

**Saša Bubanj,
Ratko Stanković,
Radoslav Bubanj,
Dragan Nejić**

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja u Nišu, Srbija

KOMPARATIVNA BIOMEHANIČKA ANALIZA SUNOŽNOG VERTIKALNOG SKOKA BEZ I SA UVINUĆEM

1. UVOD

Većina atletskih pokreta polazi iz kukova i nogu. To vredi za trčanje, bacanje, skakanje, što može biti samo po sebi cilj (atletika) ili može biti deo komponenti složenijih pokreta. Na primer, često se energija pokreta iz kukova i nogu prebacuje na srednji deo tela koji se tada savija, ispruža ili izvrće. Gornji deo tela potom prima tu energiju i izvršava neki tip pokreta koji uključuje ramena, prsa i ruke. U većini programa se pliometrijski trening definiše kao trening skokova. Mnogi stilovi i definicije skokova se koriste u opisu treninga i proceni atletskog izvođenja. U skokovima uvis se traži maksimalna visina ili stručnim rečima „projekcija kukova prema gore“, ali se ne naglašava horizontalna udaljenost. Atletska literatura skokove definiše kao pokrete koji započinju odskokom i završavaju na oba stopala. To je odličan opis i premda ne odgovara baš svim situacijama (npr. skok u vis preko lestvice), pokazuje drugi način povezivanja termina koji se koriste u treningu i onih koji se koriste za izvođenje. Početni položaj i metode započinjanja skokova u visinu imaju važnu ulogu (1). Razvoj mišićne sile u prekontaktnoj fazi skoka, zavisi od čvrstine kontraktilnih elemenata, što omogućuje korišćenje elastične energije iz mišićno-tetivnih struktura u sprezi sa kontraktilnim svojstvima mišića (2) i odgovarajućeg negativnog uglovnog ubrzanja u zglobovima, što predstavlja mehanizam zaštite ligamenata i zglobova od povreda (3). Kinematika je grana mehanike koja opisuje kretanje prema položaju, pomeranju, brzini i ubrzanju (4). Pod kretanjem tačke podrazumeva se promena položaja te tačke u prostoru u odnosu na neku drugu tačku ili drugo telo. Za vreme kretanja, jedna pokretna tačka se u toku vremena poklapa sa nizom tačaka u prostoru. Vezivanjem tih tačaka obrazuje se linija ili putanja odnosno trajektorija pokretne tačke. Ovako obrazovane putanje mogu da budu predstavljene ravnim ili krivim nizom tačaka (5). Prednost u biomehantičkoj analizi sportske tehnike ima 2D ili 3D metoda istraživanja (6, 7).

2. MATERIJAL I METODE

U sportskoj sali Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja u Nišu, ispitanik je demonstrirao tehniku sunožnog verikalnog skoka „iz mesta“ – bez i sa uvinućem, t.j., bez fleksije i sa fleksijom u zglobovima kolena. Skokovi su izvedeni iz početnih pozicija normalnog uspravnog stava sa stopalima razmaknutim u širini ramena, rukama blago savijenim u zglobovima lakta blizu tela. Ispitanik je započeo skok tako što se spustio u polučučanj i eksplodirao sunožno prema gore što je više moguće, opružajući vertikalno celo telo. Kod skoka sa uvinućem ispitanik je u fazi leta izveo i dodatnu fleksiju u zglobovima ko-

lena. Sunožni doskok, završio se polučučnjem. Kod oba skoka, ispitanik je izveo snažan zamah rukama. Elementi tehnike snimljeni su upotrebom jedne digitalne video kamere „Canon“ u sagitalnoj ravni, sa maksimalnih 25 frejmova u sekundi (fps). Uz pomoć softvera „KA2D“ (8, 9, 10) i obrade rezultata analizirani su pređeni put (horizontalni i vertikalni), brzina i uglovna brzina, određenih segmenata tela. Komparativnom kinematičkom analizom utvrđene su razlike u vrednostima analiziranih kinematičkih parametara.



