



## KINEMATIČKI POKAZATELJI EFIKASNOSTI IZVEDBE BACANJA "PREDNJI POJAS" U HRVANJU

### KINEMATIC EFFICIENCY OF THE "THROW" TECHNIQUE IN WRESTLING

Damir Pekas, Željko Hraski

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

#### SAŽETAK

Biomehanička mjerenja i analize imaju značajnu ulogu u razvoju tehnike i upravljanju trenažnim procesom u različitim sportovima. U ovom radu opisan je protokol i rezultati provedene kinematičke analize efikasnosti izvedbe hrvačke tehnike bacanja "prednji pojas".

Akvizicija video zapisa izvršena je dvjema kamerama, brzinom od 60 Hz/s. Procesiranje podataka provedeno je prema standardima APAS procedure uz uvažavanje specifičnosti analizirane kretne strukture. To se posebice odnosi na konstrukciju matematičkog antropomorfog modela prilagođenog interakciji dva ljudska tijela u kretanju.

Dobiveni rezultati obrazlažu redosljed, trajanje, amplitude i svrsishodnost akcija bacača u odnosu na protivnika. Kako su ovi podaci prikupljeni analizom bacanja izvedenog od strane visoko kvalitetnog hrvača, dobivene vrijednosti mogu se smatrati orijentacijskim standardima, te kao takve mogu poslužiti u metodičkom procesu obuke, usavršavanja i detekciji pogrešaka izvedbe tehnika bacanja uvinućem u trenažnim i natjecateljskim uvjetima.

*Ključne riječi:* hrvanje, bacanja uvinućem, biomehanika, kinematika,

#### SUMMARY

Biomechanical measurements and analysis play an important role in the development of the technique and effective conducting a training process in variety of sports. In this paper the protocol and the results of kinematic analysis of efficiency of one specific wrestling technique, named "Throw", was described.

The acquisition of data was made by two cameras, operating at 60 frames per second. The collected video data were processed according to standards of APAS procedure, concerning the specific features of analysed movement. This is especially aimed at the construction of mathematical anthropomorphic model suitable for the analysis of interaction of two human bodies in movement

The obtained results describe the timing, duration and purpose of thrower's actions. Since the data are gathered on the throw executed by a high ranked athlete, the obtained values can be considered as "orientation standards" and thus be helpful in learning process, refinement of technique and recognition of shortcomings in this specific wrestling technique, in training and competing environment.

*Key words:* wrestling, throw, biomechanics, kinematics

## UVOD

Hrvanje je sport koji karakteriziraju mnogobrojne kompleksne kretne strukture u različitim fazama borbe, kao što su napad, obrana, protunapad, te različite kombinacije tih faza. Sva gibanja u hrvanju izvode se u okviru tehničkih elemenata: stavova, hvatova i zahvata u parternom ili stojećem položaju.

Neočekivane situacije u hrvačkoj borbi, do kojih dolazi zbog mnogobrojnih i brzih izmjena tehničkih elemenata, zahtijevaju konstantnu korekciju postojećih i stvaranje novih programa napadačkih, protunapadačkih i obrambenih akcija (1,4,5).

U Republici Hrvatskoj do sada je napravljen niz istraživanja iz područja hrvanja, međutim većina autora bavila se istraživanjima povezanosti antropoloških dimenzija ili motoričkih sposobnosti s uspjehom u izvođenju pojedinih tehnika u hrvanju slobodnim i klasičnim načinom. Najveći broj tih istraživanja izvršen je na studentima Fakulteta za fizičku kulturu, a nešto manji broj na kadetima i juniorima klasičnog i slobodnog načina hrvanja. Zbog nedovoljnog broja ispitanika najmanje istraživanja izvršeno je na vrhunskim hrvačima seniorima. Radova vezanih uz kinematičku analizu nekog tehničkog elementa u hrvanju gotovo da i nema. Rijetki postojeći, teoretskog su karaktera i uglavnom se odnose na statičke tehničke elemente kao što su stavovi u stojećem i parternom položaju te hrvački most (2,7,8.). U dostupnoj literaturi nije pronađen niti jedan rad u kojemu je provedena kinematička analiza nekog dinamičkog elementa tehnike, kao što je bacanje.

