

Frane Erčulj, Matej Supej

## Vpliv utrujenosti na natančnost pri metu na koš z velike razdalje

Glavni cilj pričujoče raziskave je bil ugotoviti, kako stopenjsko povečevanje navora (utrujenosti) vpliva na natančnost pri metu na koš. V ta namen je Primož Brezec, sicer vrhunski košarkar in član slovenske državne reprezentance ter uspešen igralec NBA-moštvu Charlotte Bobcats, izvedel sedem serij po 20 metov na koš z razdalje 7,24 m, ki v skladu s pravili lige NBA predstavlja met za tri točke. Vsi meti so bili izvedeni v presledku štirih sekund. Natančnost metov smo ugotavljali s številom zadetkov in oddaljenostjo točke SZ (središče žoge) od točke SO (središče obroča). V ta namen smo s pomočjo kinematične analize, opravljene v sistemu APAS, za vsak met izračunali parabolo leta žoge in razdaljo med omenjenima točkama. Med posameznimi serijami metov je merjenec izvajal specialno košarkarsko gibalno nalogo, sestavljeno iz teka, gibanja v preži in skokov. Obremenitev pri vsaki naslednji gibalni nalogi smo stopenjsko povečevali ter pri tem merili srčni utrip in koncentracijo laktatov v krvi merjenca.

Rezultati raziskave kažejo, da se število zadetkov drastično zmanjša šele v zadnji seriji metov oz. v razmerah maksimalne utrujenosti (srčni utrip – 197 udarcev/min, koncentracija laktata – 9,7 mmol/l). Povprečna oddaljenost točke SZ od točke SO med serijami sicer niha od 13,5 do 16,6 cm, vendar se z utrujenostjo ne povečuje.

*Ključne besede: košarka, kinematična analiza, met z velike razdalje, natančnost, utrujenost.*

### Impact of fatigue on shot accuracy over a longer shooting distance in basketball

This study basically aimed to establish how a gradual increase in effort (fatigue) affects the jump height and accuracy of shots at the basket.

For this purpose, Primož Brezec, an elite basketball player performed seven series of 20 shots from a distance of 7.24 metres. All shots were executed in 4-second intervals. The accuracy of shots was established on the basis of the number of goals and distance from the centre of the ball to the centre of the rim of the basket. Thus, for each shot a kinematic analysis was applied in the APAS system to calculate the parabolas of ball flight and the distance between the two points mentioned. During an individual series of shots the subject player performed a special basketball motor task consisting of running, a defensive slide and jumps. The effort gradually increased with each motor task and, in the meantime, the subject's heart rate and concentration of lactates in his blood were measured.

The results of the study show that there are no statistically significant differences between the individual series of shots in terms of shooting accuracy and/or number of goals. The number of goals decreased drastically in the last series, i.e. in the conditions of maximum fatigue (heart rate: 197 beats/min, lactate concentration: 9.7 mmol/l).

The average distance between the center of the ball and the center of the rim in the plane of the rim ranges between 13.5 and 16.6 cm, however, it does not increase with fatigue.

*Key words: basketball, kinematic analysis, long distance shot, accuracy, fatigue*

### Uvod

V nekaterih športih je potrebno čim natančneje izvajati gibalne naloge ali natančno zadevati cilj kljub utrujenosti, ki jo povzroči intenzivno in/ali dalj časa trajajoče gibanje. Eden takih športov je tudi košarka, za katero so značilni razmeroma kratka in hitra gibanja, hitri štarti ter številna zaustavljanja, spremembe smeri in skoki. Če povzamemo ugotovitve nekaterih razisko-

valcev, ki so preučevali to področje, lahko zapišemo, da košarkar na tekmi, ki traja 4 x 10 minut, preteče od 5000 do 7000 metrov, od tega približno 54 % počasi, 40 % hitro in 6 % v šprintu (Mahorič, 1994; Dežman, Erčulj, 2005). Poleg prekinitev med posameznimi deli igre (med polčasoma je od 10- do 15-minutni odmor, med vsako četrtno pa 2-minutni) prihaja do prekinitev tudi med igro, in sicer zaradi kršenja pravil, menjav igralcev in minut odmora. Zato lahko tudi med igro

govorimo o fazi gibanja (aktivni fazi) in fazi prekinitve (pasivni fazi). Razmerje med eno in drugo je običajno približno 1 : 1 (40 minut igre in 40 minut prekinitve), če prištejemo še prekinitve med posameznimi deli igre, pa se to razmerje nagne v korist prekinitve (Dežman, Erčulj, 2005).

