

UDK 796.012.1

**Pavel Opavsky***Fakultet za fizičko vaspitanje i sport Univerziteta u Nikšiću***“FLAGELLUM” EFEKAT U SPORTU****Uvod.**

I najjednostavnije složeno sportsko kretanje izvodi se sukcesivnim uključivanjem i isključivanjem odvojenih mišićnih grupa. Za sportska kretanja gde se teži za postizanjem maksimalne brzine kretanja, pokreti posebnih telesnih segmenata izvode se na specifični način, obrazujući tzv “bič-efektom”. Za ovu analizu odabran je početni udarac u tenisu. U repertoaru tehničkih elemenata u sportskoj igri tenis, najznačajnije mesto zauzima početni udarac (servis). U praksi se mnogo puta potvrdilo da igrači sa povoljnom predispozicijom za početni udarac (longitudinalna dimenzionalnost skeleta, veća mišićna sila, veća brzina mišićne kontrakcije...) sa dobrom tehnikom izvođenja početnog udarca a sa prilično niskim tehničkim nivoom ostalih elemenata u teniskoj igri, čak i sa nedovoljnom fizičkom pripremom, zauzimaju visoka mesta na spisku najboljih svetskih teniseri. Teoretski, visok i snažan igrač koji je dobro savladao tehniku početnog udarca, može da dobije sve mečeve oslanjajući se na dva faktora: na svoj servis i na greške protivnika! Za sada se u praksi nije pojavio igrač, koji bi svaki svoj početni udarac izvodio tehnički besprekorno jer je čovek živo biće i mnogi faktori, kako poznati tako i nepoznati, mogu da utiču negativno na svaki složeni pokret koji izvodi živo biće. Ali to ne znači da ne postoji način da se faktori, koji utiču na poboljšanje tehnike izvođenja početnog udarca u tenisu, definišu i da se na osnovu te definicije utvrdi posebna metodologija treninga, koja će da obuhvati i dodatne faktore.

**Metod.**

Već decenijama postoji veliki broj kinograma početnog udarca u tenisu, koji izvode najbolji teniseri sveta. Dovoljno je da se čak i makroskopskim posmatranjem tih kinograma utvrdi da je najefikasniji početni udarac postignut ako se iskoriti mogućnost uspostavljanja “flagellum efekta”. Bič (flagellum) efekat se postiže sukcesivnim sabiranjem brzina niza segmenata u kinetičkom lancu. Kinetički lanac je tim više efikasniji što je veći broj segmenata. Najprostiji primer je običan pastirski bič. Ako se sa dva sukcesivna pokreta sa suprotnim smerom izazove talasasto kretanje biča, brzine će se sabirati, a na kraju, kada se talasasti pokret završi, čuće se pucanj. Taj zvučni efekat nije ništa drugo do probijanja zvučnog zida, jer se poslednji segment biča kretao brže od 333 m/sec.

Po istom principu se izvodi i početni udarac u tenisu, samo sa razlikom što u čovečjoj konstituciji ne postoji mogućnost da se oformi kinetički lanac sa mnogo karika, nego je broj karika ograničen, u slučaju početnog udarca u tenisu na deset. To su opružanje u zglobovima kukova (1), opružanje u zglobovima kolena (2), opružanje u skočnim zglobovima (3), pregibanje u zglobovima kukova (4), pregibanje u slabinskom delu kičmenog stuba (5), pregibanje u grudnom delu kičmenog stuba (6),

torzija u zglobovima kičmenog stuba (7), retrofleksija u ramenom zglobu protežirane ruke (8), ekstenzija u zglobu lakta protežirane ruke (9) i pregibanje u zglobu šake protežirane ruke (10).

Sile, generisane mišićnim kontrakcijama povećavaju impuls smeča delujući preko poluge reketa, izazivajući elastične sile mreže i repulziju lopte. Kada se sve to sabere, postiže se velika početna brzina lopte, koja je do sada izmerena do 250 km/h. Ako se sprovede odgovarajuća metodologija treninga sa posebnim akcentom na početni udarac, ta brzina kretanja lopte nakon servisa bi bila pristupačna manje više svakom profesionalnom igraču tenisa.