## Cilj istraživanja

Obzirom na veliku važnost tehnički preciznog izvođenja pojedinih elemenata tehnike hrvanja, ovim će se radom, kroz kinematičku analizu jednog specifičnog bacanja uvinućem, ukazati na osnovne biomehaničke pokazatelje tehnike izvedbe ovog bacanja, te na moguću praktičnu primjenu dobivenih podataka u svakodnevnom treningu hrvača.

## METODE RADA

### Izbor motoričkog stereotipa

Bacanje "prednji pojas" jedno je od brojnih bacanja koje se koristi u različitim načinima hrvanja (klasični, slobodni, judo i sambo). Ovo bacanje spada u podvrstu bacanja s uvinućem koja su zbog specifičnog kretanja unatrag vrlo zahtjevna. Kodiskusnih hrvača, a napose kod početnika potrebno je mnogo iteracija da bi se izvođenje ovog bacanja dovelo do tehničkog savršenstva.

### Opis bacanja "prednji pojas"

Iz dijagonalnog hrvačkog stava priključuje se "stražnja" noga ka "prednjoj", cijelo tijelo se spušta i vrši prekapčanje ruku na leđima protivnika. Iz ove pozicije odiže se protivnik, iz čega slijedi podbijanje kukovima uz istovremeno aktivno padanje uvinućem. Nakon faze leta, pri ponovnom kontaktu protivnika s podlogom, brzim prebacivanjem noge uz istovremenu rotaciju trupa bacač prelazi u ležeći položaj pored protivnika.

### Akvizicija i procesiranje podataka

Subjekti ove studije bila su dva hrvača s višegodišnjim trenajnim iskustvom. Bacač, na čijoj se izvedbi zasniva analiza koja je predmet ove studije, član je nacionalne hrvačke vrste. U vrijeme akvizicije video zapisa bio je star 27 godina, visine 177 cm i težine 74 kg. Bio je višestruki prvak države, a ostvario je značajne rezultate na europskoj i svjetskoj razini u kategoriji do 76 kg.

Snimanje je izvršeno na Fakultetu za fizičku kulturu, u dvorani za hrvanje. Ispitanik je vršio seriju od 5 bacanja iz tzv. idealne pozicije, tj. bez faze taktičke pripreme. Takav način bacanja naziva se i «školska varijanta». Od 5 uspješno izvedenih bacanja ekspertni tim sastavljen od hrvačkih sudaca i trenera nacionalnog ranga odabrao je jedno koje se može okarakterizirati kao modelna izvedba ove motoričke kretne strukture.

Snimanje je izvršeno dvjema VHS kamerama frekvencijom od 60 slika u sekundi. Kamere su bile postavljene pod kutom od 90 stupnjeva. U prostoru u kojem se odvijalo gibanje prethodno je snimljen kalibracijski okvir dimenzija 180x180x180cm.

Procesiranje podataka izvršeno je prema standardima sustava za analizu gibanja APAS (Ariel Performance Analysis System), uz uvažavanje specifičnosti što ih je pretpostavljalo analizirano gibanje (3,6). U tome smislu, po prvi puta je konstruiran matematički model za istovremenu analizu kretanja dva ljudska tijela, temeljem kojega je izvršena digitalizacija 36 referentnih točaka tijela (po 18 točaka za svakog od hrvača). Transformacija dvodimenzionalnih zapisa pojedinih kamera u realni trodimenzionalni prostor izvršena je algoritmom direktne linearne transformacije (Abdel-Aziz i Karara, 1971). Dobivene koordinate referentnih točaka antropomorfnih modela oba tijela filtrirane se *Cubic Spline* filterom. (McLaughlin i sur. 1977). Iz tako pripremljenih podataka, potom su izračunati odabrani kinematički parametri relevantni za efikasnu izvedbu tehnike bacanja uvinućem - "prednji pojas".

### Izbor varijabli

Za analizu ove hrvačke tehnike bacanja konstruiran je skup kinematičkih varijabli (Tablica 1) relevantnih za deskripciju i potpunije razumijevanje ove kretne strukture. Pri tome, varijable su podijeljene sukladno specifičnostima pojedinih faza analiziranog bacanja.

