

KINEMATIČKA I DINAMIČKA ANALIZA KARATE UDARCA USHIRO MAWASHI GERI

Branimir Kuleš i Mladen Mejovšek

Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu

Izvorni znanstveni članak

UDK: 573.3:796.85

Primljeno: 15.01.1997.

Prihvaćeno: 10.12.1997.

Sažetak:

Analiza karate udarca nogom ushiro mawashi geri provedena je na karatistu, vice prvaku svijeta, težine 70 kp i visine 1.8 m. Istraživanju je bio cilj da se utvrde parametri i veličine brzina, komponenata reaktivnih sila, te kutovi međusobnih odnosa pojedinih segmenata tijela. S obzirom na ispitaničkovu visoku razinu tehnike karatea, dobivene vrijednosti mogu poslužiti kao model ispravne izvedbe karate udarca ushiro mawashi geri. Kinematička analiza provedena je fotogrametrijskom akvizicijom pomoću dviju VHS kamera s vremenskom rezolucijom od 60 Hz i sustava za analizu gibanja APAS (Ariel Performance Analysis System). Komponente aplicirane sile mjerene su tenziometrijskom platformom, a signali kinematičkog i dinamičkog mjerenja bili su vremenski usklađeni i prostorno isto orijentirani. Komparativna analiza navedenih parametara ukazuje da je metodički i pragmatički gledano opravdana raščlamba udarca na početnu i pripremnu fazu za udarac te na fazu izvođenja udarca. Dobivene veličine kinematičke analize i izmjerene komponente sile omogućile su logičnu interpretaciju strukture gibanja.

Ključne riječi: karate, ushiro mawashi geri, kinematička analiza, komponente reaktivnih sila

Abstract:

KINEMATIC AND DYNAMIC ANALYSIS OF THE USHIRO MAWASHI GERI

An analysis of the karate kick ushiro mawashi geri, as performed by the karatist, a world vice-champion, weighing 70 kp and being 1.80 m tall was done. The aim of the investigation was to determine the parameters and values of the speed, reactive force components and the angles of the interrelationships between individual body segments. Due to a high level of this fighter's karate technique, the obtained values can serve as a model for the correct performance of the ushiro mawashi geri karate kick. The kinematic analysis was performed by photogrammetric acquisition with two VHS cameras operating at 60 Hz and the APAS (Ariel Performance Analysis System) movement analysis system. The components of the applied force were measured using a tensiometric platform and the signals of the kinematic and the dynamic measurements were time-coordinated and oriented in the same direction. The comparative analysis of the stated parameters shows that, from the methodological and pragmatical point of view, the splitting of the kick in the beginning and preparation phases, and the performance phase is justified. The values obtained by the kinematic analysis and the measured force components enabled a logical interpretation of the movement structure.

Key words: karate, ushiro mawashi geri, kinematic analysis, reactive forces components

Uvod

Karate je sport kojeg definiraju polistrukturalna aciklička gibanja. Sva gibanja izvode se u okviru tehničkih elemenata: stavova, kretanja, udaraca, blokada i bacanja. Efikasnost tih tehničkih elemenata u borbi i katama zavisi od brzine, snage i preciznosti te zahtijevane amplitude njihova izvođenja. Analizu tih gibanja radi usavršavanja tehnike ili otklanjanja eventualnih grešaka treneri izvode na temelju vizualnih informacija koje su pod znatnim utjecajem šumova iz subjektivnog iskustva i stečenih predrasuda o tome što jest kvalitetna tehnika, a što nije. Takav, nesporno primitivan način analize tehničke efikasnosti treba konačno

napustiti budući da za tu svrhu postoje efikasne i objektivne metode koje nudi biomehanika. U tome smislu treba istaknuti pokušaje biomehaničke analize gibanja u karateu (Andries i sur., 1982., Yoshihuku i sur., 1987.).

Razvoj tehničke i tehnološke potpore (Mejovšek, 1990., Mejovšek, 1995.), kao i dostupnost komercijalnih sustava i paketa za analizu gibanja (APAS Ariel Performance Analysis System, 1995.), omogućuje da se izvrši biomehanička analiza i dijagnoza za precizno objašnjenje uzroka i zakonitosti pod kojima se odvija neko gibanje bez obzira na njegovu složenost. To kineziolozima i trenerima omogućuje da prođu u suštinu tehnike

neke sportske discipline. Karate pripada onim sportovima koji su izuzetno pogodni za analizu u laboratorijskim i natjecateljskim uvjetima što trenerima omogućuje dobivanje vrlo važnih dijagnostičkih informacija o karakteristikama izvođenja tehnike karatea.

