

Vladimir Medved  
Ivan Wagner  
Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu

Izvorni znanstveni članak  
UDC 577.3:796.417-055.2  
Primljeno 16. 12. 1983.  
Revidirano 1. 4. 1985.

## VREDNOVANJE ODRAZNE SILE KOD IZVOĐENJA ARABERA I BOSAKOVA

odrazna sila / gimnastički premeti / biaksijalna rotacija tijela/odrazni impuls/uvježbanost stereotipa kretanja

Provedeno je preliminarno istraživanje udjela i važnosti manifestirane sile reakcije podloge prilikom odaza u uspješnom izvođenju arabera i bosakova. Uzorak ispitanika obuhvaćao je šest gimnastičarki republičkog i saveznog ranga, u dobi od 13—21 godine, visine od 141—165 cm težine od 34,4 do 56,3 kg te dužine bavljena sportskom gimnastikom od 4,5 do 9 godina. Mjerena je trokomponentna sila reakcije podloge i davane su ocjene za svaki pojedinačni pokušaj. Na temelju osnovne statističke analize mjernih signala sile došlo se do zaključka da su za uspješno izvođenje arabera i bosakova značajni dobra ponovljivost signala manifestirane sile reakcije podloge i dobra impulsivnost odraza. Kod izvođenja arabera mehanizam rotacije tijela oko uzdužne osi inicira se u načelu prilikom odraza.

### 1. UVOD

Uloga odraza u izvođenju gimnastičkih elemenata tehnike tipa premeta dobro je poznata. U trenutku neposredno prije i za vrijeme odraza gimnastičar(ka) treba, koordiniranim djelovanjem dijelova tijela, dati tijelu odgovarajuću početnu brzinu i ubrzanje, te potrebni obrtni moment, koji će omogućiti izvođenje željene strukture gibanja i njen pravilni završetak, ponovno u stabilnom položaju tijela.

Kao osnova ovog istraživanja poslužila su slijedeća dva elementa tehnike iz sportske gimnastike:

- premet slobodno naprijed odrazom s jedne noge i doskokom na drugu (u daljnjem tekstu bosakov) i
- slobodni premet strance (u daljnjem tekstu araber).  
Specifičnosti biomehaničke strukture gibanja kod navedenih elemenata tehnike su slijedeće:
- snažan i dobro usmjereni odraz,
- stvaranje i prijenos reaktivne sile,
- ostvarivanje maksimalne amplitude pokreta.

Od nekoliko biomehaničkih pokazatelja koji bi pružili uvid u studirane elemente tehnike, mi smo imali mogućnost mjerenja sile reakcije podloge, manifestirane prilikom odraza.

#### 1.1. Tehnika izvođenja bosakova

Iz dva do tri koraka zaleta vježbač daje tijelu početnu brzinu, zatim izvrši poskok na jednoj uz istovremeno prednoženje druge noge (slika 1). Ruke se nalaze u uzručenju. Prednožena noga u slijedećoj fazi postaje odrazna. U samom poskoku cijelo tijelo je maksimalno istegnuto u svim zglobovnim sistemima, a muskulatura cijelog tijela je pod povećanim tonusom. Odrazna noga se

postavlja nešto dalje naprijed, tako da projekcija težišta tijela u tom trenutku pada iza točke uporišta odrazne noge. U prvom kontaktu odrazne noge sa podlogom dolazi do suprotstavljanja dosadašnjem pravcu kretanja. Tako postavljena noga onemogućuje da se kretanje nastavi u dosadašnjem vodoravnom smjeru, već se sila zaleta dijeli na radijalnu i tangencijalnu komponentu.

Radijalna komponenta sile djeluje u smjeru centra oslonca odrazne noge određujući jačinu pritiska kojom vježbač djeluje na podlogu. Tangencijalna komponenta sile je okomita na radijalnu i daljnje kretanje tijela realizirati će se na osnovu njezinih projekcija. Vodoravna projekcija tangencijalne komponente sile određuje brzinu kojom se nastavlja kretanje po vodoravnom pravcu, a okomita projekcija određuje brzinu kretanja u smjeru suprotno djelovanju sile teže.

Brzina zaleta mora biti adekvatna jakosti mišićnog sistema koji je odgovoran za jednonožni odraz od podloge, jer se većom brzinom zaleta povećava jačina pritiska na podlogu, tj. radijalna komponenta sile pritiska. Iz navedenog slijedi da su odrazni impuls, zamah i zalet faktori o kojima zavisi podizanje tijela na veću visinu, odnosno postizanje optimalne amplitude pokreta.

Slijedi pretklon trupa pri čemu su leđa potpuno ravna, zamah zamašne noge i zamah ruku iz uzručenja do pruručenja. U toku ovih kretanja, u trenutku kada se projekcija težišta tijela nalazi nešto ispred mjesta oslonca, dolazi do završetka kontakta sa podlogom, tako da se izvrši kratko i snažno odgurivanje od podloge. Dolaskom zamašne noge do anatomske maksimalno dozvoljenog položaja (zaustavljanje kretanja stvarajući reaktivnu silu) obrtni moment prenosi se najvećim dijelom na trup, dok glava i ramena trenutačno smanjuju svoju brzinu kretanja te služe kao približno fiksna os oko koje tijelo rotira.

Kako se tijelo okreće oko glave, tako se mijenja njihov međusobni odnos. Glava dolazi postepeno u položaj

zaklona, što ujedno omoučuje refleksno uvijanje u lumbanom dijelu kralježnice. U fazi leta tijelo poprima uvijnuti položaj, glava je u zaklonu, a noge u maksimalnom raznoženju. Doskok je na zamašnu nogu.

U odnosu na broj ravnina, odnosno osi rotacije, koje egzistiraju za vrijeme cijelog izvođenja, ovaj element tehnike može se uvrstiti u jednostavnije i strukture gibanja, jer se izvodi u sagitalnoj ravnini rotacijom oko frontalne osi.

### 1.2. Tehnika izvođenja arabera

U odnosu na bosakova, kod arabera se u početku gibanja mogu uočiti identične kretnje (zalet, rad nogu i ruku). To se dešava do trenutka kada je završen doskok, a odrazna noga postavljena kao poluga koja će omogućiti rotaciju tijela (slika 2). Razlika nastaje u trenutku u kojem tijelo iz uspravnog stava, sa rukama u uzručenju, istovremeno započinje kretanje u pretklon i rotaciju oko uzdužne osi tijela. U slučaju da je odrazna noga lijeva, tijelo oko uzdužne osi rotira udesno. Potrebno je da vježbač obrati pažnju na to da za cijelo vrijeme izvođenja ovog elementa tehnike smjer gibanja tijela uvijek ostane u ravnini x-z. Svako odstupanje od tog smjera onemogućuje pravilno izvođenje, tj. doskok neće biti u dozvoljenim granicama odstupanja od pravca kretanja ili ako se element izvodi na gredi dolazi do narušavanja stabilnog doskoka ili čak, ako je odstupanje veliko, do pada sa sprave.

