i analiziraju eventualne statistički značajne razlike u definisanim kinematičkim parametrima između muških i ženskih bacača kladiva finalista Svjetskog atletskog prvenstva u Londonu 2017. godine.

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

METOD RADA

Uzorak istraživanja uključuje 24 elitna bacača kladiva (12 muških bacača, prosječni rezultat $76,78 \pm 1,65$ m i 12 ženskih bacača, prosječni rezultat $72,33 \pm 3,29$ m) učesnika Svjetskog atletskog prvenstva u Londonu 2017. godine (Dinsdale, Thomas, & Bissas, 2018).

Definisani kinematički parametri uzorka finalista preuzetisu sa oficijelnog sajta IAAF

(https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre*) čime se potvrđuje njihova originalnost i validnost. Za potrebe istraživanja procjenjivani su sljedeći kinematički parametri bacača kladiva:

1. Startna brzina (m/s)
2. Brzina izbačaja (m/s)
3. Visina izbačaja (m)
4. Ugao izbačaja ($^{\circ}$)
5. Povećanje brzine kroz okrete (m/s):
 - a) Okret 1 (m/s); b) Okret 2 (m/s); c) Okret 3 (m/s); d) Okret 4 (m/s)
6. Dužina putanja kretanja kladiva (m):
 - a) Okret 1 (m); b) Okret 2 (m); c) Okret 3 (m); d) Okret 4 (m)
7. Trajanje okreta (s):
 - a) Okret 1 (s); b) Okret 2 (s); c) Okret 3 (s); d) Okret 4 (s)

Podaci kinematičkih parametara učesnika finala su prezentovani u Tabeli 1. Primjenom odgovarajućih statističkih procedura dobijeni rezultati u istraživanju su prezentovani kao aritmetička sredina (Mean) i standardna devijacija (SD). Za dobijanje

neophodnih informacija u pogledu eventualnih razlika korišćen je nezavisni T-test za male uzorke ($p<0,001$). Za obradu podataka primjenjen je statistički program Statistica 10.0.

**RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA
BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG
PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE**

Tabela 1. Kinematicki parametri muških i ženskih finalista Svjetskog prvenstva u Londonu, 2017. (Dinsdale, Thomas, & Bissas, 2017)

| Result mean 76,78m | Rezultat (m) | Visina izbačaja (m) | Startna brzina (m/s) | Povećanje brzine kroz okrete (m/s) | | | | Brzina izbačaja (m/s) | Ugao izbačaja (°) | Dužina putanje kretanja kladiva (m) | | | | Trajanje okreta (s) | | | |
|--------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------------|----------------------|--|---------|---------|---------|------------------------|---------|---------|---------|
| | | | | Okret 1 | Okret 2 | Okret 3 | Okret 4 | | | Okret 1 | Okret 2 | Okret 3 | Okret 4 | Okret 1 | Okret 2 | Okret 3 | Okret 4 |
| Fajdek | 79,81 | 1,69 | 14,6 | 5,2 | 3,8 | 3,1 | 0,9 | 27,7 | 46,2 | 10,6 | 10,1 | 10,9 | 12,3 | 0,66 | 0,50 | 0,45 | 0,48 |
| Pronkin | 78,16 | 1,82 | 17,4 | 4,5 | 2,3 | 3,4 | - | 27,6 | 41,9 | 12,5 | 9,8 | 13,3 | - | 0,57 | 0,45 | 0,54 | - |
| Nowicki | 78,03 | 1,96 | 15,9 | 4,4 | 3,2 | 2,2 | 2,4 | 28,1 | 39,1 | 10,9 | 10,6 | 11,3 | 13,1 | 0,65 | 0,52 | 0,48 | 0,52 |
| Bigot | 77,67 | 1,57 | 16,7 | 4,7 | 2,1 | 1,5 | 2,5 | 27,6 | 39,7 | 9,76 | 10,6 | 11,3 | 13,1 | 0,54 | 0,48 | 0,42 | 0,50 |
| Sokyrskii | 77,50 | 1,57 | 14,7 | 6,3 | 3,7 | 1,8 | 0,9 | 27,4 | 40,9 | 10,9 | 11,4 | 10,8 | 8,3 | 0,64 | 0,52 | 0,44 | 0,44 |
| Miller | 77,31 | 1,76 | 16,7 | 4,5 | 2,5 | 1,8 | 1,8 | 27,4 | 42,1 | 11,2 | 10,4 | 10,4 | 11,2 | 0,61 | 0,48 | 0,44 | 0,46 |
| Nazarov | 77,22 | 1,86 | 15,6 | 5,7 | 2,2 | 1,5 | 1,9 | 27,1 | 43,0 | 10,3 | 10,7 | 10,6 | 13,3 | 0,60 | 0,51 | 0,46 | 0,54 |
| Marghiev | 75,87 | 1,83 | 15,3 | 5,0 | 2,5 | 1,3 | 2,9 | 27,1 | 42,3 | 9,7 | 10,0 | 10,4 | 11,7 | 0,57 | 0,48 | 0,45 | 0,48 |
| Bareisha | 75,86 | 1,64 | 15,1 | 5,1 | 3,7 | 2,0 | 1,3 | 27,2 | 44,7 | 11,3 | 10,0 | 10,5 | 12,8 | 0,66 | 0,47 | 0,43 | 0,51 |
| Lingua* | 75,13 | 1,58 | 13,6 | 5,9 | 3,0 | 2,2 | 1,6 | 27,3 | 39,5 | 10,7 | 11,0 | 10,8 | 10,6 | 0,72 | 0,58 | 0,49 | 0,44 |
| Halasz | 74,45 | 1,78 | 15,2 | 5,1 | 3,5 | 1,7 | 2,0 | 27,5 | 36,7 | 11,6 | 10,2 | 10,7 | 13,5 | 0,71 | 0,51 | 0,48 | 0,55 |
| Baltaci | 74,39 | 1,77 | 14,3 | 4,9 | 3,0 | 2,6 | 2,1 | 26,9 | 39,3 | 10,6 | 9,6 | 9,5 | 12,5 | 0,68 | 0,50 | 0,44 | 0,52 |
| Result mean 72,33m | Rezultat (m) | Visina izbačaja (m) | Startna brzina (m/s) | Povećanje brzine kroz okrete (m/s) | | | | Brzina izbačaja (m/s) | Ugao izbačaja (°) | Dužina putanje kretanja kladiva (m) | | | | Trajanje okreta (s) | | | |
| Wlodarczyk | 77,90 | 1,80 | 16,1 | 4,3 | 2,6 | 1,6 | 3,5 | 28,3 | 41,8 | 11,2 | 10,0 | 10,9 | 12,1 | 0,64 | 0,49 | 0,48 | 0,48 |
| Wang | 75,98 | 1,85 | 17,5 | 4,3 | 2,4 | 1,5 | 2,2 | 28,0 | 38,5 | 10,4 | 9,5 | 9,7 | 11,5 | 0,55 | 0,44 | 0,40 | 0,45 |
| Kopron | 74,76 | 1,40 | 15,6 | 5,5 | 2,9 | 2,4 | 1,3 | 27,8 | 39,7 | 9,5 | 9,8 | 10,0 | 11,8 | 0,56 | 0,46 | 0,42 | 0,46 |
| Zhang | 74,53 | 1,24 | 15,6 | 4,9 | 3,1 | 2,3 | 1,7 | 27,6 | 41,6 | 11,3 | 11,1 | 10,9 | 11,8 | 0,64 | 0,52 | 0,46 | 0,46 |
| Skydan | 73,38 | 1,64 | 15,1 | 5,0 | 3,0 | 1,3 | 3,8 | 27,8 | 36,9 | 11,3 | 11,5 | 10,4 | 14,2 | 0,68 | 0,57 | 0,48 | 0,60 |
| Fiodorow | 73,04 | 1,41 | 16,7 | 4,5 | 2,0 | 1,6 | 2,9 | 27,8 | 39,2 | 10,9 | 9,5 | 10,3 | 10,9 | 0,60 | 0,44 | 0,44 | 0,44 |
| Hitchon | 72,32 | 1,54 | 15,6 | 5,5 | 3,0 | 1,9 | 0,9 | 26,9 | 40,3 | 10,4 | 9,6 | 9,4 | 13,5 | 0,58 | 0,45 | 0,40 | 0,53 |
| Šafrankova | 71,34 | 1,69 | 15,5 | 5,8 | 2,6 | 1,5 | 1,3 | 26,8 | 44,4 | 11,9 | 10,7 | 11,5 | 11,7 | 0,66 | 0,50 | 0,50 | 0,48 |
| Price | 70,04 | 1,27 | 15,1 | 3,6 | 2,9 | 2,2 | 2,9 | 26,9 | 38,5 | 11,1 | 9,4 | 9,4 | 11,1 | 0,67 | 0,48 | 0,42 | 0,46 |
| Malyshik | 69,43 | 1,48 | 15,2 | 5,5 | 3,0 | 1,6 | 1,3 | 26,7 | 42,9 | 9,7 | 11,0 | 10,1 | 12,9 | 0,57 | 0,53 | 0,44 | 0,52 |
| Klaas | 68,91 | 1,47 | 16,6 | 4,8 | 3,0 | 1,2 | 0,6 | 26,3 | 42,8 | 10,5 | 9,9 | 10,9 | 10,6 | 0,57 | 0,45 | 0,44 | 0,42 |
| Tavernier | 66,31 | 1,64 | 16,9 | 4,3 | 2,3 | 1,9 | 0,5 | 26,0 | 41,2 | 10,7 | 10,7 | 11,1 | 11,0 | 0,58 | 0,50 | 0,48 | 0,46 |

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

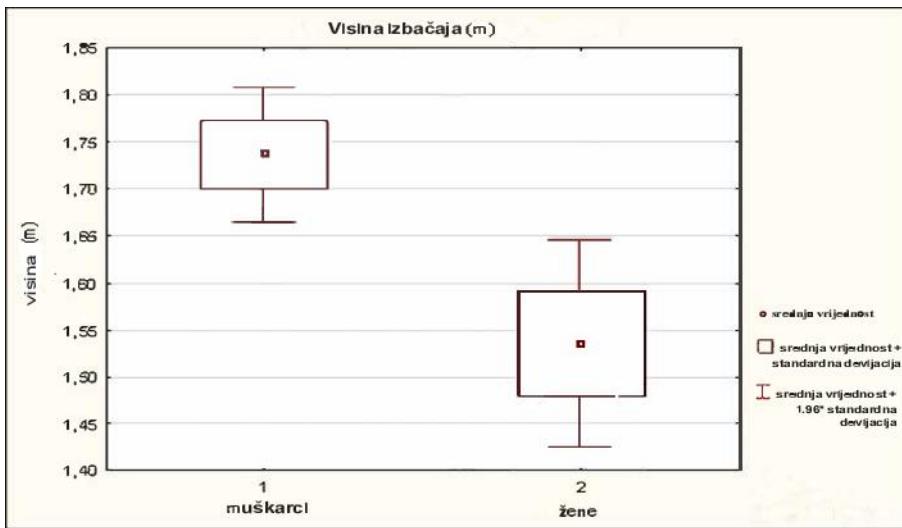
REZULTAT

Tabela 2. Razlike između kinematičkih parametara muških i ženskih bacača kladiva (SP, London, 2017)

| | Pol | Mean | t-value | p - (2-sided) | CI% -95,00-95,00 |
|--|---------|----------------------|---------|---------------|---------------------|
| Startna brzina (m/s) | Muški | 15,43±1,10 | -1,520 | 0,144 | -1,41 to 0,22 |
| | Ženski | 16,02±0,79 | | | |
| Povećanje brzine kroz okrete (m/s) | Okret 1 | Muški 5,11±0,59 | 1,011 | 0,321 | -0,27 to 0,79 |
| | | Ženski 4,85±0,66 | | | |
| | Okret 2 | Muški 2,96±0,63 | 1,069 | 0,303 | -0,21 to 0,65 |
| | | Ženski 2,74±0,36 | | | |
| | Okret 3 | Muški 2,09±0,65 | 1,526 | 0,143 | -0,12 to 0,79 |
| | | Ženski 1,76±0,39 | | | |
| | Okret 4 | Muški 1,11±2,63 | 0,990 | 0,348 | -8,96 to 25,34 |
| | | Ženski 1,92±1,12 | | | |
| Brzina izbačaja (m/s) | Muški | 27,41±0,32 | 0,645 | 0,536 | -0,32 to 0,62 |
| | Ženski | 27,26±0,72 | | | |
| Ugao izbačaja (°) | Muški | 41,28±2,64 | 0,640 | 0,532 | -1,42 to 2,68 |
| | Ženski | 40,65±2,19 | | | |
| Visina izbačaja (m) | Muški | 1,74±0,13 | 2,992 | 0,009** | 0,06 to 0,34 |
| | Ženski | 1,54±0,17 | | | |
| Dužina putanja kretanja kladiva (m) | Okret 1 | Muški 10,84±0,77 | 0,251 | 0,801 | -0,55 to 0,70 |
| | | Ženski 10,76±0,71 | | | |
| | Okret 2 | Muški 10,37±0,52 | 0,554 | 0,597 | -0,40 to 0,68 |
| | | Ženski 10,22±0,74 | | | |
| | Okret 3 | Muški 10,88±0,90 | 1,484 | 0,155 | -0,19 to 1,16 |
| | | Ženski 10,39±0,69 | | | |
| | Okret 4 | Muški 12,04±1,54 | 0,189 | 0,859 | -1,05 to 1,26 |
| | | Ženski 11,93±1,10 | | | |
| Trajanje okreta (m/s) | Okret 1 | Muški 0,63±0,06 | 1,181 | 0,253 | -0,02 to 0,07 |
| | | Ženski 0,61±0,05 | | | |
| | Okret 2 | Muški 0,50±0,03 | 0,938 | 0,362 | -0,02 to 0,05 |
| | | Ženski 0,49±0,04 | | | |
| | Okret 3 | Muški 0,46±0,03 | 0,930 | 0,361 | -0,02 to 0,04 |
| | | Ženski 0,45±0,03 | | | |
| | Okret 4 | Muški 0,49±0,04 | 0,705 | 0,480 | -0,03 to 0,05 |
| | | Ženski 0,48±0,05 | | | |

Abbreviation: Mean (average value), standard deviation (St.Dev), coefficient t-test (t-value), Sig.level (**p<0,001), CI% = confidence interval

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE



Slika 1. Razlike između finalista u visini izbačaja (m)

Analizom numeričkih vrijednosti kinematičkih parametara evidentirane su kvantitativne razlike u svim mjerenim parametrima između finalista različitog pola (Tabela 2). Ženski finalisti su ostvarili veću startnu brzinu (16,02m/s), u odnosu na muškarce (15,43m/s) veću brzinu četvrtog okreta (1,92m/s), prosječno trajanje svih okreta je bilo manje (2,03s), manji izbačajni ugao ($40,65^\circ$) u odnosu na muškarce ($41,20^\circ$) kao i dužu putanju kladiva u trećem okretu (10,88m). U preostalim kinematičkim parametrima muškarci su pokazali bolje vrijednosti numeričkih parametara.

