

FAKTORSKA ANALIZA NEKIH KINEMATIČKIH PARAMETARA ZA VRŠNIH FAZA BACANJA KOPLJA

Danijela Bonacin i Nusret Smajlović

Fakultet sporta i tjelesnog odgoja Univerziteta u Sarajevu, BiH

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

U ovom radu je predstavljen i predložen jedan pristup pojednostavljenom modelu kinematičke analize završnih faza bacanja koplja u atletici. Podaci su prikupljeni akvizicijom digitaliziranih pokazatelja kinograma bacanja, na kojemu su računalno definirani markeri više zanimljivih točaka. Iz strukturnih pokazatelja mase, po Bernštajnovom modelu, izračunate su mase pojedinih segmenata tijela i utvrdio položaj centra težišta. Za tipičnih 12 pozicija u završnim fazama bacanja koplja, definiran je koordinatni sustav za svaku poziciju s ishodištem u centru mase. Izračunate su koordinate odabranih točaka i parametri osovine. Svi podaci su podvrgnuti faktorskoj analizi s rotacijom u bezuvjetnu prokrustovsku Promax poziciju. Rezultati su pokazali da je iz tako pripremljenih podataka moguće identificirati pet faktora koji u takvom modelu predstavljaju integrirani kinematički kompozit bacača koplja: 1. statička stabilnost, 2. dinamička stabilnost, 3. kontrola objekta (koplja), 4. stabilnost centra težišta i 5. opća dinamička stabilnost bacača koplja. Pretpostavljeno je da, iako se radi o specifičnom gibanju, prva četiri faktora odražavaju elemente općih svojstava čovjeka, a peti sadrži globalnu specifičnost upravo bacanja koplja. Predložena je provjera modela na vrhunskim bacačima i, eventualno, uz još niz dodatnih parametara.

Ključne riječi: bacanje koplja, kinematička analiza

Uvod

Bacanje koplja je, po mnogima, jedno od najzanimljivijih natjecanja u atletici. Ljepota i dinamičnost pokreta koja se pri tome iskazuje, vjerojatno je jedno od najatraktivnijih sportskih gibanja u bacačkim disciplinama uopće, naravno, uvažavajući osobne sklonosti pojedinaca koje sport zanima, pa dakle i bacanje koplja uopće (* * *, 1990; * * *, 1995; * * *, 1999). U ovoj sportskoj disciplini, cilj je u što kraćem vremenu razviti što je moguće veću silu koja se zatim prenosi na objekt (koplje), kako bi pri izbačaju imalo maksimalnu početnu brzinu. Ta početna brzina omogućava velike daljine bacanja, pri čemu treba voditi računa i o optimalnom kutu izbačaja. Fizikalno gledano, radi se o balističkom hitcu uzrokovanom prijenosom sila koje proizvodi mišićna masa suprotstavljajući se djelovanju sile teže. Mišićno djelovanje tako producira silu koja uzrokuje promjenu stanja gibanja sprave, što je dinamički aspekt analize ove aktivnosti. Da bi sprava došla do najveće početne brzine, treba u fazi maksimalnog napona djelovati na najdužem putu najvećom silom i u što kraćem vremenu (Terauds, 1985; Menzel, 1986).

Početna brzina sprave bit će maksimalna kad sve sile kojima se može djelovati na spravu budu djelovale u balističkom smislu. Ako se radi o spravi koja u prethodnim fazama nije imala dovoljno inercije kretanja, sile slabije mišićne mase ne mogu djelovati u balističkom smislu. Zato se te sile (ruke i rameni pojas) uključuju tada kad su veće mišićne skupine već prenijele na spravu dovoljnu brzinu kretanja u smjeru bacanja. Na ovaj način se osigurava sukcesivni slijed koji osigurava prijenos svih mogućih produciranih sila na objekt, tj. spravu (Marinković, 1984; Čoh, 1994; Čoh, 2001). Kineziološki i antropološki aspekt ove discipline pokazuje nam da se radi o, cjelovito gledano, vrlo složenom gibanju i pokretima koji moraju uključivati točan i izbalansiran redoslijed, kako bi se energija tijela u maksimalnoj mjeri mogla prenijeti na spravu i dati joj veliko ubrzanje za izbačaj i let. Svi ovi elementi gibanja naprosto moraju biti savršeno usklađeni kako bi se takvo gibanje dobro izvelo, akumulirana energija iskoristila i koplje bacilo pravilno i daleko. A to znači da treba mnogo učiti i napomo trenirati kako bi se uopće došlo u poziciju da se sve te resurse može odgovarajuće iskoristiti.