### **Rezultati sa diskusijom.**

**Dinamički stereotip.** Analizirajući kinograme početnog udarca u tenisu vrhunskih teniser, snimljene rapid-kino-kamerom sa preko sto pozicija u jednoj sekundi, jasno se mogu utvrditi i krucijalni pokreti i njihov redosled u konturogramu i kinogramu (Slike 1,2). Svaki od krucijalnih pokreta je samo posledica. Uzrok je dejstvo tačno određenih mišića, koje se može elektromiografski dokumentovati. To mišićno dejstvo je vrlo složeno jer su u toku izvođenja početnog udarca za svaki mišić tačno određeni optimalni (najčešće maksimalni) intenzitet, vreme početka kontrakcije i vreme završetka kontrakcije kao i brzina približavanja mišićnih pripoja.

U prvom delu prve faze teniser dovede određene delove svoga tela, koje sada deluju kao poluge, u položaj pre skoka. U tom položaju su svi pripoji najjačih mišića, koji će u nastavku kretanja da deluju, udaljeni na optimalna rastojanja. Prva faza je pripremna faza i nije mnogo zahtevna ni na posebnu tehniku ni na veći napor, ali je ona neophodna kako bi se mišići, koji će u sledećoj fazi eksplozivno da deluju, delovali iz najoptimalnije pozicije. Prva faza se odvija segmentarno-sukcesivno i u toku druge faze. Druga faza je osnovna faza i mnogo je zahtevnija i ona u suštini predstavlja početni udarac.

Bazični princip početnog udarca u tenisu je racionalno nadovezivanje niza mišićnih kontrakcija koje se sukcesivno odvijaju. Sile, koje angažovane mišićne grupe generišu, u toku smeča se sabiru da bi se na kraju postigla što veća početna brzina kretanja teniske lopte. Kao što je ranije naglašeno to se najefikasnije postiže bič-efektom. Bič-efektom se u početku smeča ostvaruje sukcesivno savladavanje velikog otpora prvo većim a kako pokret odmiče otpor je sve manji i on se može efikasno savladavati manjim mišićnim masama. Brzina kretanja i otpor (inercija) tom kretanju stoje u recipročnom odnosu. Što je otpor veći brzina kretanja je manja i obratno.

Osnovna faza počinje snažnim odskokom od tla. To se postiže sukcesivno maksimalnim koncentričnim kontrakcijama prvo mišića opružača u zglobovima kukova, zatim maksimalnim koncentričnim kontrakcijama mišića opružača u zglobovima kolena, i najzad maksimalnim koncentričnim kontrakcijama mišića opružača u proksimalnim (gornjim) skočnim zglobovima. Svi ovi mišići deluju sa perifernim osloncem. “Ispaljivanjem” ove prve tri karike kinetičkog lanca snažnim kontrakcijama velikih mišića kaudalnih ekstremiteta savladana je inercija mirovanja celog sistema teniser plus oprema, čime je savladan i najveći deo otpora kretanju.

Na uspostavljeno kretanje napred i gore nadovezuje se četvrta karika kinetičkog lanca. Realizuju je mišići pregibači u zglobovima kukova koncentričnom kontrakcijom sa perifernim osloncem. Posledica ovog dejstva je pomeranje karlice zajedno sa kičmenim stubom u smeru početnog udarca.

Peta i šesta karika kinetičkog lanca se realizuju sukcesivnim dejstvom trbušne muskulature. U celom lancu početnog udarca dejstvo trbušne muskulature je najslabije. Pravi trbušni mišići deluju maksimalnim koncentričnim kontrakcijama i izazivaju pregibanje u slabinskom delu kičmenog stuba a u nastavku iste kontrakcije isti mišići smiču rebra, povećava se grudna krivina, čime se ubrzava kretanje kranijalnog dela kičmenog stuba ventralno. . Posledica smicanja rebara je ne samo smanjivanje grudne krivine kičmenog stuba nego i smanjivanje zapremine grudnog kosa pa se stvara veliki pritisak na grudnu šupljinu, čime se snažno i nevoljno stimuliše faza izdisaja u aktu disanja. Taj prolazak veće količine vazduha u vrlo kratkom vremenu izaziva glasan izdah, a ako se usmeri preko glasnih žica, njegova posledica je vrisak (kjaj).

