

Učinkovitost vadbenih programov za obravnavo poškodb zadnjih stegenskih mišic – pregled literature

The effectiveness of exercise protocols for treating hamstring injuries – literature review

Žiga Kukec¹, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Zadnje stegenske mišice so pri športnikih, ki se ukvarjajo s tekom, skakanjem in brcanjem, najpogosteje poškodovana mišična skupina. Namen članka je pregledati objavljene rezultate znanstvenih raziskav o učinkovitosti različnih vadbenih programov po poškodbi zadnjih stegenskih mišic in dati priporočila za učinkovito fizioterapevtsko obravnavo. **Metode:** Vire smo omejili na poročila o randomiziranih kontroliranih poskusih, objavljenih od leta 2000 naprej. Uporabljene so bile podatkovne zbirke Medline, CINAHL in PEDro. **Rezultati:** Glede na merila izbora je bilo v pregled vključenih pet poročil randomiziranih kontroliranih poskusov. Rezultati kažejo, da so se v šport najhitreje vrnila pacienti, ki so izvajali večjo količino statične raztezne vadbe. Najdlje pa so za polno vrnitev v šport potrebovali pacienti, ki so izvajali nespecifično izotonično vadbo, brez poudarjene aktivacije mišic med ekscentrično fazo krčenja. Razlike v rezultatih raziskav so v veliki meri odraz različnih meril za vrnitev v šport. **Zaključki:** Program terapevtske vadbe naj vključuje v funkcijo usmerjeno vadbo s poudarjeno ekscentrično fazo krčenja pri daljših mišično-kitnih dolžinah ter vadbo, ki temelji na izboljšanju živčno-mišičnega uravnavanja ledveno-medeničnega predela. Za uspešno zdravljenje je treba terapevtsko vadbo za krepitev dopolniti z raztezanjem poškodovanih mišic, vendar optimalna vrsta in količina raztezanja za zdaj nista znani.

Ključne besede: poškodbe v športu, poškodba zadnjih stegenskih mišic, ruptura zadnjih stegenskih mišic, ekscentrična vadba, fizioterapija.

ABSTRACT

Background: Hamstrings are the most frequently injured muscle group amongst athletes who perform high volumes of running, jumping or kicking activities. The aim of this article is to review published scientific studies of the effectiveness of various exercise protocols used for treating hamstring injury and give recommendations for effective physiotherapy. **Methods:** Randomized controlled trials published from year 2000 onwards were considered relevant. Studies were searched in the following databases: Medline, CINAHL and PEDro. **Results:** Five studies met all criteria and were further analysed. Results indicated that time to return to sport was the shortest in patients who performed higher volume of static stretching exercise. In contrast, the longest time to return to sport was noted in patients who performed nonspecific isotonic resistance exercise with less emphasis on forceful eccentric muscle contraction. The differences in results between studies can be largely attributed to different criteria for return to sport. **Conclusions:** Functional eccentric exercises performed at longer muscle-tendon lengths combined with exercises for neuromuscular control of the lumbar-pelvic region are recommended. For successful treatment, the strength training program should be complemented with stretching exercises, but optimal type and volume of the latter remain unknown.

Key words: sports injuries, hamstring injury, hamstring rupture, eccentric exercise, physiotherapy.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Alan Kacin, dipl. fiziot.; e-pošta: alan.kacin@zf.uni-lj.si

Prispelo: 12.10.2016

Sprejeto: 7.11.2016

UVOD

Zadnje stegenske mišice so pri športnikih, ki se ukvarjajo s tekom, skakanjem in brcanjem, najpogosteje poškodovana mišična skupina. Stopnja poškodbe lahko variira od majhne natrganine pa vse do popolne rupture ali kitne avulzije (1). Mišične natrganine se navadno zdravijo konzervativno, pri kitnih avulzijskih frakturah pa je indicirana operacija (2). Ker pogosto pride do ponovne poškodbe, je zdravljenje težavno, saj se pri ponovni poškodbi čas okrevanja občutno podaljša (3). Ekstrand in sodelavci (4) so na podlagi pojavnosti poškodb v klubih Evropske nogometne zveze v obdobju sedmih tekmovalnih sezon ugotovili, da lahko pri moštvu s 25 igralci pričakujejo povprečno sedem poškodb zadnjih stegenskih mišic na leto.