Pri intenzivnejših gibanjih uporabljajo igralci predvsem anaerobno alaktatno ali laktatno energijo, pri manj intenzivnih pa aerobno. Po ocenah nekaterih avtorjev (Brittenham, 1998) je košarka od 20 do 25 % aerobna in od 75 do 80 % anaerobna športna dejavnost. Povprečni srčni utrip igralca na tekmi znaša od 160 do 168 udarcev v minuti, če ne upoštevamo prekinitve med deli igre, pa lahko tudi 170 in več. Povprečna koncentracija laktatov v krvi igralca na tekmi znaša okoli 4 mmol/l, doseže pa tudi vrednosti 8 in več mmol/l (Dežman, Erčulj, 2005).

Sodobna vrhunska košarka poleg precejšnjega napora in obremenitev terja od igralcev tudi veliko mero natančnosti (Jovanović - Golubović, Jovanović, 2003). Pri tem je še posebno pomembno natančno zadevanje koša, v katerega mečemo žogo z obsegom od 75 do 78 in premerom približno 24 cm. Koš je vodoraven obroč s premerom 45 cm, ki je na tablo pritrjen na višini 305 cm.

Nekateri avtorji (npr. Sherwood in sodelavci, 1988) ugotavljajo, da je natančnost gibanja povezana s stopnjo vključenosti mišične sile v funkcionalni gib. Iz tega lahko sklepamo, da moč in vadba za moč pozitivno vplivata na natančnost izvedbe različnih gibanj. Med drugimi to potrjujejo tudi Carrol in sodelavci (2001), ki ugotavljajo, da se omenjeni vpliv kaže predvsem skozi zmanjšanje variabilnosti v amplitudi in časovnem poteku mišične aktivnosti. Kauranen in sodelavci (1998) poročajo, da sta se po povečanju moči zgornjih okončin povečali koordinacija in hitrost gibanja, zmanjšal pa se je izbirni odzivni čas. Barrata in sodelavci (1988) so ugotovili, da se v primeru zmanjšane neto mišične sile agonistov lahko zmanjša tudi natančnost delovanja teh mišic.

Iz navedenega lahko povzamemo, da moč pozitivno vpliva tudi na preciznost pri metu na koš. To potrjujejo tudi Justin in sodelavci (2006), ki so ugotovili, da vadba za maksimalno moč iztegovalk komolca izboljša natančnost pri metu na koš za tri točke, pri nalogah z angažiranjem minimalne mišične sile (pri metu pikada) pa ne. Posameznik, ki ima bolj razvito moč, bo relativno gledano manj obremenil svoje mišice pri metu na koš kot tisti, ki ima manj razvito moč. Pogosto se dogaja, da košarkarji, ki jim primanjkuje moči, aktivirajo pri metu na koš dodatne mišice, zaradi česar lahko pride

tudi do razlik v tehniki meta. To še posebno velja pri metih z velike razdalje in v primeru utrujenosti, ko je posameznik sposoben angažirati manj mišične sile.

Pri metih z velike razdalje je seveda natančnost še pomembnejša, vpliv utrujenosti na natančnost zadevanja pa po vsej verjetnosti še večji. Meti izza polkrožne črte, ki je od projekcije središča obroča na tleh oddaljena 6,25 m (v NBA celo 7,24 m), štejejo 3 in ne samo 2 točki, kot sicer velja za zadetek iz igre.