Neposredno na šestu kariku nadovezuje se sedma karika kinetičkog lanca. Ako se početni udarac izvodi desnom rukom, uključuju se kosi trbušni mišići, takođe maksimalnim intenzitetom, dijagonalnom kontrakcijom tj simultanom kontrakcijom unutrašnjeg kosog trbušnog mišića sa leve i spoljašnjeg kosog trbušnog mišića sa desne strane. Time se izaziva sukanje trupa na levu stranu. Svi ovi mišići deluju sa osloncem posredno ili neposredno na karličnom pojasu. Ovom karikom kinetičkog lanca dejstvom kosih trbušnih mišića izazove se brže kretanje desnog ramena.

Osma karika kinetičkog lanca se nastavlja uključivanjem mišića retrofleksora u ramenom zglobu protežirane ruke. To je pokret od hiperekstenziranog uzručenja u ramenom zglobu ka predručenju. Taj pokret izvršavaju u najvećoj meri veliki grudni i najširi leđni mišići protežirane ruke. I ova grupa mišića deluje sinergistički, balističkom kontrakcijom sa centralnim osloncem. Posebno je složeno dejstvo najšireg leđnog mišića. Njegovi centralni pripoji nalaze se na rtnim nastavcima 6.-11. grudnih, i na svim rtnim nastavcima slabinskih pršljenova (a); na središnjem krsnom grebenu (b); na bederenom grebenu (c); i na grudnoslabinskoj fasciji (d). Periferni pripoj ovog mišića se nalazi na međukvržnom žljebu ramenice. Kod pojedinaca postoje i varijacije gde se ovaj mišić delom svojih vlakana pripaja na poslednja tri rebra i na donji deo lopatice. Budući da je ovaj veliki mišić inerviran samo jednim nervom – grudno-leđnim živcem, može da dođe do disfunkcije između velikog grudnog i najšireg leđnog mišića, kojom prilikom dolazi do istegnuća onog dela vlakana najšireg leđnog mišića, koja se pripajaju ili na donjem uglu lopatice ili na rebrima. Mogućnost da dođe do istezanja tih mišićnih vlakana povećava i složenost osme karike kinetičkog lanca, jer zamah se ne izvodi samo u sagitalnoj ravni, dok zbog istovremenog zasuka trupa ulevo, do trenutka vertikale u zglobu ramena protežirane ruke se vrši i pregibanje i privođenje, a nakon vertikale u istom zglobu se nastavlja pregibanje ali istovremeno i odvođenje. Regulacijom sukcesivnih kontrakcija u kinetičkom lancu početnog udarca u tenisu, istegnuće tih vlakana može se izbeći.

Devetu kariku kinetičkog lanca predstavlja opružanje u zglobu lakta protežirane ruke, kombinovano sa uvrtnjem. Opružanje je posledica dejstva uglavnom troglavog mišića nadlaktka, dok je uvrtnje posledica sinergičnog dejstva mišića oblog uvrtača podlaktka i četvrtastog uvrtača podlaktka. Vlakna oblog uvrtača podlaktka prostiru se dijagonalno i zbog retkog angažovanja u svakodnevnom životu ona su i kratka i slaba pa ako se ova deveta faza vrši maksimalnim intenzitetom a pre toga mišić obli uvrtač podlaktka nije sistematskim vežbama ojačan i izdužen, može da dođe do vrlo neugodnog bola u predelu zgloba lakta (“teniski lakat”) . Pokret u zglobu lakta protežirane ruke vrše navedeni mišići balističkom koncentričnom kontrakcijom sa centralnim osloncem.