Statistički značajne razlike su evidentirane samo u parametru visina izbačaja ($T=2,992$; $p<0,009$) u korist muških

takmičara (1,74m) naspram ženskih (1,54m) (Tabela 2; Grafikon 1, 5). To se i očekivalo s obzirom na izraženu longitudinalnost u okviru morfološkog statusa muškaraca u odnosu ženske finaliste. Ali isto tako manja longitudinalnost kao i lakša sprava kod žena su omogućile da trajanje svih okreta bude izvedeno u kraćem vremenskom intervalu u odnosu na muškarce (Tabela 2). Prosječna brzina izbačaja kladiva muških finalista u Londonu je bila 27,41m/s što je za samo 0,15m/s brže od ženskih finalista, dok je ugao izbačaja sa minimalnom razlikom (Table 1, 2 Fig. 1). Najveću brzinu izbačaja je ostvario trećeplasirani Nowicki (28,1m/s), koji je bacio kladivo pod uglom $39,1^\circ$ i

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

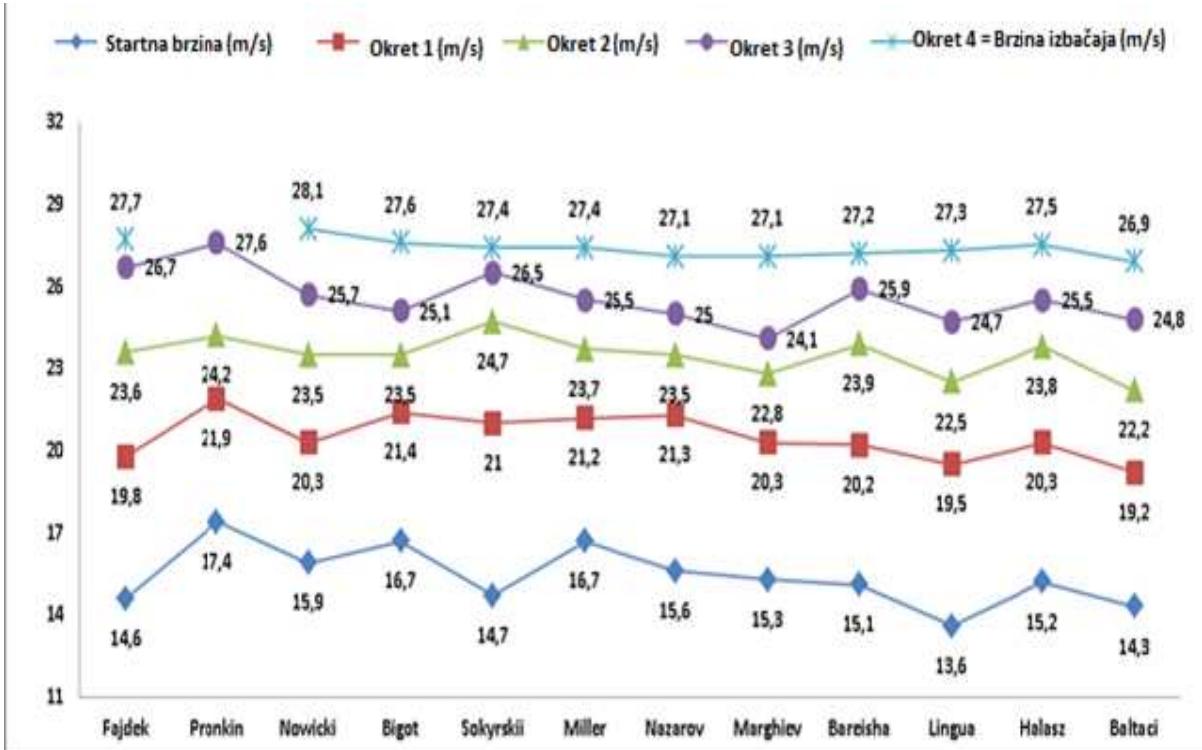
startnom brzinom 15,9m/s, što govori o inverznom odnosu brzine i ugla izbačaja.

Individualna startna brzina muških finalista se kretala od 13,6m/s (Lingua) do 17,4m/s (Pronkin) a brzina izbačaja od 26,9m/s (Baltaci) do 28,1m/s (Nowicki). Muški finalisti su ulazili u prvi okret pri početnoj brzini izmahivanja (startna brzina) od 15,43m/s, a kod izbačaja 27,41m/s. Proizilazi da se u toku četiri okreta brzina povećala za 11,98m/s sa znatnim oscilacijama u brzini svih okreta. Brzina se povećavala sa brojem okreta, što je i cilj svakog bacača kladiva, da u momentu izbačaja brzina bude maksimalna. Kladivo su bacali sa prosječnim uglom izbačaja od $41,3^\circ$, u rasponu od minimalnih $36,7^\circ$ (Halasz) do maksimalnih $46,2^\circ$ (prvoplasirani Fajdek). (Tabela 1, Grafikon4). Muškarci su vršili izbačaj kladiva sa prosječne visine od 1,74m u rasponu od minimalnih 1,57m (Bigot, Sokyrskii) do maksimalnih 1,96m (Nowicki). Muški finalisti su ostvarili dužu prosječnu putanju kladiva kroz okrete (44,13m) prosječnog trajanja (2,08s) od

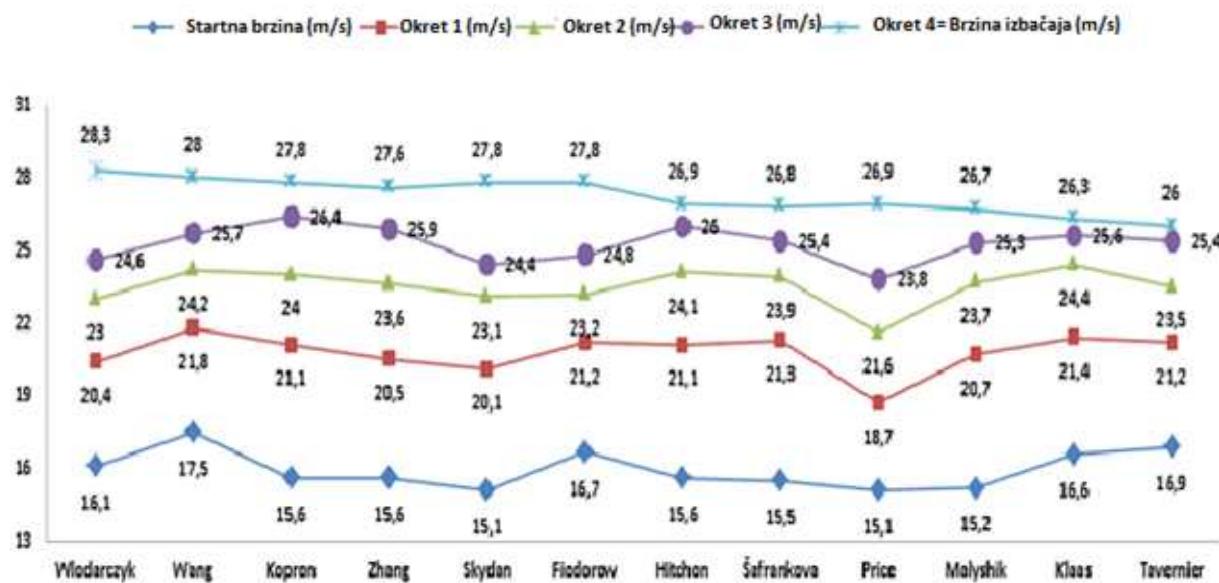
ženskih finalista (43,30m) trajanja 2,03s. Više od 90% finalista su u posljednjem četvrtom okretu ostvarili prosječnu najdužu putanju kladiva (Halasz 13,5m; Skydan 14,2m) (Tabela 1, 2, Grafikon4, 5).

Od ženskih bacača prvoplasirana Włodarczyk je ostvarila najveću početnu brzinu izbačaja kladiva (28,3m/s), pri uglu izbačaja od $41,8^\circ$ i startnoj brzini 16,1m/s. Takođe, žene su ostvarile manju startnu brzinu u odnosu na muške finaliste, u rasponu od 15,1m/s (Skidan, Price) do 17,5m/s (Wang) sa tendencijom porasta brzine u posljednjem okretu. Takođe, žene su bile inferiornije u pogledu pojedinačnih rezultata brzine izbačaja od 26,0m/s (Tavernier) do 28,3m/s (Włodarczyk) i prosječne početne brzine od 16,02m/s (Table 2; Grafikon4, 5). U toku četiri okreta ta brzina se povećala za 11,24m/s sa znatnim oscilacijama u brzini okreta identično kao kod muških finalista. Prosječni izbačajni ugao žena je iznosio $40,65^\circ$, sa maksimalnih $44,4^\circ$ (Šafrankova) i minimalnih $36,9^\circ$ (Skydan).

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE



Grafikon 2. Fluktuacija brzine tokom okreta (muški finalisti)



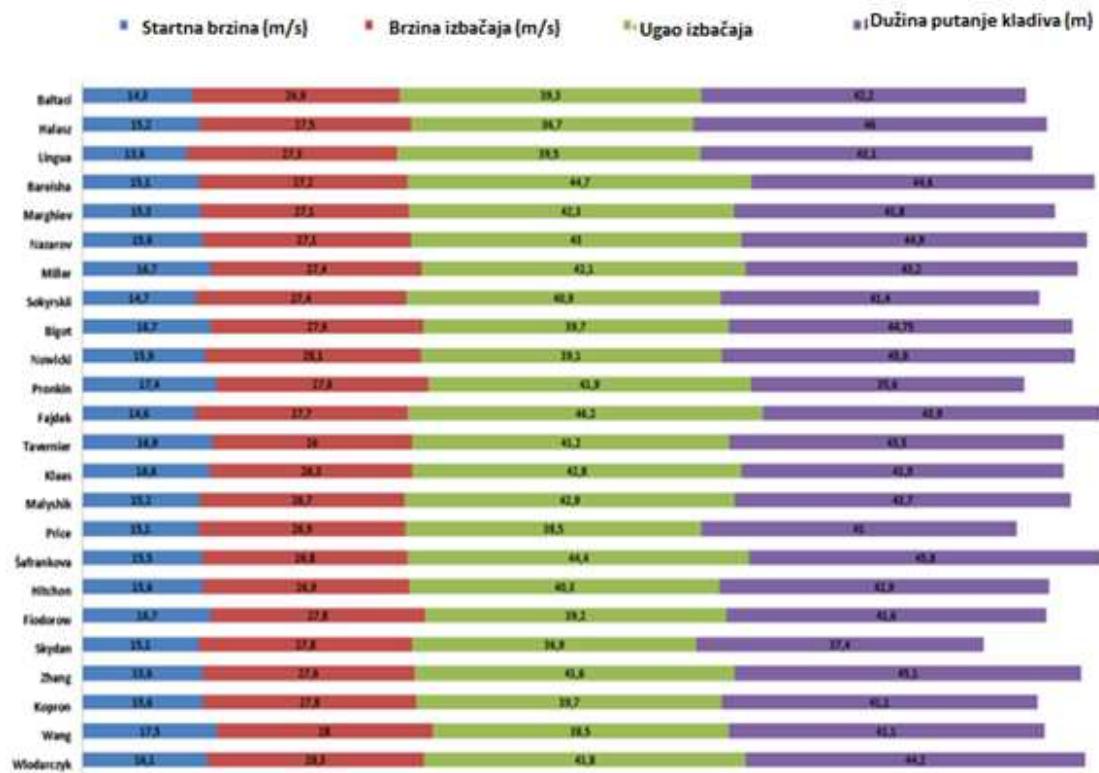
Grafikon 3. Fluktuacija brzine tokom okreta (ženski finalisti)

Pavlović, R., Prieti, H., & Petković, E. (2020) Razlike u kinematičkim parametrima bacača kladiva finalista svjetskog atletskog prvenstva u Londonu, 2017. Godine. *Sportlogia*, 16(1), 126-148.