Na temelju svega, jasno je da uspješnom sportskom bacanju koplja prije svega prethodi dobro izvršena selekcija, a nakon toga godine i godine sistematskog rada (Bonacin, Da, 2007), uz neprekidne korekcije strukture gibanja prema optimalnom za svakog pojedinca, uz sve potrebne parametre ličnosti, da bi bilo moguće inkorporirati maksimalnu energiju koja će omogućiti velike daljine bacanja (Bodnarčuk, 1984; Milanović i sur, 1986; Tončev, 1991; Harasin, 2003; Silvester, 2003; Bonacin, 2006).

Problem i cilj

Očito je da je bacanje koplja u cjelini dosta složeno gibanje po svojoj strukturi i drugim svojstvima, pa je i definicija parametara u toj disciplini uvijek od velike važnosti, jer se mogu prepoznati u zakonitostima transformacijskih procesa (Milanović, Mejovšek i Hraski, 1996; Smajlović i Babić, 1998; Malacko i Rađo, 2004; Smajlović, 2005). Ti parametri mogu se utvrđivati na temelju brojnih pristupa, npr. masovnim zahvatom u sklopove antropoloških dimenzija (iako nije sigurno da si možemo priuštiti veliki broj bacača i informacije o njihovim sposobnostima i karakteristikama). Ipak, zakonitosti u svakoj, pa i ovoj disciplini, uvijek teže stabilnosti i ponovljivosti.

Takvo promišljanje utemeljeno je na nekim univerzalnim principima bacanja (Harasin i Milanović, 2003). U tom smislu poznajemo npr. *maksimizaciju akceleracijskog puta*, tj. djelovanje na spravu što je moguće dulje, zatim, *prethodno mišićno istezanje*, kod kojega finalni pokret započinje kratkim gibanjem u smjeru suprotnom od smjera bacanja. Time se, s jedne strane, povećava akceleracijski put, ali i koristi elastična energija vezivnog tkiva za kasniji izbačaj. Također razlikujemo i *minimizaciju kompleksnosti gibanja*, što ima direktne veze s kontrolom efikasnosti kinetičkog lanca, tj. segmenata gibanja odgovornih za finalnu realizaciju. Iako se mogu prepoznati i neki drugi principi ovisni o početnim stajalištima autora, moguće je zaključiti da se gotovo uvijek radi o zadaći optimizacije sekvencioniranja pokreta.

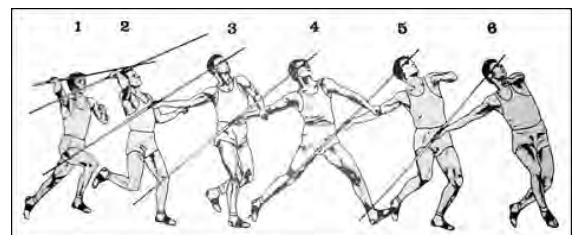
To je moguće izvesti na različite načine, koji su svi povezani s individualnom optimizacijom. Poboljšanje strukture gibanja je moguće i analizom u off-line režimu kad sportaša dovedemo u laboratorij i pratimo njegove parametre kao što su propriocepcija, analiza udahnutog i izdahnutog plina, pliometrijska i slična svojstva, intenzitet aktivacije i relaksacije ciljane miškulature, izometrijski i izotonički režim rada, produkciju sile i sl.

