

*Marijo Baković
Ljubomir Antekolović*

Prethodno znanstveno priopćenje

3D KINEMATIČKA ANALIZA SKOKA S MOTKOM KAO PREDUVJET MODELIRANJA TRENAŽNOG PROCESA – SLUČAJ HRVATSKOG REKORDERA

1. UVOD

Zbog iznimno brzih kretanja skakača s motkom i ograničenosti ljudskog oka u registraciji i kvantifikaciji važnih parametara koji govore o razini efikasnosti tehnike skoka s motkom, u istraživanjima se najčešće koriste različiti biomehanički sustavi (Antekolović, 2007). Njihov se rad temelji na prikupljanju video zapisa natjecateljskih ili trenažnih izvedbi skokova koji se nakon toga analiziraju prikladnim postupcima (video analiza, kinematička analiza). Zavisno o kvaliteti video zapisa i učestalosti uzorkovanja, moguće je izračunati sve relevantne parametre zaleta, odraza, leta i doskoka. Upravo je temeljem kinematičkih analiza prikupljen i analiziran veliki broj informacija koje su pomogle u definiranju varijabli, odnosno elemenata tehnike presudnih za uspjeh u skoku s motkom.

Za skok s motkom se može reći da je najsloženija individualna atletska disciplina i jedina skakačka disciplina, bilo da se radi o horizontalnim ili vertikalnim skokovima u kojoj se koristi vanjsko pomagalo (Hay, 1973). 3D kinematička analiza omogućuje precizniji i detaljniji opis ove kompleksne discipline te daje uvid u individualne specifičnosti pojedine faze skoka s motkom kod odabranih ispitanika. Analizom kinematičkih parametara te njihovom komparacijom s najboljim svjetskim skakačima može se uvelike pomoći u modeliranju trenažnog procesa skakača s motkom.

Skok s motkom se kao i ostale skakačke discipline dijeli na četiri glavne faze: *faza zaleta, faza odraza, faza leta i faza doskoka*. Prema takvoj se podjeli izvršila kasnija analiza kinematičkih parametara. Budući da faza doskoka ne predstavlja relevantan faktor za izvedbu gibanja i rezultatski uspjeh kod skoka s motkom te zato i nije uzeta u obzir pri analiziranju tehnike skoka.

2. CILJ

Proučavanje kinematičkih parametara pripreme za odraz, odraza i faze leta najboljeg hrvatskog skakača s motkom omogućava detaljan uvid u tehničku izvedbu skoka te komparaciju parametara sa najboljim svjetskim skakačima s motkom. Rezultati istraživanja mogu se koristiti za unaprjeđenje treninga i pružiti smjernice u realizaciji tehničke izvedbe skoka s motkom s konačnim ciljem unaprjeđenja hrvatskog

rekorda. Cilj je rada utvrđivanje kinematičkih parametara hrvatskog rekordera u skoku s motkom pri uspješno izvedenom skoku na visini 510 cm u natjecateljskim uvjetima te deskriptivna i komparativna interpretacija rezultata.

3. METODE RADA

Ispitanik za ovo istraživanje je I. H., vrhunski skakač s motkom koji je ujedno i hrvatski rekorder u toj disciplini za seniore i juniore. Rođen 1993. godine. Tjelesna visina iznosi 183 cm, a tjelesna masa 66 kg. Karakteristike korištene motke su: duljina - 490 cm, 175 f, visina hvata na motci – 450 cm, razlika između visine letvice i visine hvata iznosila je 80 cm.

Prikupljanje video zapisa za kinematičku analizu izvršeno je 29. svibnja 2011. god na atletskom stadionu ŠRC Mladost u Zagrebu prilikom natjecanja Finala kupa Hrvatske za juniore/ke. Posljednja dva koraka zaleta, odraz i faza leta snimljeni su s 4 mini DV kamere (Sony HDR-HC9E) frekvencijom 50 slika u sekundi uz brzinu zatvarača 1/500. Prostor je kalibriran referentnim okvirom dimenzija 180 cm x 180 cm x 180 cm. Zasebno je kalibriran prostor posljednja dva kraka sa odrazom i prostor prelaska preko letvice zbog dvije odvojene analize. Visina letvice analiziranog skoka je 510 cm.

Obrada video zapisa i izračunavanje kinematičkih varijabli provedeni su programom Ariel Performance Analysis System (APAS, Ariel Dynamics inc., USA). Skup varijabli čine temeljne kinematičke varijable u proučavanju efikasnosti skoka s motkom. Dobiveni kinematički parametri komparirani su sa istovrsnim parametrima svjetskog rekordera u skoku s motkom Sergejem Bubkom na skoku pri visini 590 cm koji je bio pobjednički skok Olimpijskih igara 1988. u Seoulu.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Prikaz svih izračunatih pokazatelja skoka I. H. nalazi se u tablici 1. Također u istoj tablici nalaze se i referentne vrijednosti skoka S. Bubke na visini 590cm.