<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.ppp>

Stranica 137

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE



Grafikon 4. Distribucija individualnih rezultata kinematičkih parametara finalista (startna brzina, brzina izbačaja, ugao izbačaja, putanja kladiva)

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Osnovni cilj istraživanja je bio da se utvrde razlike kinematičkih parametara između muških i ženskih finalista svjetskog atletskog prensvta u Londonu, 2017. godine. Dobijeni su rezultati koji potvrđuju značajne razlike između polova, što predstavlja i

glavni rezultat istraživanja. Međutim, statistički značajna razlika je utvrđena samo kod visine izbačaja (Table 2, Grafikon1). U okviru bacačkih disciplina, bacanje kladiva smatra se jednom od koordinaciono najkompleksnijih takmičenja, u pogledu

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

tehnike i kao i poteškoća koje se javljaju pri obučavanju i stvaranju dinamičkog korektnog stereotipa. Sve to od takmičara zahtjeva učešće različitih sila, harmoničnost pokreta i u zavisnosti je od komponentni trenažnog procesa, kontinuiranog usavršavanja i godina iskustva (Judge, Bellar, Mc Atee i sar. 2010; Saad Fathallah Mohamed Elalem, 2016; Pavlović, 2020). Tehnika bacanja kladiva zavisi od postizanja maksimalne brzine sprave kroz okrete do momenta izbačaja, izbačajnog ugla i visine izbačaja. Tokom tehničke izvedbe, integrisano je rotaciono kretanje gdje prisutno uzajamno djelovanje sistema bacač-kladivo, a koje se konstantno rotira oko osovine koja prolazi između težišta tijela bacača i sprave, kao i kroz oslonac i podlogu. (Maheras, 2009; Shesterova, & Rozhkov, 2018). Svaki pokret započinje početnim izmahivanjem bacača, čime se stvaraju uslovi za ulaz u prvi okret, čime bacač postiže neophodan ritam i dobru koncentraciju koja je od značaja za dalje faze tehnike. Broj izvedenih okreta, prvenstveno zavisi od utreniranosti bacača, njegovih anatomske i fiziološke struktura, motoričkih sposobnosti (Terzis, Spengos, Kavouras, & sar. 2010). Zatim slijede

zamasi, gde se takmičar zajedno sa kladivom rotira oko vertikalne osovine. U toku izmahivanja kladivom saopštava se početna brzina obrtanja (12-16m/s) a zajedničko težište sistema (bacač-kladivo) mora biti u granicama površine oslonca (Mihajlović, 2010; Pavlović, 2016). Rezultati aktuelnog istraživanja su u skladu sa prethodno navedenim, gdje je zabilježena prosječna startna brzina ženskih finalista u Londonu od 16,02m/s, a muških 15,43m/s. U poređenju sa rezultatima istraživanja (Pavlović, 2020) muškarci u Londonu su za 1,26m/s ostvarili manju prosječnu startnu brzinu od finalista u Daegu, a ženski za 0,22s. Prema navodima nekih autora (Panoutsakopoulos, Vujkov, Obradović, 2012; Konz, & Hunter, 2015) u fazi prestizanja sprave, uglavnom je kretanje bacača usmjeren na postizanje što veće brzine okreta, kada bacač i kladivo kao jedan sistem vrše složeno rotaciono kretanje oko svoje vertikalne osovine. Pri tom se zajednički kreću u sagitalnoj ravni kružnog segmenta maksimalnom brzinom, kako bi postigli maksimalnu brzinu djelovanja na spravu u fazi izbačaja (Štuhec, Vertić, & Čoh, 2008). Prosječna brzina izbačaja muških finalista u Londonu (27,41m/s)

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

predstavlja bolji rezultat od ženskih finalista (27,26m/s), ali bez statističke značajnosti (Tabela 2). U poređenju sa muškim finalistima u Daegu, 2011, rezultat muškaraca je manji za 0,50m/s, dok su žene ostvarile veću brzinu od ženskih finalista u Daegu (za 0,9m/s). Iako su razlike u brzini izbačaja numerički male, one imaju pozitivan uticaj na ukupnu dužinu bacanja. Kvalitet okreta bacača je u visokoj korelaciji sa kvalitetom koordinacije i bilježi porast brzine okreta sa linearnim povećanjem jake centrifugalne sile (više od 4000N) utičući na stabilnost bacača i projekciju njegove putanje. Djelovanju sile bacač se suprotstavlja naginjanjem tijela nazad kompenzatornim pokretima kaudalnih ekstermiteta, spuštajući težište tijela (Pavlović, 2016). Da bi se izmahivanje vršilo u što većem radilisu, bacač mekanim pokretima u zglobovima kičmenog stuba i kukova pravi određene zasuke na način kada se kladivo kreće od tijela, bacač vrši pokret karličnim dijelom tijela u suprotnu stranu od sprave, ubrzavajući kladivo, vršeći drugo prethodno izmahivanje stvarajući preduslove za početak drugog ili trećeg zamaha (Idrizović, 2010; Mihajlović, 2010, Stefanović i Bošnjak, 2011; Pavlović, 2020).

Dok se rotira sa spravom, brzina kladiva se postepeno povećava do momenta izbačaja preko 27 m/s sa idealnim izbačajnim uglom 40° , mada neki vrhunski bacači bacaju pod uglom od 38° do 40° (Bowerman i sar.1998; Konz i Hunter, 2015). Međutim, neki autori (Mihajlović, 2010, Stefanović i Bošnjak, 2011; Dapena, 1984) smatraju da ugao zavisi od visine sportiste i kreće se od 42 do 44° što je u suprotnosti sa rezultatima ovog istraživanja. Prosječni izbačajni ugao finalista u Londonu je 41° sa pojedinačnim većim ili manjim vrijednostima takmičara, što je u skladu sa navodima (Pavlović, 2020) i u inverznom je odnosu sa visinom izbačaja sprave. Poznato je da bacanje kladiva karakteriše složenu prostorno-vremensku strukturu, sa ciljem postizanja maksimalnu brzinu pokreta kroz izmahivanja i prelaska u 3, 4 ili 5 okreta, pri tom se linearno krećući kroz centar kružnog segmenta. Takvo kretanje dodatno usložnjava promjene prostorne orijentacije ravni koje definišu putanju kretanja kladiva u svakom okretu (Gutiérrez-Davila, Soto, Rojas-Ruiz, 2002). Svaki bacač u jednom okretu prolazi kroz dvopotporni period (ulazak bacača u okret) i jednopotporni period (izlazak bacača iz okreta). Uobičajeno je mišljenje da se

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

ubrzanje kladiva postiže u fazi dvopotpornog kontakta (vučna sila kladiva usmjerena dolje i naprijed čime se izgrađuje stabilnost bacača i postiže veća brzina kretanja), a ne jednopotpornog (vučna sila kladiva je vrlo jaka i bacač joj se suprotstavlja otklonom trupa koji je suprotan od položaja kladiva). Obje faze su vrlo kratkog trajanja (0,20-0,26s), koje se smanjuju kako se ide od prvog ka četvrtom okretu. (Pavlović, 2020). Takođe se pri okretima smanjuje udaljenost između stopala i povećava brzina, od početnih 16m/s pa do preko 28m/s u momentu izbačaja što je djelomično potvrđeno individualnim rezultatima finalista ovog istraživanja (Table 2, Grafikon 2,3,4). Neki treneri su pokušali produžiti fazu dvopotpornog oslonca da bi poboljšali rezultat (30,31). Teorija je dokazana markiranim fluktuacijom brzine kladiva u svakom dvopotpornom periodu i primjetno smanjenje u jednopotpornom periodu. Međutim Dapena, & McDonald (1989) ovu teoriju dovode u pitanje, jer su dokazali da se brzina povećava i u jednopotpornom periodu smatrajući da uticaj bacača na brzinu kladiva nije negativan, čak i kada bacač vuče kladivo prema tijelu, jer do njega

dolazi sa najviše tačke putanje. Upravo u našem uzorku je prisutna fluktuacija brzine kroz okrete, gdje su muški finalisti zabilježili nešto veću prosječnu brzinu u prvom, drugom i trećem okretu (Turn 1=5,11m/s; Turn 2=2,96m/s; Turn 3=2,09m/s) u odnosu na ženske (Turn 1=4,85m/s; Turn 2=2,74m/s, Turn 3=1,76m/s), a četvrti okret je u dominaciji ženskih finalista (Turn 4=1,92m/s). Ovi rezultati su u suprotnosti sa rezultatima finalista u Daegu, 2011, gdje su žene imale veću brzinu okreta (Pavlović, 2020). Ovi rezultati su posljedica različite sinhronizacije nervno-motorne aktivnosti bacača, propriorecepције, dužine poluga i mase sprave. Prema navodima (Pavlović, 2016; Mihajlović, 2010, Stefanović i Bošnjak, 2011) okretanje kladiva počinje u momentu kada se sprava nalazi sa desne strane bacača, ispod visine ramena. U momentu prelaska preko svoda lijevog stopala, brzina glave kladiva je najveća, a samim tim i najjača centrifugalna sila, šta zahtjeva nagib bacača zbog održanja ravnotežnog položaja. Pri ulasku u prvi okret, ramena i kukovi su paralelni. Međutim kod izlaska iz okreta i prelaskom u jednopotporni period, kukovi se brže kreću,

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

prestići spravu, kako bi se ostvario što brži ponovni dvopotporni period, ujedno završio prvi okret, generišući veliki obrtni moment (Dapena, Mc Donald, 1989). U ovoj fazi bacač nastoji da sinhronizovanim miometrijsko-pliometrijskim mišićnim kontrakcijama preko mišićnih kinetičkih lanaca postigne najbolje anatomsко-biomehaničke parametre za najefikasnijii i najpovoljniji ulazak u naredni okret. Dakle, kladivo u drugi okret mora ući većom brzinom, nego što je to bio ulazak u prvi, što su potvrdili i rezultati ovog istraživanja finalista u Londonu (Tabela 2, Grafikon 2,3). Po istom principu se vrši ulazak i izlazak u naredna tri ili četiri okreta. Ova teorija je potvrđena u našem istraživanju za oba subuzorka, gdje se od startne brzine sa oko 16m/s, brzina izbačaj povećala za 11m/s sukcesivno, iz okreta u okret, sa maksimalnom brzinom u četvrtom okretu u fazi izbačaja (Tabela 1, Grafikon 2, 3, 4), što je u skladu sa istraživanjem (Štuhec, Vertič, Čoh, 2008; Pavlović, 2020]. Muškarci u Londonu su imali veći prosječni porast brzine kroz okrete (11,43m/s) od ženskih finalista (11,24m/s) a takođe su bili uspešniji od finalista u Daegu, 2011. (muški 11,22m/s; žene 10,93m/s). Međutim muški i

ženski finalisti u Daegu su ostvarili veću prosječnu startnu brzinu a takođe i veću prosječnu brzinu izbačaja od finalista u Londonu, što je rezultiralo i boljim plasmanom. Kretanje kladiva se izvodi sa nekoliko izmahivanja koje potom prate okreti u kojima se bacač sinhronizovano rotira, brzina kladiva se konstantno povećava do momenta izbačaja (Maheras, 2009). Posmatra se kružno kretanje kladiva oko bacača, postepena promjena nagiba ravni kretanja kladiva i horizontalna putanja sistema bacač-kladivo unutar kruga. U početnom dijelu bacanja, kladivo je u horizontalnoj putanji od 37° (Stefanović, Bošnjak, 2011), ali postaje strmije kako se brzina povećava i dostiže nagib oko 40° tokom posljednjeg okreta. Bacač zadržava kladivo na svojoj kružnoj putanji a centrifugalna sila, tokom poslednjeg okreta, se prenosi kroz žicu do središta kugle. U okretu žica djeluje jednako i suprotno sili ruku bacača, koja teži da ga povuče naprijed (Dapena, McDonald, 1989; Mihajlović, 2010; Brice, Ness, Rosaemon, 2011). Vremensko trajanje okreta vrhunskih bacača zavisi od broja okreta i prirasta brzine, kreće se od 1,64sec. (sa 3 okreta) do 2,16 sec. (sa 4 okreta). Npr. Murofushi je pri

