

*Josipa Antekolović
Ljubomir Antekolović
Josip Jularić*

Originalni znanstveni rad

POVEZANOST KINEMATIČKIH PARAMETARA ZALETA, ODRAZA I VISINE SKOKA UVIS

1. UVOD

Moderni skok uvis pojavio se u Njemačkoj u 18. stoljeću u okviru fizičke edukacije djece, a u 19. stoljeću u Engleskoj razvio se u natjecateljski sport (Dapena, 2002.). Evolucijski razvoj tehnike skoka uvis doživio je niz modifikacija, od zgrčke ili legs-up tehnike, prekoračne ili škare tehnike, dvostruke škare ili Sweeney (Eastern cut-off) tehnike, zgrčne ili Horine (Western roll) tehnike, opkoračne ili Straddle tehnike do leđne ili Flop-Fosbury tehnike.

Skok uvis leđnom tehnikom zasniva se na prijelazu letvice leđima u poprečnom položaju u odnosu na letvicu, a visinu skoka determinira rotacija pojedinih dijelova tijela oko težišta tijela u trenutku prelaska preko letvice (Čoh, 1992.). Strukturu skoka uvis možemo podijeliti na fazu zaleta, odraza, leta i doskoka, a u okviru tih faza proučavaju se kinematičke veličine koje su bitne za uspješno izvođenje gibanja.

U dosadašnjim istraživanjima kinematike skoka uvis kod atletičarki najčešće je analizirana tehnika izvedenih skokova najboljih svjetskih skakačica na olimpijskim igrama, svjetskim prvenstvima, europskim prvenstvima i ostalim atletskim natjecanjima. Većina istraživača kinematike skoka uvis zaključuje da, i kod elitne razine skakačica uvis, tehnika skoka ukazuje na individualne obrasce gibanja i utjecaje različitih segmentalnih kretanja na kretanje cijelog tijela (Ritzdorf i sur., 1989.; Brüggemann i Loch, 1992.; Hommel, 1993.). Brüggemann i Loch su 1992. godine analizirali različite individualne oblike gibanja, kao i individualne oblike različitih segmentalnih doprinosa na gibanje cijelog tijela kod skoka uvis. Za potrebe rada analizirano je osam ženskih i muških finalista skoka uvis na Svjetskom prvenstvu u Tokyu 1991. godine. Analizom brzina posljednjih koraka zaleta utvrđeno je da Kostadinova, Henkel i Babakova postižu gotovo iste brzine kao i muškarci, te da vrijeme trajanja odraza ne varira značajno između muškaraca i žena. Brzina težišta tijela u trenutku odraza ovisi o aktivnosti svih dijelova tijela za vrijeme faze odraza, a muškarci generiraju veću vertikalnu brzinu zamašne noge u odnosu na žene.

2. PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA

Problem ovog istraživanja je proučavanje pripreme za odraz i izvedbe odraza kod vrhunskih skakačica uvis. Za uspješno preskakivanje letvice potreban je optimalan omjer između analiziranih temeljnih kinematičkih pokazatelja, te je svaka nova spoznaja korisna pri unapređivanju metodike učenja i treninga ove atletske discipline.

Cilj istraživanja je utvrđivanje međusobne povezanosti temeljnih kinematičkih varijabli zaleta, odraza i visine skoka.

3. METODE RADA

Uzorak entiteta za ovo istraživanje činili su skokovi 12 skakačica uvis koji su snimljeni u razdoblju od 2002. do 2008. godine. Za ovo istraživanje odabrano je ukupno 17 uspješnih skokova uvis – *entiteta*. Ispitanice su bile vrhunske skakačice uvis iz Hrvatske, Švedske, Bugarske i Rusije. Ispitanice su bile visoke prosječno $185,18 \pm 4,25$ cm i mase $69,02 \pm 3,69$ kg.

Prikupljanje video zapisa za kinematičku analizu obavljeno je na na atletskim IAAF Grand Prix natjecanjima održanim u Zagrebu u razdoblju od 2002. do 2008. godine. Posljednja dva koraka zaleta i odraz snimljeni su s dvije mini DV kamere (Panasonic NV-GS200) frekvencijom 50 slika u sekundi uz brzinu zatvarača 1/350.