Brzo i snažno odgurivanje od tla započinje u trenutku kada projekcija težišta tijela prođe okomicu. Nakon toga se nastavlja dvostruka rotacija tijela; u desnu stranu, oko uzdužne osovine, te prema naprijed oko frontalne osovine. Istovremeno s odrazom vrši se zamah zamašnom nogom i zamah ruku iz uzručenja u priručenje, u nastojanju da se podstigne i zadrži što veća visina rotacije. U fazi leta glava i rameni pojas predstavljaju približno fiksnu točku u prostoru u kojoj se sijeku osi dviju rotacija; oko frontalne i oko uzdužne osi tijela. Rotacija oko frontalne osi vrši se za  $360^\circ$  (isto kao i kod bosakova), a rotacija oko uzdužne osi tijela za  $180^\circ$ . Doskok je na zamašnu nogu.

U realizaciji oba elementa tehnike, kada se želi postići kvalitetnije izvođenje, potrebno je ukomponirati slijedeće momente:

- brzinu zaleta,
- prijenos reaktivne sile, stvorene zamahom zamašne noge, na trup,
- prijenos reaktivne sile, stvorene zamahom ruku, na trup,
- ekscentrični odrazni impuls,
- dobra fizička pripremljenost (naročito sposobnost brzog i energičnog odraza),
- stvaranje i održavanje maksimalne amplitude pokreta u svakoj fazi izvođenja elementa tehnike.

### 1.3. Teoretski i eksperimentalni rezultati drugih autora

Opisom tehnike izvođenja bosakova i arabera dobiva se osnovni uvid u biomehanička zbivanja za vrijeme

izvođenja tih elemenata tehnike. Kompletniji uvid u ta zbivanja, tj. procjena kvantitativnih odnosa koji vladaju među pojedinim biomehaničkim i — šire — motoričkim varijablama za vrijeme izvođenja, bio bi omogućen provedbom detaljne biomehaničke analize koja bi obuhvatila kinematičke, kinetičke, antropometrijske i druge varijable. U literaturi se može naći nekoliko pokušaja pristupa tome problemu, kod istih ili što je još češće samo srodnih elemenata tehnike. Problemu se prilazi s različitih aspekata; teoretsko-analitičkog, sintetičkog — simulacijom na računalu, te konačno mjerno-eksperimentalnog.

George (1980) veoma jasno analizira mehanizme odraza i izvođenja jedno i više rotacionih gibanja, u okviru standardnih elemenata tehnike sportske gimnastike za žene. Opće je prihvaćeno stanovište da je brz i energičan odraz karakteriziran velikim iznosom impulsa odrazne sile ( $I = \int^t F \cdot dt$ ). George ističe slijedeću specifičnost; u slučaju vertikalne komponente odrazne sile, u načelu, kraći vremenski interval trajanja sile ( $t_b - t_a$ ) istovremeno je praćen većom maksimalnom amplitudom sile, pa time i većim iznosom impulsa. Brz i energičan odraz, smatra se, nesumnjivo doprinosi uspješnosti izvođenja elemenata tehnike.

Analizirajući mehanizme rotacije tijela George ističe da se uspješna rotacija tijela oko frontalne osi (bosakova) nedvojbeno mora započeti prilikom odraza, tj. »od tla«. (Prema oznakama sa slike 1, to je djelovanjem sile u smjeru x). Nasuprot tome, rotacija oko uzdužne osi tijela ne mora se obavezno započeti od tla, već se može započeti tokom samog leta, kada tijelo nije više u kontaktu s podlogom. To zapažanje je od važnosti za analizu arabera. George navodi dvije mogućnosti započinjanja rotacije oko uzdužne osi tokom leta; ispravljanjem tijela (tzv. žiroskopski efekt) i mijenjanjem položaja jednog dijela tijela — npr. ispružanjem jedne ruke što narušava simetriju oko uzdužne osi, čime se postižu nejednaki radijusi rotacije.

Frohlich (1980) podrobno analizira mehaniku rotacije oko frontalne i oko uzdužne osi tijela, navodeći primjere skakača u vodu, gimnastičara, astronauta, pa čak i mačaka. On razmatra pretežno elemente tehnike koji traju relativno dugo vremena, te omogućuju izvođenje više uzastopnih rotacija tijela oko obje osi (što nije slučaj kod arabera i bosakova). Nadalje također ističe da se rotacija oko uzdužne osi tijela može započeti bilo od podloge, bilo tokom samoga leta. Ovaj drugi način započinjanja i vršenja rotacije objašnjava se primjenom zakona o očuvanju obrtnog momenta (uz zanemarljive gubitke uslijed trenja između tijela i zraka) — jednog od osnovnih zakona mehanike gibanja krutih tijela. Osnovna je pri tome mogućnost izvođača da, promjenom međusobnih odnosa dijelova tijela, mijenja momente inercije tijela oko pojedinih osovine rotacije, čime izaziva odgovarajuće promjene kutnih brzina rotacije. Frohlich i mjerni podataka omogućilo mu je da zaključi ne osi, sa rukama uz tijelo, od  $14 \text{ kg m}^2$ , a oko uzdužne osi od  $1 \text{ kg m}^2$ .

Van Gheluve (1981) je na računalu simulirao prekopit sklonjeno nazad sa duplim okretom, koristeći standardni Hanavanov model tijela. Simulirano gibanje tijela usporedio je sa trodimenzionalnim kinematičkim podacima dobivenim mjerenjem. Dobro slaganje simulacionih i mjernih podataka omogućilo mu je da zaključi da se rotaciji tijela oko uzdužne osi kod tog elementa tehnike ostvaruje putem dvaju mehanizama: asimetričnog zamaha rukama i rotacije kukova.

Hay i suradnici (1977) su razradili metodu proračuna obrtnog momenta ljudskog tijela kod nekoliko sportskih disciplina koje uključuju let tijela kroz zrak. Kinematičke podatke odredili su na temelju filmskog zapisa. Za prekopit naprijed zgrčeno (najbliže araberu i bosakovu) oni navode slijedeće vrijednosti obrtnog momenta: 5,52 Nms prema natrag za vrijeme poskoka i 70,91 Nms prema naprijed za vrijeme od kraja poskoka do odraza.

Većina radova u literaturi odnosi se na elemente tehnike koji imaju dužu fazu leta (koristi se odskočna daska, ili se pak skače u vodu sa veće visine). Za ovo istraživanje, koje obuhvaća elemente tehnike araber i bosakov, naročito je interesantno srodno istraživanje koje su proveli Kinolik i suradnici (1980), mjereći kinematičke i kinetičke varijable za vrijeme izvođenja bosakova. Stoga će njihovi rezultati biti izloženi nešto detaljnije. Ispitivanje je obuhvatilo uzorak od devet vrhunskih sportskih gimnastičarki, u dobi od 13 do 19 godina, visine 142 — 170 (težine 37,6 — 56,7 kp). Svaka je izvela po šest pokušaja izvođenja bosakova. Mjerena je vertikalna komponenta sile reakcije podloge, horizontalna komponenta sile reakcije podloge u smjeru kretanja, te lokacija centra pritiska prilikom odraza. Istovremeno gibanja su snimana kamerom brzine 100 slika/sek. Kod procjene parametra segmenata tijela korišteni su podaci Dempstera sa muških leševa, što svakako predstavlja prilično grubu aproksimaciju.