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLAĐIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

postizanju rezultata preko 80m izveo 4 okreta za 1,96sec, Tikhon za 2,04 sec, itd. Brzina izbačaja, ukoliko je saopštена kladivu pod odgovarajućim uglom, skoro uvijek presudan faktor krajnjeg rezultata (Pavlović, 2016; Idrizović, 2010). Prvoplasirani iz Londona (Fajdek, 79,81m) je bacio kladivo brzinom od 27,7m/s pod uglom 46,2°, dok je prvoplasirana kod žena (Włodarczyk 77,90m) izbacila kladivo brzinom 28,3m/s pod uglom 41,8°. Sve vrijeme je prisutan inverzan odnos brzine izbačaja i ugla izbačaja. Da je brzina izbačaja u inverznom odnosu sa uglom izbačaja potvrđili su rezultati istraživanja finalista Svjetskog prvenstva u Daegu, 2011 (Pavlović, 2020). Kod bacanja kladiva djelovanje na dužem putu nije garant dobrog rezultata, već je neophodno maksimalnu silu saopštiti u najkraćem vremenskom intervalu (Panoutsakopoulos, Vujkov, Obradović, 2012), što je potvrđeno ovim istraživanjem (Tabela 1). Svaki pol ima karakteristike koje doprinose uspehu, jer se javljaju različite antropometrijske razlike između polova koji bacaju kladivo i vjerovatno utiču na optimalnu tehniku (Konz i Hunter, 2015), što se može potvrditi u rezultatima ovog istraživanja. Najviše su vizuelno primjetne

razlike u visini i masi tijela, gdje su muški bacači kladiva tipično viši i imaju veću masu od svojih kolega (Pavlović, i sar. 2012; Pavlović, i sar. 2013). Muško kladivo je proporcionalno masivnije nego žensko kladivo i u odnosu na tjelesnu masu što za posljedicu ima različito savladavanje sile inercije i centrifugalne sile. Zbog toga ženski bacači imaju veću startnu brzinu zbog manje tjelesne mase, kraćeg trupa i manje težine kugle, kao i centra mase rotacije zbog razlike u težini i distribuciji mase tokom okreta i bacanja (Bartonietz, Barclay, Gathercole, 1997; Dapena, Gutiérrez-Dávila, Soto, & Rojas-Ruiz, 2003; Knudsson, 2003) što je takođe potvrđeno u ovom istraživanju, gdje su žene imale u prosjeku veću startnu brzinu (16,02m/s) od muškaraca (15,43m/s) pa im je potrebno manje napora nego muškarcima prilikom suprotstavljanja silama inercije i centrifugalnoj sili (Ransdell, & Well, 1999; Bartonietz, 2004; Dapena, 1986). Istraživanje je realizovano na uzorku od 24 finalista Svjetskog atletskog prvenstva u Londonu 2017. sa ciljem utvrđivanja razlika kinematičkih parametara između muških i ženskih bacača kladiva. Rezultati istraživanja su potvrđili razlike u svim definisanim parametrima, dok su

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

statistički značajne razlike finalista evidentirane samo u visini izbačaja ($T=2,992$; $p<0,009$). Muški finalisti su imali veću visinu izbačaja ($1,74\pm0,13m$) od ženskih finalista ($1,54\pm0,17m$). Dobijeni

rezultati u ovom istraživanju djelomično su u skladu sa rezultatima nekih ranijih istraživanja, što je u zavisnosti od parametara koji se analiziraju.

LITERATURA

Baronietz, K., Barclay, L., & Gathercole, D. (1997). Characteristics of top performances in the women's hammer throw: basics and technique of the world's best athletes. *New Studies in Athletics*, 12(2-3), 101-109.

Brice SM, Ness KF, Rosemond D, Lyons K, & Davis M. (2008). Development and validation of a method to directly measure the cable force during the hammer throw. *Sports Biomechanics*. 7(2), 274-87.
<https://doi.org/10.1080/14763140701841902>
PMid:18610778

Brice, SM., Ness, KF & Rosemond, D. (2011). An analysis of the relationship between the linear hammer speed and the thrower applied forces during the hammer throw for male and female throwers. *Journal Sports Biomechanics*. 10, (3), 174-184.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2011.592210>
PMid:21936287

Bartonietz, K. (2004). Arremesso de martelo: problemas e perspectives. In Zatsiorsky, V.M., Biomecânica no Esporte. (pp 358-380). Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan.

Bowerman, W.J., Freeman, W.H. & Vern Gambetta T.A.C. (1998). Atletika (prevod). Zagreb-Gopal.

Dapena, J. (1986). A Kinematics Study of Center of Mass Motion in the Hammer Throw. *Journal of Biomechanics*, 19(2), 147-158.
[https://doi.org/10.1016/0021-9290\(86\)90144-2](https://doi.org/10.1016/0021-9290(86)90144-2)

Dapena, J., & McDonald, C. (1989). A three-dimensional analysis of angular momentum in the hammer throw. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 21(2), 206-220.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198904000-00015>
PMID: 2709984

Dapena, J., Gutiérrez-Dávila, M., Soto, V & Rojas-Ruiz, F. (2003). Prediction of distance in hammer throwing. *Journal of Sports Sciences* 21 (1), 21-28.

Pavlović, R., Prieti, H., & Petković, E. (2020) Razlike u kinematičkim parametrima bacača kladiva finalista svjetskog atletskog prvenstva u Londonu, 2017. Godine. *Sportlogia*, 16(1), 126-148.
<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.hpp>

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

<https://doi.org/10.1080/0264041031000070921>
PMid:12587888

Dapena, J. (1984). The Pattern of Hammer Speed During a Hammer Throw and Influence of Gravity on its Fluctuations. *Journal of Biomechanics*, 17(8), 553-559.
[https://doi.org/10.1016/0021-9290\(84\)90086-1](https://doi.org/10.1016/0021-9290(84)90086-1)

Dinsdale, A., Thomas, A., and Bissas., A., &Merlino, S. (2018). Biomechanical report for The 14 IAAF World Championship London 2017 Hammer Throw Men's and Women's, Final report Hammer Throw. Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the 14 IAAF World Championship, London, 2018.

Gutiérrez-Davila, M., Soto, V.M., &Rojas-Ruiz, F.J. (2002). A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999.New studies in Athletics, 17 (2), 15-26.

Idrizović, K. (2010). Atletika I,II - udžbenik. Biblioteka biomedicinskih istraživanja.Podgorica.

Judge, L., Bellar, D., McAtee, G., & Judge, M (2010). Predictors of Personal Best Performance in the Hammer Throw for U.S. Collegiate Throwers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*.10, (1), 54-65.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2010.11868501>

Konz, S., &Hunter, I. (2015).Technique Comparison Of Male And Female Hammer Throwers. 33 International Conference of Biomechanics in Sports (2015). Floren Colloud, Mathieu Domalain & Tony Monnet (Editors) Coaching and Sports Activities, pp.1038-1041.

Knudson, D. V. (2003). Fundamentals of Biomechanics New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5298-4>

Milanović, D. (1997).Teorija treninga-priručnik za sportske trenere. Zagreb: Fakultet za kineziologiju.

Mihajlović, I. (2010). Atletika-udžbenik. Novi Sad: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja

Mercadante, LA., Menezes, RP, Martini, TP., Trabanco, JLA., &Leite de Baros, RM (2007). 3D Kinematical Analysis Of The Hammer Throw In Competitions. 25 International Symposium on Biomechanics in Sports, Ouro Preto - Brazil pp.314-31.

Maroński R. (1991). Optimal distance from the implement to the axis of rotation in hammer and discus throws. *J Biomech.* 24(11), 999-1005.
[https://doi.org/10.1016/0021-9290\(91\)90017-H](https://doi.org/10.1016/0021-9290(91)90017-H)

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

Mizera, F, & Horváth, G.(2002). Influence of environmental factors on shot put and hammer throw range. *Journal of Biomechanics*, 35 (6), 785-796.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(02\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(02)00029-5)

Maheras, A. (2009). Reassessing velocity generation in hammer throwing. *New studies in Athletics* 24 (4), 71-80.

Ojanen T, Rauhala T, & Häkkinen K. (2007) Strength and power profiles of the lower and upper extremities in master throwers at different ages. *J Strength Cond Res*. 21(1), 216-222.
<https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00039>
PMid:17313300

Pavlovic, R., Radinovic, Z., & Jankovic, M.(2012). Morphological status of finalists in the throwing disciplines at the Beijing Olympics. *Sportmont*, 10 (34-36), 447-455.

Pavlovic, R., Rakovic, A., Radic, Z., Simeonov, A., & Piršl, D. (2013). Morphological status of female athletes in throwing disciplines at the Olympic games in Beijing. *Research In Physical Education, Sport And Health*, 2 (2), 113-119.

Pavlovic, R. (2016). Atletika 1- udžbenik. Niš.Udruženje književnika Branko Miljković.

Pavlović, R. (2020). Differences in kinematic parameters between male and female hammer throw finalists of the World Championship in Daegu in 2011. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 24(5), 255-263.
<https://doi.org/10.15561/26649837.2020.0506>

Panoutsakopoulos V., Vujkov N., & Obradović B. (2012). The duration of the throw is correlated with the throwing distance in men's and women's hammer throwing with three and four turns. *Modern Athlete and Coach* [Australian Track & Field Coaches Association], 50 (1), 33-39.

Ransdell, L. B., & Well, C. L. (1999). Sex differences in athletic performance. *Woman in Sport & Physical Acitivity Journal*, 8(1), 55-81.
<https://doi.org/10.1123/wspaj.8.1.55>

Stefanović, Đ. & Bošnjak, G (2011). Atletika, filosofsko-naučne osnove i primena u praksi. Banja Luka: Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta.

Susanka, P., Stepanek, J., Miskos, G., & Terauds, J. (1986). Hammer-Athlete Relationship During The Hammer Throw, 4 International Symposium on Biomechanics in Sports, pp.194-200.

Saad Fathallah Mohamed Elalem (2016). Evaluation of Hammer Throw Technique for Faculty of Physical Education Students using DartFish Technology. *Journal of Applied Sports Science*, 6 (2), 80-87.
<https://doi.org/10.21608/jass.2016.84559>

Pavlović, R., Prieti, H., & Petković, E. (2020) Razlike u kinematičkim parametrima bacača kladiva finalista svjetskog atletskog prvenstva u Londonu, 2017. Godine. *Sportlogia*, 16(1), 126-148.
<https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.ppp>

**RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA
BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG
PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE**

Shesterova, L., & Rozhkov, V. (2018). Interrelation of the hammer swing technique with the technique of its previous rotation in highly skilled hammer throwers. *Slobozhanskyi herald of Science and Sport*. 6 (68), 13-16.
<https://doi.org/10.15391/snsv.2018-6.003>

Terzis, G., Spengos, K., Kavouras, S., Manta, P., & Georgiadis G. (2010). Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers. *J Sports Sci Med*. 9 (1), 104-109.
PMID: 24149393

Ugarković, D. (1996). Biologija razvoja čovjeka sa osnovama sportske medicine. Beograd: Fakultet fizičke kulture.

Štuhec, S., Vertič, R., & Čoh, M. (2008). 3D kinematic analysis of the hammer throw-Primož Kozmus. In monograph M.Čoh (ed.), Biomechanical diagnostic methods in athletic training (85-91). Ljubljana: Faculty of Sport, Institute of Kinesiology.

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

ABSTRACT

Hammer throw is motor-wise an extremely complex throwing discipline with the manifestation of several different forces that impede the rotational movement of the device and the thrower in the projected sagittal plane. Kinematic parameters are one of the segments when analyzing athletic disciplines, including hammer throw. This study aims to determine spatial and time differences of kinematic parameters between male and female hammer throw finalists at the 2017 Athletics World Cup in London. The study was conducted on a sample of 24 finalists of the 2017 Athletics World Cup in London, with the aim to analyze the differences in kinematic parameters between male and female hammer throwers. The results were acquired by applying the Independent Sample t-Test. It has confirmed the differences in most of the parameters, except those regarding ejection height ($T=2,992$; $p<0,009$), where it established statistically significant discrepancies between male and female finalists. On average, the male finalists threw a hammer from a height of $1,74\pm0,13m$, and the female finalists from $1,54\pm0,17m$. Based on the obtained results of kinematic parameters, it can be concluded that quantitative and qualitative differences in the measured kinematic parameters of the finalists in London are evident, but that statistically significant differences are recorded only in the ejection height of the device.

Keywords: *elite athletes, kinematic parameters, hammer throw, differences*

Primljeno: 02.07.2020.
Odobreno: 02.10.2020.

Korespondencija:
Prof.dr **Ratko Pavlović**, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Bosna i Hercegovina
Vuka Karadžića 30, 71126 Lukavica, Bosna i Hercegovina , +387 57 320 330
E-mail:pavlovicratko@yahoo.com

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

STRENGTHENING AND STABILIZATION EXERCISES IN PREVENTION
OF SHOULDER INJURIES

Bernarda Letnar¹

¹Danila Kumar Primary School, Slovenija

IZLAGANJE SA NAUČNOG SKUPA STRUČNI RAD

doi: 10.5550/sgia.201601.se.bl

UDK: 797.122

Primljeno: 31.10.2020.

Odobreno: 17.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 149-160.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija: Bernarda Letnar, prof.
Teacher at Danila Kumar Primary School
Email: bernarda.letnar@gmail.com

SAŽETAK

Rameni zglob je najfleksibilniji zglob u ljudskom tijelu koji trpi velika opterećenja tokom određenih sportskih aktivnosti koje uključuju pokrete rukama iznad glave. Izvodeći pokret iznad glave sportisti brzo podižu ramena, vrše odvođenje i vanjsku rotaciju i nakon čega dolazi do brzog usporavanja nakon pokreta, što čini rame osjetljivim na ozljede. Zbog ekstremnih raspona pokreta, sportisti imaju tendenciju da u pokretima iznad glave razvijaju povećanu vanjsku rotaciju, u kombinaciji sa smanjenim obimom unutarnje rotacije, tako da je neophodno provoditi uravnoteženim program rame u trenažnom procesu kako bi se spriječile takve pojave. Cilj istraživačkog rada bio je osmisliti režim treninga za prevenciju povreda i održavanje ramena koji se može uključiti u svakodnevne treninge sportista kako bi se smanjila pojava povreda. Trodijelni program treninga sastavljen je od specifičnih vježbi zagrijavanja, jačanja i stabilizacije te vježbi istezanja. Cilj specifičnog zagrijavanja bio je pripremiti rame za opterećenja u treningu, oponašajući pokrete iznad glave i stimulirajući stabilizaciju u zglobu. Vježbe jačanja i stabilizacije usmjerene su na jačanje vanjskih rotatora u ramenu i poboljšanje stabilizacije ramenog zgloba ciljanjem specifičnih mišića poput serratusa anterior. Fokus vježbi istezanja bio je istezanje mišića s unutarnjom rotacijom, koji doživljavaju velika opterećenja na treningu sportista kada vrše pokrete iznad glave. Učinkovit program treninga koji se može izvoditi s minimalnom opremom i u kratkom vremenskom okviru osmišljen je kako bi omogućio njegovu jednostavnu ugradnju u svakodnevni trening sportista kada vrše pokrete iznad glave.