Mehanizem poškodbe

Zadnje stegenske mišice so aktivne skozi celoten cikel hoje, z vrhom aktivnosti v končni fazi zamaha in fazi prevzema teže telesa. Največje tveganje za poškodbo zadnjih stegenskih mišic je prav v končni fazi zamaha, ko z ekscentrično kontrakcijo upočasnijo ekstenzijo kolena, saj so pri tem zaradi hkratnega raztezanja in kontrakcije izpostavljene največjim obremenitvam (5). Zadnje stegenske mišice se pri aktivnostih, ki zahtevajo hkratno fleksijo kolka in ekstenzijo kolena maksimalno raztegnejo (hiter tek, brcanje). Posledica raztega, ki preseže natezno trdnost mišice, je akumulacija mikroskopskih mišičnih poškodb, zaradi katerih se tveganje za obsežnejšo poškodbo poveča (6).

Dejavniki tveganja

Intrinzični dejavniki tveganja za poškodbo zadnjih stegenskih mišic so predhodna poškodba, višja starost, slabša raztegljivost mišic, zmanjšana mišična jakost, neravnovesje v jakosti mišičnih skupin kolena in kolka ter slaba stabilnost oziroma uravnavanje položaja trupa (3, 7). Ekstrinzični dejavniki tveganja vključujejo nezadostno ogrevanje, utrujenost, povezano s čezmerno aktivnostjo, in slabe igralne površine (8).

Zdravljenje

Primarni cilj zdravljenja po poškodbi zadnjih stegenskih mišic je vrnitev športnika k opravljanju aktivnosti, ki jih je izvajal pred poškodbo, z minimalnim tveganjem za ponovitev (9).

Izboljšanje koncentrične in ekscentrične mišične jakosti ter odprava mišičnega neravnovesja med fleksorji in ekstenzorji kolena zmanjšata pojavnost novih in ponovnih poškodb (10). Dejavniki, ki pripomorejo k ponovni poškodbi, so (11):

- zmanjšana natezna trdnost brazgotinskega tkiva na mestu predhodne poškodbe,
- zmanjšana mišična jakost kot posledica sekundarne mišične atrofije, bolečine in refleksne inhibicije,
- zmanjšana elastičnost mišično-kitne enote zaradi formacije brazgotinskega tkiva,
- spremembe mehanike gibanja in gibalnih vzorcev, ki nastanejo zaradi poškodbe in bolečine.

Merila za vrnitev v šport

Glede na rezultate danes dostopnih raziskav se priporoča, da ima športnik polno gibljivost, normalno mišično jakost in zmožnost opravljanja funkcijskih gibanj (skoki, tek) brez bolečine ali občutka togosti. Pri ocenjevanju jakosti mora športnik uspešno zadržati štiri zaporedne ponovitve maksimalnega manualnega upora na obeh spodnjih udih (leže na trebuhu pri fleksiji kolena 15° in 90°). Smiselno je opraviti tudi testiranje izokinetičnega navora ekscentrične in koncentrične kontrakcije (9).

Namen članka je pregledati objavljene rezultate znanstvenih raziskav o učinkovitosti različnih vadbenih programov po poškodbi zadnjih stegenskih mišic in na podlagi pregleda oblikovati priporočila za učinkovito fizioterapevtsko obravnavo.

