

Frane Erčulj¹, Goran Vučković¹, Janez Perš², Matej Perše², Matej Kristan²

¹ *Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Slovenija*

² *Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Slovenija*

RAZLIKE V OPRAVLJENI POTI IN POVPREČNI HITROSTI GIBANJA MED RAZLIČNIMI TIPI KOŠARKARJEV

IZVLEČEK

V članku obravnavamo problem obremenitve košarkarjev na tekmah. Osnovni cilj raziskave je ugotavljanje intenzivnosti in obsega gibanja košarkarjev s pomočjo merilnega sistema SAGIT. Gre za razmeroma novo tehnologijo, ki temelji na metodah računalniškega vida in omogoča avtomatsko pridobivanje podatkov iz video posnetkov tekem.

S pomočjo omenjenega sistema smo ugotavljali opravljeno pot in povprečno hitrost gibanja košarkarjev na treh tekmah končnice državnega prvenstva Slovenije za člane med ekipama Union Olimpija in Geoplan Slovan v sezoni 2004/05. Omenjene parametre smo ugotavljali za skupno 22 košarkarjev, ki so v posameznem polčasu tekme igrali vsaj 200 sekund. Glede na to, da v košarki poznamo več različnih tipov igralcev, ki imajo različne vloge v igri, smo opravljeno pot in povprečno hitrost gibanja izračunali za tri osnovne tipe igralcev (branilce, krila in centre) in s pomočjo enosmerne analize variance ugotavljali razlike med njimi.

Ugotovili smo, da v aktivnem delu igre (ko ura za merjenje igralnega časa teče) v enem polčasu oz. 20 minutah igralci v povprečju opravijo pot dolgo 2227 metrov, v pasivnem delu pa še dodatnih 920 metrov. Povprečna hitrost gibanja igralcev v aktivnem delu igre znaša 1,84 m/s.

Kar se tiče posameznih tipov igralcev lahko ugotovimo, da v aktivni fazi igre najdaljšo pot v povprečju opravijo branilci (2300 m), sledijo jim krila (2246 m) in nato centri (2118 m). Razlike med posameznimi tipi igralcev so statistično značilne na nivoju 1% napake. Enako velja tudi za povprečno hitrost gibanja, pri čemer se branilci gibljejo s povprečno hitrostjo 1,92 m/s, krila 1,87 m/s, centri pa 1,74 m/s.

Ključne besede: računalniški vid, košarka, gibanje igralcev, tipi igralcev, razlike

UVOD

Preučevanje obremenitev igralcev v športnih igrah je za športno znanost in stroke zelo zanimivo in koristno. Podatki o opravljeni poti igralcev, hitrosti njihovega gibanja in položaju v dvodimenzionalnem prostoru na tekmi predstavljajo pomembno osnovo za ustrezno načrtovanje in odmerjanje obremenitev na treningih in posredno vplivajo na učinkovitejši proces treniranja (Vučković, Perš, Dežman, 2006).

Zaradi zapletenosti in nepredvidljivosti, ki je značilna za športne igre (še posebno moštvene), je tovrstno raziskovanje brez ustrezne video in informacijske tehnologije zelo težavno in zamudno. Razvoj tehnologije, ki bi omogočila hitrejše pridobivanje zanesljivih in natančnih podatkov, zato predstavlja prioriteto in izziv mnogim znanstvenikom in strokovnjakom po vsem svetu. Prve tovrstne tehnologije so se začele pojavljati z razvojem računalništva v 80. letih prejšnjega stoletja (Ali in Farraly, 1991), potrebnih pa je bilo še 20 let tehnološkega razvoja, da je bilo mogoče z računalniki opravljati vsaj delno avtomatizirano obdelavo videoposnetkov gibanj igralcev na tekmah (Perš in sod., 2002). Zato je bilo tovrstno raziskovanje še vedno težavno in dolgotrajno. Težave je povzročala tudi zelo različna tehnologija in še bolj metodologija zbiranja omenjenih podatkov, ki je botrovala precejšnji variabilnosti rezultatov o obremenitvah športnikov v isti športni igri (Bon, 2001).