U ovom radu provedena je biomehanička analiza tehnike stražnjega kružnog udarca nogom - ushiro mawashi geri. To je jedan od najatraktivnijih udarca u karateu kojega posljednjih godina odlikuje vrlo velika efikasnost u borbi. Od svih tehnika karatea, ona je zasigurno najsloženija, a na njezinu efikasnost, osim motoričkih sposobnosti, utječu i antropometrijske mjere (Kuleš, 1980., 1985., 1989., 1990.).

Metode

Ispitanik

Mjerenje je provedeno u Biomehaničkom, a analiza u Laboratoriju za kinematiku gibanja Fakulteta za fizičku kulturu u Zagrebu. Analiziran je stražnji kružni udarac nogom u karateu (ushiro mawashi geri). Izvodio ga je jedan vrhunski hrvatski karatist, majstor karatea (4. dan), i vice prvak svijeta. Ispitanik, star 26 godina, na dan je mjerenja imao masu 70 kg i visinu 1.80 m. Izvođenje gibanja počelo je nakon zvučnog signala koji je istodobno bio registriran na tenziometrijskoj platformi i na sustavu za kinematičko mjerenje.

Kinematičko mjerenje

Fotogrametrijska akvizicija podataka izvršena je dvjema VHS kamerama i vremenskom rezolucijom od 60 Hz. Kamere su bile pozicionirane pod optimalnim kutovima u odnosu na gibanje i u kasnijem postupku analize vremenski sinkronizirane. Oba video zapisa su digitalizirana, a posebno su digitalizirane sve zahtijevane anatomske lokacije tijela, odnosno 20 referentnih točaka. Matrica izvornih koordinata referentnih točaka tijela podvrgnuta je transformaciji u realni prostor pomoću DLT algoritma (Direct Linear Transform; Abdel-Aziz i Karara, 1971.), kako bi se postigla regularna parametrizacija i 3D rekonstrukcija gibanja. Provedeno je inicijalno filtriranje sirovih podataka gibanja uz pomoć prirodnih splajn funkcija (cubic spline) i izračunavanje predviđenih veličina pomoću sustava za analizu APAS (Ariel Performance Analysis System).