METODE

V članku smo kot metodo dela uporabili pregled objavljenih znanstvenih literarnih virov. Ključne besede in besedne zveze, ki smo jih uporabili pri iskanju literature vključene v pregled, so bile hamstring strain, hamstring injury, biceps femoris strain, rehabilitation protocol, rehabilitation program, exercise, physiotherapy, physical therapy. Uporabljene so bile podatkovne baze Medline, CINAHL in PEDro. Vključitvena merila so obsegala prosto dostopne članke v polnem obsegu in randomizirane kontrolirane poskuse, ki so primerjali učinke enega vadbenega programa z drugim programom ali s kontrolno skupino po akutni poškodbi zadnjih stegenskih mišic od leta

2000 naprej. Iz pregleda so bile izključene raziskave, ki so preučevale učinke vadbe za preprečevanje poškodb zadnjih stegenskih mišic, nerandomizirane raziskave in raziskave brez ustrezne kontrolne skupine ter poročila in študije posameznega kliničnega primera.

REZULTATI

Ob iskanju po ključnih besedah in njihovih kombinacijah je bilo v treh podatkovnih bazah najdenih 296 virov. Po pregledu naslovov, izvlečkov in dostopnosti v polnem besedilu je vsem merilom izbora ustrezalo pet raziskav, ki so bile vključene v pregled literature. Štiri so primerjale učinkovitost med dvema različnima programoma (12–15), ena pa je primerjala dve skupini z enakim programom, vendar z različno količino raztezne vadbe (16). Skupno število preiskovancev, vključenih v raziskave, je bilo 264, od tega 200 moških in 64 žensk. Ženske so bile vključene v vseh petih raziskavah, vendar ne v enakomernih deležih v primerjavi z moškimi (od 8 do 35 % žensk v vzorcu). Povprečna starost preiskovancev je bila od 19,0 do 25,4 leta. Podrobnosti pregledanih raziskav so opisane v razpredelnici 1.

V raziskavi Malliaropoulou in sodelavcev (16), v kateri sta obe skupini izvajali statično raztezanje, so ugotovili, da so se v šport hitreje vrnili pacienti v skupini z večjo količino raztezne vadbe. V raziskavi Sherry in Best (12) je en vadbeni program vključeval statično in dinamično raztezanje ter koncentrično in ekscentrično krepitev zadnjih stegenskih mišic, z večjim poudarkom na ekscentrični kontrakciji proti koncu vadbenega programa (program STST, angl. stretching and strengthening). Drug program je temeljil na progresivnih vajah okretnosti (angl. agility exercises) in vajah za stabilizacijo trupa (program PATS, angl. progressive agility and trunk stabilization). Avtorja sta ugotovila, da je okrevanje športnika s programom PATS hitrejše (12). Silder in sodelavci (13) so modificirali osnovni program PATS (12) tako, da je imel tri faze namesto dveh, kar je omogočilo postopnejše povečevanje upora med vajami za stabilizacijo trupa. Dodani so bili tudi izpadni koraki z rotacijami v trupu, ki zahtevajo večji nadzor medenice, medtem ko so zadnje stegenske mišice v raztegnjenem položaju. Drug program je temeljil

na progresivnem teku in ekscentrični vadbi (program PRES, angl. progressive running and eccentric strengthening). Ugotovili so, da imata oba programa podoben učinek na mišično okrevanje in na čas, ki je potreben za vrnitev v šport (13). V dveh raziskavah so Askling in sodelavci (14, 15) primerjali učinkovitost vadbe proti uporju s poudarjeno ekscentrično kontrakcijo zadnjih stegenskih mišic pri daljših mišično-kitnih dolžinah z vadbo, ki temelji na standardnih izotoničnih vajah proti uporju, z manjšim poudarkom na obremenjevanju med podaljševanjem mišice. Oba programa sta vključevala tudi vaje za povečanje gibljivosti ter vaje za krepitev in stabilizacijo medenice in trupa. Rezultati obeh raziskav kažejo, da športniki hitreje okrevajo z vadbo s poudarjeno ekscentrično kontrakcijo zadnjih stegenskih mišic pri daljših mišično-kitnih dolžinah (14, 15).