Jedan od načina su svakako i off-line analize kinematičkih karakteristika na individuama koje postižu vrhunske rezultate ili barem raspolažu vrhunskim tehničkim umijećem, što često pomaže u parametrizaciji za konkretnog natjecatelja. Međutim, ti parametri, koliko god bili individualni, ipak pokazuju i globalnu pravilnost i postojanost, koja se može, eventualno, ugraditi u strukturne modele sportskih disciplina.

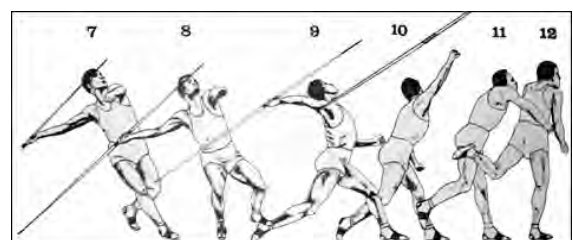
To je i problem ovog rada, a najlakše ga je izraziti kao jedan drugačiji pristup analizi određenih kinematičkih svojstava bacača koplja, radi moguće naznake nekih zakonitosti više razine koje u ovoj disciplini egzistiraju, a rijetko se utvrđuju, i to na relativno jednostavan način.

Metode

Problemu utvrđivanja sekvencijalnih parametara neke aktivnosti može se pristupiti na više načina, a stvarnu vrijednost tih pristupa u konačnici određuje praktična utilitarnost. Za potrebe ovog rada upotrijebljen je digitalizirani prikaz dvodimenzionalnog bacanja koplja s tipičnim fazama koje su odabrane iz ukupnog gibanja prema kinogramu Marinković, 1984., iako je u tu svrhu mogao poslužiti bilo koji sličan kinogram ili video snimka bacača. Na kinogramu vidimo ubrzanje (pozicije 1, 2 i 3), pripremu izbačaja (pozicije 4, 5, 6, 7 i 8), te izbačaj i zaustavljanje (pozicije 9, 10, 11 i 12). Već na prvi pogled je jasno da se radi o dosta složenim pokretima koji moraju uključivati točan i izbalansiran redosljed. To je urađeno kako bi se energija tijela u maksimalnoj mjeri mogla prenijeti na spravu i dati joj veliko ubrzanje za izbačaj i let.



Slika 1. Kinogram bacanja koplja (prvi dio)



Slika 2. Kinogram bacanja koplja (drugi dio)

Vidljivo je i da se u prvom dijelu ubrzavaju bacač i sprava, da bi u drugom dijelu tijelo "preteklo" spravu koja "zaostaje", što će omogućiti maksimalnu realizaciju sile tijela na koplje, tj. djelovanje muskulature na dugom putu i u trećoj fazi izbačaj kao iz luka (pozicija 9 - leđa). Svi ovi elementi gibanja naprosto moraju biti savršeno usklađeni kako bi se takvo gibanje dobro izvelo, akumulirana energija iskoristila i koplje bacilo pravilno i daleko. A to znači da treba mnogo učiti i napomo trenirati kako bi se uopće došlo u poziciju da se sve te resurse može odgovarajuće iskoristiti. Bacanje koplja je po svojoj strukturi monostrukturno acikličko gibanje, koje uključuje raspolaganje spravom.

Dio tijela	Proporcija	Za 100 Kg
Glava	0.0672	6.72
Trup	0.4630	46.30
Natkoljenica	0.1221	12.21
Potkoljenica	0.0465	4.65
Stopalo	0.0146	1.46
Nadlaktica	0.0265	2.65
Podlaktica	0.0182	1.82
Šaka	0.0070	0.70

Tablica 1. Mase dijelova tijela (Bemštajn prema Opavsky, 1982)