Snimljeni signali pokazali su općenito veliku ponovljivost. U slučaju horizontalne komponente sile u smjeru kretanja odrazne noge,  $F_x$ , uočena je slijedeća tipična morfologija signala. U prvom dijelu, 60—70% od ukupnog trajanja kontakta između noge i tla (cca 200 msek) sila djeluje »kočeći«, te proizvodi obrtni moment prema naprijed u sagitalnoj ravnini. Maksimalna amplituda joj iznosi oko 300 N. U drugom dijelu, tj. u preostalim 30—40% trajanja kontakta (cca 90 msek) sila je »pulpzivna« i doseže amplitudu od 200 N.

Vertikalna komponenta sile reakcije podloge, maksimalne amplitude tipično 1400 N,  $F_z$  ima maksimum koji u prosjeku iznosi 3,3 puta više od težine ispitanice. Ta komponenta sile proizvodi rotaciju tijela prema natrag kada je centar mase tijela iza centra oslonca sile, a rotaciju prema naprijed kada centar mase dospije ispred centra oslonca.

Za sve ispitanice prosječni smjer djelovanja maksimalne rezultante sile  $F = F_x + F_z$  iznosio je 99,2° ( $\pm 6,50$ ), mjereno od dasnog (u smjeru gibanja) horizontalnog nivoa.

Obrtni moment u odnosu na centar mase iznosio je prosječno 61,7 Nms ( $\pm 13,1$ ). Pri tome, veći udio (71%  $\pm 7,1\%$ ) iznosa momenta javio se uslijed doprinosa

stražnje-zamašne noge (te su vrijednosti slične onima Hay-a i suradnika).

Maksimalna kutna brzina zamašne noge iznosila je u prosjeku 14,3 rad/sek ( $\pm 1,6$  rad/sek). Neposredno prije odraza ta se brzina smanjuje što ukazuje na prijenos obrtnog momenta tog dijela tijela na cijelo tijelo.

Općenito, u tom istraživanju varijacije kinematičkih varijabli bile su male, kako između više pokušaja iste ispitanice, tako i između različitih ispitanica. S druge strane, kinetičke varijable (manifestirane sile) malo su varirale unutar više pokušaja iste ispitanice, ali su pokazale veće varijacije između različitih ispitanica.

U navedenim radovima (osim posljednjeg) razmatrani su uglavnom elementi tehnike pojedinih sportskih disciplina kod kojih let traje relativno dugo. To omogućuje da se rotacija tijela oko uzdužne osi započne kada se tijelo već nalazi u zraku (što u krajnjoj liniji vrijedi i za rotaciju oko frontalne osi, no tu je rotaciju mnogo teže realizirati zbog značajno većeg momenta inercije tijela).

U slučaju arabera i bosakova, kod kojih je faza leta znatno kraća, cca 400 msek, rotacija tijela oko frontalne osi nedvojbeno se započinje »od tla« (djelovanjem odrazne sile u smjeru x). Rotacija oko uzdužne osi, koja se ostvaruje u araberu, može se međutim izvesti znatno lakše; kut rotacije iznosi samo 180° i znatno je manji moment inercije tijela oko uzdužne osi. Pitanje je stoga da li je uspješno izvođenje arabera uvjetovano ispoljavanjem komponente odrazne sile koja ima tendenciju da rotira tijelo oko uzdužne osi, a to je komponenta  $F_y$ ? U literaturi nismo pronašli eksperimentalne podatke koji bi sugerirali odgovor na postavljeno pitanje.

## 2. HIPOTEZE

Na temelju prethodno navedenih značajki izvođenja arabera i bosakova mogu se postaviti slijedeće pretpostavke o relacijama između pojedinih svojstava (parametara) manifestirane sile reakcije podloge prilikom odraza i uspješnosti izvođenja tih elemenata tehnike:

- uspješnost izvođenja svakog od elemenata tehnike razmjerna je sličnosti morfologije (repetitivnosti) manifestiranih valnih oblika sile kod pojedine ispitanice u više uzastopnih pokušaja;
- uspješnost izvođenja svakog od elemenata tehnike razmjerna je veličini impulsa odraznih sila;
- u izvođenju arabera uspješnost rotacionog gibanja tijela oko uzdužne osi u velikoj je mjeri posljedica transverzalne komponente odrazne sile,  $F_y$ , tj. ta je komponenta sile značajno izraženija kod arabera nego kod bosakova.

Prve dvije pretpostavke usmjerene su na verifikaciju poznatih relacija. Prva se odnosi na uvježbanost, tj. vještinu vladanja odgovarajućim stereotipima gibanja, a druga na značaj eksplozivnog odraza u izvođenju tih gibanja.

Treća hipoteza u neku ruku predstavlja korak dalje u istraživanju višerotacionih elemenata tehnike u gim-

nastici, budući da biomehanički mehanizmi rotacije često nisu do kraja opisani i shvaćeni.

Eksperimentalni podaci dobiveni u korektnim uvjetima trebali bi pružiti dokaze o valjanosti postavljenih hipoteza. Pri tome će ispravnost zaključaka izvedenih iz analize mjernih podataka biti ograničena izborom uzorka ispitanika, te tehnologijom mjerenja i obrade relevantnih podataka. U tome smislu je ovo istraživanje preliminarnog tipa.

### 3. EKSPERIMENTANI POSTUPAK

#### 3.1. Uzorak ispitanika

U eksperimentu je učestvovalo šest gimnastičarki saveznog i republičkog ranga. Sve su se nalazile na zadovoljavajućem stupnju treniranosti. Unatoč malom broju ispitanica, može se smatrati da se radi o uzorku reprezentativnom za populaciju vrhunskih sportskih gimnastičarki.

#### 3.2. Uzorak varijabli

Od svake ispitanice uzeti su podaci o dobi, visini, težini, trajanju aktivnog bavljenja sportskom gimnastikom, te odraznoj nozi za svaki od elemenata tehnike.

Za karakterizaciju razmatranih elemenata tehnike koristila su se slijedeća dva postupka; mjerenje sile reakcije podloge prilikom odraza, te ocjenjivanje uspješnosti izvođenja elemenata koje su učinila dva kvalificirana suca.

Prvi postupak rezultirao je snimljenim signalima sile reakcije podloge. Ta veličina karakterizira kvalitet odraza, značajnog činioca za izvođenje razmatranih elemenata. Signali sile su kontinuirane funkcije vremena, dakle varijable:  $F_x(t)$ ,  $F_y(t)$  i  $F_z(t)$ .

Drugi postupak, ocjenjivanje, ne može, naravno, nadomjestiti pravu biomehaničku analizu pokreta, provedivu jedino korištenjem egzaktih kinematičkih podataka. Međutim, obzirom da taj postupak predstavlja standardni način vrednovanja izvođenja likova u sportskoj gimnastici, može se smatrati da je u velikoj mjeri objektivni pokazatelj uspješnosti izvođenja elemenata tehnike. Ocjena karakterizira kvalitet cjelokupne izvedbe određenog elementa. (Idealno bi naravno bilo upotpuniti ova dva postupka još sa kinematografijom ili nekom srodnom stereometrijskom metodom).