RAZPRAVA

S pregledom literature smo ugotovili, da med raziskovalci ni popolnega soglasja o optimalnem vadbenem programu po poškodbi zadnjih stegenskih mišic. Merilni in interventni protokoli izbranih raziskav se med seboj precej razlikujejo, prav tako se razlikujejo povprečni časi od poškodbe do vrnitve v šport, kot tudi število ponovnih poškodb.

Čas od poškodbe do vrnitve v šport je najpogosteje uporabljeno merilno orodje za ocenjevanje uspešnosti terapevtskih vadbenih programov. Iz razpredelnice 1 je razvidno, da so se povprečni časi do vrnitve v šport med raziskavami precej razlikovali. Najhitreje, s povprečnimi 13 dnevi, so se v šport vrnili preiskovanci skupine B v raziskavi Malliaropoulou in sodelavcev (16), ki so izvajali statično raztezanje (štiri obravnave na dan s trajanjem raztega 30 sekund). Najdlje, s povprečnimi 86 dnevi, pa so za polno vrnitev v šport potrebovali preiskovanci skupine C v raziskavi Asklinga in sodelavcev (15), ki so opravljali standardne izotonične vaje proti uporju, z manjšim poudarkom na obremenjevanju med podaljševanjem mišice. Razlike v izmerjenih časih do vrnitve v šport so v veliki meri tudi odraz različnih meril za vrnitev v šport, saj so Malliaropoulos in sodelavci (16) zahtevali le normalno gibljivost v primerjavi z

Razpredelnica 1: Značilnosti in rezultati v pregled vključenih raziskav

Avtorji in leto	Vzorec	Značilnosti terapevtskega programa eksperimentalnih skupin	Merila za vrnitev v šport	Rezultati
Malliaropoulos et al., 2003	M = 52 Ž = 28 Skupina A: N = 40 PS: 20,6 leta Skupina B: N = 40 PS: 20,3 leta	Skupina A: – P.R.I.C.E. – SR (1-krat na danpo 30 s) Skupina B: – P.R.I.C.E. – SR (4-krat na danpo 30 s)	– NG	Skupina A: PČVŠ: 15 dni Skupina B: PČVŠ: 13,3 dneva
Sherry in Best, 2004	Skupina s programom STST: M = 9 Ž = 2 PS: 24,3 leta Skupina s programom PATS: M = 9 Ž = 4 PS: 23,3 leta	Skupina s programom STST: – SR in DR – krepitev EK in KK ZSM – aplikacija ledu Skupina s programom PATS: – PVO – VST – aplikacija ledu	– ocena 5 pri MMT ZSM – odsotnost PB na DSS – odsotnost simptomov pri izvedbi testov okretnosti in šprinta	Skupina s programom STST: PČVŠ: 37,4 dneva ŠPP2T: 6 (54,5 %) ŠPP1L: 7 (70 %) Skupina s programom PATS: PČVŠ: 22,2 dneva ŠPP2T: 0 ŠPP1L: 1 (7,7 %)
Silder et al., 2013	Skupina s programom PATS: M = 11 Ž = 5 PS: 25,4 leta Skupina s PRES programom: M = 12 Ž = 1 PS: 22,3 leta	Skupina s programom PATS: – PVO in VST Skupina s programom PRES: – tek – krepitev EK in KK ZSM	– ocena 5 pri MMT ZSM – odsotnost PB na DSS – subjektivna pripravljenost – uspešna izvedba serij teka z MH	Skupina s programom PATS: PČVŠ: 28,8 dneva ŠPP2T: 0 Skupina s programom PRES: PČVŠ: 25,2 dneva ŠPP2T: 2 (15 %)
Askling et al., 2013	Skupina s programom L: M = 34 Ž = 3 PS: 25 let Skupina s programom C: M = 35 Ž = 3 PS: 25 let	Skupina s programom L: – krepitev EK ZSM pri daljših mišično-kitnih dolžinah Skupina s programom C: – standardna izotonična VPU	– NG – normalna MJ obeh spodnjih udov – odsotnost PB na DSS – negativen Asklingov H-test	Skupina s programom L: PČVŠ: 28 dni ŠPP1L: 0 Skupina s programom C: PČVŠ: 51 dni ŠPP1L: 1 (3 %)
Askling et al., 2014	Skupina s programom L: M = 19 Ž = 9 PS: 21 let Skupina s programom C: M = 19 Ž = 9 PS: 19 let	Skupina s programom L: – krepitev EK ZSM pri daljših mišično-kitnih dolžinah Skupina s programom C: – standardna izotonična VPU	– NG – normalna MJ obeh spodnjih udov – odsotnost PB na DSS – negativen Asklingov H-test	Skupina s programom L: PČVŠ: 49 dni ŠPP1L: 0 Skupina s programom C: PČVŠ: 86 dni ŠPP1L: 2 (7 %)