Mjerenje sile reakcije oslonca

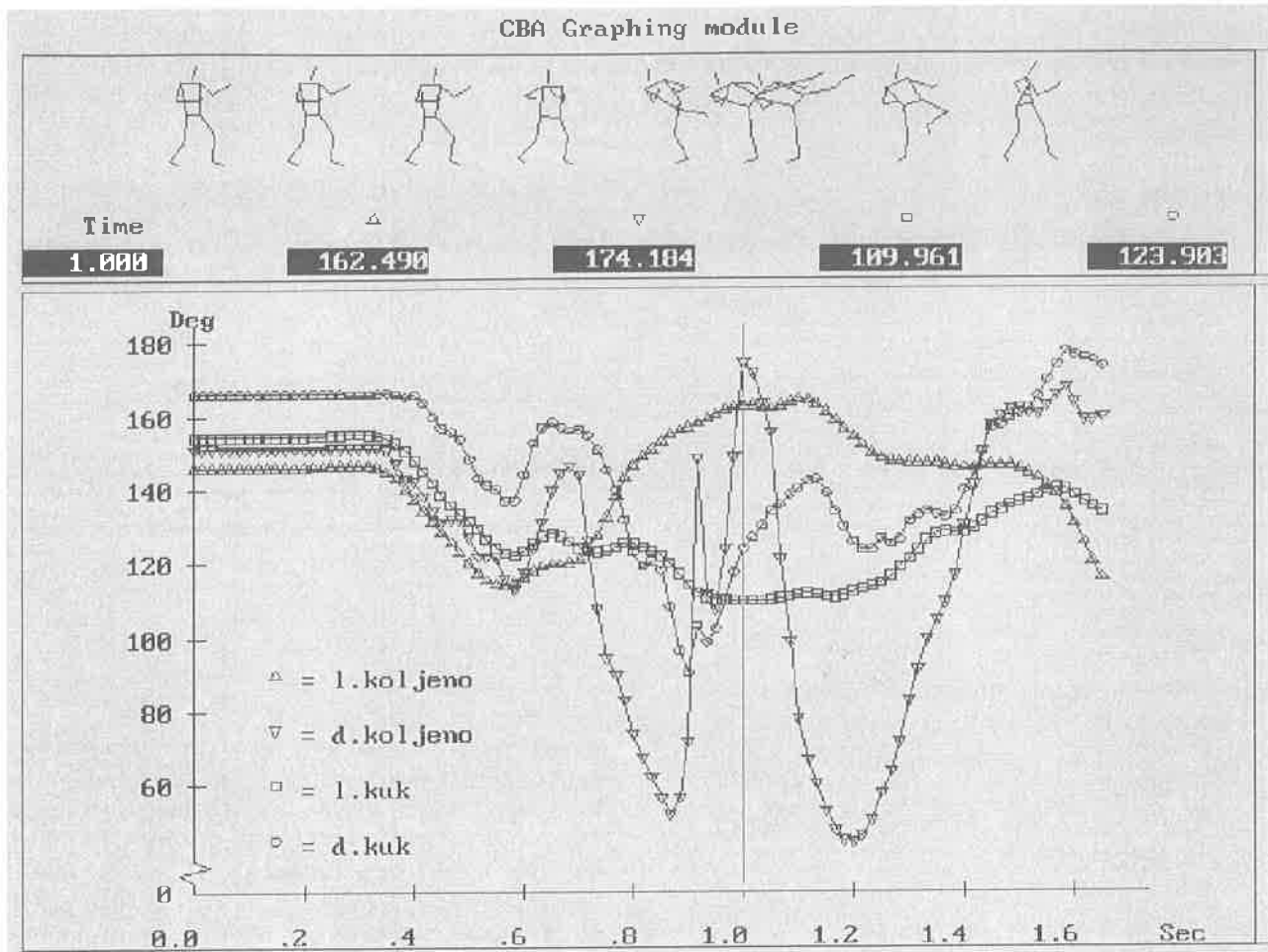
Mjerenje je izvršeno tenziometrijskom platformom (0.4 x 0.4 m.), koja je povezana preko višekanalnoga registracijskog uređaja (RM Dynograph Recorder; Beckman inc.) s računalom kojim je izvršena A/D pretvorba i obrada signala. Mjerene su vertikalne (F_y) i horizontalne komponente sile (F_x , F_z) prednje i stražnje noge, kod kojih je orijentacija bila usklađena s sustavom kojim je izvršeno i kinematičko mjerenje. Izmjereni signali komponentata filtrirani su analogno.

Rezultati i rasprava

Biomehanička analiza stražnjeg kružnog udarca u karateu može se izvesti s većim ili manjim brojem parametara i veličina, dakle, s manjom ili većom složenosti izvještaja analize. Za dijagnostičke potrebe izvještaj treba biti u formi koja je treneru prepoznatljiva, razumljiva i jednostavna za dijagnozu stanja i (re)programiranje treninga. Stoga je od velikog broja biomehaničkih značajki koje utječu na kvalitetu gibanja, za interpretaciju izabrano samo nekoliko, po mišljenju autora najrelevantnijih parametara, a odnose se na: vremenske odrednice izvođenja udarca, amplitude gibanja, brzine dijelova tijela, promjenu međusobnih kutova između dijelova tijela za vrijeme izvođenja udarca i komponente reaktivnih sila oslonca prednje i stražnje noge.

