

SINDROM PRENAPREZANJA U TRČANJU

Milan Čoh¹

¹Fakultet za sport, Univerzitet Ljubljana, Slovenija

doi: 10.5550/sgia.120802.se.144C

UDK: 796.422.12

PREGLEDNI ČLANAK
COBISS.BH-ID: 3465240

SAŽETAK

Hodanje i trčanje su prirodni načini ljudskog kretanja. U današnje vrijeme trčanje je efikasna aerobik vježba za održavanje vitalnih ljudskih funkcija, uglavnom kardiovaskularne i respiratorne funkcije. Nedostatak kretanja savremenog čovjeka dovodi do brojnih zdravstvenih problema i uopšte smanjuje kvalitet života. Uticaj redovnog fizičkog vježbanja na tijelo dokazan je bez ikakve sumnje, ali takođe možemo vidjeti negativne efekte fizičkog vježbanja koji su obično rezultat neprilagođenih i zahtijevnih programa vježbanja. Hodanje i trčanje su najefikasnije i najzdravije ljudske aktivnosti, ali trčanje može imati veliko opterećenje na zglobove, kosti, tetive, ligamente i mišićni sistem. Negativni efekti fizičkog vježbanja manifestuju se u vidu prenaprezanja koji često dovodi do povreda. Povrede pri trčanju i njihov razvoj odvijaju se u početku relativno neprimjetno. Očigledni simptomi sa vidljivim posljedicama po trkača nastaju relativno kasno. Identifikovanje faktora prenaprezanja čovjeka može da pomogne trkaču a i svim ostalim sportistima koji trče u svojim sportskim disciplinama. To je veliki izazov za sportsku nauku. Pravilni odgovori u pravo vrijeme na preopterećenje mogu imati značajan doprinos humanijem i bezbjednijem treningu.

Ključne riječi: trčanje, biomehanika, sindrom prenaprezanja.

UVOD

Trčanje je, pored hodanja, najprirodnije čovjekovo kretanje koje je on koristio svakodnevno u svom evolutivnom razvoju da bi preživio. U današnje vrijeme trčanje je osnovni sadržaj aerobnog vježbanja, jedan od najefikasnijih načina za održavanje funkcionalnog sistema, posebno kardiovaskularnog i respiratornog. Savremeni način života, kada ljudi rade sve duže i duže, sve napornije i pod stresom, sve više vremena provode u sjedećem položaju. Trčanje može da bude najbolja protivteža takvom načinu života. Kvalitet života modernog "sedentarnog čovjeka", nedostatak kretanja koje je značajno smanjeno ogleda se, sa svim evidentnim posljedicama, u mnogim bolestima našeg vremena. Ništa više ne uništava ljudsko tijelo nego nekretanje (Aristotel).

Trčanje kao fizička aktivnost je genetski određena. Osnovna strukturna jedinica trčanja je dvostruki korak. U okviru ciklusa trčanja postoji naizmjenični ciklus faza oslonca i faza leta. Faza oslonca počinje u trenutku kada stopalo dotakne tlo, a završava kada stopalo

napusti površinu tla. Momenat odvajanja noge od tla razgraničava ove dvije faze. Kada stopalo dotakne petom tlo to je prvi oslonac, a kada se uradi odraz prstima to se naziva posljednim osloncem. Između faza oslonca je faza leta. Rastojanje između dvije faze definiše se kao dužina koraka. Pored frekvencije koraka najvažniji parametar trčanja je dužina koraka. Dužina i frekvencija koraka su u obrnutoj proporciji i individualno su uslovljeni. Oni zavise od karakteristika trkača i njegovih mogućnosti. Pri većoj frekvenciji koraka manja je njihova dužina i obrnuto. Parametri dužine koraka zavise od morfoloških karakteristika trkača, posebno od dužine njegovih ekstremiteta, od reakcione sile podloge, vremena kontakta i ugla odraza. Prosječna dužina koraka rekreativnog trkača je 100 do 150 cm, a vrhunskog 150 do 220 cm. Frekvencija koraka, koja se manifestuje po broju koraka u jedinici vremena, zavisi od unutar i među mišićne koordinacije i funkcionisanja centralnog nervnog sistema koji reguliše kretanje mišićnih grupa agonista i antagonista (Donatti, 1995; Komi i Nicol, 2000; Mero, Komi i Gregory, 1992; Novacheck, 1997). Odnos između dužine i

frekvencije koraka je u velikoj mjeri automatizovan i pohranjen u lokomotornom centralnom nervnom sistemu (Enoka, 2003). Tehnika ljudskog trčanja je izrazito individualna i nezavisna od nivoa treninga.