Velik napredek na področju zanesljive metodologije pridobivanja in analiziranja podatkov o gibanju igralcev v nekaterih športnih igrah predstavlja uporaba metod računalniškega vida. Z uporabo računalniškega vida se je prvič pojavila možnost, da računalnik vsaj nekatere podatke pridobi iz posnetkov avtomatsko, ob čim manjši pomoči operaterja (Vučković, Perš, Dežman, 2006).

Želja po objektivnejšem in bolj kakovostnem raziskovanju obremenitev športnikov v posameznih športnih igrah je spodbudila raziskovalce iz komplementarnih znanosti k medsebojnemu sodelovanju. Rezultat takšnega sodelovanja je tudi sistem SAGIT, ki temelji na metodah računalniškega vida in je bil razvit na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani (Perš in Kovačič, 2000) v sodelovanju s Fakulteto za šport v Ljubljani.

Tehnologija računalniškega vida se ukvarja z metodami in algoritmi, ki služijo pridobivanju uporabnih informacij iz digitalnih slik in posnetkov s pomočjo računalnika. Prednosti te tehnologije so visoka zmogljivost obdelave podatkov, zanesljivost, hitrost delovanja in natančnost pridobljenih podatkov (Vučković, Perš, Dežman, 2006). Poleg tega je uporaba takšne tehnologije za potek igre in same športnike popolnoma neinvazivna in nemoteča. Meritev oz. pridobivanje podatkov ne predstavlja namreč nobene dodatne obremenitve ali motečega dejavnika za športnike saj ne zahteva uporabe senzorjev ali oddajnikov. To predstavlja izjemno prednost pred ostalimi tehnologijami in je za raziskovalce in športnike zelo pomembno.

Za preučevanje obremenitev rokometišev je sledilni sistem SAGIT prva uporabila Bon (2001). V naslednjih letih se je uporaba razširila tudi na squash (Vučković, 2002), košarko (Vučković, Dežman, 2001) in tenis (Filipčič, Perš, Klevišar, 2006).

Sledilni sistem SAGIT predstavlja v kontekstu sledenja igralcev v športnih igrah merilni sistem (Perš in sod., 2002). Sestavljajo ga modul za zajem podatkov, modul za sledenje, modul za prikaz podatkov in modul za analizo podatkov (Vučković, 2002). V osnovi je zasnovan za dvoranske športe. Na fiksno mesto na stropu dvorane je potrebno namestiti dve video kameri (v primeru pokrivanja večjega prostora kot je rokometno igrišče sistem omogoča tudi uporabo 4-ih kamer) s katerima posnamemo trening ali tekmo, ki jo želimo analizirati in shranimo na DVD snemalnik. Z relativno majhnimi in hitrimi posegi, lahko v isti dvorani sistem prilagodimo tako, da je možno posneti in analizirati različne športne igre. Ko

smo shranili video zapis na DVD snemalniku ga prenesemo na računalnik in digitaliziramo. Nova generacija sistema omogoča hiter in enostaven postopek digitalizacije, ki ga lahko opravi tudi sam uporabnik. Največ sprememb je v zadnjih letih doživel algoritem sledenja, ki danes uporabniku omogoča precej lažje in hitrejše sledenje igralcev kot pred leti. Če je bilo v začetni fazi potrebno od 14 do 30 dni za obdelavo oziroma pridobivanje podatkov z ene rokometne tekme, je mogoče danes obdelati eno košarkarsko tekmo že v vsega treh do štirih dneh (Vučković, Perš, Dežman, 2006).

