Povezanost kinematičkih parametara zaleta i odraza s rezultatom u skoku s motkom.

Salaj, Atila

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:265:323854

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Kinesiology Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Kineziološki fakultet Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

Atila Salaj

POVEZANOST KINEMATIČKIH PARAMETARA ZALETA I ODRAZA S REZULTATOM U SKOKU S MOTKOM

Završni rad

Osijek, 2021.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Kineziološki fakultet Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

Atila Salaj

POVEZANOST KINEMATIČKIH PARAMETARA ZALETA I ODRAZA S REZULTATOM U SKOKU S MOTKOM

Završni rad

Kolegij: Metodika tehničke i taktičke pripreme u atletici II.
JMBAG: 0267039300
e-mail: asalaj@kifos.hr
Mentor: prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

Osijek, 2021.

University Josip Juraj Strossmayer of Osijek
Faculty of Kinesiology Osijek
Undergraduate university study of Kinesiology

Atila Salaj

INFLUENCE OF KINEMATIC PARAMETERS OF RUN UP AND TAKE-OFF ON THE RESULT IN POLE VAULT

Osijek, 2021.

IZJAVA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, PRAVU PRIJENOSA INTELEKTUALNOG VLASNIŠTVA, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni (navesti vrstu rada: završni / diplomski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.

2. Kojom izjavljujem da je Kineziloški fakultet Osijek, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska*. 

3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Kineziološkog fakulteta Osijek, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15).

4. izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta/studentice: Atila Salaj
JMBAG: 0267039300

e-mail za kontakt: atila.salaj@gmail.com
Naziv studija: Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija
Naslov rada: Povezanost kinematičkih parametara zaleta i odraza s rezultatom u skoku s motkom

Mentor/mentorica završnog/diplomskog rada: prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

U Osijeku, 10. rujna 2021. godine

Potpis 

Povezanost kinematičkih parametara zaleta i odraza s rezultatom u skoku s motkom

SAŽETAK

Skok s motkom jedna je od biomehanički najkompleksnijih disciplina u atletici. Od sportaša zahtjeva visoku razinu motoričkih sposobnosti poput brzine, snage, koordinacije i fleksibilnosti. Osim motoričkih sposobnosti skok s motkom zahtjeva i visoku razinu mentalne pripremljenosti. Skakač s motkom mora trčati zalet s velikom brzinom i kontrolom, mora položiti motku u kutiju za polaganje te mora što učinkovitije prenijeti energiju koju je razvio u zaletu na motku. Nakon učinkovitog odraza, motka se savija, a skakač s motkom se u zraku postavlja u optimalan položaj kako bi što bolje mogao iskoristiti opružanje motke za postizanje visine. U ovom radu analizirano je 14 parametara s ciljem utvrđivanja onih najvažnijih za skok s motkom. Obrađeni su rezultati iz finala skoka s motkom sa Svjetskog prvenstva u Londonu 2017. godine. Analizom parametara utvrđeno je kako ne postoji značajna korelacija između parametara zaleta i odraza s konačnim rezultatom u skoku s motkom. Analiza je pokazala obrazac kretanja u nekim parametrima poput duljine zadnjeg koraka gdje gotovo 90% skakača s motkom u finalu ima kraći zadnji korak od predzadnjega. Osim toga, radom se nije uspjela utvrditi direktna povezanost pojedinog parametra ili obrasca kretanja s rezultatom. Glavni razlog tome je kompleksnost discipline u kojoj krajnji rezultat ovisi o više različitih kombinacija kinematičkih parametara i obilježja antropološkog statusa sportaša. Svaki skakač s motkom posjeduje jedinstveni način trčanja, skakanja i rukovanja s motkom te je zbog toga nemoguće odrediti učinak pojedinog parametra na rezultat. Kako bi skok s motkom bio uspješan ne smijemo tražiti jedan izolirani parametar koji želimo popraviti ili razvijati nego moramo gledati na skok s motkom kao sveukupnost sportaševih sposobnosti, znanja i dinamičkih stereotipa gibanja.

Ključne riječi: skok s motkom, kinematika, analiza

Influence of kinematic parameters of run up and take-off on the result in pole vault

ABSTRACT

Pole vault is one of the most biomechanically complex disciplines in athletics. It requires a high level of motor skills such as speed, strength, coordination and flexibility from pole vaulters. In addition to motor skills, pole vaulting also requires a high level of mental preparedness. The pole vaulter must perform the run up with high speed and control, place the pole in the planting box and transfer the energy he has developed in the pole as efficiently as possible. After effective take-off, the pole bends and the pole vaulter has to place himself in an optimal position so that he can make the best use of the pole's extension to reach the maximum height. In this paper, 14 parameters were analyzed in order to determine the most important ones for pole vault. The results from the pole vault final from the 2017. World Championships in London were processed. The analysis of the parameters showed that there is no significant correlation between the parameters of the run up and take-off with the final result in the pole vault. The analysis showed a pattern of movement in some parameters such as the length of the last step where almost 90% of pole vaulters in the final have a shorter last step than the penultimate one. In addition, the paper failed to determine the direct relationship of a particular parameter or pattern of movement with the result. The main reason for this is the complexity of the discipline in which the end result depends on several different combinations of kinematic parameters and characteristics of the anthropological status of the athlete. Each pole vaulter has a unique way of running, jumping and handling the pole and it is therefore impossible to determine the effect of a single parameter on the result. In order for pole vault to be successful, we must not look for one isolated parameter that we want to fix or develop, but we must look at pole vault as a totality of the athlete's abilities, knowledge and dynamic stereotypes of movement.

Key words: pole vault, kinematics, analysis

SADRŽAJ

1. **UVOD**.....8

1.1. Povijest skoka s motkom.....9
1.2. Strukturalna i biomehanička analiza skoka s motkom.....11
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....14
3. METODE ISTRAŽIVANJA.....14
4. REZULTATI 19
4.1. Deskriptivna statistika.....22
5. RASPRAVA.....30
6. ZAKLJUČAK 32
7. LITERATURA.....33

1. UVOD

Skok s motkom je atletska disciplina u kojoj sportaš koristi dugačak štap (motku) kako bi svoje tijelo prebacio preko letvice postavljene na određenoj visini. Skok s motkom zajedno sa skokom u dalj, skokom u vis i troskokom čini grupaciju skakačkih atletskih disciplina (Krnjus, 2016). Skok s motkom ističe se među ostalim disciplinama kao jedina atletska skakačka disciplina u kojoj atletičar koristi rekvizit za postizanje rezultata. Skok s motkom od sportaša zahtjeva visoku razinu spremnosti u gotovo svim aspektima motoričke i mentalne pripreme. Rezultat u skoku s motkom uvelike ovisi o motki pomoću koje se skače. Atletska pravila dopuštaju da motka može biti bilo koje duljine i bilo koje elastičnosti (Tehnical rules, 2019). Sportaši i njihovi treneri motke najčešće izabiru na temelju sportaševog antropološkog statusa, biomehaničke ispravnosti izvođenja tehnike, odvažnosti, vremenskih uvjeta itd. Cijeli trenažni proces u pripremi za skok s motkom je podređen razvoju onih sposobnosti koje će dopustiti korištenje dužih i „tvrđih“ (manje elastičnih) motki, odnosno motki koje potencijalno mogu skakaču omogućiti veću visinu skoka. U tom smislu, skakači s motkom posvećuju velik dio treninga na razvoj maksimalne brzine trčanja, eskplozivne snage, maksimalne i relativne snage, koordinacije i propriocepcije. Drugim riječima, skakač s motkom mora posjedovati brzinu dobroga sprintera, eksplozivnu snagu skakača u dalj, koordinaciju gimnastičara te sve to dok pokušava zadržati optimalnu tehniku nužnu za izvođenje uspješnog skoka. Zbog velikog broja parametara koji određuju uspješnost u skoku s motkom ne postoji točno određeni antropološki tip skakača s motkom. Vrhunski skakači s motkom mogu biti potpuno različiti u svim antropološkim obilježjima, mogu imati potpuno drugačiji stupanj razvijenosti motoričkih i funkcionalnih sposobnosti ali svejedno će imati isti osobni rekord. To skoku s motkom daje određenu dinamiku i čini disciplinu dodatno zanimljivijom. Angulo-Kinzler i sur. (1992) su podijelili skok s motkom na četiri strukturalne faze: faza zaleta, faza odraza, faza podupiranja motkom te faza slobodnog pada. Svaku od tih faza karakteriziraju različiti kinematički i kinetički parametri. To znači da male greške u izvedbi mogu znatno smanjiti konačan rezultat stoga je trenerima i sportašima od presudne važnosti dobro razumijevanje i shvaćanje utjecaja najvažnijih kinematičkih parametara na krajnji rezultat.