Na natančnost zadevanja metov v košarki poleg utrujenosti vplivajo še drugi dejavniki. Hudson (1982) je v zvezi z natančnostjo izvajanja prostih metov v košarki ugotovil:

- Pri kakovostnejših (uspešnejših) košarkarjih zasledimo večjo natančnost pri metu na koš.
- Pri kakovostnejših (uspešnejših) košarkarjih zasledimo boljšo stabilnost pri metu na koš (imajo bolj uravnoteženo težišče telesa in bolj vertikalni položaj trupa).
- Pri kakovostnejših (uspešnejših) košarkarjih zasledimo relativno višji izmet žoge.
- Kot in hitrost izmeta žoge pri metu na koš nista povezana s kakovostjo (uspešnostjo) igranja.

Tudi Rojas et al. (2000) ugotavljajo, da na natančnost zadevanja pri metu na koš vplivajo številni dejavniki in da ne moremo govoriti o idealnem izmetnem kotu, saj je ta odvisen od začetne izmetne hitrosti žoge.

V pričujoči študiji nas je zanimalo, kako utrujenost vpliva na nekatere značilnosti meta iz skoka, predvsem pa, kako stopenjsko povečevanje napora vpliva na natančnost meta na koš z velike razdalje. V prispevku obravnavamo zelo zanimivo in pomembno problematiko, ki ji v preteklosti znanstveniki niso namenjali pretirane pozornosti, čeprav je to eden ključnih dejavnikov uspešnosti v košarki. V sodobni vrhunski košarki je namreč potrebna visoka raven razvitosti vzdržljivosti in funkcionalnih sposobnosti igralca. Igralne okoliščine pogosto zahtevajo čim višji napor oz. obremenitev ob čim nižji utrujenosti igralca. Hkrati mora biti igralec, ne glede na stopnjo utrujenosti, sposoben realizirati in uskladiti čim višjo raven silovitosti in natančnosti pri različnih gibanjih, kar še posebno velja za met na koš z velike razdalje.

## Metode

V raziskavi je kot merjenec sodeloval vrhunski košarkar Primož Brezec, ki je član slovenske državne reprezentance in uspešen igralec NBA-moštvu Charlotte Bobcats. Izvedel je sedem serij po 20 metov na koš z raz-

dalje 7,24 m, ki v skladu s pravili lige NBA predstavlja met za tri točke. Meti so bili izvedeni v presledku štirih sekund. Za vse mete smo izvedli kinematično analizo težišča žoge v sklepni fazi leta pred vpadom v koš. Na zadnjih petih (v nekaterih primerih tudi šestih) točkah smo prilagodili modelsko funkcijo drugega reda – parabolo. Ker nas je zanimalo, kje žoga prileti v koš, smo poiskali presečišče parabole in ravnine obroča. Točka presečišča, ki smo jo označili s SZ, predstavlja mesto zadetka v koš oz. vpada žoge vanj. V primeru, da žoga ni padla v koš neposredno in se je odbila od obroča, smo naredili ekstrapolacijo parabole. V tem primeru smo za mesto zadetka poiskali presečišče ekstrapolirane funkcije z ravnino obroča. Natančnost metov smo tako ugotavljali s številom zadetkov in absolutno oddaljenostjo točke presečišča SZ od točke SO (središče obroča), ki smo jo označili s SZ-SO.

Med posameznimi serijami metov je merjenec izvajal specialno košarkarsko gibalno nalogo, sestavljeno iz teka, gibanja v preži in skokov. Obremenitev pri vsaki naslednji gibalni nalogi smo stopenjsko povečevali in pri tem merili srčni utrip merjenca, po končani obremenitvi in pred vsako serijo metov pa smo merili tudi koncentracijo laktatov v njegovi krvi.



Primož Brezec pri metu na koš

Podatke smo obdelali s statističnim paketom SPSS. Pri primerjavi podatkov in ugotavljanju razlik med serijami metov smo si pomagali z deskriptivno statistiko in enosmerno analizo variance.

