

Mladen Mejovšek

Željko Hraski

Iva Dobrila

BIOMEHANIČKA ANALIZA U FUNKCIJI EFIKASNIJEG PROGRAMIRANJA TRENAŽNOG PROCESA

1. UVOD

Gibanje ljudskog tijela moguće je egzaktno kvantificirati u prostoru i vremenu, te stoga i podvrgnuti različitim dijagnostičkim postupcima. Istovremeno, svako kretanje ljudskog tijela, posebice ono u sportu, ima svoju optimalnu izvedbu, koju prije svega karakterizira maksimalna efikasnost i minimalni utrošak energije. Stoga, smislenom promjenom jednog ili niza biomehaničkih parametara moguće je modelirati krajnji rezultat (sportsko dostignuće). Na temelju rezultata dobivenih takvim postupkom moguće je odabrati optimalnu strukturu gibanja za danog subjekta. Cilj ovog rada je pregled postojećih dijagnostičkih postupka za registraciju kinematičkih i kinetičkih karakteristika kretnih struktura, kao i načina modeliranja dobivenih parametara u funkciji optimalizacije različitih sportskih tehnika.

2. RASPRAVA

Biomehanička mjerenja, analize i dijagnoze postupci su koji imaju odlučujuću ulogu u razvoju tehnike i upravljanju trenažnim procesom u velikom broju različitih sportskih disciplina. Ovi postupci posebno su značajni u natjecateljskom sportu, jer se i male razlike u izvođenju motoričkih stereotipa, presudnih za konačni rezultat, ne mogu utvrditi vizualnom procjenom ili subjektivnim doživljajem sportaša i trenera.

Za cjelovitu dijagnozu tehnike gibanja i usvojenosti motoričkog znanja sportaša osobito je zanimljivo poznavanje parametara i veličine gibanja (intersegmentalne sile, neto mišićni momenti, ukupna energetska razina premještanja i vrtnje dijelova tijela i tijela u cjelini, izmjene energije unutar dijelova tijela i prijenos energije između dijelova tijela, ukupni moment impulsa itd.). Stoga, dobiveni rezultati najčešće imaju direktnu primjenu u svakodnevnoj sportskoj praksi, za potrebe procjene tehnike izvedbe, utvrđivanja efikasnosti, optimalizacije gibanja, modeliranja procesa treninga, ranog otkrivanje uzroka i prevenciju od povređivanja, selekciju, oblikovanje i konstrukciju sportskih sprava i opreme i dr. Podaci dobiveni kontinuiranim biomehaničkim mjerenjima sustavno se arhiviraju i kasnije višestruko koriste u različitim vrstama komparativnih analiza (usporedbe s modelnim izvedbama i sl.).

Istraživanja vezana uz problematiku dijagnostike i optimalizacije gibanja sve su prisutnija u istraživanjima u domeni biomehanike sporta. Iako postoje izvjesne različitosti u

rješavanju i realizaciji ovog problema, zajedničko svima je korištenje sličnih postupaka mjerenja i procesiranja podataka. Tako se za određivanje parametara segmenata koriste antropomorfni modeli kojima se utvrđuju fizička svojstva dijelova ljudskog tijela. Pri tom se neki istraživači odlučuju za geometrijske modele (Hatze, 1980), dok su drugi skloniji upotrebi regresijskih modela (Zatsiorsky i sur., 1990).

Izbor fotogrametrijskih tehnika i oblikovanje kinematičkih modela također varira. S obzirom na specifičnost sportskih gibanja (natjecateljski uvjeti, neinvazivnost, brzina izvođenja gibanja, zahvaćanje većeg polja mjerenja i dr.) izbor nekog od komercijalnih stereofotogrametrijskih sustava prvenstveno ovisi o dovoljnoj vremenskoj i prostornoj rezoluciji kolekcije podataka, te mogućnosti provedbe mjerenja u natjecateljskim ili trenaznim situacijama (Woltring i Huiskes, 1990). Uvažavajući prethodne uvjete, istraživači se za potrebe provedbe analiza, dijagnostičkih postupaka i optimalizacije gibanja u sportu najčešće odlučuju za neki od komercijalnih video sustava, dok je korištenje sustava s direktnom zabilježbom anatomske lokacije ili fotodetektorskih sustava znatno rjeđe, odnosno korištenje tih sustava ograničeno je isključivo na laboratorijska istraživanja.