1.1. Povijest skoka s motkom

Skok s motkom kakvog danas poznajemo je izum druge polovice 20. stoljeća ali sama disciplina svoje početke nalazi mnogo ranije. Skok s motkom se pojavio u nordijskim zemljama u 16. stoljeću kao oblik svladavanja prirodnih zapreka (Vaulter magazine, 2013). Razvodnjavanjem zemalja Norveške, Engleske i Škotske nastao je veliki broj kanala preko kojih su seljaci i pastiri svakodnevno morali prelaziti kako bi si skratili put. Svako domaćinstvo je imalo svoj "štap" koji su nosili pri izlasku iz kuće kako bi pomoću njega efikasnije prelazili preko kanala (Johnson i VerSteeg, 2007). Razlika između tradicionalnog i modernog skoka s motkom je u cilju skakanje. U tradicionalnoj inačici cilj je bio pomoću motke prijeći što veću horizontalnu udaljenost, a ne postići vertikalnu visinu. U Norveškoj se tradicija održala sve do danas u obliku natjecanja u skoku s motkom u dalj – "Fierljeppen". Tijekom godina se horizontalni skok pretvorio u vertikalni što je uzrokovalo i promjene u tehnici izvođenja samog skoka ali i u materijalu od kojeg su motke rađene. Moderan skok s motkom može se podijeliti u četiri razvojne ere. Prva, drvena era započela je u Njemačkoj 1850-ih godina kada su gimnastička udruženja počela organizirati natjecanja na kojima se skakalo s motkama od drveta karija (World athletics, 2021). Iako službenih zapisa nema, procjenjuje se da je svjetski rekord ostvaren s drvenom motkom iznosio otprilike 3,5 m. Drvene motke su bile čvrste i pouzdane ali su zbog svoje velike težine ograničavali brzinu zaleta stoga se 90-ih godina 19. stoljeća počinju koristiti lakše, bambusove motke. Prvi zapis o korištenju bambusove motke datira iz 1857. godine ali široka upotreba počinje tek krajem 19. stoljeća čime i započinje era bambusa. Svjetski rekord skočen bambusovom motkom iz 1942. godine iznosio je zapanjujućih 4,77 m (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2001). Treća era je era metala. Ona je trajala najkraće, a pojavila se kao odgovor na često pucanje bambusovih motki. U eri metala motke su najčešće bile rađene od aluminija ili čelika koji je mogao podnijeti mnogo veću energiju od bambusovih motki. Čelik je omogućio duže zalete te posljedično i nešto bolje rezultate. Era metala je trajala samo 15 godina te se za vrijeme ove ere svjetski rekord podigao na 4,82 m. Zadnja i ujedno i najznačajnija era je era stakloplastike i karbonskih vlakana. Stakloplastične ili popularno "fiberglas" motke su prvi put predstavljene u SAD-u 1956. godine. Motke od stakloplastike omogućile su nove i do tada nezamislive visine u skoku s motkom. Zbog svojih savitljivih svojstava, stakloplastične motke omogućuju manji gubitak energije pri odrazu te efikasnije podizanje centra težišta skakačevog tijela pri izvođenju skoka. Prvi svjetski rekord sa stakloplastičnom motkom iznosio je 4,83 m iz 1961. godine. Od 1961. godine pa sve do danas, svjetski rekord srušen je još 53 puta kod muškaraca što je sveukupno 107 puta od 1850. godine.

Najistaknutiji skakač s motkom u povijesti zasigurno je Sergey Bubka koji je svjetske rekorde rušio ukupno trideset i pet puta (Progression of world athletics records, 2020). Bio je prvi čovjek koji je preskočio granicu od 6 m i prvi koji je preskočio 6,10 m. Tijekom svoje karijere postavio je svjetski dvoranski rekord od 6,15 m te svjetski rekord na otvorenom koji je iznosio 6,14 m. Renaud Lavillenie je skakač motkom koji se može pohvaliti zlatnim medaljama sa svih velikih natjecanja svijeta. Njegov osobni rekord na otvorenom iznosi 6,05 m, a na zatvorenom je 2014. godine srušio svjetski dvoranski rekord Sergeja Bubke za 1 cm preskočivši visinu od 6,16 m. Posljednjih nekoliko godina jedan od najutjecajnijih skakača s motkom zasigurno je Armand Duplantis. Mladi Šveđanin je nositelj gotovo svih starosnih svjetskih rekorda. Na Europskom prvenstvu u Berlinu 2018. godine trijumfirao je s državnim rekordom i rekordom prvenstva koji iznosi 6,05 m (European athletics, 2018). Dvije godine poslije srušio je apsolutni svjetski rekord dva puta ostavivši ga na visini od 6,18 m. Treba napomenuti da je Duplantis prilikom rušenja svjetskog rekorda imao samo 20 godina. Na Olimpijskim igrama u Tokiju 2021. godine postao je Olimpijski prvak čime je dodatno utvrdio svoj status među najboljim skakačima s motkom u povijesti.

Kod žena je skok s motkom uveden u program IAAF-a (danas WA) tek 1999. godine, a u olimpijski program 2000. godine u Sydneyu. Prvi službeni svjetski rekord iznosio je 4,05 m kojeg je skočila Kineskinja Sun Caiyun. Zbog tako kasnog pojavljivanja ženskog skoka s motkom na svjetskoj sceni, postoji samo osam žena koje su srušile svjetski rekord na otvorenom iako je on službeno rušen 55 puta. Najznačajnija skakačica s motkom je Yelena Isinbayeva, takozvana "Kraljica skoka s motkom". Bila je prva žena koja je preskočila granicu od 5 m, a svjetski rekord rušila je 28 puta (Progression of world athletics records, 2020). Njezin svjetski rekord na otvorenom od 5,06 stoji i danas. Jennifer Suhr je osvajačica zlatnih medalja na svim velikim svjetskim natjecanjima. Amerikanka je osvojila Američko nacionalno prvenstvo 17 puta te trenutno drži svjetski dvoranski rekord u skoku s motkom za žene koji iznosi 5,03 m.

1.2. Strukturalna i biomehanička analiza skoka s motkom

Skok motkom je biomehnički izrazito kompleksna atletska disciplina. Tijekom skoka dolazi do nekoliko različitih promjena energije te do nekoliko različitih sila koje djeluju na skakača te na

motku. Skok s motkom moguće je slikovito opisati kao prenošenje energije iz skakačevog tijela u motku te korištenje njezinog savijanja i opružanja za postizanje visine (Linthorne i Weetman, 2012). Iako je osnovni princip skoka s motkom prilično jednostavan, postoji mnogo faktora o kojima uspješnost skoka ovisi. Zbog svoje izražene kompleksnosti postoji nekoliko načina na koje se struktura skoka s motkom može podijeliti. Jedno od minimalističkih objašnjenja je podjela na fazu zaleta, fazu odraza, fazu podupiranja motkom te fazu slobodnog pada (Angulo-Kinzler i sur., 1992). Naravno, u praksi se ovakvo tumačenje skoka motkom pokazalo prejednostavno te samim time i neučinkovito. Mnogo prikladnija i jasnija podjela bila bi ona na 7 faza (Frere, Chollet i Tourny-Chollet, 2009): faza zaleta, priprema za polaganje motke, faza odraza, faza zamaha, faza gnijezda, faza inverzije i faza prelaska preko letvice. Ovakva podjela je prihvaćenija u svijetu atletike zbog detaljnijeg pristupa skoku s motkom što u konačnici donosi bolje rezultate.

I. Faza zaleta - Faza zaleta jedna je od najbitnijih faza kod skoka motkom. Trči se ciklično, pravocrtno i s motkom podignutom u zraku. Cilj zaleta je pripremiti se za polaganje motke u kutiju i generirati što veću kinetičku energiju. Što je kinetička energija pri odrazu veća to će skakač moći djelovati na dulje i tvrđe motke te posljedično i postizati bolje rezultate. Vrhunski skakači s motkom koriste zalete duge između 16 i 22 koraka ovisno o preferencijama. Neki skakači koriste i uvodne korake kako bi započeli zalet.

II. Priprema za polaganje motke - Polaganje motke je faza skoka motkom koja se odvija u posljednja tri koraka zaleta. Sastoji se od međusobno koordiniranog rada ruku i nogu. Tijekom prvog kontakta stopala s podlogom u predzadnjem koraku, desna ruka se s kuka počinje podizati duž frontalne ravnine tijela, a čep motke se počinje spuštati prema rupi. Pretposljednji korak je u pravilu nešto duži kako bi spustio težište tijela. Spuštanje težišta tijela na predzadnjem koraku pomaže skakaču da pri odrazu dodatno podigne centar težišta tijela po vertikalnoj ravnini (Nixdorf i Brueggemann 1983). Tijekom drugog kontakta u pretposljednjem koraku desna ruka je otprilike u visini ramena, odnosno u tranziciji između mjesta s kojeg je pokret iniciran te pune ekstenzije nad glavom. Motka je paralelna s tlom. Prema istraživanju Nixdorfa i Brueggemanna (1990), posljednji korak je za otprilike 10% kraći od pretposljednjeg. Skraćivanje zadnjeg koraka pomaže pri postizanju dodatne vertikalne brzine uz minimalan gubitak horizontalne. Desna ruka se postavlja iznad glave nešto prije kontakta stopala s podlogom u zadnjem koraku.

III. Faza odraza - Odraz u skoku motkom biomehanički je vrlo sličan odrazu kod skoka u dalj. Stopalo odrazne noge se u trenutku odraza mora postaviti na tlo istovremeno cijelom površinom. Takvo postavljanje stopala smanjuje vrijeme amortizacije te pridonosi manjem "rasipanju" energije pri odrazu. Postavljanjem stopala preko pete pri odrazu povećava se gubitak horizontalne brzine te samim time smanjuje se količina kinetičke energije koju je moguće prenijeti u motku. Kod odraza preko prednjeg dijela stopala, produžava se vrijeme amortizacije što također rezultira gubitkom kinetičke energije. Pravovremena aktivacija muskulature odrazne noge je također vrlo bitan faktor kod postizanja efikasnog odraza. Skakač u trenutku odraza mora aktivno postaviti odraznu nogu, odnosno povećati napetost mišića agonista. "Pravodobna aktivacija muskulature odrazne noge neposredno prije kontakta s podlogom dovodi do efikasnije tranzicije između ekscentričnog i koncentričnog tipa mišićne kontrakcije koji se pojavljuje u odrazu" (Antekolović i Baković, 2008). Što je izmjena ekscentrične i koncentrične kontrakcije kraća, manje energije se gubi tijekom amortizacije i samim tim je i vrijeme odraza kraće te prijenos energije u motku efikasniji. Osim horizontalne brzine, veliku ulogu u kvaliteti odraza imaju i kut odraza i kut uboda. Kod dobro izvršenog odraza kut odraza bi kod skakača motkom trebao iznositi između 17° i 20°. Kut manji od 17° za posljedicu ima premalu vertikalnu brzinu dok kut veći od 20° ima prevelik gubitak horizontalne brzine.