#### 3.3. Metoda mjerenja i registracije signala

Mjerenje sile reakcije podloge provedeno je pomoću mjerne platforme (engl. force plate). To je standardni biomehanički mjerni instrument, čije mogućnosti su u velikoj mjeri ovisne o konstrukcijskim svojstvima i u

skladu s tim tehničkim performansama konkretne platforme. Tako se u literaturi mogu naći opisane mjerne platforme raznih izvedbi (Gautschi, 1978; Zink i surad., 1983; Gola, 1980; Cavanagh i Ae, 1980; prospekt Kistler Instrumente AG, prospekt AMTI).

Platforma korištena u ovom ispitivanju izgrađena je na Mašinskom fakultetu u Beogradu (Banković, 1983, citat prema Medved 1984 b) i koristi mjerne pretvarače tipa rasteznih mjernih traka (strain gage). Napon napajanja za mjerne mostove, kao i pojačanje i registracija signala, provodi se pomoću uređaja RM Beckman Dynograph, u aplikaciji opisanoj u Medved, 1984 (b). Osnovne karakteristike tog uređaja, relevantne za ovo istraživanje, su:

- izlazne veličine su iznosi komponenata vektora ukupne sile koja djeluje na platformu, novisno o mjestu njenog djelovanja, u funkciji vremena;
- merno područje sile je  $\pm 400$  N za sve tri komponente;
- maksimalna osjetljivost je 1,44 N/mm za komponentu  $F_x$ , 1,36 N/mm za  $F_y$  i 2,46 N/mm za  $F_z$ ;
- raspon amplituda izlaznog signala na pisaču je 5 cm;
- frekventni pojas sistema za pojačanje i registraciju signala je D. C. — 150 Hz;
- maksimalna brzina pisača je 250 mm/sek;
- dimenzije platforme su  $40 \times 40$  cm, a težina 20,1 kp.

Izlazni signali — komponente sile  $F_x(t)$ ,  $F_y(t)$  i  $F_z(t)$  — ispituju se na višekanalnom pisaču. (Ti su signali istovremeno dostupni i u naponskom obliku, no to u ovom istraživanju nije bilo korišteno). Takav način registracije signala uvjetuje potrebu za manuelnim očitavanjem vrijednosti amplituda u pojedinim vremenskim trenucima. Taj postupak nužno unosi greške koje su veće nego kod sistema s direktnom analogno-digitalnom pretvorbom. Posljedice takvog postupka, i njegova ograničenja, biti će diskutirane u poglavlju o obradi mjernih signala.

Konačno, slijedeći nedostatak mjernog postupka je u tome što platforma nije bila fiksno pričvršćena za podlogu, te su bile moguće njene dodatne vibracije koje unose smetnje u mjerni signal.

#### 3.4. Tok eksperimenta

Svaka ispitanica je izvela, bez asistencije i u svome vlastitom tempu, pet uzastopnih pokušaja arabera. Kada su sve ispitanice izvele prvi lik, ponovio se isti postupak za drugi lik, bosakov. Prostorija u kojoj se provodio eksperiment imala je normalne mikroklimatske uvjete, a ispitanice su imale dovoljno dug, 4—5 m zalet. Kod svakog pojedinačnog pokušaja snimljene su vremenske krivulje komponenata sile reakcije podloge odrazne noge. Istovremeno, dva gimnastička suca dala su ocjene za svaki pokušaj. Uspješnost izvođenja svakog pojedinačnog pokušaja bila je vrednovana ocjenama od 0 do 10. Svi pokušaji, ukupno njih 60, bili su izvedeni uspješno, te su snimljivi signali, kao i date ocjene, mogli ući u postupak obrade.

#### 4. OBRADA PODATAKA DOBIVENIH MJERENJEM

Sila reakcije podloge svakog pojedinačnog pokušaja bila je registrirana u tri vremenska dijagrama:  $F_x(t)$ ,  $F_y(t)$  i  $F_z(t)$ . Vizuelnom procjenom dobivenih vremenskih dijagrama dobiva se utisak da postoji znatan stupanj repetitivnosti kod iste ispitanice u više pokušaja istog lika, koja je kod neke više, a kod neke manje izražena. Stoga se radi ilustracije može odabrati jedan pokušaj izvođenja arabera, tipičan za ispitanicu broj 5 (slika 3). Vizuelna procjena morfologije signala omogućuje identifikaciju pojedinih karakterističnih segmenata signala svake od komponenata sile, tj. određivanje faza »kočenja« i »propulzije«. Naravno, jedino je komponenta  $F_z(t)$  uvijek pozitivna, dok komponente  $F_x(t)$  i  $F_y(t)$  mijenjaju predznak u ovisnosti o prethodno navedenim fazama perioda kontakta odrazne noge i podloge. (Navedeni nazivi faza striktno vrijede samo za komponentu  $F_x(t)$ , koja se manifestira u smjeru kretanja ispitanica. Referentni smjerovi komponenata sile reakcije podloge vide se na sl. 1, odnosno sl. 2.

Kvantitativna analiza takvih signala u potpunosti bi bila moguća jedino pomoću računala i to, praktički, uz prethodno korištenje jednog od postupaka analogno-digitalne pretvorbe. U ovom mjerenju, međutim, rezultati su bili dostupni jedino u vidu vremenskih dijagrama na papiru. Da bi se mogla provesti numerička obrada tako zapisanih signala bilo bi stoga potrebno izvršiti očitavanje amplituda signala u konsekvativnim vremenskim trenucima koristeći milimetarsko mjerilo. Taj je postupak, međutim, zahvaljujući prvenstveno mjerilu zapisa na apscisi bio praktički onemogućen. Naime, osjetljivost mjernog sistema na vremenskoj skali, korištena u ovom mjerenju, bila je 40 msek/mm. Ako se uzme u obzir da je preciznost očitavanja (rezolucija) na milimetarskom papiru 1/2 mm, tada to predstavlja dakle 20 msek. Smatra se (Medved, 1984a) da je prilikom analogno-digitalne pretvorbe kinematičkih signala potrebno zadržati minimalnu rezoluciju od 5 msek, jer se time zadovoljava uvjet teorema uzorkovanja za signale s gornjom granicom frekvencijom od 100 Hz. (Očigledno, trebalo je koristiti veću brzinu pisača).

Rezolucija zapisa na ordinati (amplituda sile) bila je prilično mala, ali ipak zadovoljavajuća. Naime, rezolucija čitanja od 1/2 mm predstavlja 1/100 ukupne skale na svakom od kanala. Poželjna dinamika kinetičkih signala je oko 1:1000, a cijele skale nisu niti bile iskorištene. Osjetljivosti mjernog sistema korištene u ovom istraživanju bile su slijedeće: 14,4N/mm za  $F_x$ , 13,6 Nmm za  $F_y$  i 126,4 N/mm za  $F_z$ .

Konačno, očitavanje uzoraka kompletnog analognog signala pomoću milimetarskog mjerila predstavljalo bi ozbiljan vremenski problem.

Iz tih razloga bilo je potrebno na samom početku postupka obrade signala izvršiti znatnu redukciju informacija, tj. ekstrahirati samo neke parametre snimljenih signala, relevantne za opis njihove morfologije.