Za fotogrametrijsku kalibraciju sustava i transformaciju podataka u realni 3D prostor većina istraživača najčešće koristi DLT algoritam (Abdel-Aziz i Karara 1971, Wood i Marshall 1986). U području procesiranja podataka najosjetljivije je rješavanje problema koji se odnosi na redukciju pogrešaka nastalih u postupku kinematičkog mjerenja. Uz klasične tehnike pogađanja polinomom n -tog stupnja i inverznim Fourierovim transformacijama (Hatze, 1981), u istraživanjima se sve češće susreću postupci rekurzivnog filtriranja i prirodnih splajn funkcija (Dohrmann i Busby, 1990).

Zbog neinvazivnosti, a i drugih razloga, za analizu dinamike gibanja konstruiraju se višesegmentalni modeli, čije segmente karakteriziraju idealizirana svojstva pojedinih dijelova tijela (mehanika čvrstih tijela), a zasnivaju se na metodi inverznog dinamičkog pristupa. Takvim modelima se rješava niz diferencijalnih jednadžbi translacijskog i rotacijskog gibanja, u kojima parametri imaju grafostatička obilježja dobivena antropomorfnim modeliranjem, a varijable i njihovi izvodi su dobiveni stereofotogrametrijskim postupcima i kinematičkim modelima.

Postupci modeliranja, simulacije i optimalizacije gibanja ljudskog tijela bili su predmet istraživanja relativno velikog broja istraživača, prvenstveno onih koji su se bavili analizom hoda (Holt i sur. 1990, 1991; Yamaguchi 1990; Kromer i sur. 1993; Taga i sur. 1993). Istraživanja te vrste rijetka su u području sporta. Uzrok tome valja tražiti u kompleksnosti kretnih struktura u sportu, odnosno u velikom broju biomehaničkih veličina i parametara koji utječu na konačni rezultat. Ipak, kako i sportska gibanja imaju svoju optimalnu izvedbu, prije svega okarakteriziranu kroz maksimalnu efikasnost izvedbe i minimalni utrošak energije, u posljednje vrijeme pojavljuje se sve više istraživanja u kojima se smislenom promjenom jednog ili niza registriranih biomehaničkih parametara pokušava modelirati, te tako i optimizirati krajnji rezultat - sportsko dostignuće (Hull 1990, McNeill 1990, Natrup i sur. 1993, Jarle i sur. 1993, Kin i sur. 1993, Marshall i sur. 1993).

Navedene metode, postupci i protokoli kontinuirano se provode u laboratorijima i istraživačkim centrima brojnih zemalja. Praktičnom primjenom postojećih te razvojem novih stereofotogrametrijskih postupaka svakodnevno se usavršavaju protokoli kolekcije i akvizicije kinematičkih i kinetičkih signala (izbor postupaka, instrumenata i metoda) u najvećem broj sportskih disciplina. Organizacijom dobivenih rezultata u zajedničku bazu podataka nastoji se

osigurati pohrana svih relevantnih informacija o kretnim karakteristikama analiziranih sportskih tehnika, te kompatibilnost i mogućnost razmjene tih podataka s drugim bazama u svijetu. Na taj način omogućuje se normiranje biomehaničkih parametara sportaša te stoga i mogućnost provođenja različitih komparativnih analiza izvedbe sportskih tehnika, kao postupaka modeliranja biomehaničkih parametara gibanja.

3. ZAKLJUČAK

U ovom je radu prikazom postojećih stereofotogrametrijskih postupaka, protokola kolekcije, akvizicije i procesiranja kinematičkih i kinetičkih signala ukazuje na osnovne načine normiranja biomehaničkih parametara sportaša, odnosno na mogućnost provođenja različitih komparativnih analiza izvedbe sportskih tehnika. Također, ukazano je na velike potencijale i značaj postupka modeliranja biomehaničkih parametara gibanja, u smislu provjere utjecaja tih promjena na konačni rezultat, čime se izravno može pridonijeti postizanju boljih sportskih rezultata analiziranog sportaša.

4. LITERATURA

1. Hraski, Ž., M. Mejovšek (1999) Primjena sustava za kinematičku analizu sportskih tehnika. U: Zbornik radova, 8. Zagrebački sajam sporta – Trener i suvremena dijagnostika (Ur: Hraski, Ž., i Br. Matković.), str. 17-28, Zagreb, FFK
2. Hraski, Ž. (2000). Nova tehnološka sredstva u funkciji dijagnostike, programiranja i kontrole rezultata tjelesnog vježbanja. U: Zbornik radova). ljetne škole pedagoga fizičke kulture Republike Hrvatske, Poreč, (Ur: Findak, V.), str. 17-21. Zagreb, FFK
3. Mejovšek, M., Ž. Hraski, V. Medved (1997). Biomehanička dijagnostika. U: Zbornik radova 6. Zagrebačkog sajma sporta – Dijagnostika treniranosti sportaša (Ur: Milanovi, D. i S. Heimer). str. 62-66, Zagreb, FFK