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 uvis. Varijable koje se koriste u ovom istraživanju i mjerne jedinice prikazane su u Tablici 2.

Tablica 2. Prikaz varijabli istraživanja

r. br.	Naziv varijable	Skraćeni naziv varijable	Mj. jedinica
1	Visina letvice	H_{let}	cm
2	Duljina pretposljednog koraka	D_{pp}	cm
3	Duljina posljednjeg koraka	D_p	cm
4	Horizontalna brzina odraza	V_x	$m \cdot s^{-1}$
5	Vertikalna brzina odraza	V_y	$m \cdot s^{-1}$
6	Visina težišta tijela u odrazu	H_{tt}	cm
7	Kut amortizacije	K_{am}	°
8	Kut uzleta	K_u	°

Statistička analiza provedena je programskim paketom *Statistica ver. 7.1* (StatSoft, Inc., 2006.).

4. REZULTATI I RASPRAVA

Osnovni deskriptivni parametri prikazani su u Tablici 3. Prosječna visina letvice (H_{let}) u analiziranim pokušajima iznosi 197,65 cm što potvrđuje visoku razinu natjecateljske sposobnosti skakačica. Veliki varijabilitet rezultata iskazuje se u varijablama duljine pretposljednog koraka (D_{pp}) i duljini posljednjeg koraka zaleta (D_p), a to ukazuje na razliku u tjelesnoj visini skakačica, njihovim motoričkim sposobnostima te različitim pristupu izvedbe pripreme za odraz. Osim navedenog, primjetna je tendencija skraćivanja posljednjeg koraka što povoljnije utječe na generiranje vertikalne brzine odraza.

Tablica 3. Osnovni deskriptivni parametri kinematičkih varijabli skoka uvis

n=17	Mean	Min	Max	SD
H_{let} (cm)	197,65	180,00	204,00	6,00
D_{pp} (cm)	210,87	155,54	246,90	22,68
D_p (cm)	203,18	153,81	234,50	19,60
V_x (m · s ⁻¹)	4,45	3,78	5,02	0,31
V_y (m · s ⁻¹)	3,71	3,06	4,11	0,31
H_{tt} (cm)	131,80	118,09	138,50	6,34
K_{am} (°)	148,75	138,00	166,77	9,13
K_u (°)	40,02	32,50	47,41	3,59

aritmetička sredina (Mean), minimalni (Min) i maksimalni (Max) rezultati, standardna devijacija (SD)

Promatrajući omjer između horizontalne brzine odraza (V_x) i vertikalne brzine odraza (V_y) moguće je ustvrditi prosječno veću horizontalnu brzinu odraza, a taj omjer ne može rezultirati uzletnim kutom odraza većim od 45°.

Tablica 4. Rezultati korelacijske analize

n=17	H _{let}	D _{pp}	D _p	V _x	V _y	H _{tt}	K _{am}	K _u
H _{let}	1,00							
D _{pp}	-0,08	1,00						
D _p	-0,48	0,80*	1,00					
V _x	-0,48	0,11	0,18	1,00				
V _y	0,85*	-0,34	-0,51*	-0,45	1,00			
H _{tt}	-0,37	0,76*	0,76*	0,13	-0,52*	1,00		
K _{am}	0,11	-0,13	0,01	-0,72*	0,26	-0,13	1,00	
K _u	0,79*	-0,27	-0,45	-0,76*	0,87*	-0,38	0,54*	1,00