Najbolji pokazatelj učinka neke manifestirane sile (prema poglavlju 2) je impuls te sile, tj.  $I = \int_{a_1}^{a_2} F dt$ , pri čemu su  $a_1$  i  $a_2$  trenuci početka i kraja djelovanja

sile. Stoga bi za potpuno vrednovanje učinka sile, sa stanovišta efikasnosti odraza, bilo potrebno računati impulse sile za sve segmente signala istog predznaka (polariteta). Određeni pokazatelji (mada relativno grubo) impulsa sile su maksimalna amplituda sile i trajanje sile. Stoga smo pojedine intervale signala sile istog predznaka reprezentirali pomoću odgovarajućih ekstremnih vrijednosti amplitude sile i trajanja sile: za  $F_x$  to su veličine  $F_{xmax}$ ,  $\Delta t_1$ ,  $F_{xmin}$ ,  $\Delta t_2$  (slika 3). Taj je postupak bio razmjerno jednostavan kod sile  $F_x$  i  $F_z$ , jer su valni oblici tih komponenata sile kod svih ispitanica, u svakom od elemenata tehnike, međusobno kvalitetno slični. Nešto više poteškoća bilo je kod očitavanja karakterističnih veličina komponente  $F_y$ , jer se ona, u općem slučaju, kvalitativno razlikovala od ispitanice do ispitanice, štaviše, morfologija tog signala varirala je i unutar više pokušaja istog lika. Stoga smo u slučaju komponente  $F_y$  očitavali samo maksimalnu vrijednost amplitude u završnom dijelu signala, tj. u vremenu neposredno pred sam odraz. Budući je ta vrijednost poprimala i pozitivne i negativne iznose, ovisno o odraznoj nozi ispitanice (a često i ovisno o konkretnom pokušaju), označili smo ju sa  $F_{ext}$  (extrem).

Sve navedene ekstremne vrijednosti amplituda signala, kod svih pokušaja u oba lika ( $2 \times 6 \times 5 = 60$ ), a to su dakle  $F_{xmax}$ ,  $F_{xmin}$ ,  $F_{yext}$  i  $F_{zmax}$ , bile su prvo izražene u Newtonima, a zatim u postocima težine odgovarajuće ispitanice, da bi se omogućila međusobna usporedba.

Zatim je bilo moguće izračunati srednje vrijednosti svih navedenih parametara za svaku ispitanicu, te pripadne standardne devijacije, odnosno koeficijente varijacije. Korišteno je džepno računalo Texas Instrum. 58C.

Treba svakako naglasiti da se srednje vrijednosti i standardne devijacije navedenih veličina trebaju prihvatiti kao relevantni pokazatelji svojstava dotičnih skupova s rezervom. Naime, bilo je samo pet pokušaja izvođenja jednog elementa tehnike. Također, statistička svojstva skupa amplituda odrazne sile za pojedinu ispitanicu nisu poznata (to bi zahtijevalo analizu velikog broja signala sile za pojedinu ispitanicu). Ipak, vjerujemo da će i takvi pokazatelji pomoći da se uoče određene zakonitosti.

Pored toga, treba imati u vidu da su izvećene elemente ocijenila samo dva suca, što također predstavlja izvjesno ograničenje.

#### 5. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 prikazani su osnovni podaci o ispitanicama koje su učestvovala u mjerenju. Sve su, osim jedne — sa rednim brojem 3 — imale istu odraznu nogu kod oba lika.

U dijagramu na slici 4 prikazane su srednje vrijednosti i standardne devijacije ocjena svih izvedenih pokušaja, za svaku ispitanicu u svakom od navedenih elemenata. Vidi se da su neke ispitanice dobivale konzistentno slične. I to u pravilu dobre ocjene (mala st. dev.) za pojedine elemente, kao npr. ispitanice broj 6 i 2 za oba elementa, 1 i 3 za araber a 4 za bosakov. Nadalje,

kod ispitanica broj 6, 2, a djelomično 4 i 5 uspješnost izvođenja oba elementa je, može se reći, podjednaka. Nasuprot tome, ispitanica broj 3 je izrazito slabija u bosakovu, a tu ima i veći raspon ocjena. Mogu se dakle izvršiti određena grupiranja ispitanica ili rezultata, obzirom na određene kriterije; npr. ispitanice 2 i 6 su dobre 1 i 3 su slabe u bosakovu, itd. Upada u oči da ispitanica broj 3, izrazito bolja u araberu nego u bosakovu, mijenja odraznu nogu — što bi moglo ukazati na ispravnost tendencije korištenja uvijek iste noge za odraz.

U tabeli 2 prikazane su najveće pojedinačne vrijednosti svih parametara registrirane u ispitivanju, a u zagradi je uz svaku od njih naveden redni broj ispitanice kod koje je zabilježena ta vrijednost, u jednom od njenih pokušaja. Može se vidjeti da je izrazito najveći broj ekstremnih vrijednosti ustanovljen kod ispitanice broj 6, što je razumljivo, budući da je ona i znatno teža od preostalih. Ispitanica 2 imala je najveću prosječnu vrijednost ocjene u bosakovu, a ispitanica 6 u araberu, a iste ispitanice imale su, vidi se, i najveće pojedinačne ocjene u cijelom prostoru pokušaja.

Najveća izmjerena vrijednost sile uopće bila je u slučaju ispitanice 6 —  $F_{\text{max}} = 1643$  N za araber i bosakov. U radu Kinolika i sur. (Kinolik i sur. 1980) najveća ukupna sila koja se navodi je 1485 N (dakle sila  $F_{\text{uk}} = (F_x^2 + F_z^2)^{1/2}$ ), no ne navodi se težina dotične ispitanice.

Nadalje, uočljivo je da ispitanica broj 6 imala i najveće pojedinačne vrijednosti parametara  $\Delta t_1$  i  $\Delta t_2$  kao i  $t_{\text{uk}} = \Delta t_1 + \Delta t_2$ .

Da bi se dobio objektivniji uvid u moguće općenite zakonitosti koje vladaju nad skupom vrijednosti pojedinih parametara kod više uzastopnih pokušaja iste ispitanice, tj. kakva je »ponovljivost« manifestiranih signala sile pojedinih ispitanica, prikazane su u tabeli 3 srednje vrijednosti pojedinih parametara po ispitaniku (u 5 pokušaja svakog od elemenata), te pripadni koeficijenti varijacije. Da bi se pak omogućila usporedba između ispitanica, srednje vrijednosti su također prikazane i kao postoci težine odgovarajuće ispitanice. Konačno, takav prikaz omogućuje i određenu usporedbu istovrsnih parametara kod oba razmatrana elementa tehnike.

Kod arabera, može se vidjeti da  $F_{\text{max}}$  pokazuje općenito najmanje koeficijente varijacije; sa izuzetkom jednog, od 11,3% kod ispitanice 4, svi preostali koeficijenti varijacije manji su od 10%. Uočava se također da ispitanica broj 4 ima i općenito najveće koeficijente varijacije u svim parametrima, uključujući i ocjenu. To bi išlo u prilog tvrdnji da je »stabilna« (i dobra) izvedba vezana uz ponovljivost amplituda svih komponenata signala sile, u uzastopnim pokušajima.

