

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA 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 Emilija 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

Korespodencija:

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. Kinematički parametri su jedan od segmenata u analizi atletskih disciplina, uključujući i bacanje kladiva. Cilj studije bio je da se utvrde prostorne i vremenske razlike kinematičkih 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 kinematičkih 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 $1,74\pm 0,13m$, a žene sa $1,54\pm 0,17m$. Na osnovu dobijenih rezultata kinematičkih parametara može se zaključiti da su evidentne kvantitativne i kvalitativne razlike u mjerenim kinematičkim parametrima finalista u Londonu, ali da su statistički značajne razlike evidentne samo u visini izbačaja sprave.

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

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 126

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

UVOD

Bacanje kladiva je kompleksna disciplina acikličnog 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 (>27m/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 kompletnu muskulaturu bacača, primarno na muskulaturu ruku i ramenog pojasa, 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. propriorepcija (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 imaju izrazito visok nivo razvijenosti i manifestacije motoričkih sposobnosti tokom motoričkog kretanja (Milanović, 1997), gdje tjelesna sa različitim procentulanim 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 mezo-endomorfnom somatotipu. Bacače kladiva u odnosu na ostale atletičare karakteriše veća količina mišićne mase, tako da po Šeldonovoj klasifikaciji bliži mezomorfnom 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 KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

djelovanja mišića antagonista kao i pasivnog istezanja vezivnog tkiva sa integrisanim 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 nagine 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 Gambeta, 1998) povećanjem brzine izbačaja postiže se

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA 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), predočili praktična uputstva za korekciju tehnike, pomoću kojih se rezultati postignuti na različitim geografskim širinama ili sa različitim pravcima oslobađanja 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 jednopotporne 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 nagnju trup nazad držeći visoko dršku kladiva, dok drugi bacači nisko drže dršku kladiva a tokom okreta se nagnju naprijed. Dapena, Gutiérrez-Dávila, Soto, & Rojas-Ruiz (2003) analiziraju rezultatsku uspješnost bacanja kladiva kao posljedicu neutralisanje otpora vazdušnog strujanja, uz pretpostavku da se centar mase kladiva poklapa sa centrom kugle. Pri izbačaju kladiva koriste trodimenzionalne podatke bacanja muških i ženskih takmičara upotrebom simulacije matametičkog modela.

Dokazali su da predviđanje korištenja pravog centra mase kladiva smanjila odstupanja za muškarce ($2,39 \pm 2,58\text{m}$) i žene ($5,28 \pm 2,88\text{m}$), dok su predviđanja djelovanja otpora vazduha i pravog središta mase kladiva dodatno smanjila odstupanja za muške ($-0,46 \pm 2,63\text{m}$), odnosno ženske bacače ($1,16 \pm 2,31\text{m}$). 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 napreznja. Rezultati su pokazali da je kvalitativno vremenska zavisnost dvije sile bila u osnovi ista, dok je kvantitativno prosječna razlika između izmjerenih 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 identifikujući 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 (prosjeak 24,59m/s muški i 23,59m/s žene), međunarodni (prosjeak 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 27,91m/s pri prosječnoj brzini okreta 4,67m/s, a žene 27,17m/s, sa prosječnom brzinom okreta 4,03m/s. Posljedice razlika mogu se tražiti u dužini treninga, različitom procesu treniranja, iskustvu takmičara, morfološkom profilu, motoričkim i anatomskim strukturama, tehnici pokreta, biomehaničkim parametrima koji nisu uzeti u obzir tokom istraživanja.

Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja, a tragom 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 (°)
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 putanje 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 KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

Tabela 1. Kinematički 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 |
| 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) | | | |
| Okret 1 | Okret 2 | Okret 3 | Okret 4 | Okret 1 | Okret 2 | Okret 3 | Okret 4 | | | Okret 1 | Okret 2 | Okret 3 | Okret 4 | | | | |
| 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 |
| 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 KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG
PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE**