Slika 1. Softver „KA2D“ kojim su analizirani skokovi bez (levo) i sa uvinićem (desno).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Komparativne vrednosti kinematičkih parametara

TEŽIŠTE TELA						
varijable	x	y	v		uglovna v (deg/s)	
	(m)	(m)	(m/s)			
	max	max	min	max	min	max
	0.84	1.52	0.08	3.49	/	/
frejm	16	47-48	72	32	/	/
CENTAR ZGLOBA RAMENA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
	0.81	2	0	3.86	-51.59	10.19
frejm	67	45-46	48, 71	30	67	5
CENTAR ZGLOBA LAKTA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
	0.91	2.17	0.23	6.75	-60.84	57.06
frejm	6-7	47-48	44	28	69	67

CENTAR ZGLOBA RUČJA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		1.20	2.40	0.41	12.05	-50.39
frejm	7	40	52	26	70	68
CENTAR ZGLOBA KUKA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		0.95	1.45	0	4.08	-8.01
frejm	14-17	47-48	26, 68	32	63	32
CENTAR ZGLOBA KOLENA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		0.83	1.03	0	3.55	-12.61
frejm	35	46-47	10, 15	33	64	32
CENTAR SKOČNOG ZGLOBA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		0.97	0.71	0	3.18	-16.28
frejm	45	48-50	9-10,16,28-29,74,76	36	63	33

Tabela 1. Vrednosti kinematičkih parametara sunožnog vertikalnog skoka bez uvinuća

TEŽIŠTE TELA						
varijable	x (m)	y (m)	v (m/s)		uglovna v (deg/s)	
	max	max	min	max	min	max
		0.90	1.47	0.07	3.57	/
frejm	18	48	3	34	/	/
CENTAR ZGLOBA RAMENA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		0.81	1.85	0	3.58	-16.72
frejm	2	42-55	48,54,72	34	27	68
CENTAR ZGLOBA LAKTA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		0.94	2.08	0.14	6.57	-8.88
frejm	6-8	40-43	49-50	30-31	71	56

CENTAR ZGLOBA RUČJA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		1.21	2.34	0.45	11.20	-14.18
frejm	8	41	49	27	6	40
CENTAR ZGLOBA KUKA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		1.03	1.40	0	4.16	-8.41
frejm	16	48-51	50	34	15	34
CENTAR ZGLOBA KOLENA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		0.87	1.02	0	4.12	-11.16
frejm	36	47	11,16- 17,29	34	39	34
CENTAR SKOČNOG ZGLOBA						
varijable	x	y	v		uglovna v	
	max	max	min	max	min	max
		1.15	1.11	0	6.08	-15.50
frejm	42	46	2,5,8- 11,14- 18,21- 23,26,30- 31,68,72- 73,76	41	64	34

Tabela 2. Vrednosti kinematičkih parametara sunožnog vertikalnog skoka sa uvinućem

Tabele 1 i 2 ukazuju u kom vremenskom trenutku su ostvarene minimalne i maksimalne vrednosti analiziranih kinematičkih parametara. Vremensko trajanje oba skoka je 3.12 s t.j. 78 frejmova, što ukazuje da je između dva susedna frejma prošlo 0.04 s. Sama tehnika izvođenja skokova je podeljena u sledeće faze:

- fazu pripreme za odskok (bez uvinuća od 1-og do 34-og frejma, sa uvinućem od 1-og do 35-tog frejma),
- fazu odskoka i leta (bez uvinuća od 35-og do 62-og frejma, sa uvinućem od 36-og do 62-og frejma) i
- fazu doskoka (bez uvinuća od 63-eg do 78-og frejma, sa uvinućem od 63-eg do 78-og frejma).

Plato u fazi odskoka i leta, kod skoka bez uvinuća dogodio se u 47 i 48 frejmu i iznosio je 1.52m, dok se kod skoka sa uvinućem dogodio u 48 frejmu i iznosio je 1.47m. U trenutku platoa, kod skoka bez uvinuća, težište tela je u odnosu na početnu tačku skoka prešlo horizontalno rastojanje od 0.70m, dok je kod skoka sa uvinućem pređeno horizontalno rastojanje od 0.68m. Pozicije stopala kod odskoka i doskoka se gotovo podudaraju. Što se tiče pravolinijske brzine, veće maksimalne vrednosti brzine težišta tela i donjih ekstremiteta zabeležene su kod sunožnog vertikalnog skoka sa uvinućem, dok su veće maksimalne brzine postigle analizirane tačke gornjih ekstremiteta kod skoka bez uvinuća. Što se tiče uglovne brzine, veće maksimalne vrednosti brzine donjih ekstremiteta u analiziranim tačkama kuk i koleno zabeležene su kod sunožnog vertikalnog skoka sa uvinućem, dok je u tački skocni zglobovi veća maksimalna brzina postignuta kod skoka bez uvinuća. Što se tiče maksimalnih vrednosti brzine gornjih ekstremiteta, one su veće u zglobovi lakta i zglobovi ručja kod skoka bez uvinuća, dok je veća maksimalna brzina u zglobovi ramena kod skoka sa uvinućem. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja, uvežbanost i spretnost ispitanika, predstavljaju značajan faktor, koji utiče na neuromuskularne parametre, odnosno, mišićnu aktivnost i kontrolu pokreta kod skokova (11, 12). Takođe, optimalna visina saskoka (sa određene klupice ili platforme), značajno utiče na ukupnu visinu skoka. Optimalna visina saskoka je ona, nakon koje je težište tela ispitanika prilikom skoka, doseglo najveću visinu (plato). Prema rezultatima određenih istraživanja, optimalna visina saskoka je između 0.40 i 0.60m i zavisi od kategorije ispitanika, tj. vrste sporta, kojim se ispitanici bave (13, 14).