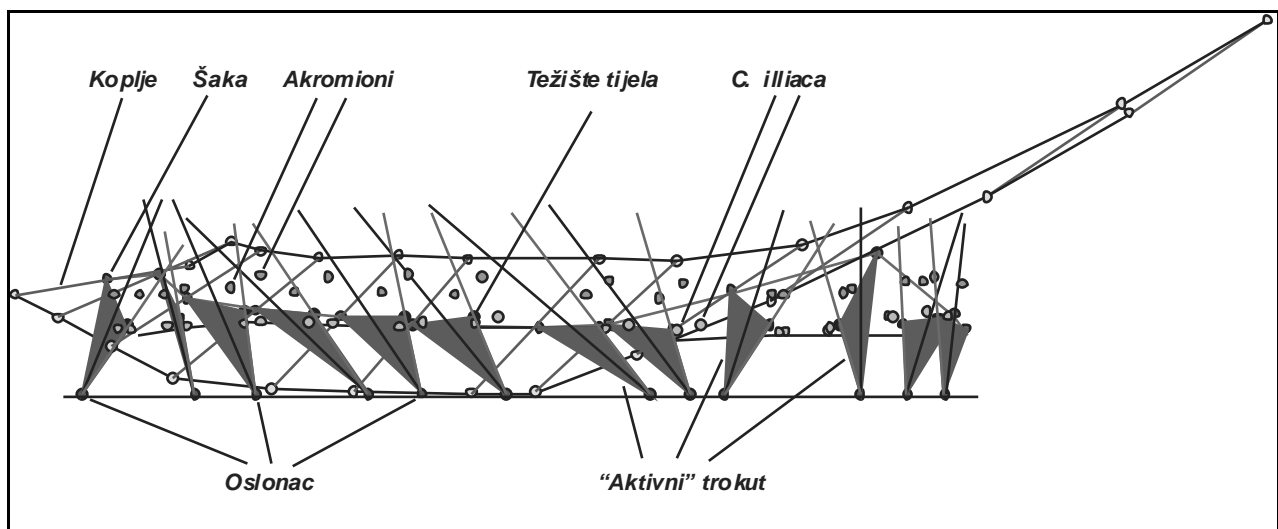
(U zadnjem stupcu su pojedine mase za ukupno 100 Kg)

Očito je moguće razlikovati: a) pripremu i ubrzavanje, b) pripremu izbačaja sa specifičnim koracima s pretjecanjem sprave i c) izbačaj i zaustavljanje (slike 1 i 2). Ovaj kinogram je prenesen u računalo i digitaliziran, te tako pripremljen za daljnju obradu na PC računalu.

Za svaki pojedinačni segment tijela je izračunat udio mase u ukupnoj tjelesnoj masi muškaraca. Tako se izračunalo položaj težišta tijela (tablica 1.), uključujući masu koplja (800 g). Zatim su odabrane točke koje su za potrebe ovog rada posebno zanimljive i izračunate su njihove koordinate. Te koordinate bile su: 1. koordinate vrha koplja (KVRH), 2. koordinate repa koplja (KREP), 3. koordinate jače šake – desna (KSAK), 4. koordinate točke oslonca (KOSL), 5. koordinate akromiona jače ruke (KACJ), 6. koordinate akromiona slabije ruke (KACS), 7. koordinate criste illiace jače strane (KCRJ), 8. koordinate criste illiace slabije strane (KCRS), 9. kut nagiba koplja u odnosu na površinu (KNKP), 10. kut osovine tijela u odnosu na površinu (KOTP), 11. kut osovine tijela s "prolazom" kroz težište (KOTT), 12. kut između ove dvije osovine (KMDO) i 13. površina "aktivnog" trokuta (KPOV), što je vidljivo na grafikonu 1. Površina "aktivnog" trokuta je zadana s tri točke (točka oslonca, točka općeg težišta tijela i točka hvata šake za koplje). Radi vizualizacije, točke koplja i točke šake su povezane linijom tako da je moguće uočiti njihove trajektorije. Za svaki od 12 položaja definiran je relativni koordinatni sustav s ishodištem u točki općeg težišta tijela. Podaci su obrađeni standardnom faktorskom analizom s rotacijom u Promax prokrustovsku poziciju (Bonacin, 2004).

Rezultati

Ukupni zajednički varijabilitet razapetog prostora je iznosio čak 94.27 %, a zadržani varijabilitet s pet faktora 92.60 %, što je zaista velika količina.