M – moški, *Ž* – ženske, *N* – število preiskovancev, *PS* – povprečna starost, *P.R.I.C.E.* – varovanje, počitek, led, kompresija, elevacija, *SR* – statično raztezanje, *NG* – normalna gibljivost, *PČVŠ* – povprečen čas do vrnitve v šport, *DR* – dinamično raztezanje, *EK* – ekscentrična kontrakcija, *KK* – koncentrična kontrakcija, *ZSM* – zadnje stegenske mišice, *PVO* – progresivne vaje okretnosti, *VST* – vaje za stabilizacijo trupa, *MMT* – manualno mišično testiranje, *PB* – palpatorna bolečina, *DSS* – dorzalna stran stegna, *ŠPP2T* – število ponovnih poškodb v dveh tednih od vrnitve v šport, *ŠPP1L* – število ponovnih poškodb v enem letu od vrnitve v šport, *MH* – maksimalna hitrost, *VPU* – vadba proti upor, *MJ* – mišična jakost

nepoškodovanim spodnjim udom. Askling in sodelavci (14, 15) pa so za vrnitev v šport zahtevali normalno gibljivost in mišično jakost poškodovanega in nepoškodovanega spodnjega uda ter odsotnost palpatorne bolečine na dorzalni strani stegna. Ko ni bilo več prisotnih znakov poškodbe, so izvedli še Asklingov H-test, s katerim so preverjali neugodje preiskovanca pri izvedbi hitrega raztega zadnjih stegenskih mišic (14, 15, 17). Zato so zanesljive le primerjave vadbenih programov znotraj posamezne raziskave in med raziskavami, ki imajo primerljiva merila za vrnitev v šport.

Drugo najpogosteje uporabljeno merilno orodje učinkovitosti vadbenih programov je bilo število ponovnih poškodb v določenem časovnem obdobju po koncu posameznega programa, ki so ga uporabili v vseh pregledanih raziskavah razen v eni (16). Pomanjkljivost ugotavljanja poškodb v pregledanih raziskavah je bila odsotnost podatka o izpostavljenosti športnikov. Večja izpostavljenost predstavlja pomemben dejavnik tveganja, zato bi bilo bolj smiselno ugotavljati število poškodb na določeno število ur treningov in tekem. Kljub temu pa število ponovnih poškodb bolje odraža uspešnost vadbenega programa, saj cilj zdravljenja ni le čim hitrejša vrnitev v šport, temveč tudi uspešno opravljanje športnih aktivnosti skozi daljše časovno obdobje, z minimalnim tveganjem za ponovno poškodbo. Do nobene ponovne poškodbe ni prišlo pri preiskovancih v raziskavi Silderja in sodelavcev (13), ki so izvajali progresivne vaje okretnosti in vaje za stabilizacijo trupa (modificiran program PATS), ter pri preiskovancih v obeh raziskavah Asklinga in sodelavcev (14, 15), ki so izvajali vadbo s poudarjeno ekscentrično kontrakcijo zadnjih stegenskih mišic pri daljših mišično-kitnih dolžinah (program L). Največ ponovnih poškodb je bilo v raziskavi Sherry in Best (12) pri preiskovancih v programu STST s šestimi (54 %) poškodbami v prvih dveh tednih in sedmimi (70 %) v enem letu od vrnitve v šport. Pri primerjavi med raziskavami je pomembno tudi, ali so bili vključeni amaterski ali profesionalni športniki, saj poškodbe zadnjih stegenskih mišic pri amaterskih športnikih večinoma niso tako pogoste in resne, verjetno zaradi manj intenzivnih treningov, počasnejšega teka in manj intenzivnega brcanja žoge (18). Silder in sodelavci (13) so obravnavali