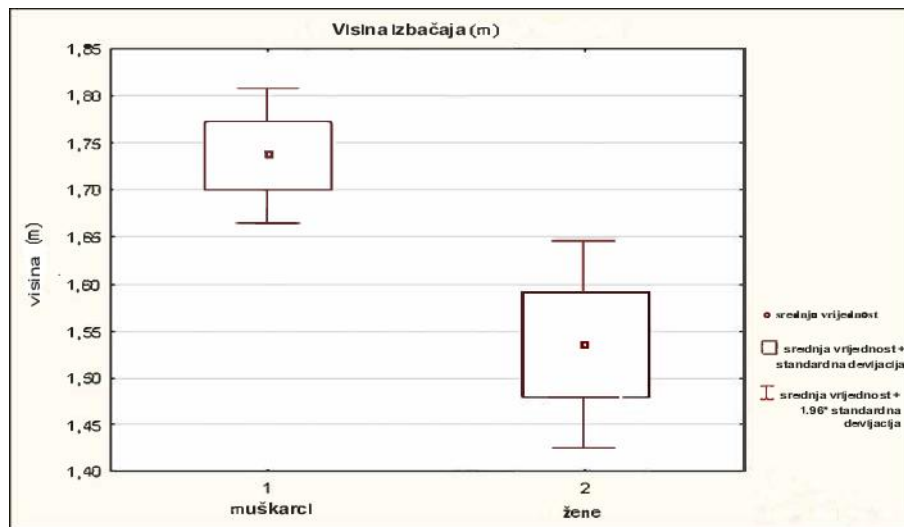
REZULTAT

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 putanje 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 | | | |
| | Okretn 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 KLADIVA 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°) u odnosu na muškarce (41,20°) 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; Grafikon1, 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° 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°, u rasponu od minimalnih 36,7° (Halasz) do maksimalnih 46,2° (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

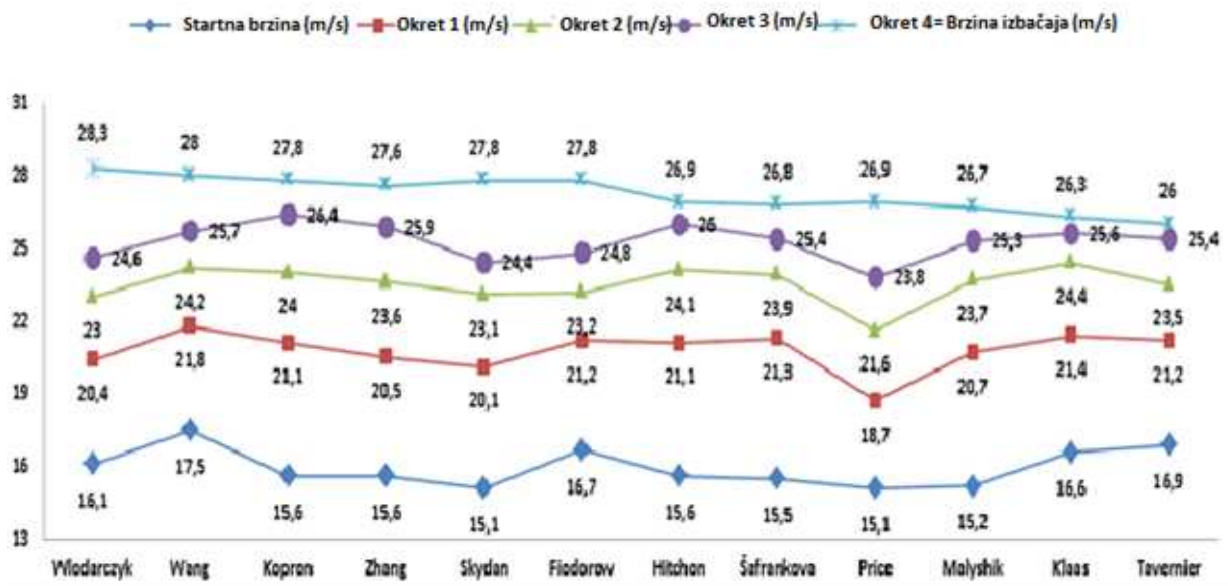
ženskih finalista (43,30m) trajanja 2,03s. Više od 90% finalista su u posljednjem četvrtom okretu ostvarili prosječnu najdužu putanju kladiva (Halasz 13,5m; Skydan 14,2m) (Tabela 1, 2, Grafikon4, 5).

Od ženskih bacača prvoplasirana Wlodarczyk je ostvarila najveću početnu brzinu izbačaja kladiva (28,3m/s), pri uglu izbačaja od 41,8° 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 (Wlodarczyk) 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°, sa maksimalnih 44,4° (Šafrankova) i minimalnih 36,9° (Skydan).