Desetom karikom kinetičkog lanca završava se kinetički lanac zamaha. Desetu kariku predstavlja balistička koncentrična kontrakcija sa centralnim osloncem grupe mišića koji se prostiru sa prednje (volarne) strane podlaktka i generišu snažno pregibanje u zglobu korena šake. To su: spoljašnji opružać ručja (a); dugi pregibač palca (b); dugi dlanski mišić (c); površinski pregibač prstiju (d); duboki pregibač prstiju (e); unutrašnji pregibač ručja (f) (Sl.3,4). Sukcesivno delovanje pojedinih segmenata aparata za kretanje može se makroskopski utvrditi pukim posmatranjem aktuelnih poluga u funkciji vremena. Prateći efekat ove faze početnog udarca u tenisu je i maksimalna izometrijska kontrakcija svih mišića pregibača prstiju šake i suprotioa palca. Naime, zamah početnog udarca u tenisu ima lučnu putanje pa se javlja velika centrifugalna sila, koja teži da odvoji reket od šake što može da se spreči samo snažnim stiskom šake. Taj stisak, koji se mnogo puta ponavlja u toku treninga izaziva hipertrofiju navedenih mišića, naročito mišića površinskog i dubokog pregibača prstiju šake, koji se prostiru uzduž podlaktka. Ta hipertrofija je očigledna i tipična je za tenisere-profesionalce.

**Hiperfunkcija.** U prirodi živih bića tipična pojava je adaptacija. Ako se neki pokret upražnjava samo toliko, koliko je dovoljno za svakodnevne potrebe, onda se organizam optimalno prilagodi toj potrebi. U vrhunskom sportu kao što je tenis, optimalnim prilagođavanjem se ne može postati vrhunski igrač. Kao i za većinu sportova, teniski sport je vrlo zahtevan i za njega je aktuelan pojam maksimalizacije. Ali i u postizanju maksimuma u određenim biomotornim dimenzijama (sila, brzina, izdržljivost) postoje dve faze: relativni i apsolutni maksimum. U odnosu na početni udarac relativni maksimum se postiže standardnim treningom gde se u osnovi postiže relativno maksimalan odskok sa prirodnom telesnom težinom i relativno maksimalna početna brzina kretanja lopte udarena sa standardnim reketom. Specijalnom metodologijom uvežbavanja početnog udarca u teniskom sportu, gde je prelaženje praga nadražaja kapitalna komponenta, progresivnim opterećenjem, kako telesne težine tako i reketa, sa sigurnošću se može povećati kako početna brzina lopte tako i tolerancija kritičnog ugla!

### **Zaključak.**

Početni udarac u tenisu je tim uspešniji ukoliko je brzina kretanja lopte veća. Optimalnom sukcesijom uključivanja i isključivanja određenih mišićnih komponenti “flagellum” efektom se postiže relativno maksimalna brzina kretanja lopte. Pored toga, prostor, gde po pravilima igre mora lopta da dodirne tlo, je ograničen pa je “kritični

ugao”, pod kojim lopta mora da bude usmerena, takođe mali, što znači da je i najmanja greška odstupanja od “kritičnog ugla” izgubljen prvi pokušaj, a ako se ta greška ponovi, izgubljen je poen. U sportskoj igri kao što je tenis, ponekad upravo taj jedan poen može da znači ili pobjedu ili poraz!

Ovom analizom početnog udarca je ukazano šta je početni udarac i kako se kod početnog udarca može povećati početna brzina kretanja lopte i povećati tolerancija kritičnog ugla.

### Literatura

Bjelica, D. (2006.): Sportski trening, *Filozofski fakultet, Crnogorska sportska akademija, Podgorica*.

Bošković, M.S. (1961.): Anatomija čoveka. “Medicinska knjiga” Beograd-Zagreb.

Бернштейн, Н.А. (1940): Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка, *Физкультура и спорт, Москва*

Braune, W.- Fischer, O.(1895-1905): Der Gang Des Menschen. *I-IV Teil. Abh. d. K. Sächs. Ges. d. Wiß.*

Braus, H. (1954.): Anatomie des Menschen, *Springer Verlag, Berlin...*

Bubanj, R. (1998.): Osnovi primenjene biomehanike u sportu, Pergament, Niš-N.Sad.

Bubanj, R. (1998.): Osnovi primenjene biomehanike u kinezilogiji. Pergament, Niš-N.Sad.

