



Nejc Bončina,
Milan Čoh

Analiza izbranih biomehanskih značilnosti prehoda preko ovire pri teku vrhunske tekmovalke na 100 metrov z ovirami

Izvleček

Namen študije je bil ugotoviti in analizirati biomehanske značilnosti prehoda 6. ovire pri teku na 100 m ovire olimpijske zmagovalke in svetovne prvinke Sally Pearson. Analizo tehnike prehoda ovire smo opravili na mednarodni tekmi IAAF World Challenge – Zagreb 2011. Uporabljena je bila metoda 3–D kinematične analize. V postopku obdelave podatkov je bil uporabljen računalniški sistem APAS (*Ariel Performance Analysis System*). Izvedena je bila digitalizacija 15-segmentnega modela telesa atletinje, ki je bil definiran s 17 referenčnimi točkami. Rezultati študije so pokazali izjemno racionalnost tehnike prehoda ovire, ki se kaže v časovnem intervalu od odriva do doskoka za oviro (0.31 sekunde), v kratkih kontaktnih časih faze odriva (0.10 sekunde) pred oviro in doskoka za oviro (0.09 sekunde), nizki paraboli leta skupnega težišča (0.25 m), minimalnem zmanjšanju horizontalne hitrosti in učinkoviti tranziciji prehoda ovire v sprint med ovirami. Ugotovljene biomehanske značilnosti lahko služijo izdelavi posodobljenega modela tehnike teka žensk na 100 m z ovirami.

Ključne besede: tek čez ovire, tehnika, biomehanika, prehod ovire.



Analysis of selected biomechanical characteristics of hurdle clearing by an elite female runner in 100-metre hurdles

Abstract

The purpose of the study was to establish and analyse biomechanical characteristics of the clearing of the 6th hurdle by an Olympic winner and world champion Sally Pearson in the 100-metre hurdles. An analysis of the hurdle clearing technique was conducted during the international 2011 IAAF World Challenge in Zagreb, Croatia. The 3-D kinematic analysis method was applied. Data processing was performed by APAS (*Ariel Performance Analysis System*). A 15-segment model of the athlete's body, defined with 17 reference points, was digitalised. The study results showed extreme rationality of the hurdle clearing technique, which was reflected in the time interval from push-off to landing behind the hurdle (0.31 sec), short contact times of the push-off phase (0.10 sec) in front of the hurdle and of the landing phase behind the hurdle (0.09 sec), a low parabola of the flight of the body's centre of gravity (0.25 m), a minimum decline in horizontal velocity and an effective transition from hurdle clearing to sprinting between hurdles. The established biomechanical characteristics can be applied for creating a modernised running model for women's 100-metre hurdles.

Key words: hurdles, technique, biomechanics, hurdle clearing

■ Uvod

Biomehanski model prehoda ovire pri teku na 100 metrov z ovirami je bil narejen na osnovi značilnosti tehnike avstralske atletinje Sally Pearson, ki spada med najboljše tekačice v teku na 100 metrov z ovirami na svetu. Največji dosežek njene dosedanje kariere je zlata medalja na Olimpijskih igrah v Londonu leta 2012 v teku na 100 metrov z ovirami. Je nosilka še mnogih drugih vrhunskih dosežkov, kot so zlata medalja na svetovnem prvenstvu v Daeguju leta 2011, zlata medalja na svetovnem prvenstvu v Londonu leta 2017, srebrna medalja na Olimpijskih igrah v Pekingju leta 2008 in srebrna medalja na svetovnem prvenstvu v Moskvi leta 2013. Njen osebni rekord v teku na 100 metrov z ovirami znaša 12,28 sekund, kar predstavlja šesti najhitrejši čas v zgodovini te discipline.