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

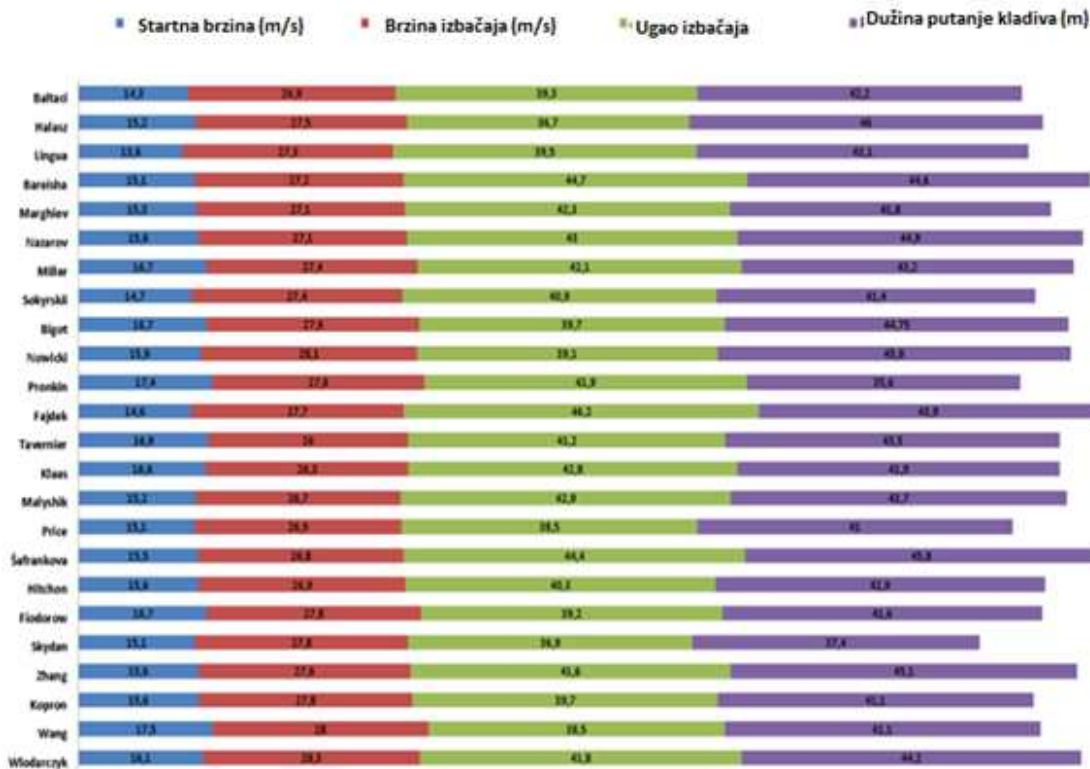


Grafikon 2. Fluktuacija brzine tokom okreta (muški finalisti)



Grafikon 3. Fluktuacija brzine tokom okreta (ženski finalisti)

RAZLIKE U KINEMATIČKIM PARAMETRIMA BACAČA KLADIVA 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 prvenstva 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 KLADIVA 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 trenajnog 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 anatomskih i fizioloških struktura, motoričkih sposobnosti (Terzis, Spengos, Kavouras, & sar. 2010). Zatim slijede

zamasi, gdje 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 prosječna 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 usmjereno 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, Vertič, & 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 radijusu, 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. Prosjek izbačajnog ugla 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 brzine 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 KLADIVA 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, Grafikon2,3,4). Neki treneri su pokušali produžiti fazu dvopotpornog oslonca da bi poboljšali rezultat (30,31). Teorija je dokazana markiranom 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, propriocepcije, 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 KLADIVA FINALISTA SVJETSKOG ATLETSKOG PRVENSTVA U LONDONU, 2017. GODINE

prestizujući 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 anatomske-biomehničke parametre za najefikasniji 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, Grafikon2,3). 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 izbačaja povećala za 11m/s sukcesivno, iz okreta u okret, sa maksimalnom brzinom u četvrtom okretu u fazi izbačaja (Tabela 1, Grafikon2, 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 uspješniji 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, Rosaemond, 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 KLADIVA 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 saopštena 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 (Wlodarczyk 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 potvrdili 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 potvrdili 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 rezultati u ovom istraživanju djelomično su evidentirane samo u visini izbačaja u skladu sa rezultatima nekih ranijih istraživanja, što je u zavisnosti od veću visinu izbačaja ($1,74 \pm 0,13\text{m}$) od parametara koji se analiziraju. ženskih finalista ($1,54 \pm 0,17\text{m}$). Dobijeni

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 perspectivas. 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.ppp>

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)

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

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. Udruga 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 Activity Journal*, 8(1), 55-81.
<https://doi.org/10.1123/wspaj.8.1.55>

Stefanović, Đ. & Bošnjak, G (2011). *Atletika, filozofsko-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 $1,74\pm 0,13$ m, and the female finalists from $1,54\pm 0,17$ m. 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