Kutovi - amplitude gibanja

Na prikazu 1 dani su kutni odnosi između segmenata tijela koji su najbitniji u tijeku izvođenja udarca: kutovi između potkoljenice i natkoljenice te natkoljenice i trupa (desno i lijevo koljeno, desni i lijevi kuk). Prateći krivulje desnoga kuka i desnoga koljena do momenta udarca, vidi se kako se promjene kutova odvijaju paralelno u istom smjeru, što od natjecatelja zahtijeva koordinirano izvođenje cijele rotacije oko oslonačne noge sa istodobnim povlačenjem udarne noge u pripremu za fazu u kojoj se izvodi udarac. Evidentne su faze započinjanja pokreta i podizanja noge za udarac, završne rotacije i faze spuštanja noge. Početak pokreta određen je smanjivanjem kuta između potkoljenice i natkoljenice noge kojom se udara, zbog pripremanja odraza, a što prati i smanjivanje kutova kukova i oslonačne noge. Iza toga slijedi fleksija potkoljenice udarne noge, izražena kutom od 52 stupnja. U završnoj rotaciji pred udarac najniže su i veličine kutova natkoljenica i trupa (desni kuk 90, lijevi 110 stupnjeva).



Prikaz 1: Kutni odnosi relevantnih segmenata