Ključne riječi: rame, sportista iznad glave, povrede ramena, prevencija povreda.

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

INTRODUCTION

The shoulder joint is the most flexible joint in the human body which experiences high loads during certain sport activities involving overhead motion. Overhead athletes experience rapid shoulder elevation, abduction and external rotation, making them susceptible to shoulder injuries. Apart from the throwing motion itself, deceleration of the arm segment after the movement significantly contributes to injuries as well. Since overhead athlete requires a delicate balance between shoulder mobility and stability, regular stretching, strengthening and stabilization exercises must be balanced in a year-round training.

Due to special loads on the athlete's shoulder, researchers have observed that anatomical changes of overhead athlete's arm are sometimes inevitable in order to increase the maximum external rotation. Baseball pitchers demonstrated up to 21° more external rotation at 90° abduction than other players on the team (Johnson, 1992). To achieve this extreme external rotations, some range of motion loss in internal rotation is to be expected.

Manske, Wilk, Davies, Ellenbecker and Reinold (2013) defined a loss of up to $18 - 20^\circ$ of internal rotation with no total range of motion loss, as normal anatomical

changes consistent with repetitive overhead motion.

Therefore, regular assessment of athlete's shoulder and maintenance of the joint's flexibility and strength is required to prevent injuries.

Reinold, Gill, Wilk and Andrews (2010) list six principles of injury prevention and treatment programs: maintaining range of motion, maintaining strength of the glenohumeral and scapulothoracic musculature, emphasizing dynamic stabilization and neuromuscular control, core and lower body training, off-season preparation and in-season maintenance. Development of the injury prevention program followed the before mentioned principles, previous research in the field and personal experiences with effectiveness of exercises as part of the training program.

Specific muscles, known to contribute to shoulder problems were targeted by the training program to minimize the occurrence of injuries. Three part training program was designed consisting of specific warm up, strengthening and stabilization exercises and stretching exercises. The aim of the specific warm up was to prepare the shoulder for the training

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

loads, mimicking the overhead movements and stimulating the stabilization in the joint.

The focus of stretching exercises was to stretch internal rotation muscles, which experience high loads in the overhead athlete's training. Effective training program that can be performed with minimal equipment and in a short time frame was designed to enable its simple incorporation into the daily training of overhead athletes. Strengthening and stabilization exercises for overhead athlete have been thoroughly researched by Wilk, Meister and Andrews (2002).

Among various exercises, push up plus in external rotation position has been proved as highly effective shoulder stabilization exercise by Cho et. al. (2014) and Lee, Lee and Park (2013). It has been confirmed to be most effective when performed on the

floor in a standard position by Ludewig, Hoff, Osowski, Meschke and Rundquist (2004).

Our training program included the recommended exercises by these researchers. The importance of the stretching regimen was emphasized in research of Lintner, Mayol, Uzodinma, Jones and Labossiere (2007). Recommended stretching techniques for overhead athletes include sleeper stretch and cross-body stretch (Manske et al., 2013 and Laudner, Sipes and Wilson, 2008). Manske, Meschke, Porter, Smith and Reiman (2010) included posterior joint mobilization techniques with cross-body stretch, which proved even more effective.

The stretching regimen of our tree part program followed the recommended guidelines by previous researchers.

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

MATERIALS AND METHODS

Existing research in the field of injury prevention and shoulder care in overhead athletes has been obtained from PubMed Central and Google Scholar. Meta-analysis of the material was performed and shoulder exercises that demonstrated positive correlation with improved shoulder health were used as a building blocks for the training program. Reviewed research papers included male and female

subjects of different quality levels (rating from high-school athletes to professionals). The subjects were young adults, participating in regular sports activity. A preventive training program for overhead athletes was consequently designed based on the findings of the previous researchers and personal experiences with injury prevention exercises for shoulder joint.

RESULTS

Based on the previous research and personal experiences a three phase preventive training program has been designed. It includes specific warm-up for the shoulder, stabilization and strength exercises for antagonists of the athlete's throwing motion and stretching exercises for agonist muscles used in the motion.

An established set of exercises should be used as an addition to daily training plan, requiring minimum equipment and allowing individual intensity adjustment.

The training program is condensed in a short unit that can be performed in 30-40 minutes and is therefore viable as a regular addition to daily routine in the overhead athlete's training.

Repetitive training loads and similar movement lead to constant overloading of the same muscle groups. The proposed set of exercises should therefore be performed regularly in order to ensure preventive function of the exercises and flexibility-strength ratio in the shoulder muscles.

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

The complete training program is represented in the Table 1 below:

Table 1. *Training program for shoulder injury prevention in overhead athlete*

| WARM UP | | |
|--|---|--|
| 15 min | | Full body aerobic activity such as running |
| 2-3 sets | 10 repetitions | <ul style="list-style-type: none">• Forward crawl• Backward crawl• Bunny hops• Shoulder rotations with free weights in sagittal plane (Figure 1)• Shoulder rotations with free weights with both hands circling in the same direction in a sagittal plane |
| STRENGTH AND STABILIZATION EXERCISES | | |
| 3-4 sets | 10 repetitions | <ul style="list-style-type: none">• External rotation (Figure 2),• Standing external rotation with elastic bands (Figure 3),• Throwing motion imitations in reverse (Figure 4),• Push up plus (Figure 5)• Horizontal abduction in prone position (Figure 6). |
| STRETCHING EXERCISES (performed as a separate unit after a training session) | | |
| 1-3 sets | 30 seconds (three increases in position every 10 seconds) | <ul style="list-style-type: none">• Sleeper stretch (Figure 7)• Cross-body stretch (Figure 8) |

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

Detailed explanation of the training program for shoulder injury prevention in overhead athlete by section:

WARM-UP

The warm up routine consists of dynamic exercises including full range of motion in the shoulder. Thorough general warm-up should be performed before specific shoulder exercises in this program (running, etc.). Exercises include forward crawl, backward crawl, bunny hops and shoulder rotations with free weights in sagittal plane (Figure 1), which can be followed by shoulder rotations with free weights with both hands circling in the same direction in a sagittal plane (advanced athletes). The exercises should be performed in 2-3 sets of 10 repetitions. Forward crawl, backward crawl and bunny hops should be performed on a flat, clean non-slippery surface, while shoulder rotations with free weights require the athlete to stand upright on a flat surface.

Description of the exercises:

Forward crawl: Athlete crawls on all fours in forward direction, keeping contact with the floor with their hands and feet.

Backward crawl: Athlete crawls on all fours with legs in the front, keeping contact with the floor with their hands and feet.

Bunny hops: Athlete performs bunny hops from both legs, switching the floor contact phase from hands to legs and back while moving forward.

Shoulder rotations with free weights in sagittal plane: Athlete stands upright and rotates with a free weight of appropriate weight in sagittal plane. Circling is performed with one hand. Athlete's aim is to perform the rotation in shoulder joint and avoid excessive bending in the elbow joint.

Shoulder rotations with free weights with both hands circling in the same direction in a sagittal plane (advanced athletes): This exercise is an advanced version of previous exercise, aimed at better prepared athletes. Athlete stands upright and rotates with free weights in both hands in a sagittal plane. Both hands simultaneously move forward or backward. Athlete's aim is to perform the rotation in shoulder joint and avoid excessive bending in the elbow joint.

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

STRENGTH AND STABILIZATION EXERCISES

Strength and stabilization exercises should be performed during training (ideally as a part of the routine preparation for the training session including overhead motion) or as a separate training session.

The preventive training for overhead athletes includes strengthening of the upper back and shoulder muscles to increase scapular stabilization (serratus anterior) and shoulder's external rotator's strength (infraspinatus and teres minor) to contradict the strong internal rotators. The aim of the strengthening exercises is to achieve balance in strength of agonists and antagonists and therefore prevent possible injuries due to muscular imbalance. Stabilization exercises, such as push up plus add important element of proper muscle activation and protection of the joint.

Strength and stabilization exercises in this training program include:

External rotation (Figure 2), standing external rotation with elastic bands (Figure 3), throwing motion imitations in reverse (Figure 4), push up plus (Figure 5), and horizontal abduction in prone position (Figure 6).

The order of the exercises performed can vary and should be done in fluid motion in 3-4 sets of 10 repetitions, with 1 minute rest. Different strength elastic bands or free weights should be used to adapt the training according to the athlete's needs.

Description of the exercises:

External rotation: Athlete stands upright with elbow by his body. The rubber band of appropriate thickness is attached to stable surface parallel to the athlete. The athlete performs external rotation with bent elbow joint while keeping elbow close to his body. A rolled towel can be placed between the athlete's body and his elbow to maintain stable and static position of the elbow during the exercise. The rubber band is then slowly returned to the starting position.

Standing external rotation with elastic bands: Athlete stands upright, holding the ends of a rubber band of appropriate thickness in his hands. His arms are by his body with bent elbows. Athlete slowly proceeds to stretch the rubber band in the opposite directions, performing external rotation with both arms simultaneously. The rubber band is then slowly returned to the starting position.

Throwing motion imitations in reverse: A rubber band of appropriate thickness is

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

attached to the stable object in front of the athlete. Athlete holds the rubber band in front of him and by pulling it backwards stimulates the throwing motion in reverse. The rubber band is then slowly returned to the starting position.

Push up plus: Athlete starts in the push up position. He performs the downward movement with his chest while maintaining straight arms, using serratus

anterior muscle to cause an outward rotation of the scapula. Athlete then returns to the starting position.

Horizontal abduction in prone position: While lying on his stomach, the athlete performs horizontal abduction with straight arm. Appropriate heavy weights should be used as a resistance. Athlete returns to the starting position and repeats the motion without touching the floor during the set.

STRETCHING EXERCISES

Research articles in the field of stretching have found acute decreases in strength following stretching and it is therefore recommended that stretching exercises should be performed at the end of a workout or as a separate workout.

Recommended stretching techniques for overhead athletes concentrate on increasing internal rotation of the shoulder and maintaining functional length of the subscapularis.

Stretching exercises included in the training program are sleeper stretch (Figure 7) and cross-body stretch (Figure 8).

Sleeper stretch: Athlete performs the stretch while lying on his hip. Elbow joint should be bent at 90 degrees with the palm

of the hand facing towards the floor and elbow resting on the floor. Slow movement of the palm of the hand towards the floor is stimulated by the free arm. The aim of the exercise is to improve the internal rotation of the shoulder by targeting infraspinatus and the teres minor muscles. The stretch should last 30 seconds with the free arm pushing the wrist and the palm of the hand a bit further towards the floor every 10 seconds.

Cross-body stretch: Cross-body stretch accompanies the sleeper stretch as exercise that improves internal rotation and horizontal adduction's range of motion in the overhead athlete. Cross-body stretch is performed with the athlete lying on the floor with the arm bent at 90 degrees towards the body. Free hand slowly moves

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

the arm from one side of the body towards another. The stretching position should be held for 30 seconds, which is considered

an optimal time frame. A static technique with three increases of the position every 10 seconds is recommended.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Overhead athletes experience rapid shoulder elevation, abduction and external rotation, making them susceptible to shoulder injuries. Muscle balance and appropriate flexibility of the joint is therefore necessary to prevent them. After a thorough review of the available research, a set of preventive exercises has been developed. The training program is designed to maintain the length of internal rotators and strengthen external rotators of the shoulder, preventing possible injuries due to muscular imbalance. The established set of exercises should be used as an addition to daily training, requiring minimum equipment and allowing individual intensity adjustment. It has been concluded that in order to ensure the preventive function of the exercises, the developed set of exercises must be

performed regularly. The proposed exercises can be improved by different variations, specific to the athlete's discipline (javelin throw, baseball, rugby, etc.), further developing the individuality of the proposed program. Better athletes can advance to more dynamic execution of the exercises (throwing balls instead of pulling the elastic band). Researchers have observed two potential possibilities to further expand the research: Viability of the static stretching exercises such as sleeper stretch and cross-body stretch could be further analyzed in comparison to the dynamic alternatives due to dynamic nature of the overhead sports and high training loads. Additionally, various combinations and variations of different exercises could result in different outcomes and could be further analyzed.