Pokazatelji se odnose na **horizontalne i vertikalne brzine** težišta tijela, **visinu i položaj** težišta tijela, **duljine posljednja dva koraka** zaleta, **kut amortizacije i kut uzleta** težišta tijela. Sve navedeno izračunato je u posljednja dva koraka zaleta, odrazu i fazi leta (prelaska preko letvice). Zbog preglednosti rezultati će se analizirati po fazama skoka.

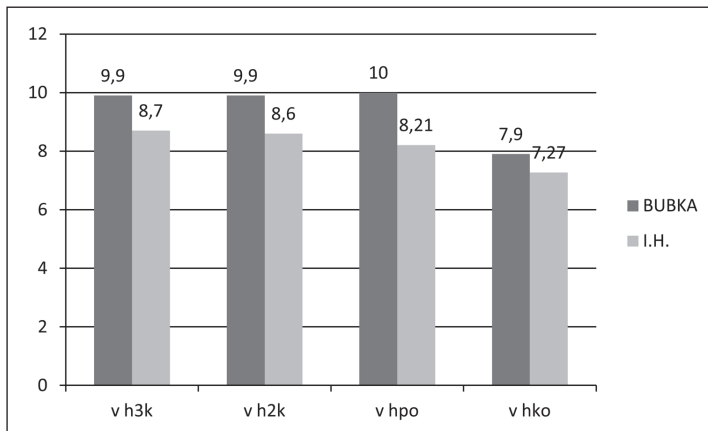
Tablica 1. Kinematičke varijable I. Horvata i S. Bubke

		1988.	2011.	
		5,90	5,10	
Puni naziv varijable	skraćeni naziv	BUBKA	I.H.	mjerna jedinica
horizontalna brzina 3. korak prije odraza	v_{h3k}	9,9	8,7	m/s
horizontalna brzina 2. korak prije odraza	v_{h2k}	9,9	8,6	m/s
horizontalna brzina na početku odraza	v_{hpo}	10	8,21	m/s
horizontalna brzina na kraju odraza	v_{hko}	7,9	7,27	m/s
vertikalna brzina na kraju odraza	v_{vo}	3,1	1,82	m/s
vertikalna brzina kod puštanja motke	v_{vpm}	2,26	1,49	m/s
maksimalna vertikalna brzina kod opružanja motke	v_{vmax}	5,3	4,86	m/s
trajanje odraza	t_o	110	120	ms
visina hvata na kraju odraza	h_{hvat}	2,43	2,16	m
visina težišta tijela na početku odraza	h_{tppo}	-	1,05	m
visina težišta tijela na kraju odraza	h_{ttko}	1,28	1,21	m
maksimalna visina težišta tijela	h_{ttmax}	6,12	5,24	m
duljina pretposljednjeg koraka	d_{2k}	211	212	cm
duljina posljednjeg koraka	d_{pk}	195	194	cm
udaljenost točke odraza od kutije	d_{odr}	-	340	cm
kut amortizacije odrazne noge u koljenu	k_{am}	-	142	°
kut uzleta težišta tijela	k_u	21	14,05	°

Faza zaleta

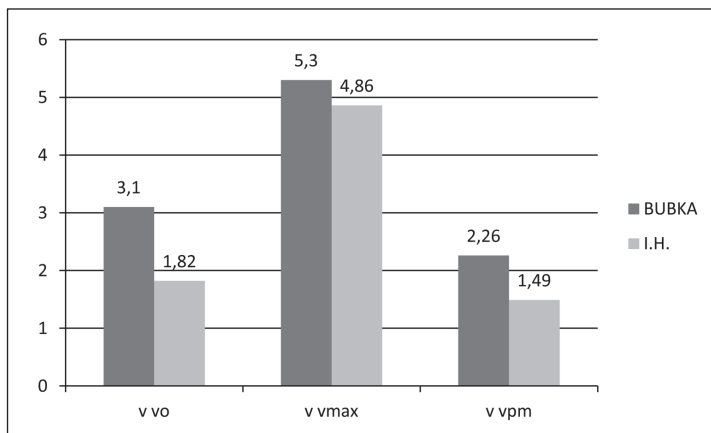
Posebno je važno istaknuti trend smanjenja brzine u posljednja dva koraka zaleta kod Horvata koji kod Bubke nije vidljiv nego se brzina zadržava do odraza (graf 1). Takav negativan trend upućuje na tehničke i motoričke rezerve skakača. Važno je da se optimalna horizontalna brzina postignuta tijekom zaleta u posljednjim koracima pri spuštanju motke i pripremi za odraz ne smanjuje.

Duljine posljednja dva koraka najčešće ukazuju na trend skraćivanja posljednjeg koraka koji je vidljiv i kod I.H. Skraćivanje posljednjeg koraka trebalo bi rezultirati optimalnom produkcijom vertikalne brzine odraza koja kod I.H. nije na očekivanoj razini (graf 2). Navedeno je moguće objasniti činjenicom da je mjesto odraza bilo na udaljenosti od 340 cm od kutije dok je na zaletištu kao idealno mjesto za korištenu visinu hvata motke označena udaljenost 370 cm.