Najnovejši sistem vsebuje tudi vmesnik za pregled, grafični prikaz ter izvoz podatkov v druge aplikacije. Sistem uporablja preizkušene metode obdelave podatkov na podlagi jezika SQL (Perš, Vučković in Kovačič, 2005). Te uporabniku omogočajo, da na relativno avtomatiziran način in z splošno namenskimi programi pridobi veliko število statističnih parametrov. Razvit je bil tudi dodatni modul, ki omogoča, da se objektivno izmerjenim podatkom o gibanju igralcev doda oznake tehnično-taktičnih aktivnosti.

Slika 1

Prikaz posnetka ene od dveh kamer in markiranja igralcev obeh ekip pri sledenju



Razvoj sistema pa poteka še naprej. Trenutno poteka delo predvsem na algoritmih obdelave pridobljenih podatkov, torej na prepoznavanju aktivnosti, avtomatskem iskanju znanih aktivnosti, avtomatskem označevanju in segmentiranju tekem.

Čeprav je košarka zelo priljubljena in razširjena igra, pa v strokovni in znanstveni literaturi ne zasledimo veliko del, ki bi ugotavljala obremenitve košarkarjev izražene s fizikalnimi enotami. Redke raziskave, ki obravnavajo to problematiko (Mahorič, 1994; McInnes in sod., 1995) uporabljajo bodisi dokaj preprosto in manj zanesljivo tehnologijo ali pa jo obravnavajo le parcialno (npr. ne analizirajo gibanja vseh igralcev, analizirajo samo del tekme ali samo eno tekmo,...). Tudi sistem SAGIT se je v košarki do sedaj uporabljal bolj ali manj le za sledenje sodnikov (Vučković, Dežman, 2001; Lončar, 2005; Erčulj, Lončar, 2006), ne pa za analiziranje gibanje košarkarjev.

Zato smo se odločili, da s pomočjo tehnologije računalniškega vida in sistema SAGIT skušamo ugotoviti pot in povprečno hitrost gibanja igralcev na treh medsebojnih tekmah dveh najkakovostnejših ekip slovenskega državnega prvenstva za člane. Glede na to, da v košarki poznamo različne tipe igralcev, ki imajo v igri različne vloge in se praviloma precej razlikujejo v igralnih značilnostih ter gibalnih in funkcionalnih sposobnostih (Erčulj, 1998), nas je tudi zanimalo ali se ti med seboj razlikujejo tudi v omenjenih fizikalnih parametrih.

METODE

S pomočjo sistema SAGIT smo ugotavljali opravljeno pot in povprečno hitrost gibanja košarkarjev na treh tekmah končnice državnega prvenstva Slovenije za člane med ekipama Union Olimpija in Geoplan Slovan v sezoni 2004/05. Za igralno enoto smo izbrali 20 minut čiste igre ali en polčas tekme, skupno smo torej na treh tekmah obdelali šest polčasov. Omenjene parametre smo ugotavljali za skupno 22 košarkarjev, ki so v posameznem polčasu tekme igrali vsaj 200 sekund. Glede na to, da je bil čas igranja pri posameznih igralcih različen, smo z ekstrapolacijo ugotavljali pot, ki bi jo igralci opravili, če bi igrali vseh 20 minut ali celoten polčas tekme. Opravljeno pot in povprečno hitrost gibanja smo izračunali tudi za tri osnovne tipe igralcev (branilce, krila in centre) in s pomočjo enosmerne analize variance ugotavljali razlike med njimi.

REZULTATI IN DISKUSIJA

V raziskavi smo najprej ugotavljali podatke o povprečni hitrosti gibanja in opravljeni poti za vse igralce obeh ekip, ne glede na igralno mesto. Pri tem smo za igralno enoto izbrali 20 minut igre ali en polčas tekme.