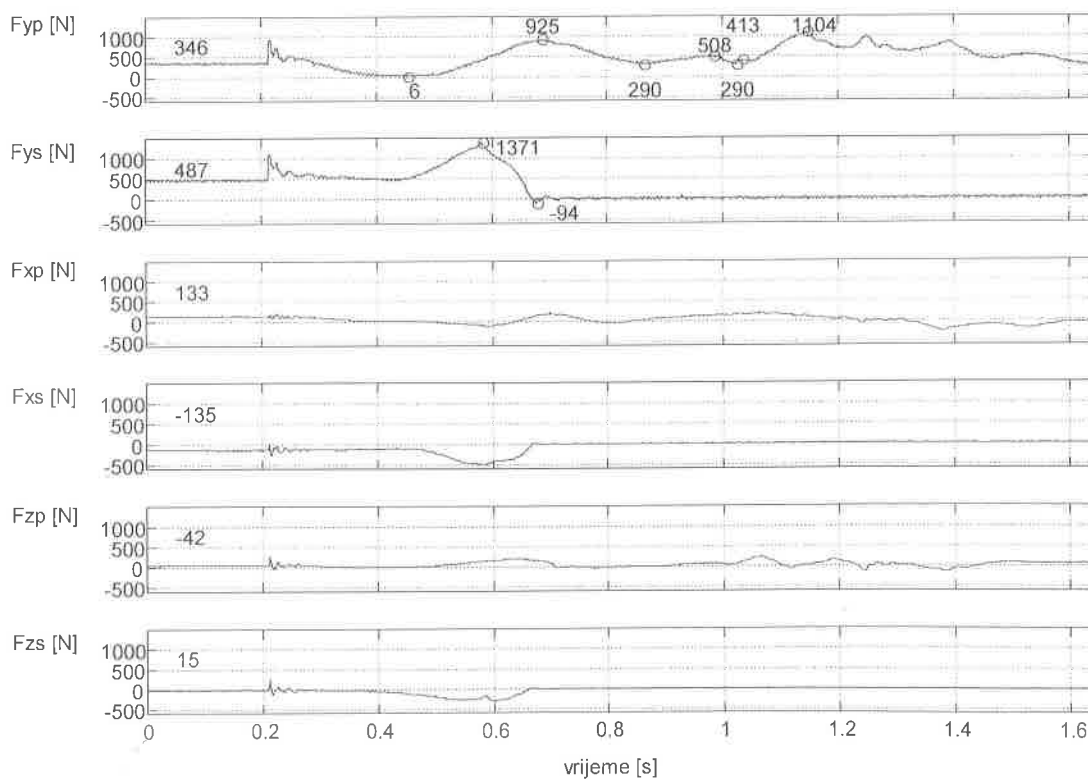
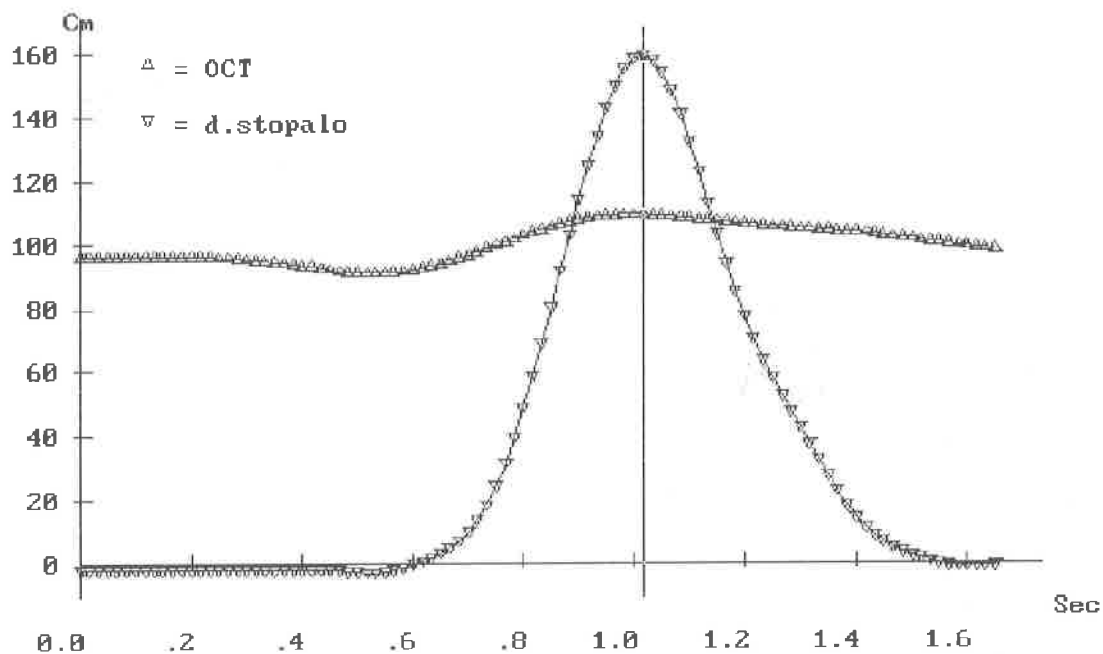
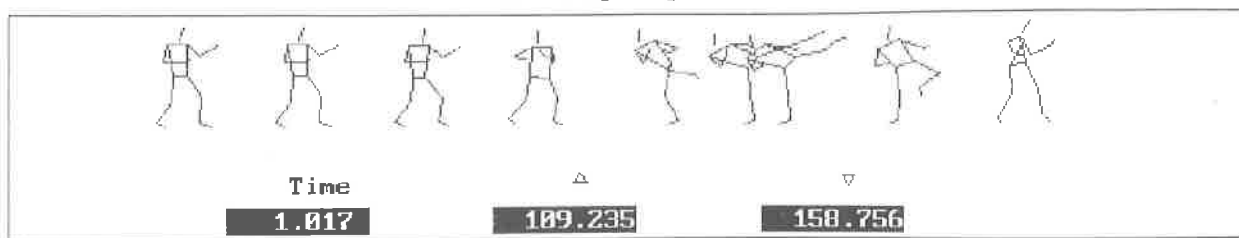
U trenutku udarca, udarna noga gotovo je pružena (174 stupnja). Oslonačna noga također je gotovo opružena, a kut između natkoljenice i potkoljenice iznosi 163 stupnja. Do potpunog opružanja oslonačne noge nije došlo zbog potrebe za reguliranjem ravnoteže i zbog toga što se u laboratorijskim uvjetima nije tražila i maksimalna visina udarca. Uostalom, do potpunog opružanja noge nikada i ne dolazi. Zanimljivo je napomenuti kako je faza opružanja desne noge za udarac vremenski jednaka onoj poslije udarca, što znači da brzina kretanja noge nakon udarca nije pala, kao u nekim drugim nožnim tehnikama (Andries i sur., 1982.), već se povećala smanjivanjem kuta između natkoljenice i potkoljenice. Kut između potkoljenice i natkoljenice približno je isti onom prije opružanja noge (44 stupnjeva), a nešto više se smanjio zbog naglog porasta brzine potkoljenice u završnoj fazi udarca. Kut između lijevoga kuka i tijela nije se značajnije mijenjao za vrijeme izvođenja udarca.