IV. Faza zamaha - Zamah je faza koja se u skoku motkom izvodi jednonožno (češće) i sunožno (rjeđe). Ova faza je uvjet za postizanje dobre inverzije i za dobro iskorištavanje energije iz motke. Postoji nekoliko uvjeta koji moraju biti zadovoljeni kako bi zamah bio kvalitetan. Prvi uvjet je da je prethodna faza (faza odraza) dobro izvršena. Dobar položaj pri odrazu kreira elastičnu potencijalnu energiju u abdominalnim mišićima što rezultira jačim i bržim zamahom. Drugi uvjet je da kvaliteta zamaha ovisi o njegovoj početnoj brzini i o ekstenziji potkoljenice u zglobu koljena. Na zamah u skoku s motkom djeluju isti biomehanički principi kao i na klatno. Što je klatno duže imat će veću kutnu brzinu. Zato je vrlo bitno da pri iniciranju zamaha, kut u koljenu bude približno 180° jer će na taj način osigurati veću brzinu i bolji dolazak u gnijezdo.

V. Faza gnijezda - Faza gnijezda je faza u skoku motkom u kojoj je motka najsavijenija. Ovu fazu karakterizira usporavanje kutne brzine tijela te početak stvaranja vertikalne

brzine. Kako bi gnijezdo bilo što efikasnije izvedeno skakač mora koljeno zamašne noge te odraznu nogu dovesti što je bliže moguće gornjoj ruci. Na taj način podiže kukove iznad horizontalne projekcije centra težišta tijela te stvara uvjete za optimalnu inverziju.

VI. Faza inverzije - Cilj inverzije je stvoriti što veću vertikalnu brzinu tijela pomoću koordiniranog rada cijeloga tijela i motke. Inverzija započinje guranjem nogu i kukova prema gore. Takvo "otvaranje" daje tijelu početno ubrzanje koje se povećava iskorištavanjem energije iz motke. U ovoj fazi skakač koristi elastičnu potencijalnu energiju iz motke kako bi pomoću vertikalnog ubrzanja stvorio što veću kinetičku energiju. Nakon guranja nogu i kukova prema dolje, skakač rukama povlači motku prema dolje i u lijevo stvarajući tako dodatno ubrzanje. Tijekom povlačenja rukama, skakač rotacijom kukova u smjeru suprotnom od kretanja kazaljke na satu započinje rotaciju oko svoje osi. Ta rotacija omogućuje prelazak preko letvice frontalnom stranom tijela te najefikasniji prelazak preko letvice. Nakon okreta i potpunog opružanja motke slijedi odvajanje od nje. Ono se izvodi pomoću odgurivanja obje ruke od motke. Nakon odvajanja od motke slijedi kratka faza leta tijekom koje se vertikalna brzina i kinetička energija smanjuju (Frère, L'hermette, Slawinski, & Tourny-Chollet, 2010).

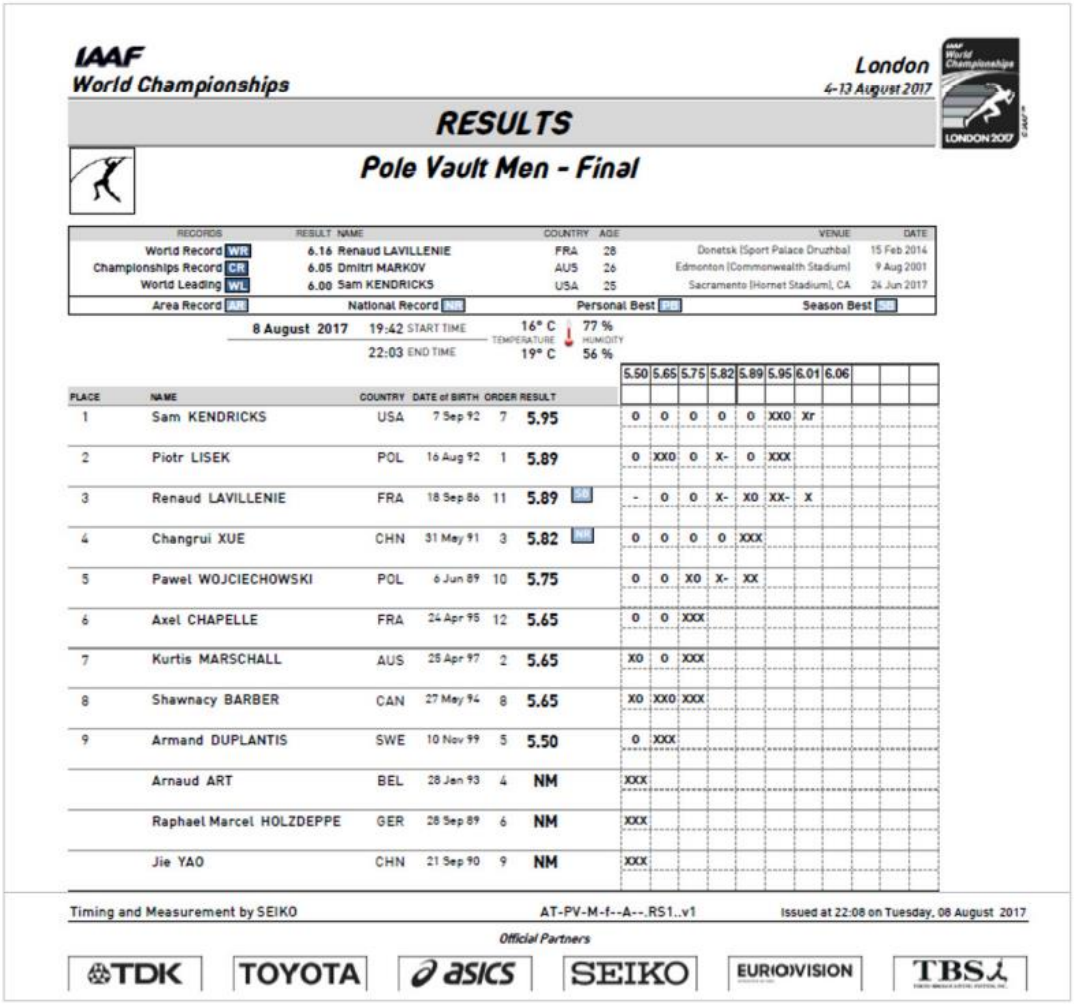
VII. Faza prelaska preko letvice - Pravila skoka s motkom ne ograničavaju način na koji će se letvica prijeći pod uvjetom da skakač ne hvata letvicu rukom tijekom prelaska. Danas se gotovo uvijek koristi isti način prelaska. Kada skakač izgubi gotovo svu vertikalnu brzinu, on spušta noge prema doskočištu kako bi podigao kukove i omogućio centru težišta dodatno podizanje. Tijekom prelaska prsa preko letvice potrebno je dodatno pronirati dlanove kako podigli laktove i spriječili njihovo doticanje letvice.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovoga istraživanja jest utvrditi povezanosti kinematičkih parametara tijekom različitih faza skoka s ukupnim rezultatom u skoku s motkom.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

Uzorak ispitanika: varijable su prikupljene na uzorku od 12 finalista koji su nastupili u finalu Svjetskog atletskog prvenstva u Londonu 8. kolovoza 2017. godine. Iz analize su isključeni svi skakači koji nisu ostvarili niti jedan uspješan skok.



IAAF World Championships — London 4-13 August 2017

RESULTS

Pole Vault Men - Final

RECORDS	RESULT	NAME	COUNTRY	AGE	VENUE	DATE
World Record WR	6.16	Renaud LAVILLENIE	FRA	28	Donetsk (Sport Palace Druzhba)	15 Feb 2014
Championships Record CR	6.05	Dmitri MARKOV	AUS	26	Edmonton (Commonwealth Stadium)	9 Aug 2001
World Leading WL	6.00	Sam KENDRICKS	USA	25	Sacramento (Hornet Stadium), CA	24 Jun 2017

Area Record AR | National Record NR | Personal Best PB | Season Best SB

8 August 2017 — 19:42 START TIME — 16° C TEMPERATURE — 77 % HUMIDITY
22:03 END TIME — 19° C — 56 %

PLACE	NAME	COUNTRY	DATE of BIRTH	ORDER	RESULT	5.50	5.65	5.75	5.82	5.89	5.95	6.01	6.06
1	Sam KENDRICKS	USA	7 Sep 92	7	5.95	o	o	o	o	o	xxo	Xr	
2	Piotr LISEK	POL	16 Aug 92	1	5.89	o	xxo	o	x-	o	xxx		
3	Renaud LAVILLENIE	FRA	18 Sep 86	11	5.89 AR	-	o	o	x-	xo	xx-	x	
4	Changrui XUE	CHN	31 May 91	3	5.82 NR	o	o	o	o	xxx			
5	Pawel WOJCIECHOWSKI	POL	6 Jun 89	10	5.75	o	o	xo	x-	xx			
6	Axel CHAPELLE	FRA	24 Apr 95	12	5.65	o	o	xxx					
7	Kurtis MARSCHALL	AUS	25 Apr 97	2	5.65	xo	o	xxx					
8	Shawnacy BARBER	CAN	27 May 94	8	5.65	xo	xxo	xxx					
9	Armand DUPLANTIS	SWE	10 Nov 99	5	5.50	o	xxx						
	Arnaud ART	BEL	28 Jan 93	4	NM	xxx							
	Raphael Marcel HOLZDEPPE	GER	28 Sep 89	6	NM	xxx							
	Jie YAO	CHN	21 Sep 90	9	NM	xxx							

Timing and Measurement by SEIKO — AT-PV-M-f--A--.RS1..v1 — Issued at 22:08 on Tuesday, 08 August 2017