Tabela 1

Parametri opisne statistike za povprečno hitrost, opravljeno pot in čas igranja

	N	Min.	Max.	Sum	Mean	Std. Dev.
Vact_av	99	1,46	2,43	183,00	1,8485	,184
Vpas_av	99	,43	1,17	84,95	,8581	,120
Sact	99	339	2376	130112	1314,26	537,737
Spas	99	133	1390	53781	543,24	259,082
S20	99	1746	3054	220467	2226,94	234,692
Tact	99	202	1200	70924	716,40	293,027
Tpas	99	147	1491	63721	643,65	316,179

- Vact_av - povprečna hitrost gibanja igralcev v aktivnem delu igre (ko ura za merjenje igralnega časa teče)
Vpas_av - povprečna hitrost gibanja igralcev v pasivnem delu igre (ko ura za merjenje igralnega časa ne teče) ne vključuje odmorov med posameznimi četrtinami tekem)
Sact - opravljena pot igralcev v aktivnem delu igre enega polčasa
Spas - opravljena pot igralcev v aktivnem delu igre enega polčasa
S20 - pot, ki bi jo igralci opravili, če bi igrali vseh 20 minut ali celoten polčas tekme
Tact - čas igranja v aktivnem delu igre enega polčasa
Tpas - čas igranja v pasivnem delu igre enega polčasa

Ugotovimo lahko, da se košarkarji v aktivnem delu igre, ko ura za merjenje igralnega časa teče, gibljejo s povprečno hitrostjo 1,84 m/s in opravijo 1314 m poti. Slednji podatek nam ne pove veliko, saj igralci praviloma ne igrajo ves čas tekme oz. celotnega polčasa. Zato smo s pomočjo ekstrapolacije izračunali pot, ki bi jo igralci opravili, če bi igrali vseh 20 minut ali celoten polčas tekme (S20). V tem primeru bi igralci v povprečju opravili 2226 m poti. Če k temu dodamo še pot, ki jo igralci opravijo v pasivnem delu igre, t.j. ko ura za merjenje igralnega časa ne teče (gre v glavnem za počasna gibanja v hoji) dobimo razdaljo 3136 m na polčas tekme¹ oz. dvakrat toliko (6272 m) za celotno tekmo. Mahorič (1994) je na primeru

¹ Igralec sicer opravi nekaj poti tudi v odmorih med posameznimi četrtinami tekme. V glavnem gre za počasno hojo do klopi moštva ali v slačilnico, zato nas ta podatek v raziskavi ni zanimal.

enega igralca (branilca) ugotovil, da je celotna pot gibanja igralca na tekmi znašala 6462 metrov, kar je le nekoliko več kot smo ugotovili mi. Potrebno je še poudariti, da so se medtem spremenila pravila igre in skrajšal čas za napad iz 30 na 24 sekund. Igra je zato postala hitrejša, kar se je odrazilo tudi v povečanem številu napadov in obramb oz. prehodov iz ene v drugo fazo igre. Število napadov se je z uvedbo pravila 24 s povečalo za več kot 10 % (Dežman, 2003) in zato se je verjetno povečala tudi skupna pretečena razdaja oz. opravljena pot igralcev. Približno tako dolgo pot opravijo na tekmi tudi igralci nogometa (Dominc, 2001), medtem ko v rokometu običajno zasledimo nekoliko nižje vrednosti opravljene poti (Bon, 2001).

Ugotovljena povprečna hitrosti gibanja igralcev ustreza počasnemu teku (glede na hitrostne razrede, ki jih navaja Bonova, 2001). Jasno je, da se hitrost gibanja košarkarjev na tekmi zelo spreminja, od počasne hoje, do gibanja v hitrosti šprinta. V literaturi sicer nismo zasledili podatkov o povprečni hitrosti gibanja košarkarjev, lahko pa rečemo, da je ta očitno nekoliko višja kot pri rokometu, saj se različni tipi rokometišev v povprečju gibljejo s hitrostjo od 1,3 do 1,5 m/s (Bon, 2001).