Tek čez visoke ovire spada med tehnično najzahtevnejše atletske discipline. Glede na nekatere dosedanje raziskave (Iskra, 1998; Blazevich, 2013) je tehnika racionalnega prehoda ovire (ang. *hurdle clearance technique*) eden ključnih elementov, ki definira tekmovalni rezultat. Tek na 100 metrov čez ovire je kombinacija cikličnega šprinta in acikličnega prehoda 10 ovir, ki so visoke 0,85 m. Tekoč čez ovire mora tako imeti visok nivo šprinterskih sposobnosti, specialne gibljivosti v kolčnem sklepu (fleksibilnosti), hitre moči in visok nivo tehničnega znanja. Pri prehodu ovire mora biti izguba horizontalne hitrosti čim manjša, kar pa je odvisno od številnih dejavnikov, zlasti tistih, ki definirajo odriv pred oviro, trajektorijo gibanja skupnega težišča in doskok za oviro (Ito, Togashi, 1997; Kampmiller, Slamka in Vanderka, 1999; Amritpal in Shamsher, 2015). Za racionalen prehod ovire sta pomembni razdalji mesta odriva od ovire in mesto doskoka za oviro. Pravilen položaj teh dveh točk pogojuje optimalno trajektorijo leta skupnega težišča, kar se odraža v času leta, ki mora biti optimalen glede na druge dejavnike, tako da je prehod ovire čim krajši (Schluter, 1981; Dapena, 1991). Poleg pravilnega položaja je pomembna kinematično-dinamična struktura odriva in doskoka, ki direktno vplivata na hitrost prehoda ovire (La Fortune, 1988; McLean, 1994).

Cilj študije je bil ugotoviti izbrane biomehanske značilnosti prehoda preko šeste ovire pri teku vrhunske atletinje v tekmovalnih razmerah.

■ Metode

V študijo je bila vključena vrhunska tekmovalka Sally Pearson (starost 25 let, telesna višina 1,67 m, telesna teža 60 kg, P. R. na 100 m z ovirami 12,28 s). Biomehansko analizo smo opravili na mednarodni tekmi IAAF World Challenge – Zagreb 2011 na atletskem stadionu Mladosti na Hrvaškem. Vremenski pogoji so bili optimalni, zunanja temperatura je bila 23,0 °C, veter rahlo v hrbet. Dovoljenje za izvedbo biomehanskih meritev smo pridobili od tehničnega delegata Evropske atletske federacije (European Athletics) in organizacijskega komiteja tekmovanja. Tekmovalno stezo v coni 6. ovire smo pokrili z 2 visokofrekvenčnima

kamera CASIO – DIGITAL CAMERA EX-F1 (Casio Computer Co., Ltd., Tokyo, Japan), ki sta bili medsebojno povezani in sinhronizirani. Kameri sta imeli frekvenco 300 Hz z ločljivostjo 720 x 576 točk. Cono 6. ovire smo umerili z referenčnim merilnim okvirjem velikosti 2 m x 2 m x 2 m, pri čemer smo upoštevali osem točk kalibracijskega okvirja. V postopku obdelave podatkov je bil uporabljen računalniški sistem za 3-D kinematično analizo APAS (Ariel Performance Analysis System). Izvedena je bila digitalizacija 15-segmentnega modela telesa atletinje, ki je bil definiran z 17 referenčnimi točkami (Winter, 2005). Koordinate točk smo pogladili z digitalnim filtrom s frekvenco 14 Hz. Snemali smo s frekvenco 300 Hz,

Tabela 1

Kinematični parametri prehoda 6. ovire (Sally Pearson, rezultat 100 m ovire 12,68) – IAAF World Challenge, Zagreb, 2011

PARAMETRI	ENOTA	VREDNOST
Povprečna hitrost TT v fazi leta pri prehodu ovire (xy)	m/s	8,58
ODRIV – PRVI KONTAKT		
Horizontalna hitrost TT	m/s	8,76
Vertikalna hitrost TT	m/s	-0,46
Rezultanta hitrosti (xy) TT	m/s	8,77
Višina TT	m	0,96
Razdalja odriva do ovire	m	2,31
ODRIV – ZADNJI KONTAKT		
Horizontalna hitrost TT	m/s	8,51
Vertikalna hitrost TT	m/s	1,45
Rezultanta hitrosti (xy) TT	m/s	8,63
Višina TT	m	1,03
Kot odriva	°	81,3
Čas odriva	s	0,10
LET		
Čas leta	s	0,31
Višina TT nad oviro	m	0,25
Maksimalna višina TT	m	1,16
DOSKOK – PRVI KONTAKT		
Horizontalna hitrost TT	m/s	8,53
Vertikalna hitrost TT	m/s	-0,93
Rezultanta hitrosti (xy) TT	m/s	8,58
Višina TT	m	1,08
Razdalja doskoka za oviro	m	0,86
ODRIV – ZADNJI KONTAKT		
Horizontalna hitrost TT	m/s	8,37
Vertikalna hitrost TT	m/s	-1,03
Rezultanta hitrosti (xy) TT	m/s	8,38
Višina TT	m	1,05
Čas doskoka	s	0,09