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

LITERATURA

- Cho, S., Baek, I., Cheon, J. Y., Cho, M. J., Choi, M. Y., & Jung, D. H. (2014). Effect of the push-up plus (PUP) exercise at different shoulder rotation angles on shoulder muscle activities. *Journal of physical therapy science*, (11), 1737-1740.
<https://doi.org/10.1589/jpts.26.1737>
PMid:25435689 PMCid:PMC4242944
- Johnson L. (1992). Patterns of shoulder flexibility among college baseball players. *Journal of athletics training*, 27(1), 44-45, 48-49.
- Laudner, K.G., Sipes, R.C., Wilson, J.T. (2008). The acute effects of sleeper stretches on shoulder range of motion. *Journal of athletics training*, 43(4), 359-63.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.4.359>
PMid:18668168 PMCid:PMC2474815
- Lee, S., Lee, D., Park, J. (2013). The effect of hand position changes on electromyographic activity of shoulder stabilizers during push-up plus exercise on stable and unstable surfaces. *Journal of physical therapy science*, 8, 981-984.
<https://doi.org/10.1589/jpts.25.981>
PMid:24259898 PMCid:PMC3820220
- Lintner, D., Mayol, M., Uzodinma, O., Jones, R., & Labossiere, D. (2007). Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching program. *The American journal of sports medicine*, 35(4), 617-21.
<https://doi.org/10.1177/0363546506296736>
PMid:17293473
- Ludewig, P. M., Hoff, M. S., Osowski, E. E., Meschke, S.A., & Rundquist, P. J. (2004). Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *The American journal of sports medicine*, 2, 484-93.
<https://doi.org/10.1177/0363546503258911>
PMid:14977678
- Manske, R. C, Meschke, M., Porter, A., Smith, B., & Reiman, M. (2010). A randomized controlled single-blinded comparison of stretching versus stretching and joint mobilization for posterior shoulder tightness measured by internal rotation motion loss. *Sports health*, 2(2), 94-100.
<https://doi.org/10.1177/1941738109347775>
PMid:23015927 PMCid:PMC3445079
- Manske, R., Wilk, E. K., Davies, G., Ellenbecker, T., & Reinold, M. (2013). Glenohumeral motion deficits: friend or foe? *International journal of sports physical therapy*, 8(5), 537-553.
- Reinold, M. M., Gill, T. J., Wilk, K. E., & Andrews, J. R. (2010). Current concepts in the evaluation and treatment of the shoulder in overhead throwing athletes, Part 2: injury prevention and treatment. *Sports health*, 2(1), 39-50.
<https://doi.org/10.1177/1941738109338548>
PMid:23015922 PMCid:PMC3438857
- Wilk, K. E., Meister, K., & Andrews J. R. (2002). Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *The American journal of sports medicine*, 1, 136-151.
<https://doi.org/10.1177/03635465020300011201>
PMid:11799012

VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

FIGURES AND ILLUSTRATIONS

Figure 1. Shoulder rotations with weights in sagittal plane free



Figure 2. External rotation



Figure 3. Standing external rotation with elastic bands



Figure 4. Throwing motion imitations in reverse position



Figure 5. Push up plus



Figure 6. Horizontal abduction in prone



Figure 7. Sleeper stretch



Figure 8. Cross-body stretch



VJEŽBE ZA JAČANJE I STABILIZACIJU U PREVENCICI POVREDE RAMENA

ABSTRACT

The shoulder joint is the most flexible joint in the human body which experiences high loads during certain sport activities involving overhead motion. Overhead athletes experience rapid shoulder elevation, abduction and external rotation during the movement and rapid deceleration after the movement, making them susceptible to shoulder injuries. Due to the extreme ranges of motion, overhead athletes tend to develop increased external rotation, combined with decreased range of internal rotation, emphasizing the need for balanced shoulder care program in the training process to prevent such occurrences. The aim of the research paper was to develop training regimen for injury prevention and shoulder maintenance that can be incorporated in daily training activities of the athletes in order to decrease the occurrence of injuries. Three part training program was designed consisting of specific warm up, strengthening and stabilization exercises and stretching exercises. The aim of the specific warm up was to prepare the shoulder for the training loads, mimicking the overhead movements and stimulating the stabilization in the joint. Strengthening and stabilization exercises aimed to strengthen external rotators in the shoulder and improve the stabilization of the shoulder joint by targeting specific muscles such as serratus anterior. The focus of stretching exercises was to stretch internal rotation muscles, which experience high loads in the overhead athlete's training. An effective training program that can be performed with minimal equipment and in a short time frame was designed to enable its simple incorporation into the daily training of overhead athletes.

Keywords: *shoulder, overhead athlete, shoulder injuries, injury prevention.*

Primljeno: 31.10.2020.

Odobreno: 17.11.2020.

Korespondencija:
Bernarda Letnar, prof.
Teacher at Danila Kumar Primary School
E-mail: bernarda.letnar@gmail.com

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

*MAXIMUM ISOMETRIC MUSCLE STRENGTH AS A PREDICTOR
OF ONE REPETITION MAXIMUM IN THE SQUAT TEST*

Borko Petrović¹, Aleksandar Kukrić¹, Radenko Dobraš¹ i Nemanja Zlojutro¹

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta

ORIGINALNI NAUČNI RAD

doi: 10.5550/sgia.201601.se.pkdz

UDK: 796.012.112

Primljeno: 09.11.2020.

Odobreno: 30.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 161-172.

E-ISSN 1986-6119

Korespondencija: Prof. Dr Borko Petrović

Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Univerzitet u Banjoj Luci

Bulevar vojvode Petra Bojovića 1 A

78 000 Banja Luka

Bosna i Hercegovina

E-mail:borko.petrovic@ffvs.unibl.org

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja je bio da se utvrdi da li ispoljavanje maksimalne izometrijske mišićne sile pri određenom uglu u zglobu koljena (80° , 110° i 140°) može služiti kao prediktor 1 RM-a kod kretnog zadatka čučanj (squat). Istraživanje je sprovedeno na grupi od dvadeset i četiri studenta (N=24), muškog pola u okviru 2 odvojene sesije sa po 7 dana odmora između svake. Antropometrijska mjerena i procjena mišićne sile, odnosno 1 RM-a izvršeno je metodom repetitivnih maksimuma do otkaza na Smit mašini u okviru prve sesije. Maksimalna izometrijska sila (Fmax) muskulature nogu mjerena je testom uzastopnih maksimalnih kontrakcija u laboratorijskim uslovima na smit mašini uz pomoć sonde dinamometra i softwerskog sistema Globus Ergo Tesys System 1000. Analizom rezultata dobijenih na osnovu linearne regresije, autori zaključuju da sa preciznošću od 84,5% možemo izvršiti procjenu 1RM-a u vježbi čučanj na osnovu maksimalne izometrijske sila ispoljene pri uglu u zglobu koljena od 140° . Rezutati dobijeni ovim isztraživanjem mogu poslužiti aplikativno u praksi prilikom procjene 1 RM-a na osnovu mjerena maksimalne izometrijske sile za dati kretni zadatak.

Ključne riječi: Mišićna sila, predikcija, 1 RM, čučanj

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

UVOD

Čučanj predstavlja tradicionalnu trenažnu vježbu za poboljšanje mišićne sile i snage donjih ekstremiteta ali takođe se koristi i kao reprezentativan test u procjeni pomenutih miogenih sposobnosti. Testiranjem mišićne sile se dobijaju važni kinematički parametri koji predstavljaju ključnu osnovu kod programiranja treninga sile i snage te na osnovu datih parametara vrši se i procjena efekata nekog trenažnog modela. Međutim, jedan od fundamentalnih ciljeva testiranja mišićne sile u sportu je procjena maksimalne voljne mišićne sile u statičkim, odnosno 1 RM-a (maksimalne repeticije) u dinamičkim uslovima (Beckham i sar., 2013; Haff i sar., 2005). Maksimalna voljna mišićna sila, odnosno mišićna jačina, predstavlja maksimalnu silu koju mišić ili grupa mišića može generisati prilikom savladavanja velikih spoljašnjih opterećenja pri malim brzinama mišićne kontrakcije ili u izometrijskim uslovima (Zaciorsky i Kremer, 2009). Izometrijski uslovi predstavljaju ispoljavanje voljne mišićne (izometrijske) sile, sa konstantnim uglom u zglobu odgovarajućeg ekstremiteta (Petrović, Kukrić, Dobraš i Zlojutro, 2019). Nadalje, 1 RM predstavlja ispoljavanje maksimalne mišićne sile u dinamičkim

uslovima, odnosno najveće opterećenje koje može da bude savladano odgovarajućom tehnikom samo kroz jedno ponavljanje. 1 RM može da se procjenjuje direktno ili indirektno preko određenog broja ponavljanja na osnovu %1RM sa submaksimalnim opterećenjem. Direktno mjerjenje zahtijeva savladavanje velikih opterećenja i s toga nije preporučljivo da se sprovodi sa slabije utreniranim osobama radi visokog rizika od povrede. Indirektna procjena 1 RM-a i testiranje maksimalne voljne mišićne kontrakcije nametnuli su se kao sigurnija opcija po zdravlje ispitanika. Koeficijent pouzdanosti testova koji procjenjuju mišićnu silu indirektnom metodom, odnosno primjenom specifičnog testa ponovljenih (repetitivnih) maksimuma (RM) su u intervalu od $r = 0,92$ do $0,98$ (Sale, 1991; Carpinelli, 2011). Istraživanja su pokazala da, takođe, metoda izometrijske dinamometrije ima visoku pouzdanost. Mjereći maksimalnu izometrijsku mišićnu silu u čučnju veći broj istraživača dobio je visoku pouzdanost testa (Kawamori et al., 2006; Beckham et al., 2013; Comfort, Jones, McMahon, i Newton, 2015; Haff, Ruben, Lider, Twine, & Cormie, 2015; Thomas, Comfort, Chiang, & Jones, 2015).

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

Dakle, izgleda da postoji naučna osnova koja podupire upotrebu metoda testiranja, odnosno procjene maksimalne mišićne sile u izometrijskim i dinamičkim uslovima 1 RM-a. Međutim, nameće se pitanje da li je moguće vršiti predikciju maksimalne mišićne sile u dinamičkim uslovima na osnovu kinematičkih parametara dobijenih maksimalnom voljnom mišićnom kontrakcijom u izometrijskim uslovima. Činjenica koja opravdava ovakve pretpostavke je da se maksimalna mišićna sila ostvarena u sporim pokretima ne razlikuje značajno od maksimalne mišićne sile pokreta u izometrijskim uslovima (Smidtbleicher 1992; Zaciorski i Kreamer 2009; Lum, Haff, I Barbosa, 2020). Nadalje, rezultati nekoliko istraživanja (Blazevich i sar, 2002; Nuzzo i sar. 2008; Demura i sar,

2010) su pokazali značajno visoku korelaciju između izometrijskog čučnja i 1 RM-a u testu čučanj. Međutim postoje različita naučna mišljenja kada je u pitanju ugao u zglobu koljena, kod testiranja maksimalne izometrijske sile, odnosno predikcije 1 RM-a na osnovu maksimalne sile ispoljene pri određenom uglu. Istraživanja pokazuju da su veći zglobni uglovi 90° - 160° pogodniji za procjenu Fmax kod zadnjeg čučnja (Marchetti i sar. 2016). Sale (1991) predlaže da se izometrijska mjerena vrše u položaju u kome je za dati opseg kretanja sila najveća. Cilj ovog istraživanja je bio da se utvrdi da li ispoljavanje maksimalne izometrijske mišićne sile pri određenom uglu u zglobu (80° , 110° i 140°) može služiti kao prediktor 1 RM-a kod kretnog zadatka čučanj (squat).

METODE

Uzorak ispitanika činila su dvadeset i četiri (N=24) studenta prve godine, Fakulteta fizičkog vaspitanja i sporta Univerziteta u Banjoj Luci. Svi ispitanici su bili muškog pola, normalnog zdravstvenog statusa, fizički aktivni i nisu imali intenzivnu fizičku aktivnost 72 h prije samog testiranja. U cilju

smanjenja greške kod sprovodjenja eksperimentalne procedure izabrani su ispitanici koji su tehnički obučeni u radu sa slobodnim opterećenjem i na trenažerima. Testiranja su obavljena na Institutu za sport pri Fakultetu fizičkog vaspitanja i sporta Univerziteta u Banjoj Luci.