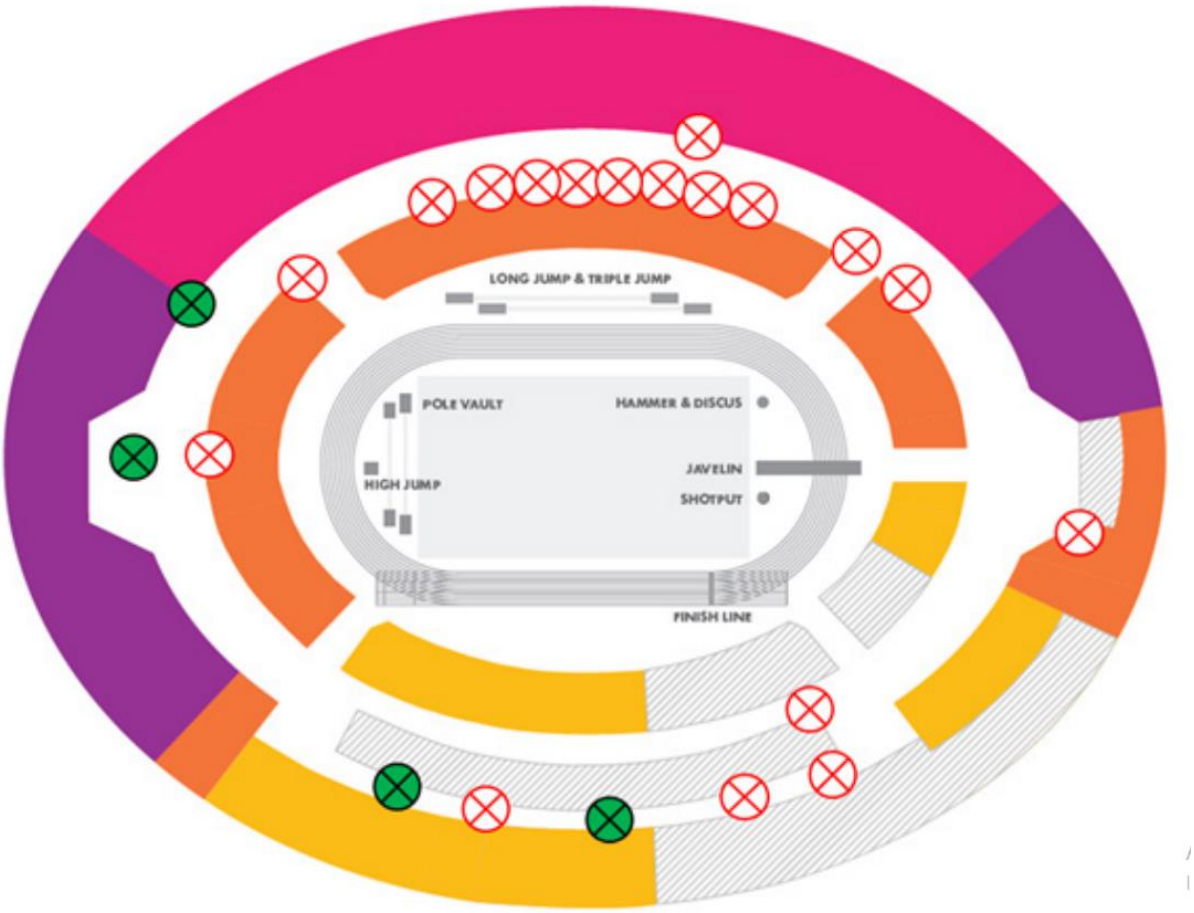
Official Partners

Slika 1. Zapisnik finala skoka s motkom u Londonu 2017. godine

Način prikupljanja podataka: podaci korišteni za izradu ovog završnog rada preuzeti su sa službenih stranica (World Athletics – WA). Mjerenja su provedena kao dio istraživanja rađen za potrebe WA-a tijekom Svjetskog prvenstva u Londonu 2017. godine.

U okružju skakališta za skok s motkom određene su četiri lokacije na kojima su postavljene kamere. Svaka lokacija je imala kapacitet za dvije susjedne kamere smještene na nosačima. Dvije lokacije su pozicionirane na balkonu za prenošenje vijesti duž ciljne ravnine, jedna na južnoj medijskoj platformi, a zadnja na kraju stražnje ravnine stadiona. Tri lokacije su koristile Sony PXW-FS5 i Canon EOS 700D kamere. Zadnja lokacija je koristila dodatnu Canon EOS

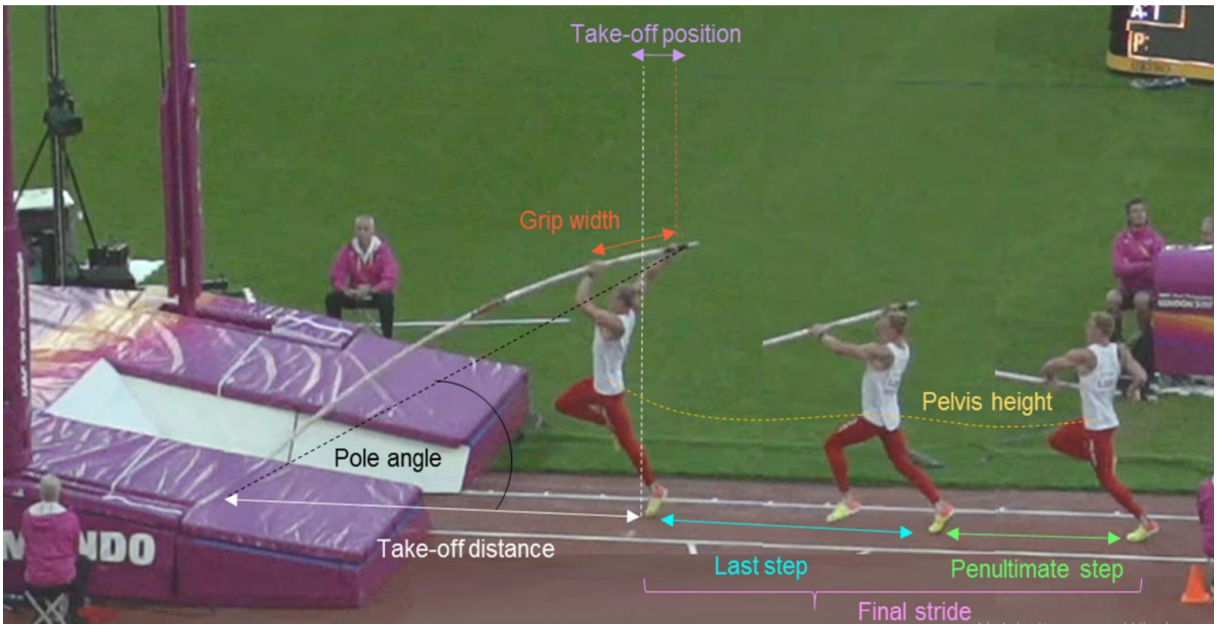
700D kameru. Sve kamere su bile podešene da snimaju svaki pokušaj svih natjecatelja u finalu. Sony PXW-FS5 kamere koje rade na 200 Hz (brzina okidača: 1/1250; ISO: 2000; FHD: 1920X1080 px) snimale su zadnji dio zaleta pa sve do letvice. Canon EOS 700D kamere koje rade na 60 Hz (brzina okidača: 1/1250; ISO: 3200; SHD: 1280x720 px) snimale su cijeli skok od početka zaleta do pada na strunjaču.



Slika 2. Položaj kamera za finale skoka s motkom (označene zelenom bojom)

Nakon natjecanja provedena su dva odvojena postupka kalibracije. Prvo, kruti kockasti kalibracijski okvir postavljen je na zaletišta iznad kutije za polaganje motke. Taj okvir je tada pomaknut na drugi položaj, dalje od kutije za polaganje kako bi osigurali točno definirani

volumen iz kojega će se sportaši odražavati i preskočiti letvicu. Ovaj pristup proizveo je veliki broj nekoplanarnih kontrolnih točaka po pojedinačnom kalibriranom volumenu i olakšao izgradnju specifičnog globalnog koordinatnog sustava. Daljnja kalibracija dovršena je pomoću okomitih polova kako bi točno izmjeriti horizontalne dijelove zaletišta. Za analizu je odabran najbolji uspješan skok svakog sportaša. Iz tog razloga, Arnaud Art, Raphael Marcel Holzdeppe i Jie Yao nisu bili uključeni. Video datoteke su uvezene u SIMI Motion (SIMI Motion verzija 9.2.2, Simi Reality Motion Systems GmbH, Njemačka) za ručnu obradu biomehanike cijeloga tijela. Svu obradu video snimaka napravio je jedan iskusni operater kako bi dobio kinematičke podatke. Tehnika sinkronizacije događaja (sinkronizacija četiri kritična trenutka) bila je primijenjena kroz SIMI Motion za sinkronizaciju dvodimenzionalnih koordinata sa svake kamere uključene u snimanje. Digitalizacija se odvijala tijekom zaleta, odraza i prelaska letvice. Započela je 15 sličica prije i završila 15 sličica nakon različitih događaja u tim fazama kako bi pružila dovoljno podataka za naknadno filtriranje. Svaka je datoteka prvo digitalizirana kadar po kadar i po završetku su po potrebi izvršene prilagodbe metodom točke preko kadra, gdje se svaka točka (npr. desni zglob koljena) pratila kroz cijeli skok. Algoritam izravne linearne transformacije (DLT) korišten je za rekonstrukciju trodimenzionalnih (3D) koordinata iz x i y koordinata slike pojedinačne kamere. Pouzdanost procesa digitalizacije je procijenjen ponovljenom digitalizacijom jednog odraza s međusobnim razmakom od 48 sati. Rezultati su pokazali minimalne sustavne i slučajne pogreške te su stoga potvrdili visoku pouzdanost procesa digitizacije. De'Levajev (1996) model parametara segmenta tijela korišten je za dobivanje podataka za težište cijeloga tijela. Butterworthov rekurzivni niskopropusni digitalni filter drugoga reda (nulto fazno kašnjenje) upotrijebljen je za filtriranje neobrađenih koordinatnih podataka. Granične frekvencije izračunate su pomoću analize zaostataka.