le amaterske športnike, Askling in sodelavci (14, 15) le profesionalne, Malliaropoulos in sodelavci (16) ter Sherry in Best (12) pa podatka niso navedli.

Raztezanje se pogosto uporablja kot dodatna terapija po poškodbi zadnjih stegenskih mišic, saj naj bi normalna raztegljivost mišice zmanjševala tveganje za poškodbo zaradi večje sposobnosti pasivnih elementov mišično-kitne enote za absorpcijo energije (19). Kljub temu si rezultati o uspešnosti nasprotujejo, saj v nekaterih slabše kontroliranih raziskavah, ki jih nismo vključili v ta pregled, niso dokazali pozitivnega učinka raztezanja na preprečevanje poškodb (6). Ker zadnje stegenske mišice izvirajo iz medenice, je dobro živčno-mišično uravnavanje ledveno-medeničnega področja bistveno za njihovo optimalno funkcijo pri šprintu in podobnih gibanjih z visoko hitrostjo (12). Čezmerna ledvena lordoza in disfunkcija sakroiliakalnega sklepa sta povezani s kroničnimi poškodbami zadnjih stegenskih mišic. S povečevanjem ledvene lordoze se povečuje anteriorni nagib medenice in premakne izvor mišice postero-kranialno, s čimer se dolžina in obremenitev mišice povečata (20). Dober nadzor nad gibanjem medenice in ledvene hrbtenice ter sposobnost ohranjanja optimalnega položaja pri hitrih aktivnostih sta torej pomembna za zmanjšanje obremenitev poškodovanih mišic in preprečevanje ponovnih poškodb.

Mehanizmi delovanja ekscentričnih mišičnih kontrakcij na zmanjšanje pojavnosti poškodb zadnjih stegenskih mišic še niso zadovoljivo pojasnjeni. Ena izmed mogočih razlag, ki je v zadnjem času pridobila tudi nekaj empiričnih dokazov, je predstavljena v nadaljevanju. Brockett in sodelavci (21) so ugotovili, da je kot fleksije kolena, pri katerem mišice razvijejo največji navor na poškodovanem ud, povprečno 12° manjši kot na nepoškodovanem. V mišici, ki razvije največjo silo pri krajši dolžini, je namreč prekrivanje aktinskih in miozinskih filamentov pri izvedbi brcanja ali šprinta (izrazita fleksija kolka ob hkratni skoraj popolni ekstenziji kolena) manjše, kar predstavlja nevarno območje za poškodbe (21). Mišica naj bi se na ekscentrično vadbo, izvajano predvsem v končnih obsegih giba, prilagodila z dodajanjem novih zaporednih sarkomer (22), kar naj bi postopno premaknilo krivuljo odvisnosti sile

od dolžine mišice v desno, torej proti daljši mišični dolžini, s čimer naj bi se zmanjšalo tveganje za ponovno poškodbo mišice (21). Zato avtorji priporočajo, da je vadbeni program po poškodbi zadnjih stegenskih mišic usmerjen v izboljšanje ekscentrične mišične jakosti pri daljših mišično-kitnih dolžinah (21–23).

