

ULOGA I ZNAČAJ ISTEZANJA U SPOTU

Analiza savremenih istraživanja

Stojanović MD, Stojanović MV, Veljović D, Međedović B, Ostojić SM

Departman za sport, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

Sažetak

Fleksibilnost se smatra značajnim segmentom fizičke pripremljenosti organizma i posledično se vežbe istezanja redovno primenjuju u trenažnoj praksi. Relativno mali broj naučnih istraživanja se bavio utvrđivanjem fizioloških odgovora organizma na vežbe istezanja kao i efektima ovog tipa vežbanja. Izgleda da porast amplitude pokreta nakon vežbi istezanja nastaje uglavnom kao posledica nervne adaptacije (tolerancije na bol). Dalje, redovno se beleži i pad pasivnog momenta sile što ukazuje na uticaj istezanja i na mehaničke karakteristike mišićno-tetivne jedinice, koje po svemu sudeći nisu trajne. Trenutno ne postoje jasni dokazi da istezanje pre fizičke aktivnosti smanjuje rizik od povređivanja. Konačno, istraživanja jednoglasno ukazuju na negativne akutne efekte istezanja na ispoljavanje maksimalne snage i njenih derivata.

Ključne reči: Fleksibilnost, Mišićno-tetivna jedinica, Povrede, Vertikalni skok

TIMS Acta (2009) 3, 66-72

Uvod

U ovom tekstu biće razmotrene a) biomehaničke karakteristike istezanja, b) efekti istezanja na nastanak povreda, i c) efekti istezanja na sportsko postignuće. Sa druge strane, u ovom tekstu neće biti razmatrani efekti istezanja na uzorku populacije bolesnika u različitim rehabilitacionim tretmanima. Vežbe istezanja predstavljaju motorički zadatak izvođenja pojedinih pokreta u cilju poboljšanja opsega izabranog pokreta, dok se fleksibilnost uglavnom definiše kroz opseg pokreta u određenom zglobu koji je izmeren u datom trenutku. Fleksibilnost se smatra značajnim segmentom fizičke pripremljenosti organizma (Corbin & Noble, 1980) i posledično vežbe istezanja redovno se koriste u trenažnoj praksi kod rekreativaca i vrhunskih sportista.

Ipak, uprkos širokoj upotrebi vežbi istezanja i njihove popularnosti sa ciljem smanjenja pasivnog otpora mišićno-tetivne jedinice, smanjenja rizika od povreda i poboljšanje postignuća, primetno je odsustvo naučno proverenih informacija koje su utvrđivale mehanizme i efekte ovog tipa vežbanja. Ključno pitanje je kako i do kog nivoa vežbe istezanja utiču na mehaničke osobine mišićno-tetivne (MT) jedinice, odnosno da li ona postaje manje kruta kao posledica vežbi istezanja? Iz sportske prakse je poznato da porast amplitude pokreta redovno nastaje kao posledica vežbi istezanja. Ipak, postoje brojni faktori koji limitiraju primenu ovakvog tipa testiranja za utvrđivanje gipkosti – često jedini indikator predstavlja ekstremni položaj ekstremiteta na koji