Slika 3. Zadnji korak u fazi zaleta s vizualno definiranim varijablama

Obrada podataka: svi podaci su obrađeni u računalnom programu Statistica pomoću standardne metode deskriptivne analize te analize korelacija.

Varijable: varijable koje su korištene u analizi su rezultat, brzina zaleta, duljina predzadnjeg koraka, brzina predzadnjeg koraka, duljina zadnjeg koraka, brzina zadnjeg koraka, udaljenost odraza od kutije za polaganje motke, visina hvata, brzina pri odrazu, vrijeme na motki, visina težišta tijela pri odrazu, visina težišta tijela pri zamahu, visina težišta tijela pri odgurivanju od motke, visina težišta tijela pri prijelazu letvice

.

Tablica 1. Varijable korištene za analizu

Naziv varijable	Definicija	Kratica varijable
Rezultat	Najveća uspješno preskočena visina	**R** (m)
Brzina zaleta	Prosječna brzina tijela ostvarena na srednjem dijelu zaleta	**BZ** (m/s)
Duljina predzadnjeg koraka	Duljina predzadnjeg koraka mjerena od vrhova prstiju jedne noge do vrhova prstiju druge noge	**DPK** (m)
Brzina predzadnjeg koraka	Brzina TT tijekom predzadnjeg koraka	**BPK** (m/s)

Duljina zadnjeg koraka	Duljina posljednjeg koraka mjerena od vrhova prstiju jedne noge do vrhova prstiju druge noge	**DZK** (m)
Brzina zadnjeg koraka	Brzina TT tijekom zadnjeg koraka	**BZK** (m/s)
Udaljenost odraza	Udaljenost od kutije za polaganje motke do vrhova prstiju odrazne noge pri odrazu	**UO** (m)
Visina hvata	Udaljenost između dna motke i gornje ruke	**VH** (m)
Brzina pri odrazu	Rezultantna brzina TT u trenutku odraza	**BO** (m/s)
Vrijeme na motki	Vrijeme između odraza i puštanja motke	**VNM** (s)
Visina pri odrazu	Vertikalna udaljenost između TT i podloge pri odrazu	**VO** (m)
Visina pri zamahu	Vertikalna udaljenost između TT pri odrazu i pri puštanju motke	**VPZ** (m)
Visina pri odgurivanju	Vertikalna udaljenost između TT pri puštanju motke te pri najvećoj visini	**VPO** (m)
Visina pri prijelazu letvice	Vertikalna udaljenost između letvice i TT pri prijelazu	**VPL** (m)

4. REZULTATI

U finalu skoka s motkom pobijedio je Amerikanac Sam Kendricks s rezultatom od 5,95 m preskočenim iz trećeg pokušaja. Srebrnu medalju osvojio je Poljak Piotr Lisek preskočivši visinu od 5,89 m iz prvog pokušaja. Francuz Renaud Lavillenie 5,89 m preskočio je iz drugog pokušaja što ga rangira kao trećeplasiranog u finalu.

Tablica 2. Poredak i rezultat u finalu skoka s motkom

Atletičar	**Poredak**	**Rezultat** (m)
Sam Kendricks	1.	5,95
Piotr Lisek	2.	5,89
Renaud Lavillenie	3.	5,89
Changrui Xue	4.	5,82
Pawel Wojciechowski	5.	5,75
Axel Chapelle	6.	5,65
Kurtis Marschall	7.	5,65
Shawnacy Barber	8.	5,65
Armand Duplantis	9.	5,50

Tablica 3. Prikaz izmjerenih vrijednosti svih varijabli

Skakakači s motkom na dvoranskom SP London, 2017		**R** (m)	**BZ** (m/s)	**DPK** (m)	**BPK** (m/s)	**DZK** (m)	**BZK** (m/s)	**UO** (m)	**VH** (m)	**BO** (m/s)	**VNM** (s)	**VO** (m)	**VPZ** (m)	**VPO** (m)	**VPL** (m)
1.	Kendricks	5,95	9,23	2,15	8,98	1,85	9,34	4,02	4,74	9,37	1,29	1,24	4,47	0,29	0,05
2.	Lisek	5,89	9,33	2,18	8,62	2,10	9,09	4,29	4,99	8,31	1,13	1,27	4,55	0,2	0,13
3.	Lavillenie	5,89	9,49	2,09	8,87	2,22	8,80	4,45	4,98	8,24	1,37	1,21	4,67	0,23	0,22
4.	Xue	5,82	9,33	2,18	9,29	2,15	9,09	4,21	4,94	8,56	1,18	1,26	4,50	0,26	0,19
5.	Wojciechowski	5,75	9,23	2,26	8,90	2,16	8,77	3,97	4,85	7,43	1,31	1,26	4,58	0,08	0,17
6.	Chapelle	5,65	9,44	2,07	8,72	1,66	8,76	3,56	4,74	8,14	0,73	1,15	3,99	0,65	0,14
7.	Marschall	5,65	9,13	2,36	8,58	2,08	8,69	4,37	4,92	8,91	1,54	1,27	4,41	0,04	0,07
8.	Barber	5,65	9,49	2,11	8,98	1,94	9,06	4,31	4,95	8,00	1,52	1,25	4,49	0,02	0,1
9.	Duplantis	5,50	9,53	2,09	8,22	1,84	9,00	3,60	4,77	7,81	1,37	1,20	4,42	0,12	0,23

4.1. Deskriptivna statistika

Tablica 4. Prikaz podataka dobivenih deskriptivnom analizom

Varijabla	N	AS	MIN	MAX	S.D.
R (m)	9	5,75	5,50	5,95	0,15
BZ (m/s)	9	9,36	9,13	9,53	0,14
DPK (m)	9	2,17	2,07	2,36	0,09
BPK (m/s)	9	8,80	8,22	9,29	0,30
DZK (m)	9	2,00	1,66	2,22	0,19
BZK (m/s)	9	8,96	8,69	9,34	0,21
UO (m)	9	4,09	3,56	4,45	0,33
VH (m)	9	4,88	4,74	4,99	0,10
BO (m/s)	9	8,31	7,43	9,37	0,58
VNM (s)	9	1,27	0,73	1,54	0,24
VO (m)	9	1,23	1,15	1,27	0,04
VPZ (m)	9	4,45	3,99	4,67	0,19
VPO (m)	9	0,21	0,02	0,65	0,19
VPL (m)	9	0,14	0,05	0,23	0,06

Legenda: R – rezultat u skoku s motkom; BZ – brzina zaleta; DPK – duljina predzadnjeg koraka; BPK – brzina predzadnjeg koraka; DZK – duljina zadnjeg koraka; BZK – brzina zadnjeg koraka; UO – udaljenost odraza; VH – visina hvata; BO – brzina pri odrazu; VNM – vrijeme na motki; VO – visina pri odrazu; VPZ – visina pri zamahu; VPO – visina pri odgurivanju motke; VPL – visina pri prijelazu letvice

U Tablici 4. vidljivi su rezultati deskriptivne analize varijabli za ukupno devet finalista skoka s motkom na Svjetskom prvenstvu u Londonu 2017. godine
Najbolji rezultat iznosio je 5,95 m dok je najniži iznosio 5,50 m. Prosječna visina koju su skakači s motkom preskočili na ovome Svjetskom prvenstvu iznosila je 5,75 m uz standardnu devijaciju od 0,15.

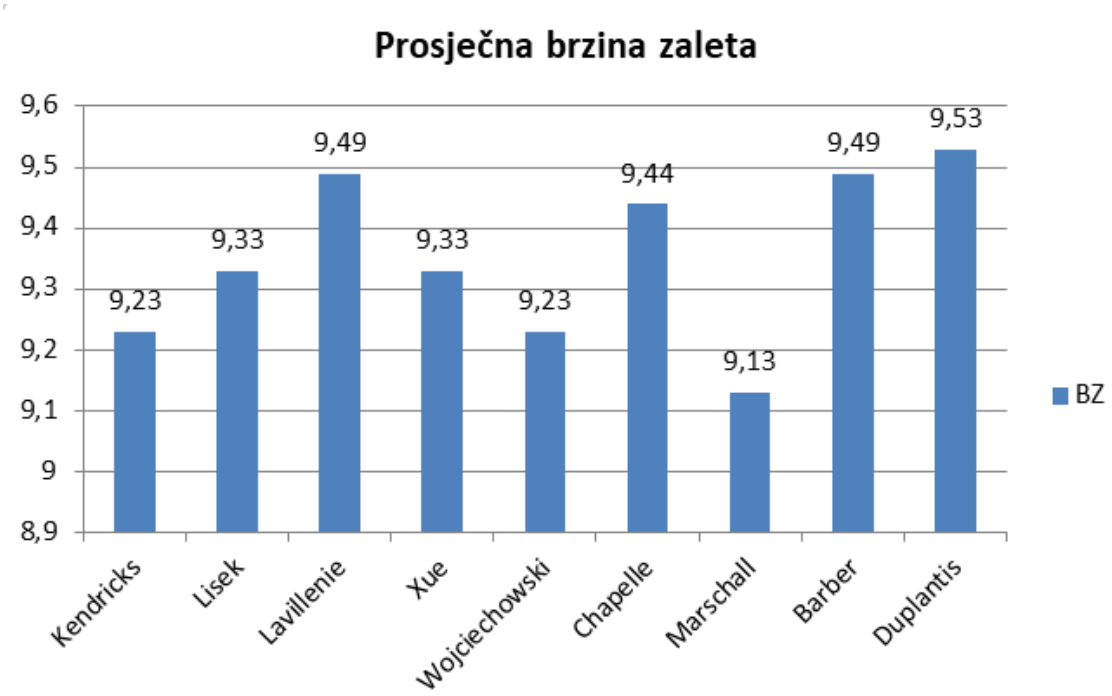
Iz analize možemo uočiti kako skakači motkom imaju nešto kraći zadnji korak (AS 2,00 m) od predzadnjeg (AS 2,17 m). Proporcionalno s duljinom zadnjeg koraka, brzina je također nešto veća u zadnjem koraku u usporedbi s predzadnjim. Skakači s motkom su u prosjeku držali motku na visini od 4,88 m. Najveći hvat iznosio je 4,99 m dok je najmanji iznosio 4,74 m. Sukladno s tim udaljenost odraza je bila najveća kod onih skakača koji su držali najveći hvat, a najmanja kod onih s najnižim hvatom.