digitalizacija točk pa je bila opravljena na 100 Hz. Iz digitaliziranih točk je bilo izračunano težišče telesa (TT) na osnovi antropometrijskih tabel (Winter, 2005).

Rezultati

Glede na rezultate biomehanske analize (Tabela 1, Slika 1) smo ugotovili, da je imela atletinja pri prehodu 6. ovire povprečno hitrost 8,58 m/s. Celotna dolžina koraka čez oviro je znašala 3,17 m. Korak pred oviro je bil dolg 2,31 m, kar znaša 72,9 % celotne dolžine. Razdalja dela koraka za šesto oviro je merila 0,86 m oziroma 27,1 % celotne dolžine koraka čez oviro.

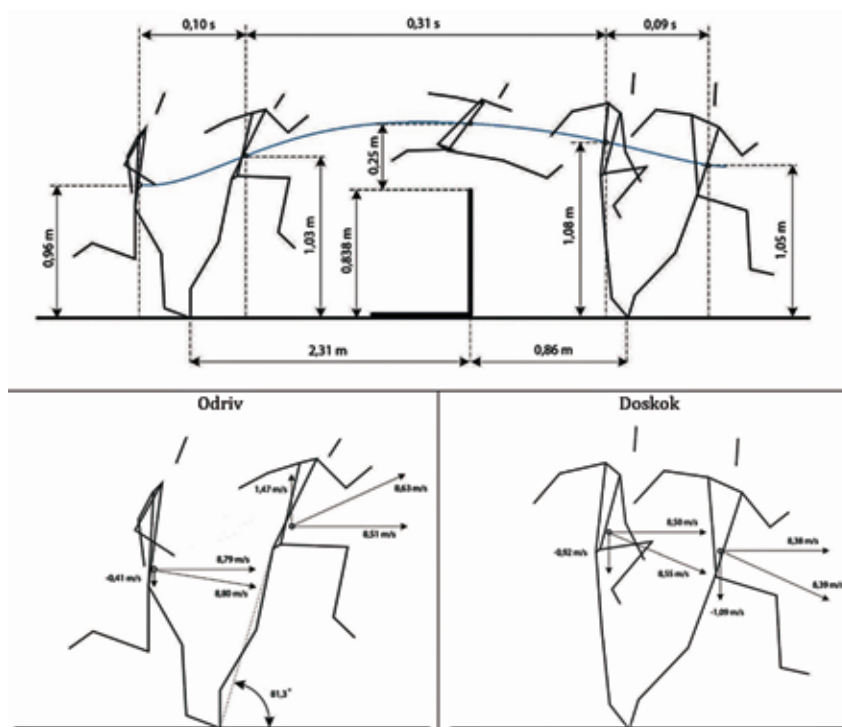
Najvišja točka težišča telesa (TT) je 0,25 m nad oviro, medtem ko je najvišja točka parabole leta 1,16 m. Razlika med najnižjo točko TT v ekscentrični fazi odriva (0,96 m) pred oviro in najvišjo točko TT v fazi leta (1,16 m) je 0,20 m. Racionalnost prehoda ovire se kaže tudi v kratkem času leta, ki znaša 0,31 s.

Odrivni kot v koncentrični fazi odriva je 81,3 stopinje. Višina TT v fazi postavitve odzivne noge je 0,96 m, ob koncu faze propulzije odriva pa 1,03 m. Dolžina poti TT v Y – vertikalni osi je 0,07 m. Ti parametri zagotavljajo optimalne pogoje za razvoj hitrosti TT med odzivom.