* označene p-vrijednosti značajne uz $p = 0,05$

Korelacijski odnosi između varijabli kinematike zaleta, odraza i visine skoka prikazani su u Tablici 4. Povezanost kinematike zaleta i odraza s visinom skoka iskazana je u samo dvije statistički značajne sveze. Očekivano, *vertikalna brzina odraza* (V_y) i *kut uzleta* (K_u) povezani su statistički značajno s *visinom skoka* (H_{let}). Slična povezanost pronalazi se i kod istraživanja gdje autori naglašavaju kako najveći utjecaj na visinu skoka ima vertikalna brzina težišta tijela na kraju odraza (Conrad i Ritzdorf, 1990.; Brüggemann i Loch, 1992.; Čoh, 1992.; Slamka i Moravec, 1999.; Dapena, 2000.; Greig i Yeadon, 2000.; Wilson i dr., 2004.). Svakako valja istaknuti statistički značajnu negativnu povezanost ($r = -0,51$) između *duljine posljednjeg koraka* (D_p) i *vertikalne brzine odraza* (V_y) kojom se potvrđuje da kraći posljednji korak rezultira većom *vertikalnom brzinom odraza*. Negativna povezanost ($r = -0,72$) između *horizontalne brzine odraza* (V_x) i *kuta amortizacije* (K_{am}) uzrokovana je sposobnošću muskulature odrazne noge skakačica odupiranju velikoj sili reakcije podloge. Naime, pri većoj horizontalnoj brzini zaleta povećava se i vertikalna sila reakcije podloge koja rezultira manjim kutom amortizacije, što znači da je horizontalnu brzinu zaleta potrebno uskladiti s individualnim kondicijskim sposobnostima skakačica. Spomenuti odnos nadovezuje se na pozitivnu statistički značajnu korelaciju ($r = 0,54$) između *kuta amortizacije* (K_{am}) i *kuta uzleta* (K_u) prema kojoj je vidljivo da veći kut amortizacije rezultira i većim uzletnim kutom.

5. ZAKLJUČAK

Prema izračunatim odnosima potvrđuje se spoznaja da je za dobar skok uvis prijeko potrebno producirati veliku vertikalnu brzinu odraza (V_y) i sukladno tome kut uzleta (K_u) veći od 45° . Pritom, horizontalna brzina zaleta treba biti optimalna,

tj. ona koja će omogućiti skakačicama postizanje maksimalne visine težišta tijela u fazi leta.

U metodici učenja skoka uvis potrebno je uskladiti duljinu zaleta (broj koraka) s motoričkim sposobnostima učenika i njihovom razinom poznavanja tehnike. Inzistiranje na prevelikoj brzini zaleta neće omogućiti zadovoljavajući transfer horizontalne u vertikalnu brzinu odraza. Pritom se valja služiti različitim vježbama skočnosti kod kojih je zadatak usmjeriti tijelo skakača uvis kutom uzleta od 50° do 60° (naskoci na strunjače, dohvatni skokovi i sl.)

6. LITERATURA

1. Brüggemann, G-P., Loch, M. (1992). The High Jump. *New Studies in Athletics*, 7 (1), 67-72.
2. Conrad, A., Ritzdorf, W. (1990). *Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad-Seoul 1988: final report*. International Athletic Foundation, International Amateur Athletic Federation.
3. Čoh, M. (1992.). *Atletika*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
4. Dapena, J. (2000). The High Jump. U V. Zatsiorsky (Ur.), *Biomechanics in Sport* (str. 285-311). Blackwell Science.
5. Dapena, J. (2002). The evolution of high jump technique: biomechanical analysis. U K. E. Gianikellis (Ur.), *Scientific Proceedings of XX International Symposium on Biomechanics in Sports 2002*, (str. 3-7). Spain: Universidad de Extremadura.
6. Greig, M.P., Yeadon, M.R. (2000). The Influence of Touchdown Parameters on the Performance of a High Jumper. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 367-378.
7. Hommel, H. (1993). NSA Photosequences 24&25 – High Jump: Heike Henkel & Inga Babakova. *New Studies in Athletics*, 8:1, 61-75.
8. Ritzdorf, W., Conrad, A., Loch, M. (1989). Intra-individual comparison of the jumps of Stefka Kostadinova at the II World Championships in Athletics Rome 1987 and the Games of the XXIV Olympiad Seoul 1988. *New Studies in Athletics*, 4, 35-41.
9. Slamka, M., Moravec, R. (1999). Comparison of selected kinematic structure parameters in male and female high jumpers. *Kinesiology Slovenica*, 5 (1-2), 31-36.
10. Wilson, C., King, M.A., Yeadon, M.R. (2004). Optimisation of performance in running jumps for height. U M. Lamontagne, D. Gordon E. Robertson, H. Sveistrup (Ur.), *Proceedings of XXII International Symposium on Biomechanics in Sports 2004* (str. 246-249). Ottawa: Canada's University.