Grafikon 1. Parametri analize

Svojevrednosti je i po PB, GK i scree tehnici, bilo uvijek 5.

	OBQ1	OBQ2	OBQ3	OBQ4	OBQ5
KVRH	-0.08	-0.15	-0.04	0.15	0.97
KREP	0.07	-0.15	-0.01	0.15	0.93
KSAK	0.21	0.01	0.04	-0.46	0.60
KOSL	-0.90	-0.01	-0.21	0.04	-0.07
KACJ	0.63	0.06	-0.08	-0.03	0.58
KACS	1.04	-0.01	-0.12	0.13	-0.13
KCRJ	0.09	0.02	0.05	0.99	0.28
KCRS	-0.04	-0.06	0.01	0.70	-0.54
KNKP	0.10	-0.41	0.77	-0.16	-0.29
KOTP	-0.19	0.09	0.74	0.02	0.57
KOTT	0.06	0.17	1.00	0.13	-0.02
KMDO	0.04	0.91	0.11	0.08	-0.12
KPOV	0.00	0.89	-0.06	-0.09	-0.21
	OBQ1	OBQ2	OBQ3	OBQ4	OBQ5
OBQ1	1.00	0.09	0.04	-0.30	0.33
OBQ2		1.00	-0.12	0.08	-0.16
OBQ3			1.00	-0.26	0.19
OBQ4				1.00	-0.19
OBQ5					1.00

Tablica 2. Promax koso rotirani sklop parametara (PX1,2,3,4,5 = promax faktori)

Rasprava i zaključak

Na temelju pokazatelja u tablici 2. vidi se da je ovaj prostor reduciran na pet bitnih egzistentnih dimenzija. Zbog relativno čistih projekcija pojedinih varijabli, faktore je bilo dosta jednostavno identificirati, ako im se pristupi s pozicije dinamičke ravnoteže. Prva dimenzija je očito *statička stabilnost* složena od ramenske osovine kojoj je pripojena dimenzija točke oslonca na tlu, što je samo na prvi pogled neobično, ali je iznimno zahvalna informacija.

Naime, ovaj hipotetski blok je očito ključna stvar za pozicioniranje cijelog tijela u prostoru, u bilo kojoj aktivnosti čovjeka. Kinematički se ponaša kao stup oko kojega se i formiraju ostali segmenti kinetičkog lanca. Taj lanac je potreban za izvođenje temelja stabilnosti gibanja, od hodanja do složenih oblika akcija. Kako su inicijalni podaci prikupljeni praktično akvizicijom s računala za svih 12 položaja, može se zaključiti da se radi o jednoj od temeljnih zakonitosti u ovoj disciplini. Iako je ova stabilnost identificirana kao statička, to nipošto ne znači da je treba promatrati u mirovanju, već kao dio kompozita gibanja koji se odnosi na statiku. Drugi faktor je neočekivano definiran s dva parametra koji geometrijski ne pripadaju možda istom prostoru. Radi se o površini tzv. "aktivnog" trokuta i kutu između dviju osovine. Obje ove osovine započinju u točki oslonca, ali jedna prolazi kroz težište, a druga tako da dijeli "aktivni" trokut na dva površinom jednaka dijela.