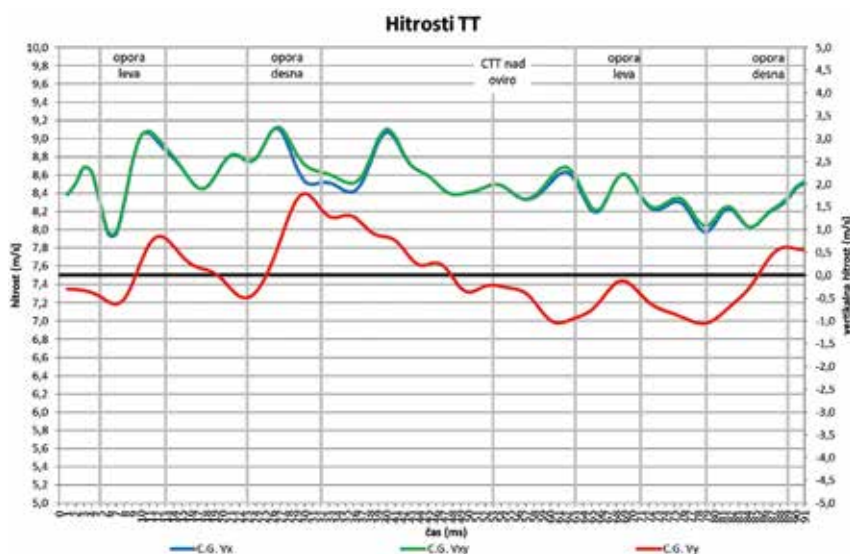
Horizontalna hitrost TT v trenutku postavitve odzivne noge je 8,79 m/s, ob koncu odriva pa 8,51 m/s (Slika 2). Horizontalna hitrost TT se med odzivom torej zmanjša za 0,28 m/s (3,2 %). Pomemben dejavnik predstavlja tudi vertikalna hitrost TT med odzivom, in sicer ta znaša 1,47 m/s. Horizontalna in vertikalna hitrost TT določata rezultanto vzletne hitrosti na oviro, ki znaša 8,63 m/s in je usmerjena pod kotom 9,6 stopinje.

Od kvalitete faze doskoka za oviro je odvisna uspešnost prehoda v nadaljnji šprint za oviro. Pri atletinji je horizontalna hitrost TT ob pristanku za oviro 8,38 m/s, kar pomeni, da je prišlo pri prehodu ovire do zmanjšanja hitrosti za 0,13 m/s (1,5 %). Glede na raziskovalno študijo Mera in Luhtana (1986) gre za nizko vrednost pomanjšanja osnovne hitrosti gibanja pri prehodu čez oviro. To pri atletinji predstavlja enega odločilnih tehničnih dejavnikov.

V trenutku prvega kontakta doskoka za oviro znaša višina TT 1,08 m. Med fazo doskoka se višina TT zmanjša za 0,03 m in v trenutku odriva znaša 1,05 m. Majhno zmanjšanje vi-



Slika 1. Biomehanska analiza prehoda 6. ovire (Sally Pearson, R: 12.68 s).

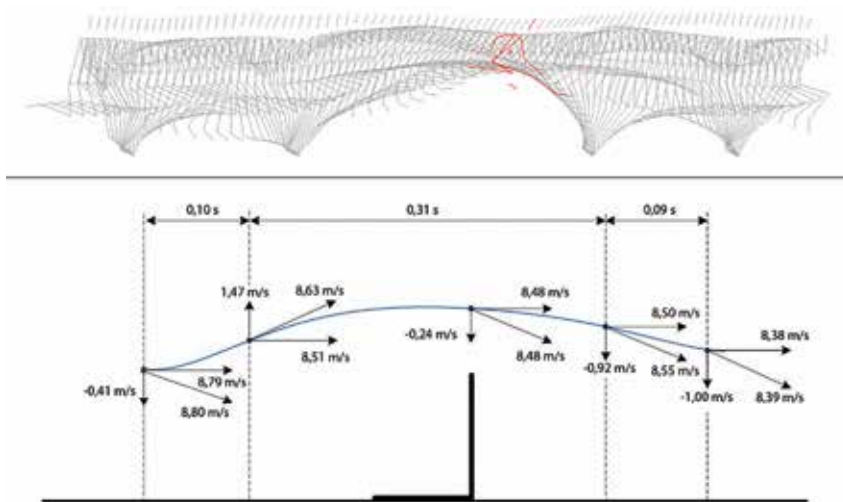


Slika 2. Analiza hitrosti centralnega težišča telesa (TT) pri prehodu 6. ovire (Sally Pearson, R: 12.68 s).