## Rezultati

Rezultati raziskave kažejo, da pri natančnosti zadevanja oz. številu zadetkov ni statističnih razlik med posameznimi serijami metov (preglednica 1). Število zadetkov se drastično zmanjša šele v zadnji seriji oz. v razmerah maksimalne utrujenosti (srčni utrip – 197 udarcev/min, koncentracija laktata – 9,7 mmol/l). Povprečna oddaljenost točke SZ od točke SO (absolutni odmik vpada žoge od središča obroča) med serijami sicer niha od 13,5 do 16,6 cm (preglednica 1), vendar se z utrujenostjo ne povečuje.

**Preglednica 1: Opisna statistika in enosmerna analiza variance**

	SUTek	SUMet	La	MetV/Z	SZ-SO
1. serija (XA/S.D.)	173.854 8.934	149.023 11.705	0.8	20/9	13.539 6.137
2. serija (XA/S.D.)	185.467 4.885	180.244 2.639	2.1	20/10	16.604 11.336
3. serija (XA/S.D.)	189.031 4.326	186.256 1.515	3.9	20/9	15.089 12.250
4. serija (XA/S.D.)	195.283 6.028	192.971 2.872	4.5	20/8	15.436 9.465
5. serija (XA/S.D.)	197.244 4.209	196.603 2.760	6.2	20/12	13.726 9.412
6. serija (XA/S.D.)	198.604 2.337	197.522 1.855	8.1	20/8	15.595 9.843
7. serija (XA/S.D.)		197.617 1.999	9.7	20/6	14.560 8.141
Skupaj (XA/S.D.)	189.944 10.378	185.742 17.119	5.0	140/62	14.936 9.534
F	192.531	374.343		.690	.250
F (sig.)	.000	.000		.658	.959

Legenda:

SUTek povprečni srčni utrip med posameznimi serijami specialne košarkarske gibalne naloge [št. udarcev/min.]

SUMet povprečni srčni utrip med posameznimi serijami metov na koš [št. udarcev/min.]

La koncentracija laktata v krvi po koncu gibalne naloge in pred serijo metov na koš [mmol/l krvi]

MetV/Z število vrženih metov/število zadetih metov

SZ-SO absolutni odmik vpada žoge od središča obroča v ravnini koša [cm]

Diagram 1 prikazuje absolutni odmik žoge od središča obroča (koša) SZ-SO. Ugotovimo lahko, da so mediani absolutnega odmika med serijami zelo podobni in se v 95-odstotnem intervalu zaupanja med seboj ne razlikujejo. Razlikujejo se le širine 95-odstotnega intervala zaupanja mediana in širine porazdelitev. Opazneje

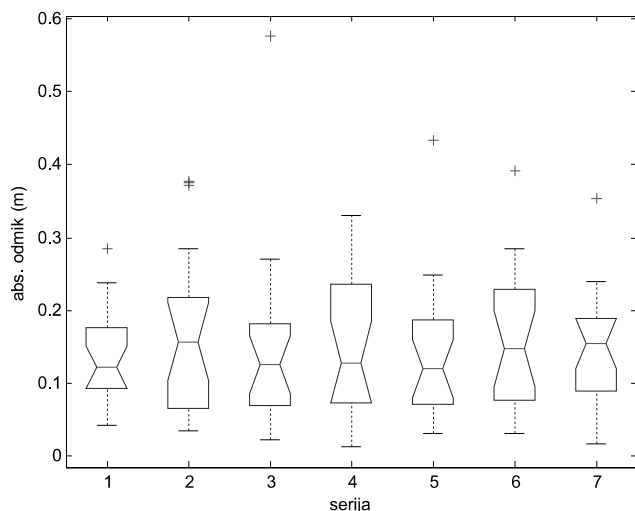
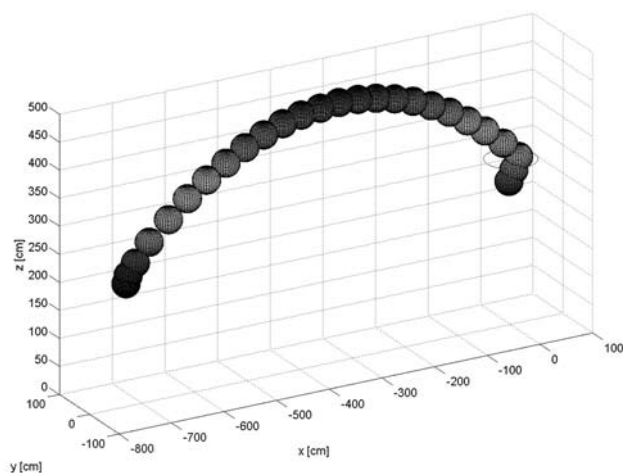