BIOMEHANIKA TRČANJA

Maksimalno opterećenje na ljudsko tijelo stvaraju prva i poslednja faza oslonca (Slika 1). Vertikalna sila reakcije je između 2000 do 2500 N, a tokom sprinta čak i 3500 N (Cavagna, Komarek i Mazzoleni, 1971; Mero i saradnici, 1992, Škof i Strojnik, 2007). Snage

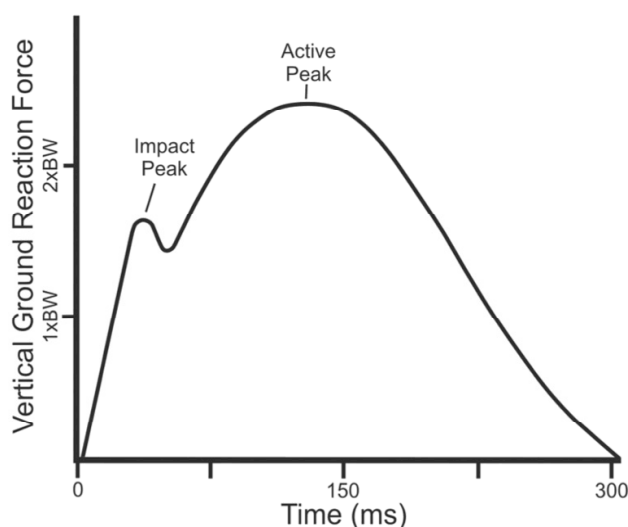
reakcije hoda su tri puta manje (Novacheck, 1997). Osnovna razlika između hodanja i trčanja je faza leta koja ne postoji u hodanju. Tokom hodanja ljudsko tijelo je uvijek sa jednom nogom u kontaktu sa podlogom.

Stopalo je jedno od najopterećenijih segmenata lokomotornog sistema tokom trčanja. Stopalo ima 26 kostiju različitih oblika i funkcije, 19 mišića i više od 100 ligamenata. Tokom trčanja na 10 km, stopalo dotakne tlo 5.000 puta pri prosječnoj dužini koraka od 2 m. Sa prosječnom masom trkača (70 kg) i sa pethodnim brojem koraka možemo zaključiti da je

SLIKA 1

Vertikalna reakciona sila podloge u fazama kontakta i odraza

(Izvor: Foot strike in runners: Influence on injury risk, 2012).



Legenda: Vertical ground reaction force - Vertikalna reakciona sila podloge; Time - Vrijeme; Impact peak - Vrh kontakta; Active peak - Aktivni vrh.

ukupna reakcija apsorpcije snage podloge 3430 kN po svakom stopalu. Ova se snaga onda prenosi na koljeno i zglobov kuka. Bez sumnje ova su opterećenja na granici adaptivnih ljudskih sposobnosti.

Reakciona sila trkača zavisi od tehnike trčanja, kako se noga postavlja na podlogu u trenutku prvog kontakta. Razlikujemo tri vrste kontakta (Daoud i saradnici, 2012; Hasegawa, Takeshi i Kramer, 2007; Lieberman i saradnici, 2009; Novacheck, 1997): petom (RFS zadnjim dijelom stopala - petom), središnjim dijelom stopala (MFS kontakt sredinom stopala) i prstima (FFS gornjim dijelom stopala) - Slika 2. Hasegawa i saradnici (2007) utvrdili su kod trkača maratonaca da koriste 75% RFS, 24% MFS, a samo 4% FFS. Istraživanja do danas nisu dala odgovor koji je najbolji model trčanja (Lieberman i saradnici, 2009). Vrhunski rezultati su postignuti sa sva tri tipa kontakta kod trkača maratonaca.

Položaj stopala je usko povezan sa funkcijom savremenih patika za trčanje koje su izrađene u skladu sa najnovijim saznanjima biomehanike i funkcionalne anatomije stopala. Osnovni zadatak patike za trčanje je mehanička zaštita stopala, djelimična neutralizacija reaktivne snage i sprječavanje povreda. Kontakt sa podlogom zadnjeg dijela stopala u smislu opterećenja znači »šok« za skočni, koljeni i zglobov kuka. Reakciona sila u ovom slučaju usmjerena je u suprotnu stranu od kretanja centra težišta tijela. Jednim dijelom ovu silu apsorbuju donovi patika za trčanje koji moraju biti odgovarajuće debljine i elastičnosti.