Ovu dimenziju sigurno možemo identificirati kao *dinamičku stabilnost*, jer se ponaša na način da povezuje dva parametra, koji su oba odgovorni za latentnu neravnotežu i ponovno uspostavljanje ravnoteže. Da je ovo točno potvrđuje i nešto niža, ali značajna projekcija varijable kut nagiba koplja, što je bitno za održavanje ravnoteže. Najveću vrijednost na ovom faktoru ima pozicija 12 sa slike 2., dakle kad je ravnoteža već potpuno uspostavljena, što potvrđuje prethodno rečeno. Treći faktor objedinjuje u sebi prethodno spomenute dvije osovine, ali i kut nagiba koplja u odnosu na oslončnu površinu. Tako se ovaj faktor može identificirati kao *stabilnost objekta*, tj. kontrola koplja. Ovo je značajno zbog načina manipulacije bilo kojim objektom bacanja, u ovom slučaju kopljem, u kojemu koplje treba zauzeti točno određeni položaj kako bi na njega bilo moguće djelovati maksimalnom silom za izbačaj. Maksimalne projekcije na ovu dimenziju su s pozicije 1 na slici 1., dakle tada kad je ukupna stabilnost najveća (nošenje koplja). Četvrti faktor definiran je varijablama koordinata criste iliace slabije (lijeva) i jače (desna) strane tijela. Tu je, nešto nižim intenzitetom, pridružena i koordinata jače šake, tj. one koja drži koplje. Ovo zajedno možemo lako interpretirati kao *stabilnost centra težišta*, jer su maksimalne projekcije zadane parametrima pozicije 2 sa slike 1. Tada je očito centar težišta projiciran gotovo idealno (okomito) na oslončnu površinu i praktično projekcija pada u točku oslonca. Ono što najviše utječe na promjenu položaja centra težišta u bacanju koplja upravo je pozicija šake (zbog svih djelovanja koja imaju za cilj izbacivanje sprave), pa je očito zato ta varijabla pridružena. Peti faktor je definiran najvećim brojem varijabli. Maksimalne projekcije su one koje se odnose na koplje (vrh, rep), ali i položaj šake bacača. Međutim, tu su još značajno projicirani i akromion jače šake, koordinate obje criste iliace (slabija strana nešto izraženije i negativno), kao i osovine tijela. Tako se čini da ovaj faktor jedini opisuje bacanje koplja kao specifičnu disciplinu, jer su sva četiri prethodno navedena faktora "mogla vrijediti" i za bilo koje drugo slično gibanje. Peti faktor nema takvu univerzalnost i očito se "ponaša" kao poseban u ovoj analizi. Sve korelacije s drugim faktorima su mu značajne ili blizu statističke značajnosti, ali nisu nulte, što vjerojatno ovisi samo o broju analiziranih pozicija, te bi s većim brojem tih pozicija sigurno bio statistički značajan. Iz ovih razloga, taj faktor možemo identificirati kao *opću dinamičku kontrolu bacača koplja*. Daleko najveće projekcije na ovaj faktor ima pozicija 7 sa slike 2., što znači da je bacač koplja najviše "bacač koplja" upravo u tom položaju.

Suprotno od toga, daleko najmanju projekciju na ovaj faktor ima pozicija 11 sa slike 2., što je potpuno razumljivo budući ta pozicija opisuje završetak gibanja kad je koplje već u letu, a bacač više nije ni bacač, te jedino treba pripaziti na liniju prijestupa, što nije poseban problem ako je sila kretanja i aktivnost mišićne mase pravilno prenesena na spravu. Ove latentne dimenzije dobivene su iz sustava koordinata, te ih je moguće interpretirati i na druge moguće načine, ne isključivo u smislu parametara stabilnosti kako je to ovdje napravljeno. Možda bi se moglo tome pristupiti i na način da se radi o kategorijama sekvencionalnih elemenata kinetičkog lanca ili čak biomehanički definiranih segmenata tijela bacača. U svakom slučaju, podaci omogućavaju i takav aspekt interpretacije. I naravno, jedan od mogućih pristupa ovoj problematici mogao bi ići i u pravu definiranja trodimenzionalnih modela, što se s podacima u ovom istraživanju već moglo uraditi, ali bi tada bilo potrebno znatno više pojedinačnih sekvenci. To je, doduše, samo tehnički problem, koji tek usložnjava tehničku pripremu, ali nipošto ne mijenja metodološki aspekt koji je ponuđen u ovom primjeru. Ovim istraživanjem, pokušalo se identificirati ili ukazati na neke trajno održive globalne kinematičke pokazatelje bacanja koplja, i to iz razloga kako bi se na temelju njih moglo koncipirati efikasnije globalne modele strukturalnih analiza u transformacijskim procesima u atletici. Jednostavan protokol, korišten u ovom radu, pokazao je da je moguće razumljivo i logično identificirati pokazatelje. Predlaže se detaljna provjera modela svakako na vrhunskim bacačima koplja, kao potvrda vjerodostojnosti modela. U jednostavnoj rekapitulaciji moglo bi se kazati da je u ovom radu predstavljen i predložen novi pojednostavljeni model kinematičke analize bacanja koplja u atletici. Utemeljen je na analizi sekvenci koje se mogu lako definirati na više načina (kinogrami, video snimke).