Tablica 1. Izbor varijabli  
Table 1. List of variables

<b>ULAZAK U ZAHVAT</b>
1. Dužina koraka pri ulaska u zahvat
2. Trajanje ulaznog koraka
3. Visina podizanja stopala pri ulaznom koraku
4. Najmanji kut u desnom koljenom zglobu
5. Najmanji kut u lijevom koljenom zglobu
6. Najmanji kut u lijevom kuku
7. Najmanji kut u desnom kuku
8. Visina TT-a napadača na početku faze
9. Visina TT-a napadača na kraju faze
10. Visina TT-a protivnika na početku faze
11. Trajanje faze
12. Udaljenost TT-a napadača i protivnika na početku faze
<b>USMJERENODJELOVANJE SILA</b>
13. Visina TT-a napadača na početku faze
14. Visina TT-a protivnika na početku faze
15. Trajanje faze
16. Udaljenost TT-a napadača i protivnika na početku faze
<b>LET</b>
17. Visina TT-a napadača na početku faze
18. Visina TT-a protivnika na početku faze
19. Maksimalna visina TT-a protivnika tijekom faze
20. Trajanje faze
21. Udaljenost TT-a napadača i protivnika na početku faze
<b>ZAVRŠNICA</b>
22. Visina TT-a napadača na početku faze
23. Visina TT-a protivnika na početku faze
24. Udaljenost TT-a napadača i protivnika na početku
25. Trajanje faze

## REZULTATI I RASPRAVA

Bacanje prednji pojas, izvedeno iz idealne pozicije, bez prethodne taktičke pripreme, sastoji se iz četiri faze: ulazak u zahvat, usmjerenog djelovanja sila, let i završnica.

### Faza ulaska u zahvat

Prema teoretskom modelu faza ulaska u zahvat započinje iz, za desnjake, desnog dijagonalnog borbenog položaja. Unutarnjom stranom lijeve nadlaktice učvršćuje se zglob šake, dok se istovremeno lijevom dlanom drži nadlaktica protivnikove desne ruke. Desna ruka zavučena je ispod protivnikove lijeve aksilijarne šupljine i dlanom čvrsto obuhvaća protivnikova leđa. Protivnikove ruke položene su isto kao i bacačeve, međutim noge su u paralelnom položaju. Iz te pozicije bacač priključuje "stražnju" nogu "prednjoj", spaja ruke na leđima protivnika, privlači ga sebi na prsa, te spušta težište tijela (TT).

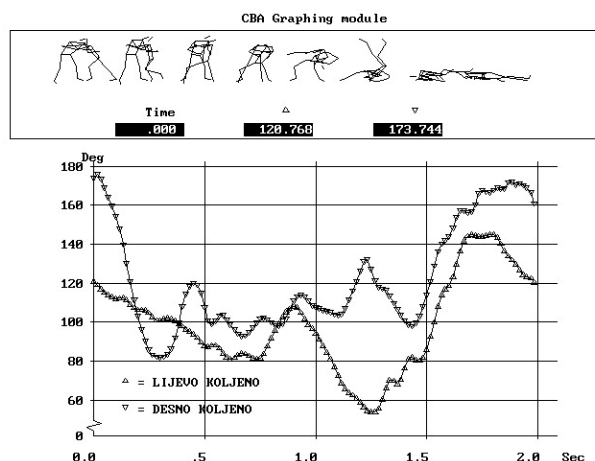
Trajanje ove faze mora biti što kraće (u slučaju ove studije iznosi 0.662 sekunde, od čega se 0.372 sek. odnosi na trajanje koraka). Da bi se to postiglo stopalo se od početka do kraja faze mora kretati što brže i po što kraćem putu. U analiziranom bacanju to je i potvrđeno. Maksimalno odizanje stopala od podloge bilo je samo 8.7 cm.

Faza ulaska u zahvat završava u trenutku sabijanja, najnižim položajem centra težišta tijela, uzrokovanim smanjenjem kutova u zglobovima koljena i kukova.

U toj krajnjoj poziciji kutove u zglobu koljena i kuka karakteriziraju asimetrične vrijednosti (dijagram 1). Naime, zbog specifičnog zasuka trupa koji se odvija u drugom dijelu faze leta i u prvom dijelu faze završnice, kut u zglobu desnog koljena je manji (84) od kuta u zglobu lijevog koljena (93). Isto vrijedi i za zglobni sustav kukova, gdje se minimalne vrijednosti kuta dostižu na samom kraju ove faze.