Kod brzine pri odrazu možemo vidjeti veća odstupanja između skakača nego smo to mogli kod prosječne brzine zaleta. Najveća brzina pri odrazu iznosi 9,37 m/s dok najniža iznosi 7,43 m/s. Prosječna brzina pri odrazu iznosi 8,31 m/s uz SD OD 0,58.

Prosječno vrijeme provedeno na motki iznosi 1,27 sekunde uz standardnu devijaciju od 0,24.

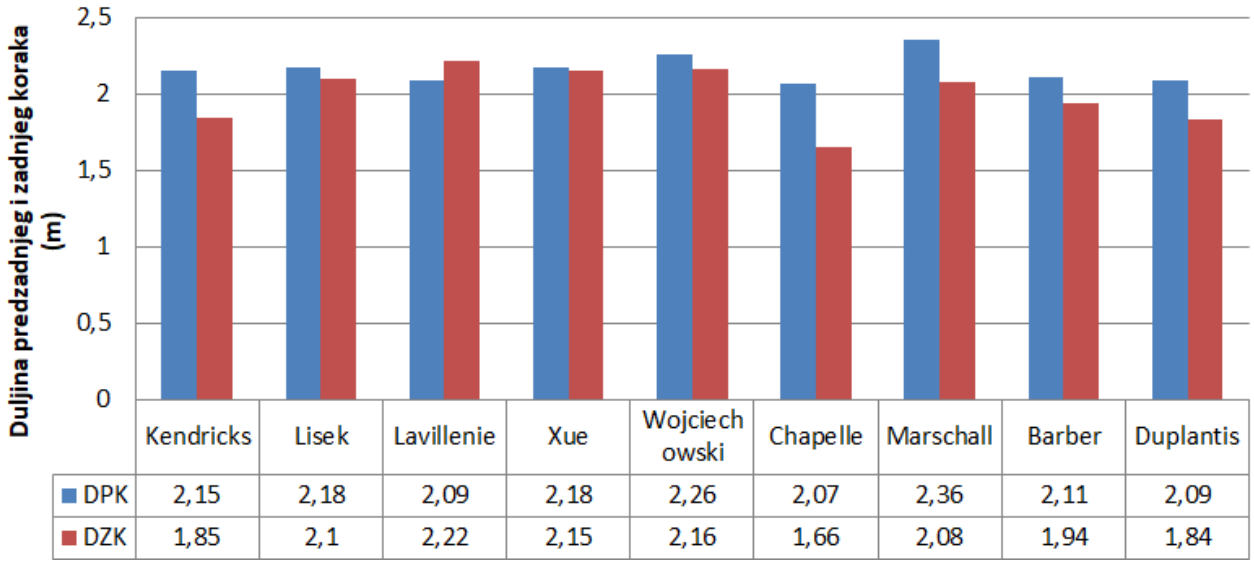
Skakači s motkom na ovom svjetskom prvenstvu su ostvarili najbolji skok s razlikom između visine tijela i visine letvice od prosječno 14 cm. Najniža vrijednost za ovu varijablu je samo 5 cm.

Najbrži skakač s motkom bio je Armand Duplantis s 9,53 m/s dok su Lavillenie i Barber drugi s 9,49 m/s. Najsporiji skakač s motkom u finalu bio je Kurtis Marschall s prosječnom brzinom zaleta od 9,13 m/s.



Slika 4. Prosječna brzina zaleta (m/s)

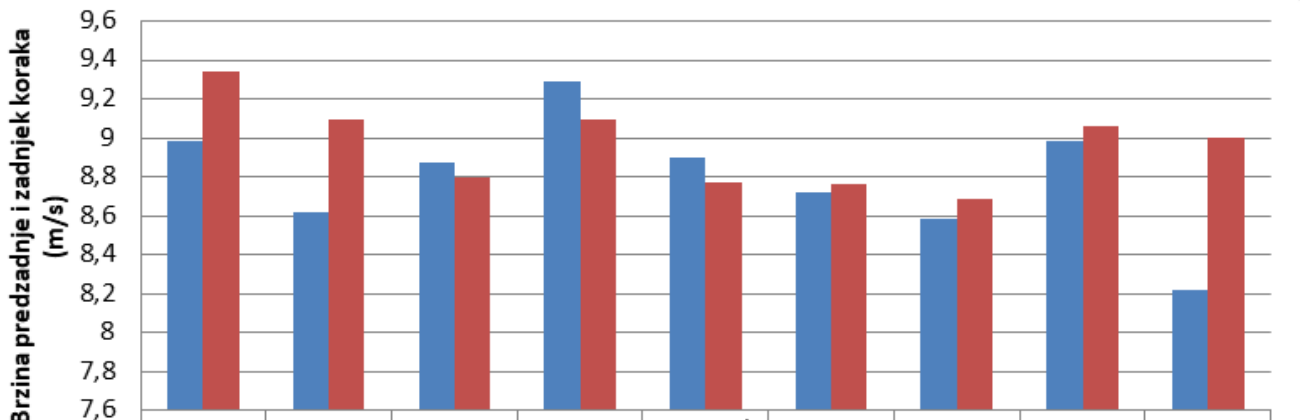
Kod duljine zadnjeg koraka uočavamo obrazac kretanja kod gotovo svih skakača s motkom. Kod svih skakača je zadnji korak kraći od predzadnjeg osim kod Renauda Lavilleniea kod kojeg je zadnji korak za 13 cm duži od predzadnjeg.



	Kendricks	Lisek	Lavillenie	Xue	Wojciechowski	Chapelle	Marschall	Barber	Duplantis
DPK	2,15	2,18	2,09	2,18	2,26	2,07	2,36	2,11	2,09
DZK	1,85	2,1	2,22	2,15	2,16	1,66	2,08	1,94	1,84

Slika 5. Duljina predzadnjeg i zadnjeg koraka

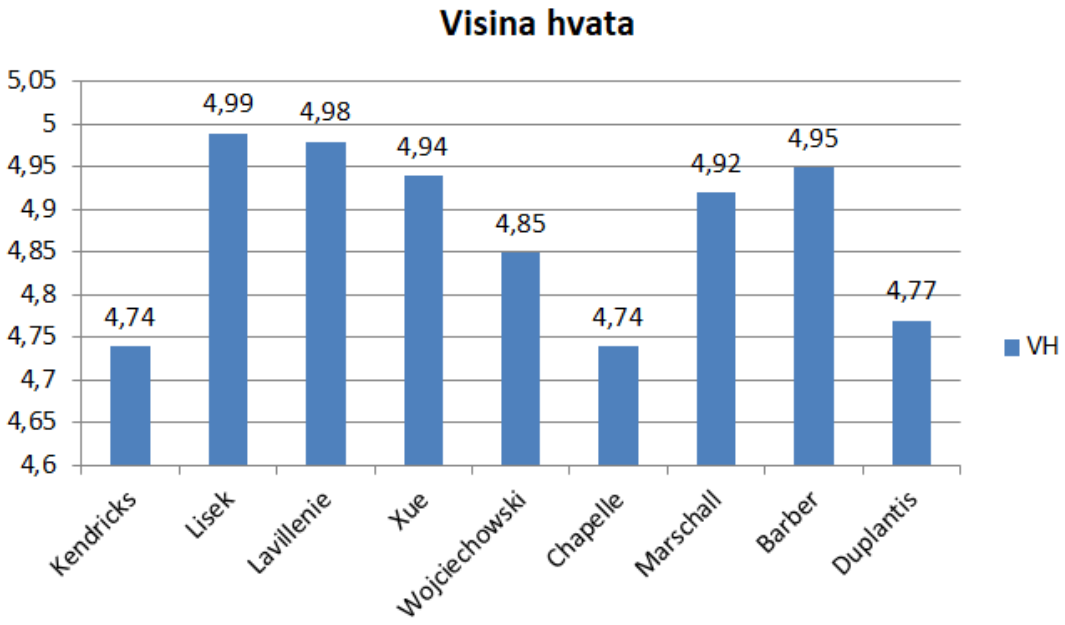
Brzina zadnjeg koraka je u većini slučajeva veća od brzine predzadnjeg koraka iako kod skakača popout Lavilleniea, Xuea i Wojciechowskija uočavamo negativnu promjenu u vrijednosti brzine tijela. Najveću pozitivnu promjenu imao je Armand Duplantis čija je brzina porasla s 8,22 m/s u predzadnjem koraku na 9 m/s u zadnjem koraku.