Pretpostavljeno je da je takvo sekvencioniranje moguće do željene preciznosti. Podaci su prikupljeni akvizicijom digitaliziranih pokazatelja kinograma bacanja, na kojemu su računalno definirani markeri više zanimljivih točaka. Iz strukturalnih pokazatelja izračunate su mase pojedinih segmenata tijela i utvrđen položaj centra težišta kao referenca za koordinate. Svi podaci su podvrgnuti faktorskoj analizi s rotacijom u kosu poziciju. Rezultati su pokazali da je iz tako pripremljenih podataka moguće identificirati pet faktora. Interpretirani su s pozicije stabilnosti, odnosno kontrole elemenata kompozita stabilnosti, iako je malo vjerojatno da je to jedini mogući pristup dobivenim rezultatima. S takve logičke pozicije, dobiveni faktori predstavljaju integrirani kinematički kompozit stabilnosti bacača koplja: 1. statička stabilnost, 2. dinamička stabilnost, 3. kontrola objekta (koplja), 4. stabilnost centra težišta i 5. opća dinamička stabilnost bacača koplja. Pretpostavljeno je da, iako se radi o specifičnom gibanju, prva četiri faktora odražavaju elemente općih svojstava čovjeka, a peti sadrži globalnu specifičnost upravo bacanja koplja. Predložena je provjera modela na vrhunskim bacačima i, eventualno, u još niz dodatnih parametara. Za pretpostaviti je da će daljnjim razvojem tehnologije pojedine sportske discipline ili aktivnosti, dobivati sve više mogućnosti za objektivno utvrđivanje parametara od kojih ovisi sportski ili bilo koji drugi rezultati. U tom kontekstu treba razmatrati rezultate bilo kojih analiza, pa dakle i pristup u ovom istraživanju. Ako se modelskim karakteristikama bacanja koplja može pristupiti tako da se bacaču omogući maksimizacija njegovih potencijala, tada se u nastojanjima uspjelo. Pristup u ovom istraživanju bit će upravo onoliko uspješan u kojoj mjeri se pokaže da je održiv i kod vrhunskih svjetskih bacača. Na taj način, istraživanje postaje integralni dio transformacijskog procesa i postizanja rezultata, što mu i jest krajnji cilj i svrha.

Literatura

1. Bodnarčuk, A.P. (1984). *Atletska bacanja*. Zagreb: Zagrebački sportski savez, Zagrebački atletske savez.
2. Bonacin, Da. (2007). *Antropološki temelji bacanja koplja*. Seminarski rad, Sarajevo, FASTO, Sarajevo.
3. Bonacin, D. (2006). *Uvod u teoriju treninga*. Kaštela: Vlastito izdanje.
4. Bonacin, D. (2004). *Uvod u kvantitativne metode*. Kaštela: Vlastito izdanje.
5. Bouhlel, E., Chelly, M.S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2007). Relationship between maximal anaerobic power of the arms and legs and javelin performance. *Journal of Sports Medicine and Physical fitness*, 47(2), 141-146.
6. Čoh, M. (2001). *Biomehanika atletike*. Ljubljana: Inštitut za kineziologiju, Ljubljana.
7. Čoh, M. (1994). *Moć. VHS*. Ljubljana: Fakulteta za šport Ljubljana.
8. Harasin, D. (2003) Sila, jakost, snaga? U D.Milanović, I. Jukić (Ur.), *Zbornik radova Znanstveno-stručnog skupa Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 2003* (pp. 175-179), Zagreb: FFK Zagreb.
9. Hay, J.G. (1987). *The Biomechanics of Sport Techniques*. New Jersey: Englewood Cliffs.