4. ZAKLJUČAK

Postignute maksimalne vrednosti brzine gornjih ekstremiteta, veće kod skoka bez uvinuća, izgleda da su imale dominantan uticaj na veću ostvarenu visinu vertikalnog sunožnog skoka bez uvinuća u odnosu na vertikalni sunožni skok sa uvinućem. Obzirom da su oba skoka tehnički pravilno izvedena, utisak je da ispitanik nije iskoristio svoj maksimalni mišićni potencijal prilikom sunožnog vertikalnog skoka sa uvinućem, što se i odrazilo na manju vrednost visine skoka. Naravno, ovo je zaključak sa kinematičkog aspekta. Preciznije objašnjenje zahteva multidisciplinarni pristup problemu, tj. upotrebu elektromiografa, tenziometrijske platforme, kao i sofisticiranije opreme za kinematičku analizu (ultra brze kamere i odgovarajućeg softvera).

5. REFERENCE

1. Radcliffe, J. & Farentinos, R. (2003). High powered pliometrics, Gopal Zagreb.
2. Horita, T., Komi, P.V., Nicol, C. & Kyrolainen, H. (2002). Interaction between pre-landing activities and stiffness regulation of the knee joint musculoskeletal system in the drop jump: implications to performance. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2): 76-84.
3. Neptune, R.R., Wright, I.C. & Van den Bogert, A.J. (1999). Muscle coordination and function during cutting movements. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31(2): 294-302.

4. Bubanj, S., Bubanj, R., Stanković, R. (2008). Praktikum iz biomehanike, Niš.
5. Bubanj, R. (1997). Osnovi primenjene biomehanike u sportu, Niš.
6. Stanković, R., Obradović, B., Schlahauf, R. (2008). Biomehanika, Niš.
7. Bubanj, R., Stanković, R., Bubanj, S. i Nejić, D. (2008). Analiza tehnike smeča u odbojci kinematičkom metodom. IV Kongres Crnogorske Sportske Akademije i V Međunarodna naučna konferencija, Bijela (H. Novi); Sport mont – časopis za sport, fizičku kulturu i zdravlje, № 15: 35-40.
8. Bubanj, R., Stanković, R., Raković, A., Bubanj, S., Petrović, V., Mladenović, D. (2008). Comparative biomechanical analysis of hurdle clearance techniques on 110 m running with hurdles of top-elite and non-elite athletes. Serbian journal of sports sciences; № 2 ; 2:37-44.
9. Bubanj, S., Stanković, R., Bubanj, R., Marković, S. (2007). Kinematička analiza skok šuta u rukometu. XIII Nacionalni skup sa međunarodnim učešćem – FIS komunikacije, Zbornik radova, 32-40.
10. Stanković, R., Bubanj, R., Marković, S., Bubanj, S. (2007). Kinematička analiza bacanja lopte. XIII Nacionalni skup sa međunarodnim učešćem – FIS komunikacije, Zbornik radova, 41-48.
11. Chimera, N.J., Swanikt, A.K., Swanikt, B.C. & Straub, S.J. (2004). Effects of plyometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes. Journal of Athletic Training. 39 (1): 24-31.
12. Kyrolainen, H. & Komi, P.V. (1995). The function of neuromuscular system in maximal stretch-shortening cycle exercise: comparison between power and endurance trained athletes. Journal of Electromyography and Kinesiology 5 (1): 15-25.
13. Asmussen, E. & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. Acta Physiologica Scandinavica (3): 385-392.
14. Komi, P.V. & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. Medicine & Science in Sports and Exercise 10 (4): 261-265.

*COMPARATIVE BIOMECHANICAL ANALYSES OF SQUAT JUMP
WITHOUT AND WITH FLEXION IN KNEE JOINT*

In sports hall of Faculty of sports and physical education in Niš, student demonstrated technique of squat jump – without and with flexion in knee joint. Elements of technique were recorded by using one digital video camera in sagittal plane. By using comparative kinematics analyses, there were establish differences in values of kinematics parametres of different body segments. Bigger elevation of body centre of gravity was ascertain at bounce without flexion in knee joint.

Keywords: vertical bounce, analyses of technique, kinematics method.