Putanja težišta i vremenske odrednice gibanja

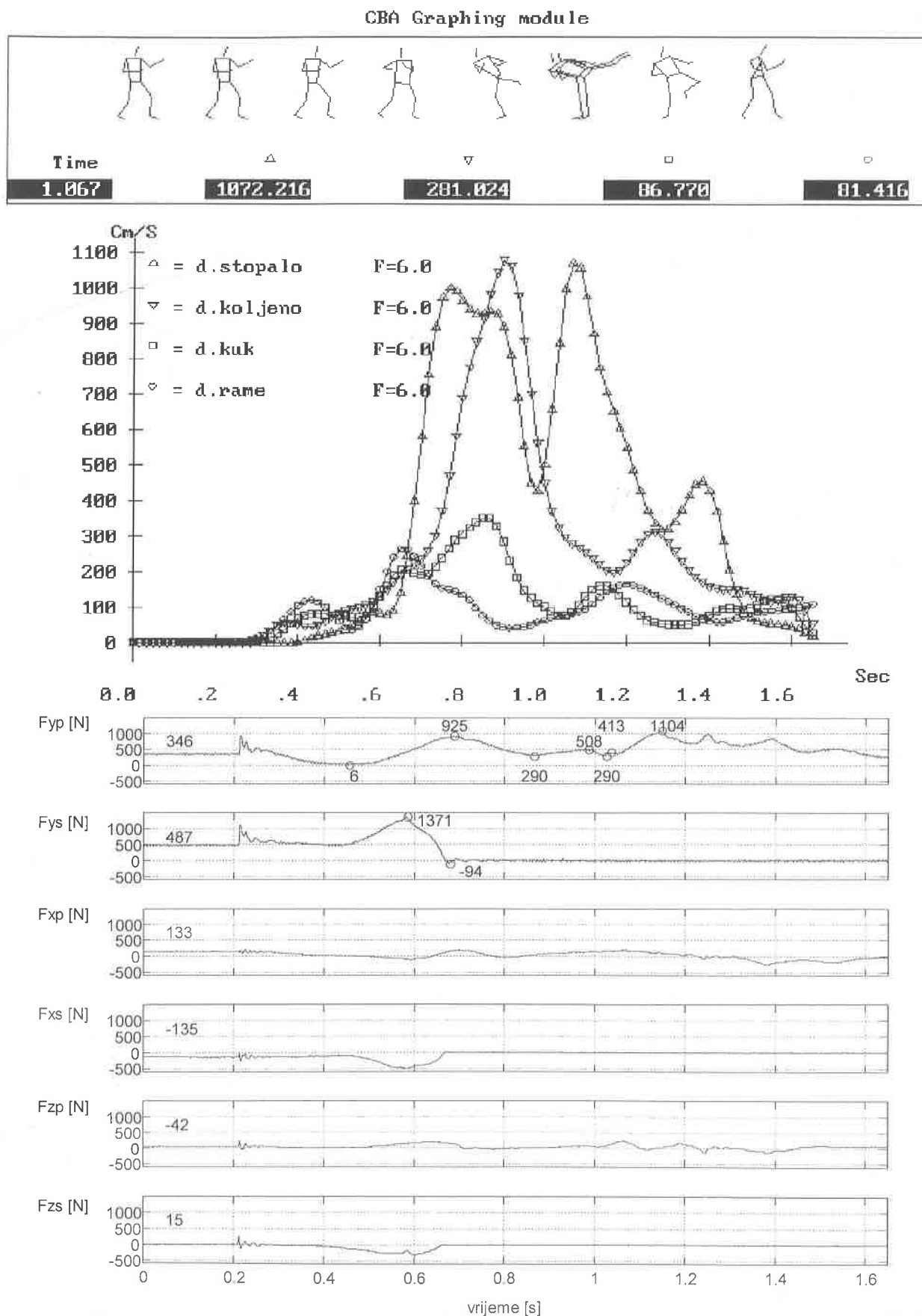
Na prikazu 2, vidi se da je visina udarca 1.59 m (os y), a krivulja kretanja općega centra težišta (OCT) pokazuje da se mijenjala za oko 0.10 m u fazi opružanja i spuštanja udarne noge. Ravnomjerno podizanje i spuštanje OCT-a u vremenu izvođenja udarca i spuštanja noge pokazuje da je udarac izveden u uvjetima dobro regulirane ravnoteže i s dobrom procjenom udaljenosti od zamišljenoga cilja. Dužina udarca, odnosno amplituda pokreta u sagitalnoj ravnini (po pravcu osi x), iznosila je 1.60 m od početne pozicije do imaginarnoga cilja. Od oslonačne noge ta ista amplituda iznosila je 1.03 m.