U odnosu na biomehaniku trčanja efikasnija tehnika je ostvariti prvi kontakt sa stopalom njegovim prednjim vanjskim dijelom (Slika 3). Na taj način stopalo kao opruga neutrališe reakcionu silu. Kontakt sa prednjim dijelom stopala, međutim, zahtijeva određenu koordinaciju i aktiviranje mišića agonista i antagonista (m. tibialis

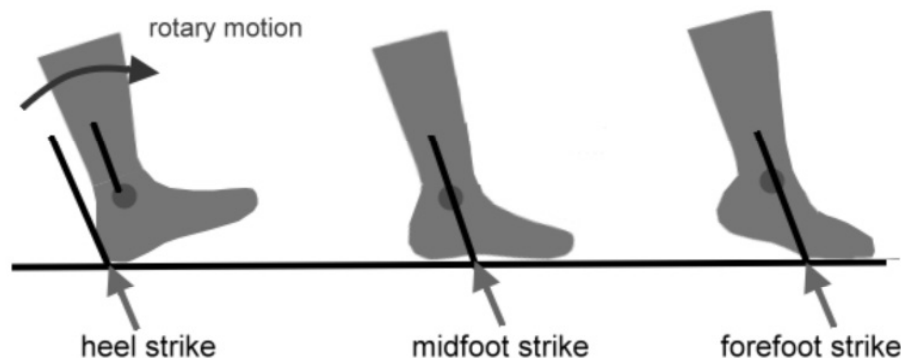
i m. gastrocnemius medialis i lateralis). Mišić m. gastrocnemius obezbjeđuje neophodnu predaktivaciju potrebnu za pravilnu krutost stopala (Komi i Nicol, 2000). Kada se mišići aktiviraju 50 milisekundi prije nego se stopalo spusti na tlo gubi se manje energije nego kod pasivnog spuštanja stopala na petu. Efikasnost i ekonomičnost trčanja ne zavisi samo od proizvodnje

hemijske energije nego i od količine mehaničke energije - elastična energija koja se generiše u ekscentričnoj fazi (prva faza kontakta stopala sa podlogom). Ekonomična tehnika trčanja je kombinacija efikasnosti hemijske i elastične energije. Istraživanja (Enoka, 2003; Komi i Nicol, 2002; Mero i saradnici, 1992) su pokazala da je odnos hemijske i elastične energije 75 : 25%.

SLIKA 2

Tehnike trčanja tabanom stopala

(Izvor: *Foot strike and injury rates*, 2012).



Legenda: Rotary motion - Rotacioni pokret; Heel strike - Dodir petom; Midfoot strike - Dodir sredinom stopala; Forefoot strike - Dodir gornjim dijelom stopala.

Tokom evolucije šetanje i trčanje pomogli su čovjeku da preživi surovu prirodu. Čovjek je trčao i hodao bos oko četiri miliona godina. Tek u modernom dobu počeo je da koristi cipele. Patike za trčanje postoje malo više od šezdeset godina u okviru vremenske istorije. Patike za trčanje se promijenile tehniku trčanja. Bosonog čovjek trčao je na prednjem dijelu stopala iskorištavajući elastičnost mišića, tetiva i ligamenata (Lieberman i saradnici, 2009). Današnji moderni trkač spušta stopalo na tlo na petu i iskorištava elastičnost donjeg dijela patika za trčanje. Osnovne funkcije patike za trčanje je apsorpcija uticaja sila tla na stopalo, stabilizacija skočnog zgloba i stopala i pružanje dobrog prijanjanja (trenja). Važno je da je prednji dio đona dovoljno krut što sprječava razvoj prekomjerne supinacije i plantarnog fascitisa stopala.