10. Harasin, D., & Milanović, D. (2003). Bacanje kao oblik gibanja u kondicijskoj pripremi sportaša. U D. Milanović, I. Jukić (Ur.), *Zbornik radova Znanstveno-stručnog skupa Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 2003* (pp. 175-179), Zagreb: FFK Zagreb.
11. Marinković, A. (1984). *Atletika za najmlađe*. Beograd: Atletski savez Jugoslavije.
12. Malacko, J., & Rađo, I. (2005). *Tehnologija sporta i sportskog treninga*. Sarajevo: FASTO, Sarajevo.
13. Menzel, H.J. (1986). *Biomechanics of Javelin Throwing*. In: *New Studies in Athletics*. Rome: IAAF.
14. Milanović, D., Mejovšek, M., & Hraski, Ž. (1996). Kinematička analiza izbačaja koplja - analiza jednog slučaja. *Kineziologija*, 28(1), 44-47.
15. Milanović, D., Hofman, E., Puhanić, V., & Šnajder, V. (1986). *Atletika – znanstvene osnove*. Zagreb: FFK Zagreb.
16. Opavsky, P. (1982). *Osnovi biomehanike*. Beograd: Naučna knjiga.
17. Smajlović, N., & Babić, M. (1998). *Atletika*. Sarajevo: Atletski savez BiH.
18. Smajlović, N. (2005). *Atletski sedmoboj – strukture i nivoi potencijala*. Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu.
19. Silvester, J. /Ed./ (2003). *Complete book of throws*. Champaign: Human kinetics.
20. Terauds, J. (1985). *Biomechanics of the Javelin Throw*. Del Mar: Cal.
21. Tončev, I. (1991). *Atletika*. Novi Sad: FFK Novi Sad.
22. Vrcić, M., & Smajlović N. (2003). Utjecaj biomehaničkih parametara na rezultat sku uspješnost u bacanju koplja studenata fakulteta sporta. *Sportski logos*, 3: 45-57.
23. * * * (1995). *Enciklopedija fizičke kulture*. Zagreb: Svezak 1 (A-O) Jugoslavenski leksikografski zavod.
24. * * * (1990). *International Athletic Foundation: Scientific report on the II world championships in athletics Rome 1987. Second edition*. Rome: IAAF.
25. * * (1999). *International Athletic Foundation: Biomechanical Reserch Project Athens 1997. Final report*. London: Meyer & Meyer Sport.

Primljeno: 10.05.2007.

Prihvaćeno: 05.08.2007.

Korespondencija:

Danijela Bonacin

Fakultet sporta i tjelesnog odgoja

Univerzitet u Sarajevu

71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Patriotske lige 41.

E-mail: danijela.bonacin@st.t-com.hr

FACTOR ANALYSIS OF SOME KINEMATIC PARAMETERS IN FINAL PHASE OF JAVELIN THROW

Summary

Only one approach to the model of kinematic analysis in final phases of javelin throw in athletics has been presented and suggested. The data has been collected by acquisition of digital indexes of throws kinogram where the markers of a few interesting points have been defined by a computer system. The masses of some particular body segments have been calculated out of the structural indexes of mass, by Bernstein's model, and the position of the center of gravity was determined, too. A co-ordinate system for any position with a starting point in the center of mass has been defined for the typical 12 positions in final phases of javelin throw. The coordinates of chosen points and the parameters of axes have been calculated. All the data has been put under the factor analysis with the rotation into an unconditional Prokrust's Promax position. The results showed that it was possible, from the data prepared in that way, to identify some five factors in such kind of a model representing an intergrated kinematic composite of a javelin thrower: 1) static stability, 2) dynamic stability, 3) object control (javelin), 4) stability of gravity center and 5) general stability of a javelin thrower. It was supposed, although it was dealt with a specific kind of movement, that the first four factors reflected the elements of general human features, and that the fifth factor was the one which contained the global specific quality of the javelin throw exactly. It was recommended to realize the control of the model with the top-grade throwers and if necessary with a group of some other additional parameters.

Key words: javelin throw, kinematic analysis