značajno utiču bol, tolerancija na izduživanje i refleksna aktivacija antagonista (Magnusson i sar., 1996a; McHugh i sar., 1998). Takođe, rezultati u ovim testovima praktično ne daju informaciju o elastičnim karakteristikama angažovanih mišića i tetiva. S obzirom da poboljšanja mogu da nastanu bez ikakvih promena u mehaničkoj strukturi mišićno-tetivnih jedinica izgleda da je mehanizam kojim se postiže porast amplitude pokreta pre svega definisan poboljšanjem tolerancije na izvršeno istezanje (Halbertsma & Goeken, 1994; Magnusson i sar., 1996c; Magnusson i sar., 1998; Halbertsma i sar., 1999; Bjorklund i sar., 2001; Laessoe & Voigt, 2004). Tačan mehanizam nervnih aspekata istezanja MT jedinice još uvek je nepoznat, ali je njen utvrđen uticaj doveo do definisanja novog parametra kojim se procenjuje fleksibilnost, *pasivnog momenta sile* kojim istegnuti mišići deluju suprotno pravcu istezanja (Toft i sar., 1989). Ako se ciljani mišić isteže tokom tzv. statičkog istezanja, otpor istezanja definisan kao moment sile u zglobu će opadati tokom vremena (Magnusson, 1998). Ovaj fenomen se naziva *stres relaksacija* i ukazuje da postoje efekti istezanja na mišićno-tetivni spoj što je potvrđeno pojedinim istraživanjima (McHugh i sar., 1992; Magnusson i sar., 1996a; Magnusson i sar., 1996b; Magnusson et al., 1996d; McNair i sar., 2001). Ponavljanjem 5 uzastopnih istezanja u trajanju od 90 s utvrđen je pad otpora (i krutosti) MT jedinice u svakom sledećem istezanju, ukazujući da postoje makar trenutni efekti vežbi istezanja na mehaničke karakteristike mišićno-tetivne jedinice (Magnusson i sar., 1996a). Ipak, sa ponovljenim istezanjem nakon jednog sata, utvrđeno je da efekat nestaje (Magnusson i sar., 1996a), a kada se 3 uzastopne vežbe istezanja u trajanju od 45 sekundi ponove jedna za drugom, nisu utvrđeni nikakvi trenutni efekti (Magnusson i sar., 2000a). Ovi rezultati ukazuju da istezanje može da utiče na pasivne mehaničke karakteristike MT jedinice tokom vežbe i relativno kratko vreme nakon vežbe, ali da su efekti kratkotrajni. Ipak,

moguće je da istezanje utiče na mehaničke osobine MT jedinice ako se izvode tokom dužeg vremenskog perioda. Ovo važno pitanje je postavljeno od strane nekoliko istraživača, čiji su rezultati istraživanja pokazali da ni 4 nedelje redovnog sprovođenja vežbi istezanja u ukupnom trajanju od 9000 s na uzorku zdravih osoba i 36000 s na uzorku osoba sa imobilisanim mišićnim grupama nije ostvarilo efekte na otpor pri istezanju (krutost MT jedinice) (Halbertsma & Goeken, 1994; Magnusson i sar., 1996c; Bjorklund i sar., 2001; Harvey i sar., 2003). Do sličnih rezultata došli su Kubo i saradnici (2001) koji su utvrđivali efekte treninga istezanja na uzorku aktivnih sportista. Rezultati istraživanja su pokazali da nakon 3 nedelje treninga ne dolazi do promene u mehaničkim karakteristikama tretiranih tetivnih struktura, ali da dolazi do značajne promene viskoznosti u njima. Drugim, rečima, osim jednog izuzetka (Guissard & Duchateau, 2004), dostupni rezultati istraživanja ukazuju na nepostojanje dugotrajnih efekata vežbi istezanja na otpor MT jedinice (Halbertsma & Goeken, 1994; Magnusson i sar., 1996a; Magnusson i sar., 1996c; Magnusson i sar., 1998; Halbertsma i sar., 1999; Magnusson i sar., 2000a; Bjorklund i sar., 2001; Harvey i sar., 2003; Magnusson i sar., 2000b; Laessoe & Voigt, 2004).

Efekti vežbi istezanja na učestalost sportskih povreda

Tradicionalno, generalno je prihvaćeno da istezanje obezbeđuje bolje postignuće i smanjuje broj povreda. Posledično, vežbe istezanja su redovno uključene u zagrevanje i hlađenje organizma tokom vežbanja. Ipak, naučne činjenice o preventivnim efektima istezanja na povrede izgleda da su nejasne. U literaturi je malo dobro kontrolisanih studija i kontradiktorni zaključci se javljaju u pogledu uloge istezanja u prevenciji povreda. Praksa korišćenja vežbi istezanja u cilju smanjenja broja povreda je zaokupila pažnju nekoliko preglednih članaka u prethodnih nekoliko godina (Herbert & Gabriel, 2002; Thacker i sar., 2004; Shrier, 2005). U