Tabela 2

Povprečna hitrost gibanja za različne tipe igralcev in razlike med njimi

	N	Mean	Std. Dev.	Std. Error	Min.	Max.	F	Sig.
guards	40	1,9173	,15790	,02497	1,7	2,4		
forwards	27	1,8707	,23483	,04519	1,5	2,4		
centers	32	1,7438	,10841	,01916	1,5	2,0		
Total	99	1,8485	,18417	,01851	1,5	2,4	9,590	,000

Najvišjo povprečno hitrost gibanja lahko po pričakovanjih zasledimo pri branilcih. Le nekoliko nižja je ta pri krilnih igralcih in še nižja pri centrih. Razlike v povprečni hitrosti gibanja med posameznimi tipi igralcev so statistično značilne na ravni 1 % napake.

Tabela 3

Opravljena pot za različne tipe igralcev, če bi ti igrali celoten polčas (20 min) in razlike med njimi

	N	Mean	Std. Dev.	Std. Error	Min.	Max.	F	Sig.
guards	40	2300,46	188,424	29,793	2041	2923		
forwards	27	2246,45	278,540	53,605	1821	2874		
centers	32	2118,58	212,041	37,484	1746	3054		
Total	99	2226,94	234,692	23,587	1746	3054	6,028	,003

Tudi v opravljene poti prevladujejo branilci. Ti bi v aktivnem delu igre povprečju opravili 2300 m poti v enem polčasu ali 20 minutah tekme. Nekoliko krajšo pot bi opravili krilni igralci, centri pa so tudi v tem parametru najbolj inferiorni. Tudi v opravljene poti zasledimo med posameznimi tipi igralcev statistično značilne razlike na ravni 1 % napake.

Razlike, ki se pojavljajo med posameznimi tipi igralcev so dokaj pričakovane in so predvsem posledica različnih igralnih vlog in značilnosti posameznih tipov igralcev, kakor tudi modelnih značilnosti v smislu motoričnih in funkcionalnih sposobnosti (Erčulj, 1998).

ZAKLJUČEK

Rezultati raziskave v glavnem potrjujejo naša pričakovanja o opravljeni poti in povprečni hitrosti gibanja košarkarjev. Morda bi pričakovali le nekoliko višjo povprečno hitrost gibanja. Glede na to, da je čas napada v košarki omejen na 24 sekund lahko napadalci le z dinamično igro in intenzivnim gibanjem pridejo do priložnosti za neoviran met oz. priložnosti da dosežejo zadetek. Enako intenzivno mora biti tudi gibanje obrambnih igralcev, če želijo preprečiti ali vsaj ovirati met in s tem zadetek. Moštvo na tekmi v povprečju izvede približno 90 napadov (Dežman, 2003), ki večinoma zajemajo tudi podfazo hitrega prehoda iz obrambe v napad, pogosto tudi hiter protinapad. Tudi prehod iz napada v obrambo mora biti zelo hiter, drugače lahko nasprotno moštvo doseže lahek zadetek iz protinapada. Na povečano intenzivnost (hitrost) in obseg gibanja lahko precej vplivajo tudi t.i. presing obrambe, ki so v sodobni košarki, ki postaja vse hitrejša in vse bolj dinamična igra, dokaj pogoste. Kljub vsemu pa se je potrebno zavedati, da je šlo v našem primeru za tekme končnice državnega prvenstva, ki so v taktičnem pogledu pogosto dokaj specifične. Hitra in agresivna igra je praviloma tudi bolj tvegana, zato se takšne igre na tako pomembnih in izenačenih tekmah trenerji ne poslužujejo pogosto.

Spoznanja o obremenitvah košarkarjev na tekmah, vključujoč tudi razlike med posameznimi tipi košarkarjev imajo lahko velik pomen za teorijo in prakso košarke. Aplikativna vrednost te in podobnih raziskav se po našem mnenju kaže predvsem v načrtovanju in doziranju obremenitev pri treniranju košarkarjev, še posebej v sklopu kondicijske priprave, kakor tudi tehnično-taktične in igralne priprave.