SINDROM PRENAPREZANJA

Pored činjenice da je trčanje jedan od najefikasnijih i najzdravijih ljudskih motornih aktivnosti ono takođe može imati veliki uticaj na lokomotorni sistem, posebno na zglobni, tetivni, ligamentarni i mišićni sistem donjih ekstremiteta (DeRuisseau i saradnici, 2004; Halson i Jeukendrup, 2004; Hartmann i Mester, 2000; Mujika, 2009). Negativni aspekti sportskog treninga pojavljuju se kao "kolateralna šteta" u vidu raznih povreda. Prva vrsta povreda je akutna koje se neposredno dešavaju

uz poznati mehanizam povrede i mjesta. Druga vrsta su hronične povrede zbog prenaprezanja motornog sistema posebno segmenata donjih ekstremiteta. Hronična povreda u početku je obično potpuno neprimjetna. Jasni simptomi sa poznatim posljedicama za trkača dešavaju se relativno kasno. Prvi znaci hronične povrede pripisuju se lošem zagrijavanju, pretjeranom opterećenju, nepovoljnim spoljašnjim uticajima; trkač nastavlja sa sportskim aktivnostima, problemi nisu teški i nema znakova povrede (Urhausen i Kindermann, 2002). Na teškoće koje su vezane sa sindromom prenaprezanja trkači reaguju kasno ili suviše kasno. Na mišiće, tetive, ligamente, hrskavice, kosti, nerve i krvne sudove kontinuirano opterećenje može da prouzrokuje mikrotraume i mikrostrses. Najčešći spoljni uzroci sindroma prenaprezanja su: nepravilna motorna priprema, tehnika trčanja, nagle promjene u intenzitetu treninga, neadekvatna konfiguracija terena, često jednostrano opterećenje, neadekvatan odmor i oporavak, neadekvatni klimatski uslovi i neodgovarajuća oprema. Unutrašnji uzroci sindroma prenaprezanja mogu da budu genetski i stečeni. U principu, morfološke karakteristike tijela očigledno su različitog nivoa asimetrije. Razlog mogu da budu biohemijske promjene u organizmu. Važnu ulogu takođe igraju starost i pol. Važno je da se uzroci identifikuju i analiziraju i da se djeluje u skladu sa tim. Cijeli proces eliminacije i spoljašnjih i unutrašnjih

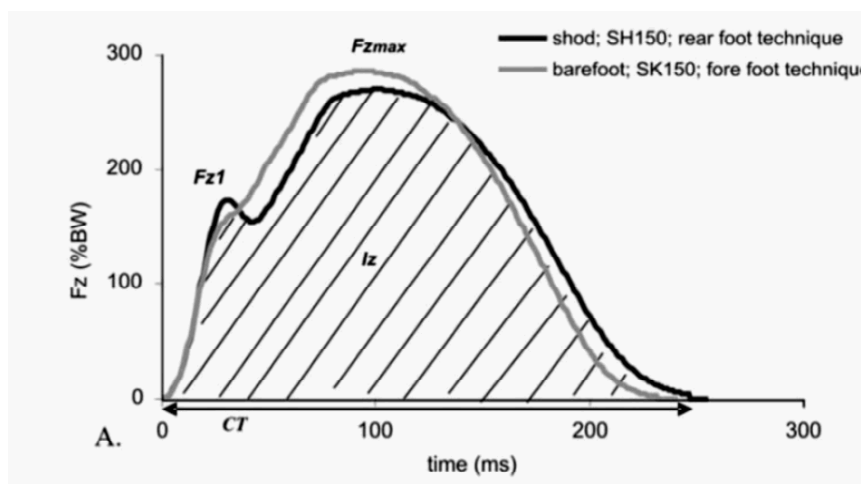
uzroka prenaprezanja motornog sistema zahtijevaju timski pristup sa uključivanjem specijalista. To su treneri, fizioterapeuti, maseri, doktori, hirurzi ortopedi. Kineziološka profesija i nauka mogu da odigraju ključnu ulogu u ranoj identifikaciji i spriječavanju pojave sindroma prenaprezanja. Ovo se odnosi na sve sportiste koji imaju trčanje u svom sportu (i na monostrukturne i na polistrukturne).

Na povećano opterećenje tijelo se prilagođava stresu hipertrofijom mišićnih vlakana, sa kolagenskim povećanjem strukture tetiva i ligamenata i povećanjem gustine koštanog tkiva. Prenaprezanje, umjesto toga, može se prilagoditi na stres u tijelu sportiste izazivajući različite patološke reakcije koje su rezultat metaboličkih poremećaja, neodgovarajućim snadbjevanjem tkiva kiseonikom i aseptičkim zapaljenjima (Hartmann i