Graf 1. Prikaz horizontalne brzine zaleta i odraza: Bubka - I.H.

Faza odraza



Graf 2. Vertikalne brzine težišta tijela kod odraza, maksimalne brzine opružanja i puštanja motke (Bubka-I.H.)

To upućuje na „podilaženje“ skakača u trenutku odraza za 30 cm čime je prerano započelo opterećenje motke i onemogućen završetak odraza koji bi trebao dovesti do optimalne produkcije vertikalne brzine odraza i uzletnog kuta. Uzletni kut težišta tijela kod I.H. je 14° dok je kod vrhunskih skakača na razini 17-22°.

Faza leta

Prvi dio faze leta treba dovesti do maksimalnog savijanja motke, odnosno „poduprto klatno“ treba olakšati savijanje i stvoriti optimalne preduvjete za nastavak faze leta. Moguće je primijetiti detalj u početnoj fazi leta koji nije u skladu s tehničkim zahtjevima, a odnosi se na položaj zamašne noge. Na kraju odraza i u prvom dijelu faze leta očekuje se zamašni položaj s kutom u koljenom zglobu od 90° . Kod I.H. (slika 1) je vidljivo odstupanje u smjeru povećanja kuta koljenom zglobu koji smanjuje efikasnost odraza i otežava pripremu za fazu „poduprtog klatna“.



Slika 1. Prva faza leta

Za postizanje maksimalne visine težišta tijela nužna je velika vertikalna brzina sustava skakač-motka te njen prijenos na vertikalnu brzinu težišta tijela skakača na početku bezpotpornog dijela (Brüggemann i Glad, 1990). U tom je segmentu vidljiv nedovoljan transfer iz maksimalne brzine pri opružanju (**4,86 m/s**) na vertikalnu brzinu pri puštanju motke (**1,49 m/s**). Spomenuto je u relaciji s tehnikom i načinom opružanja tijela skakača u vertikalnom smjeru te karakteristikama korištene motke. U fazi prelaska preko letvice moguće je utvrditi da je max visina leta težišta tijela bila **524 cm** za visinu letvice **510 cm**. Ukupno, razlika između visine letvice i visine hvata je **80 cm**.

5. ZAKLJUČAK

Ostvarivanje vrhunskih rezultata na svjetskoj razini i daljnji napredak rezultata najboljeg hrvatskog skakača s motkom zavise od niza čimbenika koji unutar pokušaja trebaju biti u optimalnom odnosu. Uz motoričke i morfološke predispozicije, za dobru izvedbu skoka s motkom potreban je tehnički (biomehanički) opravdan obrazac realizacije zaleta, pripreme za odraz, odraza i faze leta. Takav obrazac bi maksimalno iskoristio potencijale skakača i pridonio uspješnosti skoka s motkom.

Veliki sve potencijal mladog hrvatskog rekordera očituje ne samo po njegovoj krajnjoj rezultatskoj uspješnosti nego i u činjenici da je njegov sportski razvoj u posljednjih nekoliko godina vrlo intenzivan i temeljen na sustavno planiranom i programiranom trenažnom procesu. Njegovi juniorski rezultati su u usporedbi sa svjetskim rekorderom Bubkom u juniorskoj kategoriji na zamjetno višoj razini. U 2012. godini I. H. je još uvijek u juniorskoj kategoriji te sa svojim prošlogodišnjim rezultatom od 551 cm može se očekivati daljnje približavanje svjetskom rekordu u skoku s motkom za juniore koji iznosi 580 cm.

Usporedbom kinematičkih parametara mogu se dobiti informacije na temelju kojih se u daljnjem modeliranju trenažnog procesa preciznije mogu odrediti motorička i tehnička područja na kojima je potrebno djelovati s ciljem rezultatskog napredovanja (Baković, 2010). Intenzifikacija razvoja brzinsko-eksplozivnih sposobnosti zasigurno je glavni temelj napredovanja vrhunskog mladog hrvatskog skakača s motkom s neosporno velikim potencijalom u ovoj kompleksnoj atletskoj disciplini. Daljnji razvoj brzine i osobito eksplozivne jakosti ekscentrično-koncentričnim metodama treninga koje su specifično prilagođene gibanjima kod skoka s motkom zasigurno mogu doprinijeti i rezultatskom razvoju.

6. LITERATURA

1. Antekolović, Lj. (2007). Povezanost kinematičkih parametara zaleta i odraza s efikasnošću skoka u dalj. (Doktorska disertacija). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Baković, M. (2010). Kinematička analiza hrvatskog rekorda u skoku uvis za žene -208 cm. (Diplomski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
3. Brüggemann, G.P., Glad, B. (1990). Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad – Seoul 1988. Final report. Monaco: International Athletic Foundation. International Amateur Athletic Federation.
4. Hay, J.G. (1973). The biomechanics of Sport Techniques. New Jersey: Englewood Cliffs.