temeljnog preglednom članku (Shrier, 2005) utvrđeno je da od 239 istraživanja koja su se bavila ovom problematikom, samo 14 je uključivalo kontrolnu grupu. Od toga, 5 studija je utvrdilo pozitivne efekte vežbi istezanja na smanjenu incidencu povreda, 3 članka su utvrdila negativne efekte dok je 6 istraživanja konstatovalo nepostojanje bilo kakve povezanosti istezanja i broja povreda. Dalje, sva istraživanja koja su utvrdila pozitivne efekte su manjkava obzirom da su sva utvrđivala uticaj više faktora na broj povreda, pa je praktično nemoguće pozitivnu vezu pripisati samo istezanju. Jedno od najčešće citiranih istraživanja jeste istraživanje Ekstrand i sar. (1983) u kome su autori pokazali da program treninga koji u sebi sadrži 1) korekciju trenažnih opterećenja, 2) dostupnost optimalne opreme, 3) profilaktičko bandažiranje zglobova, 4) kontrolisan proces rehabilitacije, 5) isključivanje iz trenažnog procesa sportista sa nestabilnošću zgloba, 6) informisanost o značaju disciplinovane igre i povećanom porastu rizika od povreda na kampovima, i 7) superviziju doktora i fizioterapeuta, smanjuje rizik od nastanka povreda. Prirodno, ovakva strategija intervencije u trenažnom procesu onemogućava povezivanje utvrđenih efekata sa bilo kojim pojedinačnim faktorom. Druge studije su od diskutabilne vrednosti s obzirom na probleme vezane za randomizaciju ispitanika i korišćenja kontrolnih grupa (Shrier, 2005). Tri transverzalne studije (Kerner & D'Amico, 1983; Howell, 1984; Jacobs & Berson, 1986) ukazuju na mogućnost da vežbe istezanja zapravo povećavaju rizik od povreda iako ih treba uzeti sa dozom rezerve jer nisu kontrolisani mnogi drugi faktori koji su mogli dovesti do porasta broja povreda tokom trajanja eksperimenta. Šest studija (Blair & Kohl, 1987; Macera i sar., 1989; Walter i sar., 1989; Brunet i sar., 1990; Mechelen i sar., 1993; Pope i sar., 2000) utvrdilo je nepostojanje bilo kakve povezanosti vežbi istezanja i broja povreda. Jedna od najobimnijih je studija (Poppe i sar., 2000) koja je

randomizirala 1538 vojnih regruta u dve grupe, jednu sa i jednu bez vežbi istezanja u toku zagrevanja. Rezultati su pokazali da nepostoji povezanost vežbi istezanja i broja povreda. U drugoj studiji, Van Mechelen i sar. (1993) su podelili 421 trkača u grupe koje rade odnosno ne rade vežbe istezanja, pri čemu su rezultati utvrdili nepostojanje efekata istezanja na incidencu povreda. Potrebno je ipak naglasiti da su ovakve studije izuzetno komplikovane za sprovođenje, zahteva se veliki uzorak ispitanika pri čemu je potrebno kontrolisati prilično veliki broj drugih faktora koji mogu da značajno utiču na rezultate (npr. istorija povređivanja). Trenutno ne postoje jasni dokazi da istezanje pre fizičke aktivnosti smanjuje rizik od povređivanja.

Efekti vežbi istezanja na sportsko postignuće

Postoji relativno snažno prihvaćen stav u sportskoj praksi o tome da, osim što smanjuje rizik od povređivanja, istezanje utiče na poboljšanje sportskog postignuća. Očigledno je da sportsko postignuće može biti veoma sport-specifično i visoko kompleksno, i takva specifičnost često onemogućava njegovo utvrđivanje u laboratorijskim uslovima. Ipak, neki aspekti sportskog postignuća, kao što su maksimalna izometrijska i dinamička snaga, kao i visina vertikalnog skoka, se često mere i analiziraju nakon vežbi istezanja (Shrier, 2004). Postoji mnogo istraživanja koja su utvrđivala akutne efekte istezanja na sportsko postignuće definisano maksimalnom mišićnom kontrakcijom (1 RM, izometrijska ili izokinetička kontrakcija) ili vertikalnim skokom. Rezultati ukazuju da istezanje smanjuje ove tipove postignuća (Avela i sar., 1990; Kokkonen i sar., 1998; Fowles i sar., 2000; Behm i sar., 2001; Church i sar., 2001; Nelson i sar., 2001a; Nelson i sar., 2001b; Young & Elliott, 2001; Cornwell i sar., 2002; Evetovich i sar., 2003; Lauri i sar., 2003; Mcneal & Sands, 2003; Young & Behm, 2003; Behm i sar., 2004; Power i sar., 2004; Cramer i sar., 2005; Knudson & Noffal, 2005; Nelson i sar., 2005a). Primetno je da ne postoji ni jedno