Mester, 2000). Istraživanja (Auersperger, Ulaga i Škof, 2009; Auersperger i saradnici, 2012) su pokazala da osmonedjeljni trening izdržljivosti ima negativan uticaj na ravnotežu gvožđa kod žena. Hepcidin je bio statistički značajno niži nakon tri nedjelje i nakon završetka istraživanja. Nakon završetka istraživanja dvije trećine ispitanica imalo je smanjene rezerve željeza. U određenom stadijumu sinrom prenaprezanja je reverzibilan sa odgovarajućim terapijskim i regenerativnim procesima. Međutim, kada se taj prag prekorači dolazi do pojave metaplazmičnog tkiva. Na završetcima mišića i mišićnom tkivu pojavljuje se ožiljak, zadržavanje kalcija i okoštavanje mišića. Cijeli proces traje šest do osam nedjelja. Rezultati pokazuju pogoršanje mišićno-tetivne strukture, hrskavice i kostiju, koji više nisu u stanju da se nose sa opterećenjem. Mišićno koštani

SLIKA 3

Razlike u razvoju reakcione sile podloge – tehnika zadanji i prednji dio stopala (Izvor: Divert i saradnici, 2008).



sistem reaguje bolom i oticanjem, oštećenjem mišića, ligamenata, tetiva i sters frakturama kostiju. Najviše su pogođeni mišićni završetci, neke tetive (najčešće ahilova tetiva) i ovojnice. Zajednička karakteristika sindroma prenaprezanja ogleda se u pojavi bola i smanjenjem funkcije lokomotornog sistema (Zatsiorsky i Kraemer, 2006).

Ahilova tetiva je, bez sumnje, najkritičniji dio tijela za trkača. Bolna ahilova tetiva može da udalji sportistu nekoliko mjeseci od treninga. Ahilova tetiva je gust vlaknasti snop koji povezuje mišiće m. gastrocnemius lateralis i medialis i m. soleus sa petom. Tendinopatija je jedna od najčešćih povreda trkača. Tendinopatija znači bolna i natečena ahilova tetiva sa smanjenjem funkcionalnosti, što može da dovede do tendinitisa (zapaljenja) ili paratenonitisa (zapaljenja ovojnice). Tendinopatija se dešava približno 2-6 cm iznad završetka tetive. Tetivni bol se javlja zbog visokih sila i dugotrajnog

opterećenja. Kod tendinopatije javljaju se mikroskopska cijepanja na tetivi i tetivnoj ovojnici. Tetivni ožiljak počinje da se gomila. Osnovna funkcija ahilove tetive je da prenese snagu mišića koji je proizvode na kosti. Osim toga ona funkcioniše kao šok amortizer protiv spoljnih sila i spriječava oštećenje mišića. Ta funkcija zahtijeva određenu elastičnost, fleksibilnost i čvrstoću vlakana. Opterećenje u sprintu ahilove tetive može da dostigne 9 kN a 2,6 kN kod laganog trčanja (Lieberman i saradnici, 2009; Urhausen i Kindermann, 2002). Kod vršnih opterećenja tetiva može djelomično ili potpuno da pukne. Djelomično kidanje tetive može da bude prvog stepena (kada je pokidano 5 do 50% vlakana) i drugog stepena (kada je pokidano 50 do 80% vlakana). Tačka potpune rupture tetive nastaje kada se proteže 10 do 20% od njene početne dužine.

ZAKLJUČAK

Trčanje i hodanje su najčešće aerobne aktivnosti u rekreativnom sportu. Hodanje i trčanje su prirodni načini vježbanja, jedan od najprikladnijih načina održavanja dobre fizičke kondicije i blagostanja organizma. Postoje brojni dokazi da hodanje i trčanje smanjuje stres, snižava krvni pritisak u ukupan nivo holesterola u krvi. To su važni razlozi za popularnost hodanja i trčanja kao uobičajenog oblika rekreacije koji je posljednjih godina u stalnom porastu. Ipak, iako je neosporno da trčanje ima pozitivan uticaj na čovjeka, u rekreativnom i takmičarskom sportu primjetili smo porast negativnih efekata pogrešnog sportskog treninga koji je obično rezultat neprilagođenog i zahtijevnog programa vježbanja. Mnogobrojne povrede su takođe povezane sa različitim sadržajem trčanja. Trčanje, takođe, može imati velika opterećenja, posebno za zglobove, ligamente, tetive i mišiće donjih ekstremiteta. Kao rezultat prekomjernog opterećenja mogu se vidjeti brojne povrede lokomotornog sistema: trkačko koljeno, tendinitis ahilove tetive, iliotibilani sindrom, plantrani fasciitis, uganuće skočnog zgloba i druge fiziološko-biohemijske promjene u organizmu.