Diagram 1: Absolutni odmik vpada žoge od središča obroča<sup>1</sup>

odstopajo nekateri bolj zgrešeni meti, ki pa se pojavijo skoraj v vsaki seriji – outlierji.



Trajektorija leta žoge, dobljena s pomočjo kinematične analize in grafično predstavljena v programskem okolju Matlab

## Razlaga

Rezultati raziskave (preglednica 1) kažejo, da število zadetkov v prvih šestih serijah niha od 8 do 12 in se šele v zadnji seriji oz. v razmerah maksimalne utrujenosti (srčni utrip – 197 udarcev/min, koncentracija laktata – 9,7 mmol/l) zniža na 6. Očitno je pri metih na koš merjenec našel mehanizme, s katerimi je kljub precejšnji utrujenosti ohranil natančnost. Zanimivo bi bilo ugo-

<sup>1</sup>Grafično so prikazani median za vsako serijo (srednja horizontalna črta v liku), 95-odstotni interval zaupanja za median (izbočeni del lika), zgornji in spodnji kvartil (zgornja in spodnja mejna črta lika), celotno območje vzorca (podaljšani črti iz lika) ter outlierji (označeni s plusi), ki so po definiciji vrednosti, ki odstopajo od mediana več kot 1,5-kratna širina med spodnjim in zgornjim kvartilom.

toviti, ali je to dosegel tudi s spremenjeno (prilagojeno) tehniko meta, kar bi lahko pokazala 3D kinematična analiza metalca. Vsekakor pa je sposobnost ohranjanja natančnosti kljub veliki utrujenosti zelo pomembna in kaže na to, da gre v našem primeru za resnično vrhunskega košarkarja. Omenjena sposobnost pride do izraza v igri predvsem ob koncu tekme, ko je običajno utrujenost večja. Prav takrat se velikokrat tudi odloča o zmagovalcu tekme in moštvo, ki ima več takšnih posameznikov, ima zagotovo prednost pred drugimi.

Še bolj objektivno in občutljivo merilo natančnosti je v našem primeru absolutni odmik vpada žoge od središča obroča. Ugotovimo lahko, da je bil povprečni odmik središča žoge od središča obroča v višini ravnine obroča pri vseh metih nekaj manj kot 15 cm (preglednica 1, diagram 1). Z drugimi besedami, merjenec je v povprečju zgrešil središče obroča za 15 cm. Navedenega odmika sicer ne moremo jemati kot absolutnega merila natančnosti, saj zaradi hitrosti žoge in vpadnega kota, ki pri metu iz takšne razdalje lahko znaša le nekaj nad 40° (Rojas et al., 2000; Miller, Bartlett, 1993; Jovanović - Golubović, Jovanović, 2003), ne moremo zadeti koša pod poljubnim kotom zaradi geometrijskih omejitev. Zato zaznamo pri vpadni točki žoge v koš določen vzdolžni odmik v smeri naprej. Ta lahko znaša tudi 10 in več cm, pa met ne bo predolg oz. bo žoga še vedno padla v koš. Zato ne preseneča ugotovitev, da vrednosti absolutnega odmika vpada žoge od središča obroča niso vedno skladne s številom zadetih metov. Absolutna natančnost bi bolj prišla do izraza pri zelo velikem številu ponovitev. Možno je tudi, da je bil kakšen od zgrešenih metov (ali celo več) zelo nenatančen oz. da je pri enem ali več zgrešenih metov prišlo do velikega odmika, še vedno pa ne dovolj, da bi bil razpoznan kot »oulier«, kar seveda lahko pomembno vpliva na povprečje.