Govaerts, A.(1962): La biomecanique – nouvelle methode d’ analyse du mouvement, *Presses universitaires, Bruxelles*

Govaerts, A.(1962.): La biomecanique-nouvelle methode d’ analyse du mouvement, *Presses universitaires, Bruxelles*.

Hay, G. J. (1973.): The biomechanics of sports techniques. Prentice-hall international, INC London.

Hochmuth, G. – Marhold, G.(1957-1958): Biomechanische Untersuchungsmethoden im Sport, *Theor. u Prax. Körperkultur, No 6-7*

Иваницкий, М.Ф.(1938): Движения человеческого тела, *Физ. и спорт, Москва*

Иваницкий, М.Ф.(1956): Анатомия человека, *III Изд. Т. I. Физ. и спорт, Москва*

Jovović, V. (2005.): Biomehanika sporta, *Fil.Fakultet, Nikšić*.

Karas, V. (1978.): Biomechanika pohyboveho systemu človeka. Univerzita Karlova – Praha.

Knoll, W.( 1936): Der Bewegungsablauf bei sportlicher Arbeit, *Leipzig*

Marey, E.J. – Demeny G.(1887): Etude experimentale de la locomotion humaine, *C. r. d. l’ Acad. d. Sciences, Paris*

Marey, E.J.(1898): La chronofotographie appliquee a la l’etude des actes musculaires dans la locomotion, *Comt. rend., T. 126, Paris*

Margaria, R. (1979): Biomechanics and energetics of muscular exercise. *Claredon press, Oxford*.

Mikić, B.- Bjeković, G. (2004.): Biomehanika sportske lokomocije, *FFK Pale, Pale*.

Novak, A. (1965.): Biomechanika telesnych cvičeni. S.P.N. Praha.

Opavský, P. (1969): Oscilatorni karakter trčanja, *Beograd, disertacija (272 str.)*.

Opavsky, P.(1971.): Osnivi Biomehanike. “*Naučna Knjiga*”, *Beograd*.

Opavsky, P.(2004.): Uvod u biomehaniku sporta, “*Naučna Knjiga*”, *Beograd*.

Opavsky, P.(2001.): Biomehanička analiza slobodnog zamaha, *Sport Mont, Montenegro sport, Podgorica*.

Perić, D.(2006.): Metodologija naučnih istraživanja. D.T.A. TRADE Beograd.

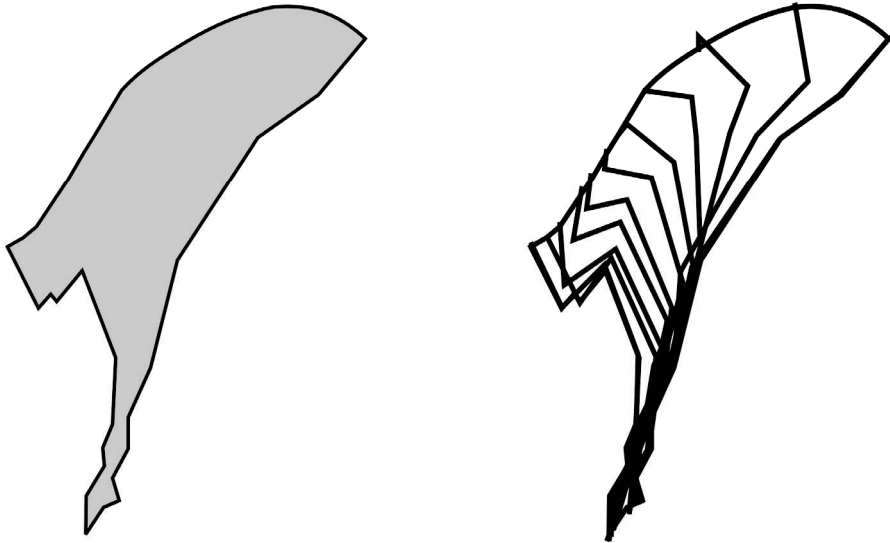
Rašković, D. 1950.: Opšta mehanika, *Teh.Knjiga, Beograd*.