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

Sva mjerenja sprovedena su u okviru 2 odvojene sesije sa 7 dana odmora između svake. Familijarizacija sa eksperimentalnim protokolom, antropometrijska mjerenja i procjena 1 RM-a u testu čučanj izvršeno je u okviru prve sesije. Mjerenje maksimalne izometrijske sile muskulature nogu ispoljene u 3 različita ugla u zglobu koljena u testu čučanj izvršeno je drugoj sesiji. Ispitanici su nakon upoznavanja sa eksperimentalnim protokolom pristupili antropometrijskim mjerjenjima. Za potrebe antropometrijskih mjerjenja koristio se antropometar i tjelesni analizator (TANITA BC – 418MA, Tokio, Japan). Mjerenje antropometrijskih varijabli je izvršeno po Internacionalnom biološkom programu (IBP), a u ovom radu su korištene: tjelesna visina, tjelesna masa, procenat mišićnog tkiva, procenat masnog tkiva, MFR-indeks (odnos između mišićne i masne komponente tjelesnog sastava). Sva mjerenje su izvršena prema ACSM's protokolu. Procjena mišićne sile, odnosno 1 RM-a u testu čučanj izvršeno je metodom repetitivnih maksimuma do otkaza na Smit mašini. Od ispitanika se zahtjevalo da određenu težinu podignu iz individualne pozicije paralelnog čučanja maksimalan broj puta (do otkaza), pri čemu broj ponavljanja ne smije da predje 10. Aproksimativna vrijednost mišićne sile dobijena je na osnovu

regresione jednačine $1RM = \text{težina} / (1.0278 - (0.0278 * \text{broj ponavljanja}))$ (Carpinelli 2011, prema Brzycki, 1993). Nakon 10-o minutnog zagrijavanja svi ispitanici su izvršili 2 serije sa po 5 ponavljanja dodatnog zagrijavanja u vježbi čučanj sa 70 i 90 kg. Treba napomenuti da su identična zagrijavanja sprovedena za svaku sesiju. U trećoj seriji težina je bila progresivno povećavana za 10% kako bi mjerilac lakše predviđao optimalnu težinu za test. Ukoliko se dogodilo da ispitanik, zbog slabe procjene mjerioca, u četvrtoj (testovnoj) seriji uspije da datu težinu podigne više od 10 puta, zadatak se prekida te se nakon desetominutne pauze realizovala i peta serija sa dodatnim povećanjem težine. Maksimalna izometrijska sila muskulature nogu mjerena je testom uzastopnih maksimalnih kontrakcija (UMK) u laboratorijskim uslovima (Suzović, 2008 i Suzović i sar. 2015) na smit mašini uz pomoć dinamometra i softwerskog sistema Globus Ergo Tesys System 1000. Ispitanici su izvodili 3 maksimalno voljne kontrakcije u trajanju 3-5 sekundi sa 1 minut pauzom između ponavljanja. Mjerenje je izvršeno u 3 različita ugla u zglobu koljena 80° , 110° , 140° , mjereni pomoću goniometra Leica Vetrонix - SG12F. Od ispitanika se zahtjevalo da svako ponavljanje izvrše iz

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

iste početne pozicije, položaj stopala u malo širi od širine kukova, te maksimalno mogućim mišićnim naprezanjem. Dinamometar je bio fiksiran uz pomoć posebno konstruisanih fiksatora za ovo testiranje, te je konstrukcija tako dizajnirana da omogućava promjenu ugla u zglobovima koljena ispitanika prilikom testiranja pod različitim uglovima. Na osnovu derivacije signala pomoću softwera Globus Ergo Tesys System 1000, registrovanog sabijanjem

sonde dinamometra, dobijena je maksimalna sila u testu (Fmax). Za sve varijable su izračunati osnovni deskriptivni parametri, dok je primjena multiple regresije (stepwise) korištena za dobijanje regresionog modela kao prediktora 1 RM-a, sa statističkom značajnosti postavljenom na $p < 0.05$. Za matematičko procesiranje originalnih podataka i njihovu grafičku ilustraciju koristio se aplikacioni program SPSS (*IBM SPSS Statistics 20. Chicago, IL, USA*).

REZULTATI

U tabeli 1. prikazani su osnovni deskriptivni pokazatelji antropometrijskih varijabli. Na osnovu prosječnog odnosa mišićno-masne komponente (MFR) koja je kod ove grupe ispitanika iznosila 4,14 može se konstatovati da se radi o ispitanicima koji pripadaju mišićno sportskom morfološkom tipu (Ugarković 1996).

Tabela 1. Osnovni deskriptivni pokazatelji antropometrijskih i motoričkih karakteristika

| Varijable | N | RASPON | AS | SD | KV |
|----------------------|----|--------|--------|----------------|--------|
| Tjelesna visina(cm) | 24 | 168,00 | 190,30 | 179,63 | 5,96 |
| Tjelesna masa(kg) | 24 | 57,10 | 95,00 | 73,89 | 8,85 |
| Potk. masno tkivo(%) | 24 | 5,40 | 21,40 | 13,28 | 3,74 |
| Mišićno tkivo(%) | 24 | 45,30 | 52,40 | 49,69 | 1,67 |
| MFR indeks(%) | 24 | 2,22 | 9,25 | 4,14 | 1,63 |
| Čučanj 80° | 24 | 954 | 1957 | 1290,46 | 303,56 |
| Čučanj 110° | 24 | 1217 | 2714 | 1834,71 | 435,89 |
| Čučanj 140° | 24 | 1690 | 3198 | 2402,71 | 484,44 |
| Čučanj 1RM | 24 | 115 | 191 | 150,41 | 21,56 |

Legenda: N-broj ispitanika, Raspon min-maks raspona, AS-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, KV-koeficijent varijacije

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

Takođe u tabeli 1. rezultati pokazuju da je najveća prosječna mišićna sila ostvarena u zglobnom uglu koljena od 140° , 2402 ± 484 N, zatim pod uglom 110° 1834 ± 435 N te najmanja vrijednost je zabilježena pod uglom 80° 1290 ± 303 N.

Tabela 2. i Slika 1. prikazuju da je izdvojen jedan model multiple regresije koji u obzir uzima samo uticaj subtesta **Čučanj 140°** i govori nam da je objašnjenost kriterijuma prediktorom $R^2 = 0,836$, odnosno 83,6%. Dakle, vrijednost izometrijske sile ostvarene u kretnom zadatku čučanj pri uglu u zglobu koljena od 140° dobar je prediktor

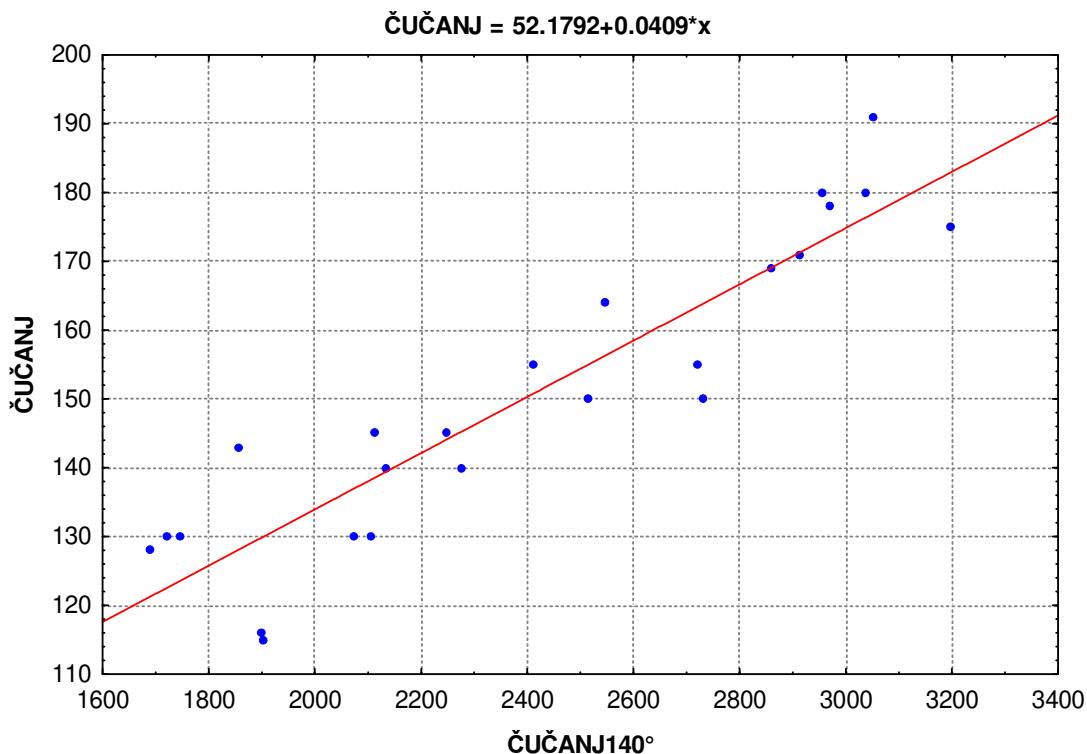
(objašnjenost kriterijuma prediktorom 83,6%) u odnosu na vrijednosti sile ostvarene pri jednom maksimalnom naprezanju u kretnom zadatku čučanj u dinamičkim uslovima. Standardna graška mjerena iznosila je 9,1 kg što je i razumljivo zbog uzorka ispitanika.

Tabela 2. Regresioni model za predikciju 1RM na osnovu maksimalne izometrijske sile ostvarene u kretnom zadatku nožni potisak pri uglu u zglobu koljena od 140° .

| MODEL 1 ČUČANJ=a+b*ČUČ 140° | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------|--------|--------|-------|-------|--------------|------|
| Parametri jednačine | Vrijednost i parametra | Standardna greška | T(20) | P-nivo | R | R^2 | Korig. R^2 | St |
| a | 52,179 | 9,196 | 5,674 | 0,000 | | | | |
| b | 0,0409 | 0,004 | 10,889 | 0,000 | 0,918 | 0,843 | 0,836 | 8,72 |

Legenda: Model 1 prediktor: Čučanj 140° Kriterijum: Čučanj

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ



Slika 1. Predikciju 1RM na osnovu izometrijske sile ostvarene u testu čučanj pri uglu u zglobu koljena od 140°

Na osnovu analize regresionog modela izdvojena je jedinstvena formula za procjenu jednog maksimalnog ponavljanja u testu čučanj $1\text{RM} = (52.1792 + 0.0409 * \text{max izometrijska sila pod uglom } 140^\circ)$ sa pouzdanosti od 83,6%.

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

DISKUSIJA

Rezultati ovog istraživanja su potvrdili ranije nalaze (Smidtbleicher, 1992; Zaciorski i Kremer 2009; Juneja, 2010; Bazyler i sar. 2015; Marchetti i sar. 2016; Petrović i sar. 2019) da se mišićna sila ostvarena u sporim pokretima ne razlikuje značajno od maksimalne mišićne sile ostvarene u izometrijskim uslovima. Kada ove nalaze uzimamo u obzir veoma je važno napomenuti da se oni odnose na biomehanički slične kretne obrasce. Analiza rezultata pokazala je da su položaj tijela kao i pogodan ugao u zglobu koljena veoma bitni prilikom testiranja miogenih svojstava što potvrđuju i neka ranija istraživanja (Blazevich i sar, 2002; Nuzzo i sar. 2008; Demura i sar, 2010). Maksimalna izometrijska sila u čučaju pod uglom 140° u zglobu koljena čini se da može da bude dobar prediktor pri procjeni 1 RM-a u čučaju. Rezultati, dakle, pokazuju da postoji visoka prediktivna vrijednost dinamometrijskih testova u odnosu na testove u dinamičkim uslovima. Vrijednosti varijabli dobijenih pri uglu 140° pokazali su se kao statistički značajniji prediktor u odnosu na 80° i 110° . Ovako dobijeni rezultati mogu se objasniti većom angažovanosti mišića trupa i ekstenzora u zglobu koljena i kuka pri većem uglu. Rezultati istraživanja (Marchetti i sar. 2016) na uzorku 50 dobro utreniranih osoba

pokazali su da se najveća sila razvija pri uglu 90° u zglobu koljena u odnosu na uglove 40° i 160° . Prema podacima istraživanja (Bazyler i sar. 2015) najveća korelacija između 1 RM-a i maksimalne mišićne sile izometrijskog čučanja je pri uglovima 90° i 120° . Korelacija od $r=0,77$ potvrđena je, u istraživanju na studentima (Blazevich i sar, 2002) između 1 RM-a u čučaju i Fmax pri zglobnom uglu 90° kod izometrijskog čučanja. Ovi navodi nam pokazuju da postoji odstupanje rezulata dobijenih u ovom istraživanju od dosadašnjih studija. Treba napomenuti i to da veličina ispoljavanja sile i snage zavisi od programa trenažnog opterećenja, vremena i ciljeva programa. S tim u vezi, ispitanici u ovom radu su bili studenti koji u svojim trenažnim programima više koriste vježbe sa većim zglobnim uglovima što je jedan od razloga zašto su pri većim uglovima ispoljavali veću silu. Grešku pri mjerenu od 9,1 kg možemo pripisati upravo uzorku ispitanika a sa druge strane i antropometrijskim karakteristikama. Tako da, zakonitosti proistekle iz ovog istraživanja odnose na uzorak ispitanika korišten u ovom istraživanju. Dakle, jednačina regresionog modela $1RM = (52.1792 + 0.0409 * \text{max izometrijska sila pod uglom } 140^\circ)$ može da se koristi kao prediktor sa pouzdanošću od 83,6% samo za datu populaciju.

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

ZAKLJUČAK

Rezultati dobijeni u ovom istraživanju pokazuju da je sa metodološkog aspekta ovakav pristup istraživanju miogenih svojstava prihvatljiv i da se njegovi principi mogu koristiti u naredenim istraživanjima. Da bi vrijednosti izometrijske sile bile upotrebljive kao prediktori za terenske testove potrebno je testiranje izvesti pri tačno definisanom položaju tijela, vodeći računa o uglu u zglobovi pri kojem se vrši

testiranje. Neka buduća istraživanja bi trebalo spovesti na profesionalnim sportistima sa dugogodišnjim iskusvom u radu sa spoljašnjim opterećenjem te koristiti i sofisticiriju opremu kod procjene 1 RM u dinamičkim i izometrijskim uslovima. Kinematički parametri dobijeni pomoću izoinercijalnog enkodera i tenziometrijske platforme smanjili bi grešku mjerena.

LITERATURA

- Bazyler, C. D., Beckham G.K. & Sato, K. (2015). The use of the isometric squat as a measure of strength and explosiveness. *Journal Strength Conditioning Research*;29(5):1386-92.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000751>
PMid:25426517
- Beckham, G., Mizuguchi, S., Carter, C., Sato, K., Ramsey, M., Lamont, H., Hornsby, G., Haff, G., & Stone, M. (2013). Relationships of isometric mid-thigh pull variables to weightlifting performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 53(5), 573-581.
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing - Predicting a One-Rep Max. from Reps-to-Fatigue. *J. Phys. Edu. Rec. Dance*, 64(1): 88-90.
<https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
- Blazevich, A.J., Gill, N. & Newton, R.U. (2002). Reliability and validity of two isometric squat tests. *Journal Strength Conditioning Research*;16(2):298-304.
<https://doi.org/10.1519/00124278-200205000-00020>
PMid:11991785
- Carpinelli, R.N. (2011). Assessment of One Repetition Maximum (1RM) and 1RM Prediction Equations: Are they Really Necessary? *Medicina Sportiva*, 15, 91-102.
<https://doi.org/10.2478/v10036-011-0016-y>

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

Comfort, P., Jones, P. A., McMahon, J. J., & Newton, R. (2015). Effect of Knee and Trunk Angle on Kinetic Variables During the Isometric Midthigh Pull: Test-Retest Reliability, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 58-63.