istraživanje koje je utvrdilo porast sportskog postignuća nastalo kao posledica promene vežbi istezanja neposredno pre datog zadatka. Stoga, može se konstatovati da istraživanja snažno ukazuju da primena istezanja neposredno pre maksimalnog motoričkog ispoljavanja utiče na smanjenje sportskog postignuća. Izgleda da su za ovo odgovorne i nervne i mehaničke karakteristike, ali tačan mehanizam smanjenja sportskog postignuća kao posledica akutnog istezanja ostaje i dalje nepoznat. Utvrđivani su i efekti vežbi istezanja na brzinu trčanja, pri čemu rezultati uglavnom ukazuju na nepostojanje bilo kakvih uticaja. (de Vries, 1962; Pyke, 1968; Nelson i sar., 2005b). Ipak, sasvim je drugo pitanje da li aplikovanje vežbi istezanja u dužem vremenskom periodu ostvaruje uticaj na sportsko postignuće. Nekoliko istraživanja je ukazalo na mogućnost da ovako primenjene vežbe istezanja pozitivno utiču na postignuće npr. maksimalnu voljnu kontrakciju ili visinu vertikalnog skoka (Dintiman, 1964; Hortobagyi i sar., 1985; Wilson i sar., 1992; Worrell i sar., 1994; Handel i sar., 1997; Hunter & Marshall, 2002). Ipak, veličina porasta rezultata primenom vežbi istezanja u poređenju sa aplikovanjem drugih formi treninga sa istim ciljem nije istraživana. Takođe, mehanizam koji bi objasnio paradoks između efekata akutnog (negativnih) i hroničnog (pozitivnih) istezanja nije poznat. Ekonomika trčanja predstavlja još jedan parametar sportskog postignuća koji je relativno lako merljiv i predstavljen je energetskim potrebama osobe pri određenoj brzini kretanja. Iako je fleksibilnost kombinacija nervnih i mehaničkih karakteristika MT jedinice (Magnusson i sar., 1997) interesantno je primetiti da je krutost mišića povezana sa poboljšanom ekonomikom trčanja a ne suprotno (Gleim i sar., 1990). U skladu sa nedostatkom efekata kontinuirane primene vežbi istezanja na mehaničke karakteristike MT jedinice, pokazano je da habitualne vežbe istezanja

izgleda ne utiču na promenu ekonomike trčanja (Godges i sar., 1993; Nelson i sar., 2001c), iako je objavljena jedna studija koja je utvrdila mali porast neposredno nakon vežbi istezanja (Godges i sar., 1989).

Zaključak

U toku pasivnog istezanja dolazi do stres relaksacije MT jedinice odnosno postoji efekat istezanja na mehaničke karakteristike MT jedinice. Ipak, ovaj efekat traje relativno kratko (nekoliko minuta). Primena istezanja u kontinuitetu dovodi do porasta maksimalne amplitude pokreta zgloba, pri čemu je uglavnom porast tolerancije na stres, mehanizam kojim se ovaj efekat objašnjava. Trenutna saznanja ne podržavaju pretpostavku da istezanje pre aktivnosti smanjuje rizik od nastanka povreda. Ne postoje dokazi koji ukazuju na porast apsolutne snage ili sposobnosti ispoljavanja eksplozivne snage (vertikalni skok) neposredno nakon vežbi istezanja. Zapravo, postoje čvrsti dokazi o smanjenom sportskom postignuću neposredno nakon vežbi istezanja. Sa druge strane, redovna primena vežbi istezanja može da dovede do porasta maksimalne voljne kontrakcije i vertikalnog skoka ali ne i ekonomike trčanja.