	Kendricks	Lisek	Lavillenie	Xue	Wojciechowski	Chapelle	Marschall	Barber	Duplantis
BPK	8,98	8,62	8,87	9,29	8,9	8,72	8,58	8,98	8,22
BZK	9,34	9,09	8,8	9,09	8,77	8,76	8,69	9,06	9

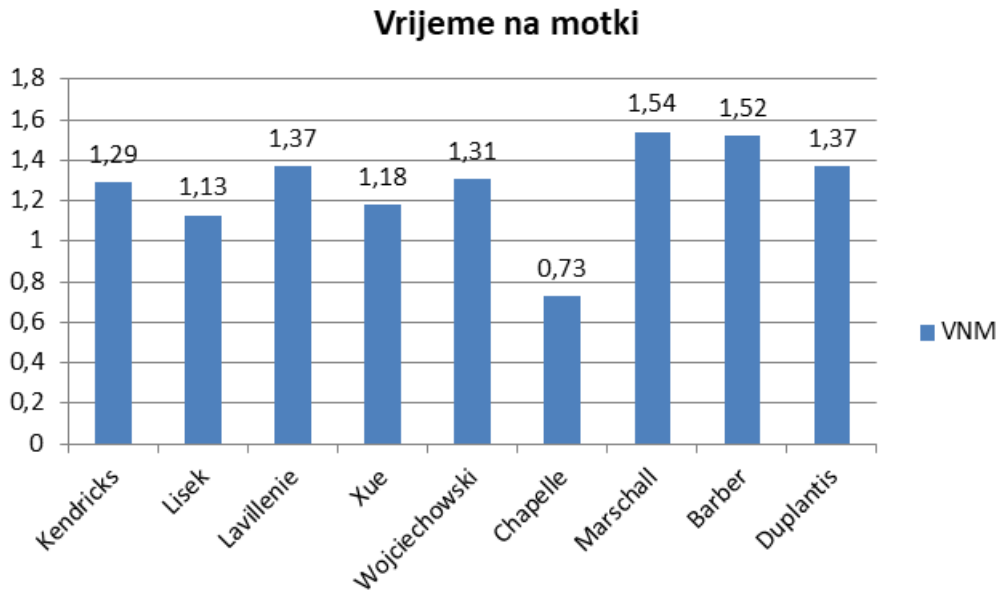
Slika 6. Brzina predzadnjeg i zadnjeg koraka

Visina hvata kod skakača s motkom u finalu kreće se između 4,74 m i 4,99 m .



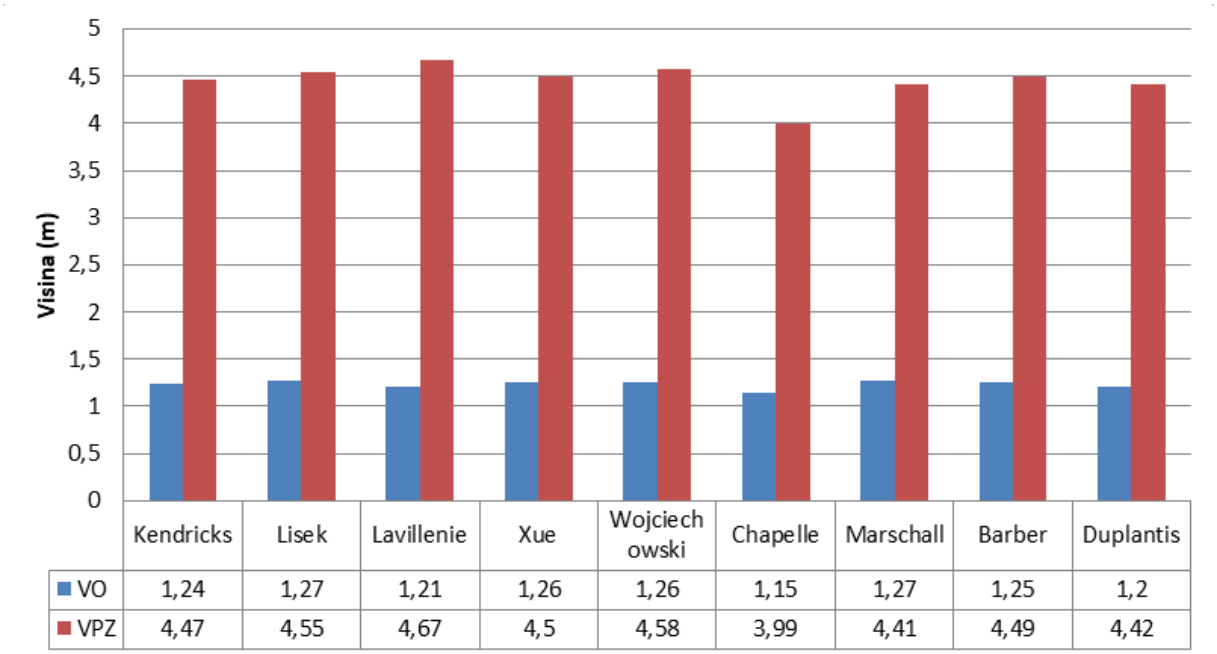
Slika 7. Visina hvata kod skakača s motkom u finalu (m)

Prosječno vrijeme provedeno na motki iznosi 1,27 s. Axel Chapelle je skakač s najkraćim vremenom na motki sa samo 0,73 s dok je Kurtis Marschall na motki proveo najviše vremena odnosno 1,54 s. Lavillenie i Duplantis su obojica proveli 1, 37 s na motki.



Slika 8. Vrijeme provedeno na motki (s)

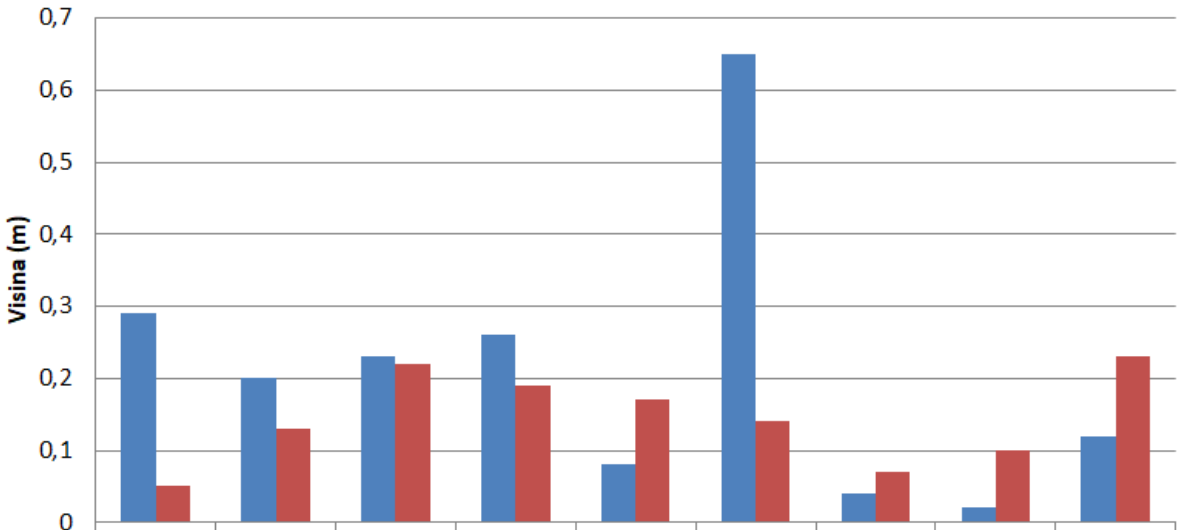
Visina TT pri odrazu i visina TT pri zamahu ne razlikuju se znatno između skakača.



	Kendricks	Lisek	Lavillenie	Xue	Wojciechowski	Chapelle	Marschall	Barber	Duplantis
VO	1,24	1,27	1,21	1,26	1,26	1,15	1,27	1,25	1,2
VPZ	4,47	4,55	4,67	4,5	4,58	3,99	4,41	4,49	4,42

Slika 9. Visina TT pri odrazu (VO) i visina TT pri zamahu (VPZ)

Kod visine pri odgurivanju i visine pri prijelazu letvice uočene su velike razlike. Najveću razliku između visine TT pri puštanju motke i njegove najveće visine imao je Axel Chapelle s visinom od 0,65 m većom u odnosu na visinu hvata. Barber je imao najmanju razliku u navedenim visinama s razlikom od 0,02 m. Kod prijelaza letvice najveću je razliku imao Armand Duplantis, a najmanju pobjednik Sam Kendricks što je očekivano obzirom da je Duplantis završio natjecanje na visini od 5, 50 m, a Kendricks na visini od 5,95 m, a osobni rekord su obojici u tom trenutku iznosili preko 5,90 m



	Kendricks	Lisek	Lavillenie	Xue	Wojciechowski	Chapelle	Marschall	Barber	Duplantis
VPO	0,29	0,2	0,23	0,26	0,08	0,65	0,04	0,02	0,12
VPL	0,05	0,13	0,22	0,19	0,17	0,14	0,07	0,1	0,23

Slika 10. Visina pri odgurivanju i visina pri prijelazu letvice

Tablica 5. Prikaz rezultata korelacijske analize

Varijable	Korelacije; crveno i zvjezdicom označene korelacije za p < ,05, N=9													
	R (m)	**BZ** (m/s)	**DPK** (m)	**BPK** (m/s)	**DZK** (m)	**BZK** (m/s)	**UO** (m)	**VH** (m)	**BO** (m/s)	**VNM** (s)	**VO** (m)	**VPZ** (m)	**VPO** (m)	**VPL** (m)
R (m)	1,00													
BZ (m/s)	-0,33	1,00												
DPK (m)	0,03	*-0,88	1,00											
BPK (m/s)	0,58	-0,20	0,02	1,00										
DZK (m)	0,44	-0,29	0,48	0,33	1,00									
BZK (m/s)	0,43	0,05	-0,31	0,29	-0,18	1,00								
UO (m)	0,51	-0,27	0,39	0,41	*0,77	0,02	1,00							
VH (m)	0,30	-0,001	0,26	0,27	*0,80	-0,12	*0,87	1,00						
BO (m/s)	0,48	-0,49	0,22	0,24	-0,08	0,44	0,31	-0,07	1,00					
VNM (s)	-0,11	-0,16	0,41	-0,06	0,47	0,04	0,56	0,39	0,07	1,00				
VO (m)	0,34	-0,61	*0,72	0,30	*0,69	0,24	*0,69	0,59	0,21	0,60	1,00			
VPZ (m)	0,46	-0,11	0,23	0,23	*0,83	0,22	*0,69	0,63	-0,04	*0,68	*0,68	1,00		
VPO (m)	0,16	0,20	-0,50	0,11	-0,56	-0,02	-0,52	-0,48	0,15	*-0,92	*-0,74	*-0,72	1,00	
VPL (m)	-0,21	0,61	-0,40	-0,16	0,26	-0,27	-0,22	0,12	-0,64	-0,13	-0,34	0,20	0,05	1,00

Analiza korelacije ne pokazuje statistički značajnu povezanost niti jednog kinematičkog parametra pri zaletu i tijekom skoka s krajnjim rezultatom u skoku s motkom.