<https://doi.org/10.1123/ijsspp.2014-0077>

PMid:24912198

Demura, S., Miyaguchi, K., Shin, S. & Uchida, Y. (2010). Effectiveness of the 1RM estimation method based on isometric squat using a back-dynamometer. *Journal Strength and Conditioning Research*. 24(10):2742-8.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e27386>

PMid:20885196

Haff, G.G., Carlock, J.M., Hartman, M.J., Kilgore, J.L., Kawamori, N., Jackson, J.R., Morris, R.T., Sands, W.A. and Stone, M.H. (2005). Force-time characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women Olympic weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19, 741-748.

<https://doi.org/10.1519/R-15134.1>

<https://doi.org/10.1519/00124278-200511000-00004>

Haff, G.G., Ruben, R. P., Lider, J., Twine, C., & Cormie, P. (2015). A Comparison of Methods for Determining the Rate of Force Development During Isometric Midthigh Clean Pulls, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol. 29 - Issue 2, 386-395.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000705>

PMid:25259470

Kawamori, N., Rossi, S. J., Justice, B. D., Haff, E. E., Pistilli, E. E., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., & Haff, G. G. (2006). Peak force and rate of force development during isometric and dynamic mid-thigh clean pulls performed at various intensities. *Journal of strength and conditioning research*, 20 (3), 483-491.

<https://doi.org/10.1519/00124278-200608000-00005>

<https://doi.org/10.1519/18025.1>

PMid:16937959

Lum, D., Haff, G.G. & Barbosa, T.M. (2020). The Relationship between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance: A Systematic Review. *Sports*, 8, 63.

<https://doi.org/10.3390/sports8050063>

PMid:32429176 PMCid:PMC7281606

Marchetti, P. H., Jarbas da Silva, J., Jon Schoenfeld, B., Nardi, P. S., Pecoraro, S. L., D'Andréa Greve, J. M., & Hartigan, E. (2016). Muscle Activation Differs between Three Different Knee Joint-Angle Positions during a Maximal Isometric Back Squat Exercise. *Journal of Sports Medicine*, 3846123.

<https://doi.org/10.1155/2016/3846123>

PMid:27504484 PMCid:PMC4967668

Nuzzo, J.L, McBride, J.M., Cormie, P. & McCaulley, G.O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *Journal Strength and Conditioning Research* 22: 699-707.

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5eda>

PMid:18438251

Sale, D.G.; Norman R.W. (1991): *Testing strength and power*. In MacDougal HA, Wenger HA.

Petrović, B., Kukrić, A., Dobraš, R., & Zlojutro, N. (2019). Isometric muscle force as a predictor of a maximal muscle effort in the leg press test. *Sportlogia* 15 (1), 81-89.

<https://doi.org/10.5550/sgia.191501.en.pkdz>

Suzović, D., Nedeljković, A., Pažin, N., Planic, N.M., & Jaric, S. (2008). Evaluation of Consecutive Maximum Contractions as a Test of Neuromuscular Function. *Journal of Human Kinetics* 20, 51-67.
<https://doi.org/10.2478/v10078-008-0017-7>

Suzović, D., Nedeljkovic, A., & Mirkov, D. (2015). Reliability and Generalizability of Consecutive Maximum Contractions as a Test of Neuromuscular Function. *Facta universitatis. Series physical education and sport*, 75-88.

Smidtbleicher, D. (1992): *Training for power events*. In: *Strength and Power in Sport*. P. V. Komi, ed. London: Blackwell Scientific Publications, str. 381-395.

Thomas, C., Comfort, P., Chiang, C., & Jones, P. (2015). *Relationship between isometric mid-thigh pull variables and sprint and change of direction performance in collegiate athletes*.
https://doi.org/10.17338/trainology.4.1_6

Ugarković, D. (1996): *Biologija razvoja čovjeka sa osnovama sportske medicine*. Fakultet fizičke kulture, Beograd.

Zaciorski, V.M. i Kremer ,W.J.(2009): *Nauka i praksa u treningu snage*. Datastatus. Beograd

Petrović, B., Kukrić, A., Dobraš, R., & Zlojutro, N. (2019). Isometric muscle force as a predictor of a maximal muscle effort in the leg press test. *Sportlogia* 15 (1), 81-89.

Petrović, B., Kukrić, A., Dobraš, R., & Zlojutro, N. (2019). Isometric muscle force as a predictor of a maximal muscle effort in the leg press test. *Sportlogia* 15 (1), 81-89.

Petrović, B., Kukrić, A., Dobraš, R., & Zlojutro, N. (2019). Isometric muscle force as a predictor of a maximal muscle effort in the leg press test. *Sportlogia* 15 (1), 81-89

MAKSIMALNA IZOMETRIJSKA MIŠIĆNA SILA KAO PREDIKTOR JEDNOG MAKSIMALNOG NAPREZANJA U TESTU ČUČANJ

ABSTRACT

This study aims to determine whether maximum isometric muscle strength, exerted at a certain angle in the knee joint (80° , 110° , and 140°), may be used as a predictor of 1RM in the squat movement task. A group of twenty-four male students ($N = 24$) took part in the research in 2 separate sessions and 7 days of rest between each. In the first session, the anthropometric measurements and assessment of muscle strength, that is 1RM, were measured by maximum repetition to failure method on the Smith machine. The maximum isometric force (F_{max}) of the leg muscles was measured by the Alternating Consecutive Maximum Contraction Test in laboratory conditions on a Smith machine using a dynamometer probe and the Globus Ergo Tesys System 1000 software system. Analyzing the results based on linear regression, the authors conclude that, with an accuracy of 84.5%, we can estimate 1RM in the squat exercise measuring the maximum isometric force exerted at an angle in the knee joint of 140° . The results obtained by this research can be used in practice when assessing 1 RM based on the measurement of the maximum isometric force for a given movement task.

Keywords: *muscle strength, prediction, 1RM, squat*

Primljeno: 09.11.2020.
Odobreno: 30.11.2020.

Korespondencija:

Prof. Dr Borko Petrović

Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Univerzitet u Banjoj Luci

Bulevar vojvode Petra Bojovića 1 A

78 000 Banja Luka

Bosna i Hercegovina

E:mail:borko.petrovic@ffvs.unibl.org

Guidelines for Authors

Journal intention

SportLogia journal covers the areas of sports and physical education. It is issued twice a year and publishes original scientific papers, reviewed scientific papers, scientific gathering presentations, short scientific articles and professional articles from the area of sports, physical education, recreation, kinesiology, anthropology, training methods, sport biology and exercise, sport medicine, biomechanics, sport history and sport management as well as contributions from other sciences (medicine, sociology, psychology, philosophy, exact sciences and mathematics) applied in sports.

General remarks on papers

All manuscripts are submitted to the journal's editors, who, after reading the manuscripts, decide about the further procedure: (1) the manuscript is immediately sent for review; (2) if there are any objections and suggestions, the manuscript is sent back to the author for corrections; (3) rejection of the manuscript. The editor may decline the manuscript in the following cases: (1) the topic of the manuscript is not relevant; (2) a manuscript with a similar topic has already been published in the journal; (3) the manuscript does not conform to the standards of the journal. If the manuscript is not accepted, a short notice is sent to the author, but the manuscript is not sent back. The process of preliminary evaluation lasts up to 4 weeks.

If the author has corrected the text in accordance with the instructions from the editor, the manuscript is sent for review. In that case, the author will be given a form called *Copyrights Declaration*, which needs to be filled in and sent back to the editor. The signature of the author

verifies the authenticity of the text, authorship and acceptance of the review procedure.

All articles must be reviewed. There will be two reviewers from the relevant scientific area for each article, and both reviews will be anonymous. The author's name will be unknown to the reviewers (double blind review). If a reviewer finds the article noncompliant with the criteria of the journal, the editorial will not accept the article. The review process lasts 8 to 12 weeks. If, on the other hand, the reviewers find the article acceptable, it will be put in one of the following categories:

Original scientific paper is a first publication of original research results in a form that the research can be repeated, and the asserted facts verified. It is organized in accordance with the IMRAD scheme for experimental research or in a descriptive way for descriptive science areas.

Scientific work review is a review of papers on a specific topic, works of an individual researcher or a group of researchers whose aim is to summarize, analyze, evaluate or synthesize already published information. It brings new syntheses which also include results of author's own research.

Short scientific article is an original scientific article which may skip some elements of IMRAD. It concisely presents results of a completed own research or of an ongoing research.

Scientific gathering presentation is a comprehensive article that has previously been briefed to a scientific gathering, but it has not been published in its comprehensive form in the Paper Collection Book of the gathering.

Professional article is a review of something that is already known, with an

Guidelines for Authors

emphasis on the usability of the results of the original research and the spread of knowledge. The complexity of the text is adjusted to the needs of the professional and scientific aspects of the journal. After reviews have been done, the editorial board will analyze them. If needed, the paper is sent back to the author who must comply with the suggestions and objections made by the reviewers. Once they have redone the paper, the authors need to specifically describe, on a *separate sheet of paper*, how they have resolved the reviewer's suggestions.

Only those papers that have been placed in one of the categories and which have *two positive reviews will be published*.

Text style and organization

Scientific articles must adhere to the IMRAD scheme (Introduction, Methods, Results and Discussion).

Title

The title page of the manuscript should contain the following information: (1) a concise, but informative title. Use of abbreviations is not encouraged; (2) the author's names (do not include degrees); the last one is introduced by "&"; (3) the affiliation of the authors, town and state; (4) the name and address of the corresponding author (must include title, degree and position of the corresponding author, phone and fax numbers – zip code for the country and city, and email address).

Summary, large summary and key words

The summary should be brief and Self-explanatory. It should cover a general presentation of the topic (the purpose

and the objective of the paper), results and conclusions. Authors should not use abbreviations. The abstract should include 150-250 words. Authors from abroad write the large summary in their native language (the summary has to be reviewed), and the authors whose native language is BCS write the mentioned summary in one of the official languages of the IOC Assembly (article 27 of Olympic Charter), except English. The translation should be made by relevant person. Large summary should not exceed 1800 characters (up to three pages of double spaced text), and should include title, keywords and summary text. Three to six words, which are not part of the title, need to be singled out. The Key words need to reflect the contents of the paper.

Introduction

This part of the paper ought to inform the reader of the issues dealt with in the research and the results of previous analyses. The purpose of the research should also be clearly stated in this part.

Methods

This part should consist of the following subtitles: entity sample, variables, procedures, tastings, statistical analysis. Units of measurement, symbols and abbreviations must conform to international standards. Measurements of length, height, weight and volume should be given in metric units (meter, kilogram, liter).

Results

The results should be presented as tables, graphs and pictures, possibly processed statistically and be concisely presented in the text.

Tables, graphs and pictures showing the

Guidelines for Authors

results of individual analyses need to be indicated in the text for easier reader navigation.

Discussion

The authors are expected here to comment on the results and compare them with literature data. The discussion must be professional and correspond to experimental data. Practical implications are welcome.

Conclusion

Contains clearly stated scientific assertions, open issues and recommendations for further research.

Tables, graphs and pictures

Each table and any illustration (black and white only) must be submitted on a separate sheet of paper. Tables should be numbered in the order in which they occur in the text and referred to as, for example, "Table 1". Each table should be accompanied by a short title. Tables should be accompanied with interpretations (legends). It will also be deemed informative if the tables include indications of important correlations and relevant variables. Tables should be submitted separately

Illustrations, graphs and pictures shall be marked as "Figure 1". Photographs are sent in electronic form in a resolution not smaller than 300 dpi and in a .tif (figures) and .eps (graphics) format. Each figure needs to have a short title. In case that the figures are taken over from another paper, the title should not include the original name. In such a case, the source where the picture was taken from should be indicated under the picture.

If tables, graphs and pictures contain special symbols, or are prepared in a

special program, they must be submitted in a separate file, with clearly indicated order of their inclusion in the text.

Article technical form

Articles are written and published in Latin alphabet, and, when needed, in other alphabets, in the Serbian language (ijekavica dialect) and the English language. Any deviation from this need to be agreed with the editorial board in advance. If author's native language is not Serbian, Croatian or Bosnian their papers will be translated by editorial board. When translating the paper authors are suggested to engage someone whose native language is English.

Texts are to be written in Microsoft Word Windows program, on A4 paper format. Text is to be written in the Times New Roman font, size 12 pt in 1.5 spacing, aligned on both sides, with a 1 tab denting of the first row of a paragraph, with 2.5 cm paper margins. If it is necessary to indicate a word or a sentence in the text, use the italic. Text size should conform to 15 pages. The editorial board may accept a bit longer papers, but it will seldom do so. Articles and abstracts should be written in the third person, neutrally, adhering to a good style and defined linguistic norms.

References

The journal uses the Harvard reference system - APA standards for referencing literature.

Sending papers

The manuscripts are received on e-mail address:

editor.in.chief.sportlogia@ffvs.unibl.org