LITERATURA

- Allen AG, Cornwell J D, Kokkonen JA. Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Research Quarterly Exercise Sports*. 2001; 72: 68-70.
- Avela J, Kyrolainen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology*. 1990; 86: 1283-1291.
- Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 2001; 26: 261-272.

- Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2004; 36: 1397-1402.
- Bjorklund M, Hamberg J, Crenshaw AG. Sensory adaptation after a 2-week stretching regimen of the rectus femoris muscle. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001; 82: 1245-1250.
- Blair SN, Kohl HW. Rates and risks for running and exercise injuries: Studies in three populations. *Research Quarterly*. 1987; 58: 221-228.
- Brunet ME, Cook SD, Brinker MR, Dickinson JA. A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*. 1990; 30: 307-315.
- Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001; 15: 332-336.
- Cornwell A, Nelson AG, Sidaway B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *European Journal of Applied Physiology*. 2002; 86: 428-434.
- Corbin CB, Noble L. Flexibility. a major component of physical fitness. *Journal of Physical Education Recreation*. 1980; 6: 23-60.
- Cramer JT, Housh TJ, Weir JP, Johnson GO, Coburn JW, Beck TW. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *European Journal of Applied Physiology*. 2005; 93: 530-539.
- de Vries H. The "looseness" factor in speed and O₂ consumption of an anaerobic 100-yard dash. *Research Quarterly*. 1962; 34: 305-313.
- Dintiman GB. Effects of various training programs on running speed. *Research Quarterly*. 1964; 35: 457-463.
- Ekstrand J, Gillquist J, Liljedahl SO. Prevention of soccer injuries. Supervision by doctor and physiotherapist. *American Journal of Sports Medicine*. 1983; 11: 116-120.
- Evetovich TK, Nauman NJ, Conley DS, Todd JB. Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003; 17: 484-488.
- Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *Journal of Applied Physiology*. 2000; 89: 1179-1188.
- Gleim GW, Stachenfeld NS, Nicholas JA. The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *Journal of Orthopedic Research*. 1990; 8: 814-823.
- Godges JJ, MacRae H, Longdon C, Tinberg C, MacRae P. The effects of two stretching procedures on hip range of motion and gait economy. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1989; 350-357.
- Godges JJ, MacRae PG, Engelke KA. Effects of exercise on hip range of motion, trunk muscle performance, and gait economy. *Physical Therapy*. 1993; 73: 468-477.
- Guissard N, Duchateau J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve*. 2004; 29: 248-255.
- Halbertsma JP, Goeken LNH. Stretching exercises: Effect on passive extensibility and stiffness in short hamstring of healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1994; 75: 976-981.
- Halbertsma JP, Mulder I, Goeken LN, Eisma WH. Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999; 80: 407-414.
- Handel M, Horstmann T, Dickhuth HH, Gulch RW. Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 1997; 76: 400-408.
- Harvey LA, Byak AJ, Ostrovskaya M, Glinsky J, Katte L, Herbert RD. Randomised trial of the effects of four weeks of daily stretch on extensibility of hamstring muscles in people with spinal cord injuries. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2003; 49: 176-181.
- Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *British Medical Journal*. 2002; 325: 468.
- Hortobagyi T, Faludi J, Tihanyi J, & Merkely B. Effects of intense "stretching"-flexibility training on the mechanical profile of the knee extensors and on the range of motion of the hip joint. *International Journal of Sports Medicine*. 1985; 6: 317-321.
- Howell DW. Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *American Journal of Sports Medicine*. 1984; 12: 278-282.
- Hunter JP, Marshall RN. Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2002; 34: 478-486.