Tijekom ove faze razmak između TT-a bacača i bacanog se smanjuje s početnih 52.3 cm na 16.98 cm, što je uzrokovano prilaženjem bacača te njegovim privlačenjem protivnika na sebe. Smanjenje razmaka između TT-a hrvača neophodno je zbog specifične akcije "podbijanja" koja se izvodi u fazi usmjerenog djelovanja sila.

Dijagram 1. Promjene kutova u koljenima  
Graph 1. Changes in the knee angles



### Faza usmjerenog djelovanja sila

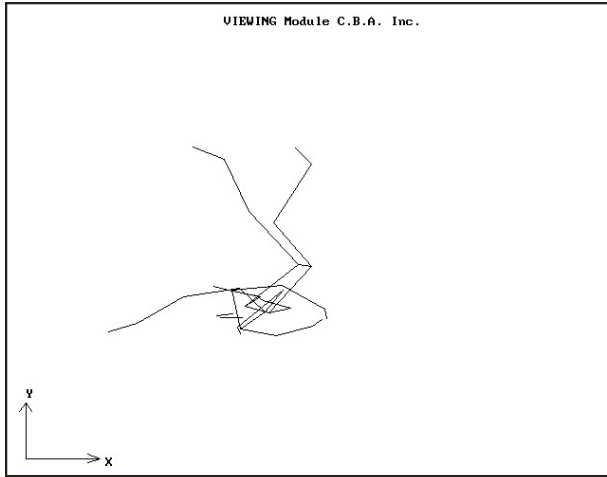
Zbog prelaska iz ustupajućeg u savladavajući režim rada usmjeren na protivnika, bacač se nalazi u statičkom položaju, uz projekciju TT-a na stražnji kraj oslonične površine.

U ovoj fazi vrši se početno otvaranje kutova u zglobnim sustavima koljena i kukova, koji kasnije, u fazi leta, dostižu svoje najveće vrijednosti. Otvaranje tih kutova dio je tzv. akcije "podbijanja". U toj kretanji bacač hiperekstendira kukove što doprinosi održavanju visine TT-a bacača, odnosno prolongiranju njena značajnijeg pada (slika 1). U tome smislu, na primjeru ove studije, TT bacača neznatno se spustio sa 67.1 na 65.8 cm. Također, kao posljedica odbijanja protivnika dolazi i do udaljanja TT-a hrvača (sa 16.9 na 21.1 cm). Posljedica svih ovih akcija je padanje unatrag bacača koji na sebi vuče protivnikovo tijelo.

Usprkos tome što u ovoj fazi dolazi do značajnih akcija u zglobnim sustavima koljena, kukova i kralježnice, njeno trajanje tijekom borbe mora biti što kraće, kako protivnik ne bi imao vremena razviti protunapad. U

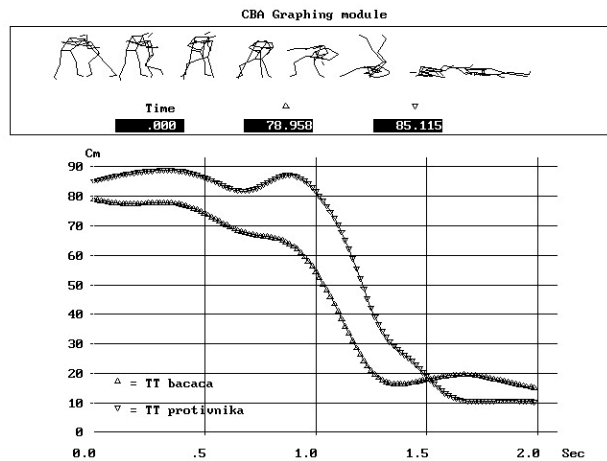
analiziranom kretanju faza usmjerenog djelovanja trajala je samo 0,1 s, što govori u prilog ovoj tvrdnji.

Slika 1. Kretanje težišta tijela (TT) bacača  
Figure 1. Trajectory of the throwers center of mass (CM)



### Faza leta

Dijagram 2. Kretanje težišta tijela (Y)  
Graph 2. Center of mass displacement (Y)



Ova faza započinje u trenutku odvajanja protivnika od podloge i traje do njegova ponovnog kontakta sa strunjačom.

U prvom dijelu ove faze nastavlja se hiperekstenzija u koljenima i kukovima. Tako, u bacanju koje je predmet

ove studije, kut u zglobu desnog koljena dostiže vrijednost od 108, a u zglobu lijevog koljena 114 (dijagram 1).