šine TT (2,8 %) med fazo doskoka in kratko trajanje te faze (0,09 s) kaže na učinkovit in racionalen prehod v šprint med ovirami. Za ohranjanje horizontalne hitrosti po prehodu ovire je zelo pomemben kontaktni čas doskoka za oviro, ki mora biti krajši od 100 ms (La Fortune, 1988; McLean, 1994).

Poleg pravilne tehnike doskoka za oviro pa je v tem primeru pomembna sposobnost mišičnega sistema, da se upira hitremu

raztezanju – togost (ang. *Stiffness*). Togost kot nevralni mehanizem delovanja mišic je odvisna predvsem od predaktivacije mišic ter delovanja miotatičnega in golgičevega tetivnega refleksa (Gollhofe in Kyrolainen, 1991). Glede na biomehanske značilnosti doskoka za oviro je značilen Short-Range Elastic Stiffness, kjer gre za takojšen mehanski odziv aktivirane mišice na ekscentrično kontrakcijo med doskokom. Ugotovljene biomehanske značilnosti, še



Slika 3. Vektorski prikaz komponent hitrosti pri prehodu 6. ovire (Sally Pearson, R: 12.68 s)*

* Slikovna in grafična oprema je avtorsko delo Stanka Štuhca.

zlasti minimiziran kontaktni čas (90 milisekund) pri doskoku za oviro ter minimalna izguba horizontalne hitrosti pri prehodu ovire, kažejo pri vrhunski tekmovalki na odlično tehniko teka čez ovire.

goča ohranjanje visoke hitrosti v šprintu med ovirami, kar je pripomoglo k njenim vrhunskim dosežkom teku na 100 metrov z ovirami.

■ Zaključek

V študiji je bila s pomočjo sodobne diagnostične tehnologije za biomehansko analizo preučevana racionalnost tehnike prehoda ovire olimpijske zmagovalke v teku na 100 metrov z ovirami Sally Pearson. Pri analizi tehnike izstopata predvsem majhna razlika med višino TT in višino ovire v trenutku prehoda ovire ter izredno majhno zmanjšanje hitrosti pri tranziciji prehoda ovire v šprint med ovirami. To tekmovalki omo-

■ Literatura

1. Amritpal, S. in Shamsher, S. (2015). Relationship Among the Technique of Hurdle Clearance Over the Different Hurdles in 110m Race. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(10) : 1591–1594.
2. Blazevich, A. (2013). *Sports biomechanics: the basics: Optimising human performance*. A&C Black.
3. Dapena, J. (1991). *Hurdle clearance technique*. Track and Field. Quart. Rev., 116 (3) : 710–712.
4. Gollhofer, A. in Kyrolainen, H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *IJSM*, 12 : 34–40.
5. Iskra, J. (1998). Bieg przez plotki – Teoretyczne podstawy i praktyczne rozwiązania treningowe. *AWF Katowice*, p. 334.
6. Ito, A. in Togashi, M. (1997). *Biomechanical analysis of hurdle running: in comparison with sprinting*.
7. Kampmiller, T., Slamka, M. in Vanderka, M. (1991). Comparative biomechanical analysis of 110 m hurdles of Igor Kovač and Peter Nedelicky. *Kinesiologia Slovenica*, 1-2: 26–30.
8. La Fortune, M. (1988). Biomechanical analysis of 110 m hurdles. *Track and Field News*, 105: 3355–3365.
9. McLean, B. (1994). The biomechanics of hurdling: Force plate analysis to assess hurdling technique. *New Studies in Athletics*, 4 : 55–58.
10. Mero, A. in Luhtanen, P. (1986). Biomechanische Untersuchung des Hurdenlaufs während der Weltmeisterschaften in Helsinki. *Leistungssport*, 1: 42–43.
11. Schluter, W. (1981). Kinematische Merkmale der 110-m Hurdentechnik. *Leistungssport*, 2 : 118–127.
12. Winter, D. (2005). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Canada: John Wiley and Sons. Inc.

Nejc Bončina, dipl. kin.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
nejc.boncina@gmail.com