LITERATURA

- Auersperger, I., Knap, B., Jerin, A., Blagus, R., Lainšček, M., Skitek, M., & Škof, B. (2012). The effects of 8 weeks of endurance running on hepcidin concentrations, inflammatory parameters and iron status in female runners. *Int. j. sport nutr. exerc. metab*, 22(1), 55–63. PMID: 22248501
- Auersperger, I., Ulaga, M., & Škof, B. (2009). An expert model for determining success in middle-distance running = Ekspertni model uspešnosti za teke na srednje proge. *Kinesiol. Slov.*, 15(2), 5–15.
- Cavagna, G. A., Komarek, L., & Mazzoleni, S. (1971). The mechanics of sprint running. *Journal of Physiology*, 217, 709–721. PMID: 5098087; PMCID: 1331572
- Daoud, A., Geissler, F., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y., & Lieberman, D. (2012). Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *MedSci Sports Exerc*, 44(7), 1325–1334. P Mid:22217561
- DeRuisseau, K. C., Roberts, L. M., Kushnik, M. R., Evans, A. M., Austin, K., & Haymes, E. M. (2004). Iron status of young males and females performing weight-training exercise. *Med Sc Sports Exerc*, 36(2), 241–248. doi: 10.1249/01.MSS.0000113483.13339.7B; PMID: 14767246
- Divert, C., Mornieux, G., Freychat, P., Baly, L., Mayer, F., & Belli, A. (2008). Barefoot-shod running differences: shoe or mass effect? *Int J Sports Med.*, 29(6), 512–518. doi: 10.1055/s-2007-989233; PMID: 18027308
- Donatti, A. (1995). The development of stride length and frequency in sprinting. *New Studies in Athletics*, 10(1), 51–66.
- Foot strikes and injury rates. (2012). Retrived from <http://www.unchainedfitness.com/blog/foot-strikes-and-injury-rates>.
- Halsen S., & Jeukendrup, A. (2004). Does overtraining exist? An Analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med*, 34(14), 967–981. doi: 10.2165/00007256-200434140-00003
- Hartmann, U., & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 209–215. doi: 10.1097/00005768-200001000-00031
- Hasegawa, H., Takeshi, Y., & Kramer, W. (2007). Foot Strike Patterns of Runners the 15 km Point During An Elite Level Half Marathon. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 121(3), 880–893. doi: 10.1519/R-22096.1; doi: 10.1519/00124278-200708000-00040
- Enoka, R. (2003). *Neuromechanics of human movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Komi, P., & Nicol, C. (2000). Stretch –shortening cycle fatigue. In B. McIntosh and B. Nigg (Eds.), *Biomechanics and Biology of Movement* (pp. 385–408). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D'Andrea, S., ... Pitsiladis, Y. (2009). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463, 531–535. doi: 10.1038/nature08723; PMID: 20111000
- Mero, A., Komi, P., & Gregor, R. (1992). Biomechanics of Sprint Running. *Sport Medicine*, 13(6), 376–392. doi: 10.2165/00007256-199213060-00002
- Mujika, I. (2009). *Tapering and peaking for optimal performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Novacheck, T. (1998). The biomechanics of running. *Gait and Posture*, 7, 77–95. doi: 10.1016/S0966-6362(97)00038-6
- Škof, B., & Strojnik V. (2007). The effect of two warm-up protocols on some biomechanical parameters of the neuromuscular system of middle distance runners. *J. strength cond. res.*, 21(2), 394–399. doi: 10.1519/00124278-

200705000-00018; doi: 10.1519/R-18055.1;
PMid: 17530940

Urhausen A., & Kindermann W. (2002). Diagnosis of overtraining. What tools do we have? *Sports Med*, 32(2), 95–102.

Vertical ground reaction force in the touch-down and take-off phases. (2012). Retrived from

<http://www.lowerextremityreview.com/article/foot-strike-in-runners>

Zatsiorsky, V., & Kraemer, W. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Priljeno: 7. oktobra 2012
Izmjene priljene: 1. decembra 2012
Odobreno: 1. decembra 2012

Korespondencija:
Dr Milan Čoh
Fakulteta za šport
Gortanova 22
1000 Ljubljana
Slovenija
Telefon: 00386 41 72 93 56
E-mail: milan.coh@fsp.uni-lj.si