Signali  $F_{\text{min}}$ , a posebno  $F_{\text{yest}}$  pokazuju znatno veće koeficijente varijacije u intervalu od 14,5%, pa sve do 29%. To je značajno, obzirom na prethodno istaknutu moguću ulogu komponente  $F_y$  u realizaciji rotacije oko uzdužne osi tijela prilikom izvođenja arabera. To ukazuje da ta komponenta nije toliko ponovljiva, čak niti kod veoma uspješnog izvođenja arabera, npr. kod ispitanica br. 1, 2 i 5.

Kod bosakova, primjećuje se također najveća ponovljivost sile  $F_{\text{max}}$  (koeficijent varijacije od 4,0% do

8,2%), u usporedbi sa ostalim komponentama.

Izrazito su velike vrijednosti koeficijenta varijacije kod sile  $F_{\text{yest}}$ ; od 15,3% do 86,7%. Najveće vrijednosti, 86,7% (ispitanica 2) i 70% (ispitanica 1) su, treba napomenuti, vezane uz veoma male iznose srednjih vrijednosti ekstremnih amplituda — 5% tj. 7% odgovarajućih iznosa težina, čime je umanjen njihov značaj. Ispitanice sa nešto većim iznosom srednje vrijednosti  $X_{\text{yest}}$  imale su tipične koeficijente varijacije 15 — 30%. Ispitanica 3, izrazito najslabija u prostoru ocjena za bosakov, pokazuje prilično veliki koeficijent varijacije od 57,8% uz srednju vrijednost od 15% težine. (Vizualnom projekcijom snimljenih signala vidi se da je morfologija signala  $F_{\text{yest}}$  kod te ispitanice promjenjiva iz pokušaja u pokušaj). Za tu je ispitanicu karakteristično i da pokazuje najmanju srednju vrijednost odrazne komponente  $F_{\text{min}}$ : 15% težine, sa najvećim koeficijentom varijacije od 18,8%. Dakle, slabo ponovljiv signal male amplitude je, čini se, u vezi sa slabijom izvedbom.

Međusobna usporedba ispitanica u izvođenju arabera pokazuje da parametri  $F_{\text{min}}$  i  $F_{\text{max}}$  imaju kod svih ispitanica kvalitativno, pa i kvantitativno, slične vrijednosti. Parametar  $F_{\text{yest}}$ , naprotiv, specifičan je za svaku pojedinu ispitanicu. Ne može se uočiti nikakva povezanost iznosa ocjene sa srednjom vrijednosti signala  $F_{\text{yest}}$ , tj. svaka ispitanica ima »svoj« signal, sa doduše prilično velikim, već diskutiranim, koeficijentom varijacije od oko 20%.

Slična je situacija i kod bosakova, tj. signal  $F_y$  najbolje diferencira pojedine ispitanice. U pogledu parametra  $F_{\text{max}}$  ovo ispitivanje rezultiralo je sa iznosom sveukupne srednje vrijednosti od 284%, što je nešto manji iznos od onog kojeg navode Kinolik i suradnici (Kinolik i sur. 1980): 330%.

Usporede li se podaci za araber sa podacima za bosakov (tabela 3), može se zaključiti slijedeće: ispitanica koja mijenja odraznu nogu, tj. ispitanica broj 3, i koja istovremeno pokazuje znatno slabije izvedbe bosakova od arabera, pokazuje i veće koeficijente varijacije u svim varijablama (dakle, manju ponovljivost) kod bosakova nego kod arabera. To ukazuje na slabiju uvježbanost dinamičkog stereotipa gibanja kod bosakova, uzrokovanu možda izborom krive (L) odrazne noge.

Uočava se nadalje ispitanica broj 5 koja pokazuje znatno manje komponente  $F_{\text{yest}}$  kod bosakova nego kod arabera, dok joj se komponente  $F_{\text{min}}$  i  $F_{\text{max}}$  ne razlikuju bitno (slika 5 prikazuje tipični valni oblik signala odrazne sile te ispitanice za bosakov. Može se izvršiti usporedba sa slikom 3). Kod te je ispitanice vjerojatno snažno izražen efekt korištenja transversalne odrazne sile kod arabera, u usporedbi sa bosakovim. Ispitanica pokazuje prilično dobre ocjene za oba elementa.

U tabeli 4 prikazane su, za svaku od ispitanica, razlike u srednjim vrijednostima razmatranih parametara između izvedbe bosakova i izvedbe arabera, izražene u postotku vrijednosti za izvedbu arabera. (Npr. podatak od 61% za ispitanicu 1 slijedi iz izraza  $(69 - 43) \times 100 / 43$ ). Kod računanja razlika za komponentu  $F_{\text{yest}}$  uzete su u obzir promjene u apsolutnim vrijednostima te komponente. (Ta je komponenta imala promijenjen predznak u bosakovu u odnosu na araber, što se i očekivalo za ispi-

tanicu 3, ali ne i za ispitanice 1 i 2 koje nisu mijenjale odraznu nogu).

Iz tabele 4 može se vidjeti da vertikalna komponenta sile ima i kod arabera i kod bosakova slične vrijednosti. Komponenta  $F_{x\min}$ , dakle minimalna vrijednost horizontalne komponente sile reakcije podloge u smjeru kretanja, u načelu je veća kod bosakova nego kod arabera (osim za ispitanicu 3, slabu u bosakovu, što je već bilo diskutirano). Komponenta  $F_{y\text{ext}}$  je kod svih ispitanica, osim br. 1, manja u bosakovu nego u araberu. Ispitanica broj 1 ističe se i veoma malim iznosom te komponente; 7% težine u araberu, a ipak istovremeno vrlo dobrom ocjenom (slika 4).

U tabeli 5 prikazane su srednje vrijednosti vremena trajanja sile  $F_z$ ;  $t_{uk} = \Delta t_1 + \Delta t_2$  (oznake prema slici 3), za svaku ispitanicu, za svaki od elemenata tehnike. Može se uočiti da je najmanje iznose  $t_{uk}$  imala ispitanica broj 5; 158 odnosno 188 msec, za araber i bosakov.

Kao gruba procjena vertikalnog impulsa sile odraza može poslužiti veličina  $F_{z\max} \times t_{uk}$ , pri čemu je  $F_{z\max}$  izražena u postotku težine odgovarajuće ispitanice da bi se omogućila međusobna usporedba, a  $t_{uk}$  u msec. (Tako dobivena veličina mogla bi se nazvati procjenom »relativnog impulsa« vertikalne sile). Takav produkt za svaku ispitanicu, za svaki od elemenata tehnike, nalazi se u tabelama 6 i 7. Ispitanice su u tabelama poredane po iznosima ocjena za pojedini element. Može se vidjeti da, općenito, velikim iznosima »relativnog impulsa« odgovaraju dobre ocjene. Pri tome su koeficijenti korelacije za araber 0,56, a za bosakov 0,44.

Završavajući ovo razmatranje, može se skrenuti pažnju na ispitanicu broj 5, koja ima izrazito male iznose vremena  $t_{uk}$ , pa s time i »relativnog impulsa«, i koja se stoga ne uklapa u prethodno formulirano pravilo (tj. izrazito odskake od prethodnog pravila i »kvari« korelacije navedenih parova vrijednosti). Taj slučaj ukazuje na moguću, veliku individualnost u realizaciji određenih dinamičkih stereotipa kretanja, preko manifestiranih dinamičkih varijabli.