Trenutno razpoložljiva merila za vrnitev v šport po poškodbi zadnjih stegenskih mišic niso dovolj natančna in jih je treba bolj individualizirati. Zgodnje obremenjevanje mišice sicer izboljša regeneracijo oziroma remodulacijo poškodovanega tkiva, hkrati pa lahko zgodnja preobremenitev povzroči tudi čezmerno tvorjenje brazgotinskega tkiva (24). Zato je pomembno, da se tako športnik kot trener zavedata, da odsotnost bolečine in subjektiven občutek pripravljenosti športnika za vrnitev v trenažni proces ne odražata nujno popolne regeneracije tkiva (11). Pri tem je najpomembnejša vloga fizioterapevta, ki mora na podlagi objektivnih meril oceniti natezno trdnost poškodovanega tkiva in s tem raven primerne obremenitve.

ZAKLJUČKI

Rezultati pregledanih raziskav kažejo, da je v program terapevtske vadbe po poškodbi zadnjih stegenskih mišic smiselno vključiti progresivno in v funkcijo usmerjeno ekscentrično vadbo pri daljših mišično-kitnih dolžinah ter jo kombinirati z vadbo, ki temelji na živčno-mišičnem uravnavanju ledveno-medeničnega predela in stabilizaciji trupa. Raztezanje poškodovanih mišic je bistveno za normalizacijo polnega obsega giba, zato je nujen sestavni del vadbenega programa. Ker med raziskovalci ni soglasja o optimalnih parametrih posameznih vrst vadbe, zlasti raztezanja, so potrebne nadaljnje raziskave višje kakovosti. Očitna je tudi potreba po oblikovanju bolj veljavnega in zanesljivega programa ocenjevanja pacientovega napredka v procesu zdravljenja za njegovo varno vrnitev v šport.

LITERATURA

1. Ropiak CR, Bosco JA (2012). Hamstring injuries. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 70 (1): 41–8.
2. Koulouris G, Connell D (2005). Hamstring muscle complex: an imaging review. *Radiographics* 25 (3): 571–86.
3. Schmitt B, Tyler T, McHugh M (2012). Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *Int J Sports Phys Ther* 7 (3): 333–41.
4. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 45 (7): 553–8.
5. Yu B, Queen RM, Abbey AN, Liu Y, Moorman CT, Garrett WE (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *J Biomech* 41 (15): 3121–6.
6. Opar DA, Williams MD, Shield AJ (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med* 42 (3): 209–26.
7. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA injury study. *AM J Sports Med* 41 (2): 327–35.
8. Goldman EF, Jones DE (2010). Interventions for preventing hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev* 2: 1–42.
9. Heiderscheidt BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther* 40 (3): 67–81.
10. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 30 (2): 199–203.
11. Orchard J, Best TM (2002). The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clin J Sport Med* 12 (1): 3–5.
12. Sherry MA, Best TM (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Ortho Sports Phys Ther* 34 (3): 116–25.
13. Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ, Heiderscheidt BC (2013). Clinical and morphological changes following two rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomised clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 43 (5): 284–99.
14. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med* 47 (15): 953–9.
15. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A (2014). Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med* 48 (7): 532–9.
16. Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E (2003). The role of stretching in

- rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes' follow-up. *Med Sci Sports Exerc* 36 (5): 756–9.
17. Askling CM, Nilsson J, Thorstensson A (2010). A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18 (12): 1798–803.
 18. Bennell K, Tully E, Harvey N (1999). Does the toe-touch test predict hamstring injury in Australian Rules footballers? *Aust J Physiother* 45 (2): 103–9.
 19. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med* 34 (7): 443–9.
 20. Panayi S (2009). The need for lumbar-pelvic assessment in the resolution of chronic hamstring strain. *J Bodyw Mov Ther* 14 (3): 294–8.
 21. Brockett CL, Morgan DL, Proske U (2004). Predicting hamstring injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36 (3): 379–87.
 22. Morgan DL (1990). New insights into the behaviour of muscle during active lengthening. *Biophys J* 57 (2): 209–21.
 23. Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown AT, Pandy MG (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 44 (4): 647–58.
 24. Jarvinen TAH, Jarvinen TLN, Kaariainen M, Kalimo H, Jarvinen M (2005). Muscle injuries: biology and treatment. *AM J Sports Med* 33 (5): 745–64.