Z novo generacijo sistema SAGIT, ki omogoča skoraj v celoti avtomatizirano in s tem precej hitrejšo sledenje igralcev bo možno analizirati še večje količine posnetkov oz. gibanje večjega števila igralcev. Večji vzorec igralcev in moštev nam bo omogočal pridobiti še bolj veljavne podatke, s tem pa tudi bolj poglobljena spoznanja v posamezni športni igri, ki bodo koristila tako športni znanosti, kot tudi športni praksi.

LITERATURA

- Ali, A. & Farrally, M. (1991). A Computer-Video aided Time Motion Analysis Technique for Match Analysis. *J Sport Med Phys Fitness*, 31, 82–88.
- Bon, M. (2001). Kvantificirano vrednotenje obremenitev in spremljanje frekvence srca igralcev rokometna med tekmo. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Dežman, B. (2003). Razlike v številu napadov in izbirnih kazalcih igralne učinkovitosti reprezentanc, ki so nastopale na SP za člane leta 1998 in 2002. *Trener*, 3 (1), 67 – 70.
- Dominc, D. (2001). Analiza gibanja igralcev v nogometni igri s kinematično analizo. Magistrska naloga. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Erčulj, F. (1998). Morfološko-motorični potencial in igralna učinkovitost mladih košarkarskih reprezentanc Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Erčulj, F., Lončar, M. (2006). Analysis of the movement of basketball referees in two-person and three-person officiating. V: Dancs, H. (ur.), Hughes, M. (ur.), O'Donoghue, P. (ur.). Book of proceedings. Book of abstracts. Szombathely: Bersenyi Daniel College, str. 218-225.
- Filipčič, A., Perš, J. in Klevišar, A. (2006). Comparison between young male and female tennis players in terms of distance covered. V: *IV Congreso mundial de deportes de raqueta*, (Colección congresos, 2). Alcony (Alicante): Alto Rendimiento, 2006, 3 str.
- Lončar, M. (2005). Primerjava opravljene poti, časa in hitrosti gibanja košarkarskih sodnikov na tekmah z dvema in tremi sodniki. Magistrska naloga. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Mahorič, T. (1994). Zunanje in notranje obremenitve beka na košarkarski tekmi. Diplomaska naloga. Ljubljana: Fakulteta za šport
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J. & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*. 13, 387-397.
- Perš, J. in Kovačič, S. (2000). A system for tracking players in sports games by computer vision. *Elektrotehnični vestnik*. 67(5), 281-288.
- Perš, J., Bon, M., Kovačič, S., Šibila M., in Dežman B. (2002) Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science*, 21(2), 295-311.
- Perš, J., Vučkovič, G., Kovačič, S. (2005) Analysis and pattern detection on large amounts of annotated sport motion data". In: *4th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis ISPA 2005, Zagreb, Croatia, September 2005*. (str. 339-344)
- Pori, P. (2003). **Analiza cikličnih obremenitev med rokometno tekmo pri igralcih, ki igrajo na različnih igralnih mestih v napadu. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za šport.**
- Vučković, G. (2002). Merske značilnosti sistema za sledenje gibanj igralcev na squash tekmah. Magistrska naloga. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Vučković, G., Dežman, B. (2001). Results of tracking a referee's movements during a basketball match with computer sight. V: Jürimae, T. (ur.). *Sport kinetics 2001 : human movement as a science in the new millenium : proceedings*, (Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis, Vol. 6 (Supplement)). Tartu: University of Tartu, (str. 274-277).
- Vučković, G., Perš, J., in Dežman, B. (2006). Razvoj avtomatskega sledenja gibanj igralcev na tekmah in obdelave zbranih podatkov. *Šport*, 54 (4), 27-30.