Promatrajući međusobnu korelaciju parametara zaleta i odraza primjećeno je kako duljina zadnjeg koraka ima statistički značajnu povezanost s čak četiri ostala parametra. Duljina zadnjeg koraka je pozitivno povezana s udaljenosti odraza s koeficijentom korelacije 0,77, s visinom hvata s koeficijentom korelacije 0,80, s visinom pri odrazu s koeficijentom korelacije 0,69 te s visinom pri zamahu s koeficijentom korelacije 0,83.

Utvrđena je statistički značajna povezanost udaljenosti odraza s visinom hvata (0,87). Udaljenost odraza je također povezana s visinom odraza i visinom pri zamahu pri jednakom koeficijentu korelacije za obje od 0,69.

Analiza je pokazala kako je najveći negativan koeficijent između varijabli vrijeme na motki i visina pri odgurivanju i iznosi visokih -0,92.

Analiza korelacije nije pokazala ni statistički značajnu povezanost između brzine pri odrazu i rezultata u skoku s motkom.

5. Rasprava

U finalu skoka s motkom na Svjetskom prvenstvu u Londonu 2017. godine nastupilo je ukupno 12 skakača s motkom. Trojica skakača nisu uspjela preskočiti prvu visinu stoga je u istraživanju obrađeno ukupno 9 rezultata. Pobjedu u natjecanju odnio je Sam Kendricks s rezultatom od 5,95 m. Pokušaji su odlučivali poredak za drugo i treće mjesto obzirom da su i Piotr Lisek i Renaud Lavillenie skočili 5,89 m. Lisek je zauzeo drugo, a Lavillenie treće mjesto. Changrui Xue je završio natjecanje na četvrtom mjestu s državnim rekordom od 5,82 m. Najlošiji rezultat na natjecanju postigao je Armand Duplantis s 5,50 m što znači da su svi rezultati ostvareni na natjecanju postignuti u rasponu od 0,45m. Prosjek svih ostvarenih rezultata je 5,75 m uz SD 0,15. Prosječna brzina zaleta natjecatelja iznosila je 9,36 m/s uz SD 0,14. Najzanimljivija činjenica jest manjak korelacije između ijednog kinematičkog parametra te konačnog rezultata u skoku s motkom. Tako dobiveni rezultati lako se mogu interpretirati kao pogrešni ali zapravo nam potvrđuju ranije navedenu činjenicu – „Skok motkom je biomehnički izrazito kompleksna atletska disciplina“. U svijetu skoka s motkom postoji izreka koja kaže kako skakači s motkom dolaze u svim oblicima i veličinama. Zato ni ne iznenađuje što u korelacijskim vrijednostima ne možemo pronaći niti jednu varijablu koja je jedinstvena za većinu sportaša, a može pridonijeti ostvarivanju boljeg rezultata. Svaki od skakača s motkom posjeduje različite motoričke, funkcionalne, antropometrijske i ostale čimbenike što ih čini individuama sa zasebnim načinom interpretacije tehnike skoka s motkom. Zbog velikog broja parametara koje determiniraju krajnji rezultat u skoku s motkom i najmanja varijacija u tehnici ili sposobnostima skakača rezultirat će drukčijim odnosom između njih. Ako pogledamo osvajače medalja s ovoga Svjetskog prvenstva s lakoćom možemo zaključiti da među njima ne postoji mnogo antropometrijskih sličnosti. Zbog takvih razlika u fizičkom statusu sportaša možemo očekivati i razlike u načinu kretanja, a samim time i kranje razlike u mjerenim vrijednostima pojedinih parametara. Tome nam svjedoči i usporedba Poljaka Piotra Liseka i Francuza Renauda Lavilleniea koji su obojica skočili istu visini ali između njihovih kinematičkih vrijednosti postoji vrlo malo sličnosti. Lisek je imao manju brzinu zaleta (9,33 m/s), manju udaljenost od kutije za polaganje motke (4,29 m) i kraći zadnji korak (2,10 m) od Lavilleniea (BZ – 9,49 m/s; UO – 4,45 m; DZK – 2,22 m/s). Visina hvata im je bila vrlo slična s 4,99 m kod Liseka i 4,98 m kod Lavilleniea. Visina hvata kod pobjednika bila je niža od svih ostalih u finalu (4,74 m). Iako ne postoji samo jedan način za najoptimalniji razvoj sportaša za skok s motkom ipak postoje određena pravila iz kojih možemo izvući zaključke. Gledajući usporedno duljinu predzadnjeg koraka i duljinu zadnjeg koraka kod finalista, primjećujemo da je 8 od 9 skakača

s motkom u finalu imalo kraći zadnji korak od predzadnjega. Na čelu tih skakača je upravo pobjednik sam Kendricks s razlikom od -13,95% između tih koraka. Ovaj način odražavanja biomehanički ima smisla jer uzrokuje najveće očuvanje kinetičke energije u skakačevom tijelu (Antekolović i Baković 2008). Postavljajući odraz na takav način osigurava manji gubitak horizontalne brzine pri odrazu i povećanje vertikalne brzine. Dokaz tome je činjenica da je jedino Samu Kendricksu brzina pri odrazu (BO) bila veća od brzine zaleta (BZ).

6. Zaključak

Uzevši u obzir analizu i podatke obrađene u ovome radu zaključeno je kako ne postoji jedinstveni obrazac kretanja koji determinira uspješnost u skoku s motkom. Zbog svoje izrazite kompleksnosti, disciplina skoka s motkom od sportaša traži veliki broj sposobnosti i vještina koje su potrebne za uspješnost u njoj. Zbog toga se načini pristupa sportaša ovoj disciplini veoma razlikuju. Korelacijska analiza ne pokazuje statistički značajnu korelaciju parametra s rezultatom u skoku s motkom već nam je pobliže objasnila odnos između samih parametara zaleta i odraza. Za sportaše i njihove trenere takvo razumijevanje može biti od ključne važnosti za razvoj mladih sportaša i njihovih sportskih identiteta u vidu razvoja tehnike i sposobnosti za skok s motkom. Bolje razumijevanje obrazaca kretanja će rezultirati optimalnijim radom s mladima i prevenirat će ograničavanje načina kretanja mladih sportaša zbog ideje o idealnom tehničkom modelu koju njihovi treneri imaju. Iz ovog je rada zaključeno kako je u radu sa sportašima pogrešno inzistirati na točno određenom načinu kretanja i razvoju sposobnosti u skoku s motkom. Umjesto toga, potrebno je napraviti detaljnu analizu sportaševog antropološkog statusa i na temelju nje kreirati model pristupa razvoju atletičara. To podrazumijeva identificiranje sportaševih snaga i slabosti pomoću kojih će biti utvrđeno s kojim prednostima sportaš raspolaže, a na kojim segmentima treninga treba još raditi.

7. LITERATURA

1. Angulo-Kinzler, R.M., Kinzler, S.B., Balius, X., Turro, C., Caubet, J.M. & Escoda, J. (1994). Biomechanical analysis of the pole vault event. Journal of Applied Biomechanics, 10, 147–165.
2. Antekolović, Lj., & Baković, M. (2008). *Skok u dalj. Zagreb: Miš*
3. European athletics (2018) Pole vault final – results. Pristupljeno 20. rujna 2021.<https://web.archive.org/web/20180813044230/https://www.europeanchampionships.com/results/resECG2018/pdf/ECG2018/ATH/ECG2018_ATH_C73M_ATHMPLEVAULT----------FNL-000100--.pdf>
4. Encyclopaedia Britannica (2001). *Cornelius Warmerdam - American athlete.* Preuzeto 20. rujna 2021. <https://www.britannica.com/biography/Cornelius-Warmerdam>
5. Frère, J., L'hermette, M., Slawinski, J., & Tourny-Chollet, C. (2010). Mechanics of pole vaulting: a review. *Sports biomechanics*, *9*(2), 123-138.
6. Gravestock, H., & Bissas, A. (2017). Biomehanical report for the IAAF World Championship London 2017. Pole vault men's. Carnegie School of Sport. https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre
7. Johnson, J., VerSteeg, R., & Kring, R. F. (2007). *Illustrated history of the pole vault*. Track & Field News.
8. Linthorne, N. P., & Weetman, A. G. (2012). Effects of run-up velocity on performance, kinematics, and energy exchanges in the pole vault. *Journal of sports science & medicine, 11*(2), 245.
9. Nixdorf, E., Brüggemann, P. (1990). Takeoff preparation techniques of elite male and female long jumpers. In *Techniques in athletics—the first international conference, Cologne* (pp. 7-9).
10. Nixdorf, E., Brüggemann, P. (1983). Zur Absprungvorbereitung beim Weitsprung Eine biomechanischc Untersuchung wm Problem der Koerperschwerpunktsenkung. Die Lehre dcr Leichtathletik 1539-1541
11. Vaulter magazine (2013). Evolution of pole vault. Pristupljeno 20. rujna 2021. <https://vaultermagazine.com/evolution-of-the-pole-vault/>
12. World athletics (2020). Progression of world athletics records. Pristupljeno 20. rujna 2021. <https://media.aws.iaaf.org/misc/eBook/index.html#page=1>
13. World Athletics (2019). Tehnical rules. Pristupljeno 20. rujna 2021. https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/book-of-rules
14. World Athletics (2021). *Pole vault*. Pristupljeno 20. rujna 2021. https://www.worldathletics.org/disciplines/jumps/pole-vault

15. Krnjus, A. (2016). *Atletske discipline* (Doctoral dissertation, University of Pula. Faculty of Educational Sciences).