- Jacobs SJ, Berson BL. Injuries to runners: A study of entrants to a 10,000 meter race. *American Journal of Sports Medicine*. 1986; 14: 151-155.
- Kerner JA, D'Amico JC. A statistical analysis of a group of runners. *Journal of the American Pediatric Medical Association*. 1983; 73: 160-164.
- Knudson D, Noffal G. Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *European Journal of Applied Physiology*. 2005; 94: 348-351.
- Kokkonen J, Nelson AG, Cornwell A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly Exercise Sports*. 1998; 69: 411-415.
- Kubo, Keitaro, Hiroaki Kanehisa, and Tetsuo Fukunaga. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology*. 2002; 92: 595-601.
- Laessoe U, Voigt, M. Modification of stretch tolerance in a stooping position. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2004; 14: 239-244.
- Laur DJ, Anderson T, Geddes G, Crandall A, Pincivero DM. The effects of acute stretching on hamstring muscle fatigue and perceived exertion. *Journal of Sports Science*. 2003; 21: 163-170.
- Macera CA, Pate RR, Powell KE, Jackson KL, Kendrick JS, Craven TE. Predicting lower extremity injuries among habitual runners. *Archives of Internal Medicine*. 1989; 149: 2565-2568.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Kjaer M. Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *American Journal of Sports Medicine*. 1996a; 24: 622-628.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *Journal of Physiology*. 1996b; 497: 291-298.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle [published erratum appears in *J Physiol (Lond)* 1996; 15: 857]. *Journal of Physiology (Lond)*. 1996c; 15: 291-298.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Dyhre-Poulsen P, Aagaard P, Mohr T, & Kjaer M. Viscoelastic stress relaxation during static stretch in human skeletal muscle in the absence of EMG activity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 1996d; 6: 323-328.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Boesen J, Johannsen F, Kjaer M. Determinants of musculoskeletal flexibility: viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 1997; 7: 195-202.
- Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 1998; 8: 65-77.
- Magnusson SP, Aagaard P, Simonsen E, Boesen-Moller F. A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*. 1998; 19: 310-316.
- Magnusson SP, Aagaard P, Nielson JJ. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring musculotendon unit. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2000a; 32: 1160-1164.
- Magnusson SP, Aagaard P, Larsson B, Kjaer M. Passive energy absorption by human muscle-tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. *Journal of Applied Physiology*. 2000b; 88: 1215-1220.
- McHugh MP, Magnusson SP, Gleim GW, Nicholas JA. Viscoelastic stress relaxation in human skeletal muscle. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2002; 24: 1375-1382.
- McHugh MP, Kremenic IJ, Fox MB & Gleim GW. The role of mechanical and neural restraints to joint range of motion during passive stretch. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30: 928-932.
- McNair PJ, Dombroski EW, Hewson DJ, Stanley SN. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2001; 33: 354-358.
- Mcneal JR, Sands WA. Acute static stretching reduces lower extremity power in trained children. *Pediatric Exercise Science*. 2003; 15: 139-145.
- Nelson AG, Guillory IK., Cornwell C, Kokkonen J. Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001a; 15: 241-246.
- Nelson AG, Kokkonen J, Eldredge C, Cornwell A, Glickman-Weiss E. Chronic stretching and running economy. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2001c; 11: 260-265.
- Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005a; 19: 338-343.

Nelson AG, Driscoll NM, Landin DK, Young MA, Schexnayder IC. (2005b). Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *Journal of Sports Sciences*. 2005b; 23: 449-454.

Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2000; 32: 271-277.

Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2004; 36: 1389-1396.

Pyke FS. The effect of preliminary activity on maximal motor performance. *Research Quarterly*. 1968; 39: 1069-1076.

Shrier I. Does stretching improve performance?: a systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sports Medicine*. 2004; 14: 267-273.

Shrier I. Does stretching help prevent injuries? *Evidenced Based Sports Medicine*, 2005.

Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, Kimsey CD Jr. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2004; 36: 371-378.

Toft E, Espersen GT, Kalund S, Sinkjaer T, and Hornemann BC. Passive tension of the ankle before and after stretching. *American Journal of Sports Medicine*. 1989; 17: 489-494.

van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC, Voorn WJ, de Jongh HR. Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *American Journal of Sports Medicine*. 1993; 21: 711-719.

Walter SD, Hart LE, McIntosh JM, Sutton JR. The ontarion cohort study of running-related injuries. *Archives of Internal Medicine*. 1989; 149: 2561-2564.

Wilson GJ, Elliott BC, Wood GA. Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 1992; 24: 116-123.

Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1994; 20: 154-159.

Young W, Elliott S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Research Quarterly Exercise Sports*. 2001; 72: 273-279.

Young WB, Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*. 2003; 43: 21-27.

Kontakt

M Stojanović, Fakultet za sport i turizam, Radnicka 30/II, Novi Sad
E-mail: marko.stojanovic@tims.edu.rs