Zaciorski, V.M.(1981.): Biomehanika dvigateljnoga aparata čelovjeka, *Fiskultura i sport, Moskva*.

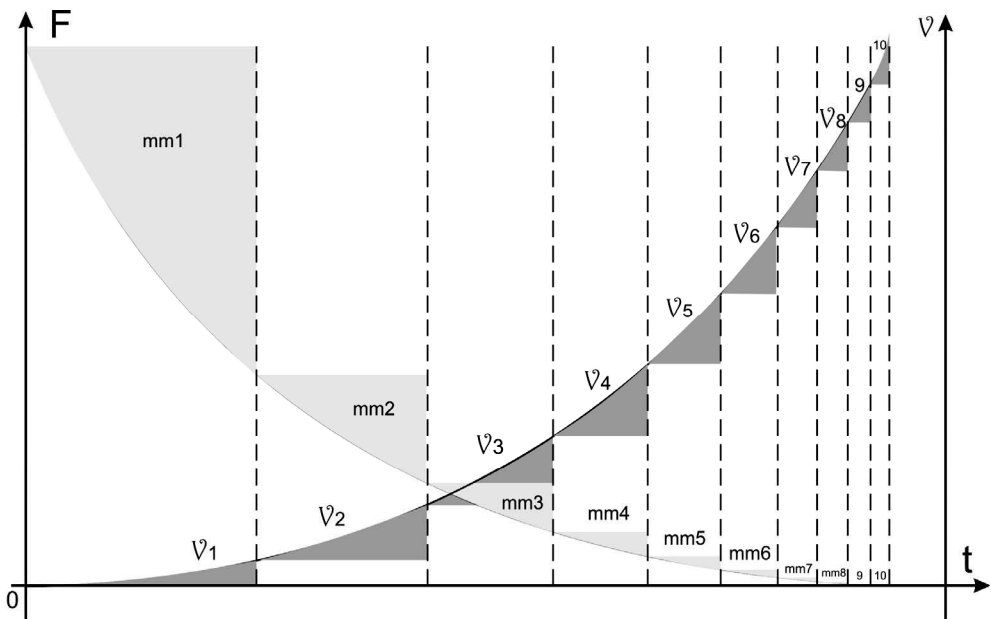
Жуков – Котелькикова – Семенов.(1963): Биомеханика физических упражнений, *Физ и спорт, Москва*



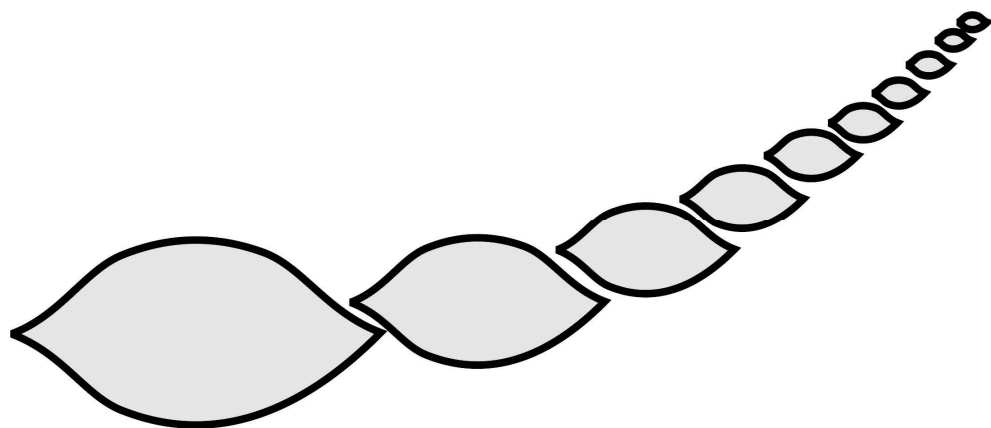
**Sl.1.** Tipični trenuci iz fotograma početnog udarc u tenisu. (Gospodin Nikola Vidović, trener Teniskog Saveza Srbije, ljubazno se odazvao molbi autora).



Sl.2. Konturogram i kinogram centara obrtanja delova tela u toku izvođenja početnog udarca u tenisu.



Sl. 3



Sl. 4