Na koncu bi želeli ponovno poudariti, da pri natančnosti zadevanja oz. številu zadetkov ne zasledimo statističnih razlik med posameznimi serijami metov. Število zadetkov se drastično zmanjša šele v zadnji seriji oz. v razmerah maksimalne utrujenosti (srčni utrip – 197 udarcev/min, koncentracija laktata – 9,7 mmol/l). Povprečna oddaljenost točke SZ od točke SO (absolutni odmik vpada žoge od središča obroča) med serijami sicer niha od 13,5 do 16,6 cm, vendar se z utrujenostjo ne povečuje statistično pomembno.

Kljub temu, da s pričujočo študijo nismo zaznali občutnega zmanjšanja natančnosti pri metu na koš, ki bi bilo posledica utrujenosti (razen pri maksimalni utrujenosti), pa bi bilo zanimivo ugotoviti, ali in kako utrujenost vpliva na hitrost, kot in višino izmeta žoge ter vzdolžni

odmik in vpadni kot žoge v koš ter še na nekatere druge kinematične parametre meta iz skoka z velike razdalje. Na osnovi teh parametrov in kinematične analize gibanja pri metu na koš bomo poskušali tudi ugotoviti, ali prihaja zaradi utrujenosti do kvantitativnih in kvalitativnih sprememb pri tehniki meta, in jih tudi analizirali.

## Literatura

- Brittenham, G. (1996). *Complete conditioning for basketball*. New York: Human Kinetics.
- Dežman, B., Erčulj, F. (2005). *Kondicijska priprava v košarki [Conditioning for basketball]*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Carroll, T. J., Carson, R. G., Riek, S. (2001). Neural adaptations to resistance training. Implications for movement control. *Sports Medicine*, 31(12): 829–40.
- Hudson, J. L. (1982). *A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball*.
- In J. Terauds (Ed.), *Biomechanics in Sports* (pp. 95–102). Del Mar, CA: Academic Publishers.
- Jovanović - Golubović, D., Jovanović, I. (2003). *Antropološke osnove košarke*. Niš: Univerzitet u Nišu, Fakultet fizičke kulture.
- Justin, I., Strojnik, V., Šarabon, N. Vpliv povečanja maksimalne moči iztegovalk komolca na sposobnost natančnega zadevanja pri metu pikada in metu za tri točke v košarki [Impact of increased maximum power of elbow extensors on the precision of dart throws and three-point basketball shots]. *Šport*, 2: 51–55.
- Kauranen, K. J., Siira, P. T., Vanharanta, H. V. (1998). A 10-week strength training program: effect on the motor performance of an unimpaired upper extremity. *Arch Phys Med Rehabil*. 79(8): 925–30.
- Mahorič, T. (1994). *Zunanje in notranje obremenitve beka na košarski tekmi [Internal and external loadings of a guard on basketball match]*. Ljubljana: Fakulteta za šport.ž
- Miller, S., Bartlett, R. M. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of sport sciences*, 11: 285–293.
- Miller, S., Bartlett, R. M. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of sport sciences*, 14: 243–253.
- Rojas, F. J., Cepero, M., Onã, A., Gutierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an Opponent. *Ergonomics*, 2000, 43(10): 1651–1660.
- Sherwood, D. E., Schmidt, R. A., Walter, C. B. (1988). The force/force variability relationship under controlled temporal conditions. *Journal of Motor Behaviour*, 20: 106–116.

Dr. Frane Erčulj, izr. prof.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Gortanova 22,  
1000 Ljubljana – Katedra za košarko

frane.erculj@fsp.uni-lj.si