Vrijeme potrebno ispitaniku za izvedbu udarca na dani signal iznosi 0.7695s. Vrijeme reakcije od trenutka davanja signala za udarac do početka izvođenja udarca (definirano početnim pomakom udarne noge) iznosilo je 0.167s, a prema zapisu na tenziometrijskoj platformi 0.0765s, pri čemu je vrijeme reakcije određeno smanjenjem inicijalnoga pritiska (346 N).

CBA Graphing module



Prikaz 2: Vertikalni pomaci težišta (OCT), desnoga stopala i komponente aplicirane sile (komponente: Fy vertikalna, Fx naprijed (+) - natrag (-), Fz lijevo(+) - desno (-); indeksi p i s određuju prednju i stražnju nogu)



Prikaz 3. Magnitude brzina desnoga stopala, koljena, kuka i ramena te komponente aplicirane sile (komponente: Fy vertikalna, Fx naprijed (+) - natrag (-), Fz lijevo(+) - desno (-); indeksi p i s određuju prednju i stražnju nogu)

Brzine udarca

Najzanimljiviji podatak u analizi brzina udarca jest brzina gibanja stopala kojime se izvodi udarac. Brzina po horizontalnoj osi (V_x) raste na 8 ms^{-1} , a postiže se za 0.283 s od početka gibanja. Nakon toga, zbog fleksije u koljenom zglobu, djelomično pada na 0.586 ms^{-1} za 0.367 s , da bi ponovno narasla na 6.16 ms^{-1} u 0.400 s od početka gibanja. Taj porast brzine posljedica je opružanja noge u koljenu. Iza toga, sa spuštanjem udarnoga stopala na tlo, brzina naglo pada. Vertikalna brzina (V_y), stopala raste od početka udarca za 0.367 tisućinke sekunde na $6,8 \text{ ms}^{-1}$, dakle do potpune fleksije potkoljenice. Na prikazu 3 vide se magnitude brzina, tj. vektori brzina desnoga stopala, desnoga koljena, desnoga kuka i desnoga ramena u sagitalnoj osi gibanja (V_{xy}), koje su izglađene uz pomoć 6.0 Hz .

Komponente sile reakcije podloge

Prmatrajući usporedno okomite komponente sile F_{yp} i F_{ys} (indeksi p i s određuju prednju i stražnju nogu) s kretanjem OCT-a u vremenu od 0.2 do 1.02 sekunde, možemo zapaziti kako blago spuštanje težišta tijela na početku gibanja prati pad komponente F_{yp} do kojeg dolazi zbog podizanja ispitanikove pete za rotaciju na oslonačnoj nozi. Taj pad, do 0.456 sekunde, nije prouzročeni samo time, već djelomičnim prijenosom težine na stražnju nogu, čime se teži izazivanju veće reakcije podloge stražnje noge (F_{ys}), koja se reakcija od toga trenutka povećava na 1371 N do 0.585 s . Odrasom stražnje noge započinje podizanje težišta tijela, a zbog podizanja stražnje noge sa tla i opružanja prednje, komponenta F_{yp} raste do 925 N u 0.689 sekundi. Inercijom gibanja stražnje noge u viši položaj i u smjeru udarca, smanjuje se pritisak na podlogu. Iz tog razloga i težište tijela u 0.866 sekundi postiže gotovo maksimalnu visinu. U momentu podizanja stražnje noge i zadavanja udarca, komponenta F_{yp} , pada na 290 N , zbog podizanja na prste oslonačne noge u završnoj fazi udarca. Fazu koja prethodi udarcu, u kojoj je kut natkoljenice i potkoljenice najmanji (prikaz 1) i brzina desnoga koljena najveća (prikaz 3), zamjenjuje faza izvođenja udarca, odnosno opružanja stražnje noge, koju obilježava povećanje

kuta desnoga koljena (prikaz 1) i maksimalno ubrzanje stopala (prikaz 3). Pritisak na podlogu u fokusu udarca isti je (290 N), a nakon 1.026 s počinje se povećavati zbog spuštanja udarne noge na tlo.