Red. br. isp.	Dob (god)	Godine aktivnog treniranja	Visina cm	Težina N	Odrasna noga	
					araber	bosakov
1.	14	7	154	368	L	L
2.	14	4,5	145	337	D	D
3.	13	4,5	146	337	D	L
4.	15	7	155	368	D	D
5.	20	6	162	460	D	D
6.	21	9	165	552	D	D

Tabela 1  
Osnovni podaci o ispitanicama

	$F_{x\max}$ (N)	$F_{x\min}$ (N)	$\Delta t_1$ (msek)	$\Delta t_2$ (msek)	$t_{uk}$ (msek)	$F_{y\text{ext}}$ (N)	$F_{z\max}$ (N)	najbolja ocjena	najlošija ocjena
ARABER	678 (2)	-101 (6)	260 (6)	60 (3) (6)	280 (6)	354 (5)	1643 (6)	9,15 (6)	7,5 (4)
BOSAKOV	548 (2)	-115 (5) (6)	200 (2/ 3/6)	60 (6)	280 (6)	232 (6)	1643 (6)	9,2 (2)	6,2 (3)

Tabela 2  
Ekstremne pojedinačne uočene vrijednosti parametara

Tabela 3 — SREDNJE VRIJEDNOSTI I KOEFICIJENTI VARIJACIJE EKSTREMNIH VRIJEDNOSTI PARAMETARA ODRAZNE SILE

red. br.	ARABER						BOSAKOV					
	$F_{x\min}$		$F_{y\text{ext}}$		$F_{z\max}$		$F_{x\min}$		$F_{y\text{ext}}$		$F_{z\max}$	
1.	43	4,8	-24	21,0	1137	0	69	9,4	27	70,0	961	6,6
2.	12	17,7	-7	25,0	309	4,4	19	7,1	7	86,7	261	4,4
	15		33		345		15		-5		345	
3.	46	4,5	89	17,0	923	3,4	32	18,8	-52	57,8	935	6,5
	14		26		274		10		-15		278	
4.	52	24,9	114	29,0	1023	11,3	67	9,7	85	15,3	1036	4,8
	14		31		278		18		23		282	
5.	77	11,6	254	21,3	1251	2,0	107	11,3	156	29,5	1163	8,2
	17		55		272		23		34		253	
6.	75	23,8	145	14,5	1567	6,5	115	11,4	136	27,2	1567	4,0
	14		26		284		21		25		284	

## Legenda

sred. vr. sile (N)  
sr. vr. sile (% tež. isp.) (koeficijent varijacije (% sr. vr.))

Red. br. isp.	$\Delta F_{x\min}$ (%)	$\Delta F_{y\text{ext}}$ (%)	$\Delta F_{z\max}$ (%)
1.	+61	+12	-16
2.	0	-86	0
3.	-30	-42	+ 1,3
4.	+29	-26	+ 1,3
5.	+40	-39	+ 7
6.	+53	- 6	0

Red. br. isp.	$t_{uk} = \Delta t_1 + \Delta t_2$ (msek)	
	araber	bosakov
1.	248	238
2.	195	224
3.	208	232
4.	200	216
5.	158	188
6.	254	224

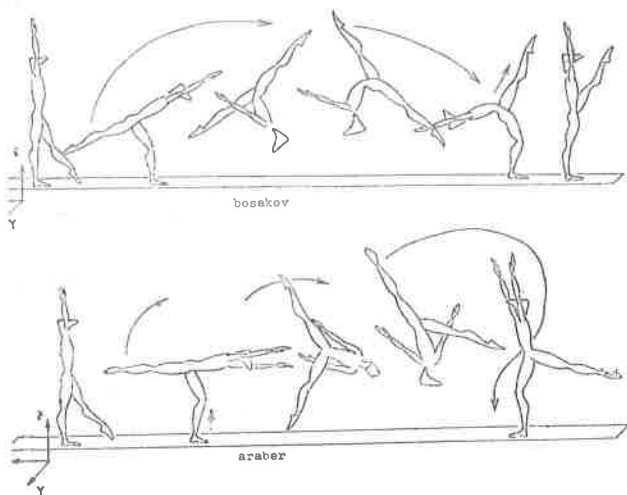
Tabela 4  
Razlike između arabera i bosakovaTabela 5  
Srednje vrijednosti vremena trajanja sile

Red. br. isp.	ocjena	relativni impuls (%txmsek)
6.	8,92	72136
1.	8,86	76632
2.	8,76	67275
5.	8,65	42976
3.	8,29	56992
4.	8,07	55600

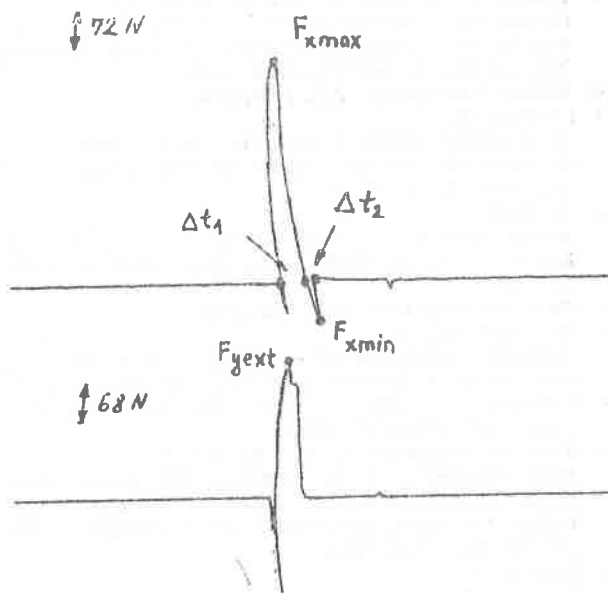
Red. br. isp.	ocjena	relativni impuls (%txmsek)
2.	9,06	77280
6.	9,03	71568
4.	8,51	60912
5.	8,05	47564
1.	7,56	62118
3.	6,81	64496

Tabela 6  
Araber — ocjene i »relativni impulsi«Tabela 7  
Bosakov — ocjene i »relativni impulsi«

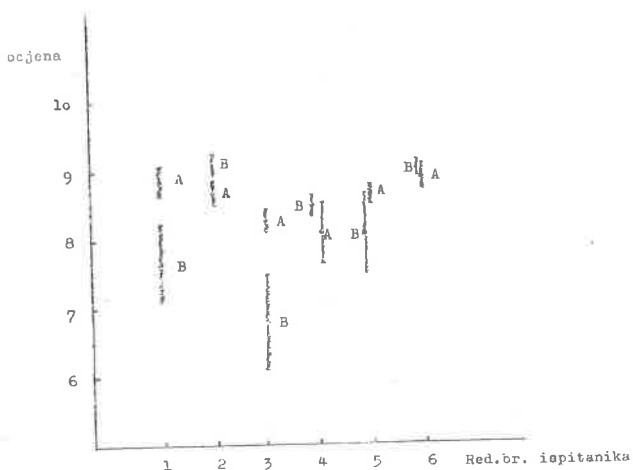




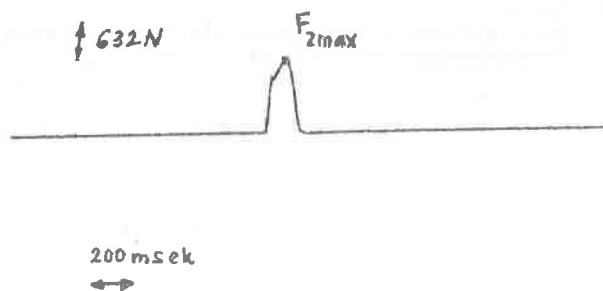
Sl. 1  
Sl. 2



Sl. 3 - Tipični valni oblik komponenta odrazne sile kod arabera



Sl. 4 - Srednje vrijednosti i standardne devijacije ocjena kod arabera (A i bosakova (B))