Drugi dio ove faze karakterizira zakretanja trupa po uzdužnoj osovini, što je neophodni dio efikasnog izvođenja faze završnice.

U analiziranom bacanju, trajanje ove faze iznosilo je 0.45 sekundi. Pri tome, visina TT-a bacača se smanjila, dok visina TT-a protivnika (akcija "podbijanja") najprije raste, sa 85.2 cm na 87.2 cm, te potom pada (djelovanje gravitacije) na 39.1 cm postignutih pred sam kontakt s podlogom (dijagram 2)

### Faza završnice

Ova faza započinje pri ponovnom kontaktu protivnika sa strunjačom i završava korektnom finalizacijom zahvata držanja. Tijekom faze završnice izvodi se zasuk tijela, popraćen zamahom desne noge, te prelazak u ležanje pored protivnika. Na njenom kraju, bacač leži prsima na protivnikovoj desnoj ruci, s pogrčenom lijevom nogom i rukama spojenim na protivnikovim leđima.

Zanimljivo je uočiti da nakon izvršenog pada protivnik vrši rotaciju oko uzdužne osi tijela, pokušavajući se okrenuti na bok. Uzrok tome je naučena reakcija protivnika da kad se nađe u poziciji tuša nastoji što prije izaći (pobjeći) iz nje.

U analiziranom bacanju, trajanje ove faze iznosilo je 0.626 sekundi od čega se najveći dio odnosi na prelazak bacača u ležanje pored protivnika, kako bi ga mogao zadržati u poziciji "tuša". U tom položaju kut u koljenu i kuku desne noge ima vrijednost od 180, što znači da je desna noga pružena, dok lijeva zadržava pogrčeni položaj.

### ZAKLJUČAK

Biomehanička mjerenja i analize imaju značajnu ulogu u razvoju tehnike i upravljanju trenažnim procesom. U ovom radu klasična kinematička analiza prilagođena je potrebama i specifičnostima kretnih struktura u hrvanju. U tome smislu, u sklopu APAS procedure konstruiran je matematički antropomorfn model prilagođen interakciji dva ljudska tijela u kretanju.

Dobiveni rezultati obrazlažu redosljed, trajanje, amplitude i svrsishodnost akcija bacača u odnosu na protivnika. Kako su ovi podaci prikupljeni analizom tehnike bacanja izvedene od strane visoko kvalitetnog hrvачa, dobivene vrijednosti mogu se smatrati orijentacijskim standardima, te kao takvi mogu poslužiti u metodičkom procesu obuke i usavršavanja izvedbe tehnika bacanja uvinućem u trenažnim i natjecateljskim uvjetima.

## Literatura

1. Cvetković Č. Tehnička efikasnost hrvača sa aspekta nekih morfoloških i motoričkih varijabli. Magistarski rad, Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu, 1997.
2. Escamilla RF., Francisco AC, Fleisig GS et al. A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Med Sci Sports Exerc*, 2000; 32 (7): 1265-75.
3. Hraski Ž, Mejovšek M. Primjena sustava za kinematičku analizu sportskih tehnika. U: Zbornik radova, 8. Zagrebački sajam sporta - "Trener i suvremena dijagnostika" (ur. Hraski, Ž. i Br. Matković), str. 24-8. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu, 1999.
4. Johnson AD. *Wrestling Drill Book*. USA: Human Kinetics, 1991.
5. Manos KT. *Wrestling Coach's Survival Guide: Practical Techniques and Materials for Building an Effective Program and a Winning Team*, USA: Parker, 1996.
6. Mejovšek M, Hraski Ž, Hofman E et al. Neinvazivni pristup u biomehaničkoj dijagnostici vrhunskih sportaša. U: Zbornik radova 6. Zagrebački sajam sporta - "Dijagnostika treniranosti sportaša" (ur. Milanović, D. i S. Heimer). str. 67-70. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu, 1997.
7. Sacripanti A. Biomechanical classification of wrestling standing techniques. In: VI<sup>th</sup> International Symposium on Biomechanics in Sport, pp. 167-70, USA, Montana: Bozeman, 1988.
8. Sotsky, N. (1990). Application of biomechanical modelling for investigation of attacking actions in wrestling. VIII<sup>th</sup> International Symposium on Biomechanics in Sport, str. 167-170, Prague, Czechoslovakia.