Nakon registriranih maksimalnih veličina horizontalnih komponenata sile u smjeru naprijed - natrag ($F_{xs} 490 \text{ N}$; $F_{xp} 230 \text{ N}$) i prijenosa težine tijela na oslonačnu nogu, nastaju ubrzanja segmenata tijela koja imaju maksimalne veličine u trenutku najmanjega vertikalnoga pritiska oslonačne noge na podlogu ($F_{yp} 290 \text{ N}$). U toj fazi izvođenja udarca, oslonačna noga, uslijed inercije noge kojom se udara, dodiruje podlogu (platformu) samo prednjim dijelom stopala. Zbog toga se udarcem koji je izveden rotacijom na prstima postižu veće brzine gibanja od onoga izvedenoga na punom stopalu, jer se smanjenjem površine oslonca smanjuje i trenje što omogućuje veću brzinu rotacije, pa i samog udarca.

Minimalne veličine horizontalnih komponenata sile u smjeru lijevo-desno (F_{zp} i F_{zs}) ukazuju na to da je ispitanikov udarac usmjeren gotovo pravocrtno k cilju te da je ispitanikova putanja udarca idealna, što je značajno, jer indirektno upućuju na perfekciju gibanja i visoku kvalitetu motoričkoga stereotipa. S obzirom na željeni smjer gibanja, male veličine komponenata F_{xp} i F_{xs} omogućuju kvalitetno rotacijsko gibanje i kontrolirani udarac bez narušavanja ravnoteže.

Zaključak

Provedeno istraživanje pokazuje dijagnostičke mogućnosti biomehaničke analize u karateu. U istraživanju je izvedena elementarna kinematička analiza i parametrizacija gibanja. Prema potrebi moguće je provesti i složenije istraživanje i opsežniju analizu gibanja bilo kojeg udarca u karateu kojom bi se izračunala ukupna i parcijalna energetska efikasnost gibanja, kao i dinamički tijek u raspodjeli ukupnog momenta impulsa, sila i drugih veličina. S obzirom da je analiza gibanja stražnjega kružnog udarca nogom (ushiro mawashi geri) provedena na jednom od najboljih karatista na svijetu, parametri gibanja mogu poslužiti kao model za procjenu efikasnosti tog udarca.

Literatura

1. Andries, R., Leemput, H.Y., Nulens, I., Deslovere, K. (1982). Kinematic and Dynamic Analysis of the Mawashi Geri. *IEEE* vol. BME No. 10. Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Leuven.
2. APAS (1995). *Ariel Performance Analysis System User's Manual*.

3. Bardosi, Z., Szilagi, T. (1994). Analysis of Some Contact Less and Full Contact Karate Beatings. Hungarian University of Physical Education, *Proceedings - XII International Symposium Biomechanics in Sports*, Budapest.
4. Kuleš, B. (1980). Specifične antropološke karakteristike karatista. U: Gabrijević, M. i sur. *Postupci izbora, usmjeravanja i praćenja u vrhunskom sportu* (str. 283-303). Zagreb: Institut za kineziologiju Fakulteta za fizičku kulturu.
5. Kuleš, B. (1985). Povezanost nekih antropometrijskih mjera i uspjeha u karate borbi. *Kineziologija* 17(2):123-131.
6. Kuleš, B. (1989). Relation Between Anthropometric Measurement and Success in the Karate Sport. *Kineziologija*, 23:67-72.
7. Kuleš, B. (1990). Utjecaj vježbi snage na brzinu i frekvenciju pokreta. *Kineziologija* 22 (1-2):49-55.
8. Mejovšek, M. (1990). Prijedlog modela za kinetičku analizu gibanja sportaša. *Kineziologija*, 22:5-11.
9. Mejovšek, M. (1995). Dinamička analiza gibanja u športu. U: Pećina, M., Heimer, S. *Športska medicina* (str. 71-74). Zagreb: Medicinska biblioteka.
10. Ohmici, H., Matsumo, Y., Kumabe, H. (1994). Three-Dimensional Analysis of the Body Center of Gravity During Selected Karate Performances. *Proceedings - XII International Symposium Biomechanics in Sports*, Budapest, Budouniversity, Katsouracity, Chiba.
11. Yoshihuku, Y., Ikegami, Y., Sahurai, S. (1987). Energy Flow from the Trunk to the Upper Limb in Tsuki Motion of Top-Class Players of the Martial Arts, Shorinji Kempo. U: Jonsson B. (ed.) *Biomechanics X-B*, (str.733-737). Human Kinetics Publishers.