## 6. LITERATURA

1. AMTI, prospekti
2. Bokovič, T., Kristan, S.: Talna telovadba, IVsoka škola za telesno kulturo, Ljubljana, 1973.
3. Buđa, P.: Akrobatika, aPrtizan, Beograd, 1981.
4. Cavanagh, P. R., Ae, M.: A technique for the display of pressure distributions beneath the foot, J. Biomechanica, Vol 13, str. 69 do 75, 1980.
5. Gautschi, G. H.: Piezoelectric multicomponent force transducers and measuring systems. Transducer '78 conference, Kistler Instrumente AG, Švicarska.
6. George, G. S.: Biomechanics of Women 's Gimnastics. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 1980.
7. Gola, M. M.: Mechanical design, constructional details and calibration of a new force plate. J. Biomechanics, Vol. 13, str. 113-128, 1980.
8. Hay, J. G., Wilson, B., Dapena, J i Woodworth, G:

- A computational technique to determine the angular momentum of the human body, *J. Biomechanics*, Vol 10, str. 296—277, 1977.
9. Kinolík, Z., Garhammer, J. i Gregor R. J.: Kinetic and kinematic factors involved in the execution of front aerial somersaults, *Med. Sci. Exercise*, Vol. 12, No. 5, str. 352—356, 1980.
  10. Kistler Instrumente AG, prospekti.
  11. Medved, V.: O analogno-digitalnoj pretvorbi nekih fizioloških i kinezioloških signala, *Naučno-tehnički pregled*, Vol. 34, 1984a, br. 6, 35—41.
  12. Medved, V.: Biohemanički mjerni sistem. Zbornik 29. skupa JU-REMA, VI Savjetovanje o mjeranju, Plitvice 1984b, 43—46.
  13. Semperit Medizintechnik, prospekti.
  14. Van Gheluwe, L.: Computer simulation of an airborne backward twist somersault, u *Biomechanics VII-A*, ur. Morecki, A., Fidelius, K., Kedzior, K. i Wit, A., University Park Press, str. 200—207, 1981.
  15. Zink, W., Deigentesch, N. i Barnett, P.: Krafteranalysen beim Geräteturnen mit einem neuartigen kapazitiven Kraft — Zeit — Mess-system, Institut für Sporttraumatologie der Technischen Universität München, 1983.
  16. Frohlich, C.: The physics of somersaulting and twisting, *Scientific American*, Vol. 242, str. 112—120, 1980.
  17. Smith, G.: Basic twisting concepts for gymnastics, *International gymnast*, Vol. 22, str. TS10—TS—13, 1980, broj 10.
  18. Warren, M.: Basic gymnastics for women: the free cartwheel, *International gymnast*, Vol. 19, str. 49, broj 4.

V. Medved, I. Wagner

UDC 577.3 : 796.417 — 055.2

The Faculty for Physical Education, University of Zagreb

#### AN EVALUATION OF REFLECTION FORCE IN PERFORMANCE OF »ARABER« AND »BOSAKOV«

This is a preliminary study of importance of the manifest force of support reaction during jump-off in successful performance of »araber« and »bosakov«. The sample consisted of 6 women gymnasts of national reputation, aged 13 to 21, 141 to 165 cm tall and weight from 34.4 to 56.3 kg, with an experience in gymnastics from 4.5 to 9 years. The 3-component force of support reaction was measured and each attempt was separately judged. The study was carried out in July 1983.

For all 3 components, the values of maximum amplitudes and duration of individual characteristic time segments of force signals were extracted. The basic statistic operations were done on the extracted values; computation of average values, standard deviations and coefficients of variation. The analysis of obtained results and evaluation of achievement suggests:

- a successful performance of each element of technique is a result of good training in stereotype movements which is evident in repetability of morphology of force signals;
- a powerful jump, reflected in great measured impulse of the vertical force  $F_z$ , results, generally speaking, in successfully performed element;
- the transversal component of the reflection force  $F_v$  is greater in »araber« than in »bosakov«, while for  $F_x$  stands just the opposite. This means that the rotation of the body around the longitudinal axis starts with the jump, or from the ground (in »arabtr«);
- an individual realisation of successful movement stereotypes is possible as in the cases of gymnasts 1 and 5, who showed an aberration from the former two principles.

Владимир Медвед, Иван Вагнер

Факультет физической культуры Загребского университета

#### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛЫ ТОЛЧКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АРАБЕРА И БОСАКОВА

Проведено предварительное исследование характеристик и значения силы реакции почвы в момент толчка при успешном выполнении арабера и босакова. Выборка испытуемых состоялась из шести квалифицированных гимнасток в возрасте от 13 лет до 21 года, ростом 141—165 см, весом 34,4—56,3 кг, которые занимались спортивной гимнастикой 4,5—9 лет. Проведено измерение трех компонентов силы реакции почвы и оценена успешность каждого отдельного прыжка. Исследование проведено в июле 1983 г.

Для каждого компонента определены максимальная амплитуда и продолжительность отдельных фаз сигнала силы. Проведен статистический анализ полученных данных. Вычислены средние значения, стандартные отклонения и коэффициенты вариации. На основе измерений силы и оценок удачности выполнения прыжка, можно сделать вывод:

- удачное выполнение каждого из элементов техники получается в результате хорошей подготовленности спортсменки, при чем сохраняется тождество морфологии сигнала силы при повторном выполнении прыжка;
- сильный толчок, при чем имеется и интенсивный вертикальный компонент силы  $F_z$ , в принципе, обеспечивает успешное выполнение прыжка;
- трансверсальный компонент силы толчка  $F_y$  интенсивнее при выполнении арабера, чем босакова, в то время как компонент  $F_x$  ведет себя обратно. Это значит, что вращение тела вокруг продольной оси начинается в момент толчка, т. е. «с почвы» (при арабере);
- возможно и индивидуальное выполнение удачных стереотипов движения (например, испытуемые 1 и 5).

Проверку приведенных результатов и дальнейшее исследование роли толчка в выполнении некоторых гимнастических элементов надо проводить таким способом, чтобы данные сигнала силы непосредственно сохранялись при помощи аналого-цифровой системы. Это позволит подробный анализ морфологии и спектральных характеристик сигнала, и изучение большего числа испытуемых, факторов и попыток выполнения определенного элемента. Таким образом, будет возможно определить важнейшие параметры сигнала силы толчка (максимальную амплитуду, продолжительность, крутизну и т. п.) при выполнении изучаемой структуры движения. Кроме того, результаты исследования такого рода будет возможно сопоставить с уже известными свойствами психосоматического статуса и двигательной системы, в частности, с элементами этой системы гибкостью, взрывной силой и координацией.

