



Vedran Hadžić,
Edvin Dervišević, Jožef Šimenko

Poškodbe zadnje lože stegna – kaj je novega?

Izvleček

Poškodbe zadnje lože stegna so najpogostejša mišična poškodba v športu. Poškodba nastaja po dveh mehanizmih in sicer med šprintom ali zaradi pretiranega raztega. Znani so številni dejavniki tveganja kot so na primer mišična razmerja moči, utrujenost, prejšnja poškodba. Članek podaja sistematičen vpogled v načrtovanje vadbenega procesa po poškodbi zadnje lože stegna, katerega namen je postopno in predvsem varno vrniti športnika v trenajni proces ob odpravi znanih in ugotovljenih dejavnikov tveganja.

Ključne besede: biceps femoris, vadba, mišična moč

Hamstring strain injuries – what is new?

Abstract

Hamstring strain injuries (HSI) are the most common muscle injuries in sport. There are two main injury mechanisms: an injury during sprinting and injury due to overstretch. Numerous risk factors are known HIS such as strength ratios, fatigue and previous injury. The paper describes how to plan exercise and training following HIS in order to progressively and above all safely returns the athletes to the training/match process while eliminating known risk factors for HIS.

Keywords: biceps femoris, exercise, training, muscle strength

Uvod

Poškodbe zadnje lože stegna so frustrirajoče poškodbe in tvorijo pomemben delež vseh poškodb v športu z visoko stopnjo tveganja za ponovitev poškodbe (Tabela 1). Gre za najpogostejšo poškodbo pri ragbiju (Brooks, Fuller, Kemp in Reddin, 2006), ameriškem nogometu (Feeley idr., 2008), avstralskem nogometu (J. W. Orchard, Driscoll, Seward in Orchard, 2012), nogometu (Ekstrand, Hagglund in Walden, 2011) in sprintu (D. A. Opar idr., 2014), torej pri tistih športih, ki zahtevajo tek, preskakovanje ovir, nenadne spremembe smeri, skoke in brce.

Poškodba je značilna po takojšnji pekoči bolečini v predelu zadnje lože stegna, zaradi katere posameznik običajno ne more nadaljevati aktivnosti. V hujših primerih se nekaj dni po poškodbi lahko pojavi tudi precej obsežna podplutba, včasih poškodovanci poročajo o slišnem puku ob sami poškodbi, podobno kot pri poškodbah ahilove tetive. Poškodba lahko po resnosti sega od manjšega (tip 3a), zmernega (3b) do subtotalnega oz. popolnega mišičnega natrganja (tip 4) po novi metodologiji klasificiranja mišičnih poškodb (Mueller-Wohlfahrt idr., 2013). Temeljni problem poškodbe

je dejstvo, da povzroča pomembno odsotnost iz tekmovalno-trenajnega procesa (TTP), kar je povezano z zmanjšanjem telesne pripravljenosti in zmogljivosti športnika ter posledičnim finančnim izpadom tako za klub kot poškodovanca, kar ima pomemben vpliv tudi na psihološko stanje posameznika. Celo ob najboljši medicinski obravnavi, ki so jo deležni svetovno znani nogometni zvezdniki (npr. poškodbe Messija ali Modriča oz. sedaj RONALDA), sta potek celjenja in polna vrnitev v TTP nepredvidljiva in kar je najhujše, incidenca teh poškodb v zadnjih dveh desetletjih navkljub številnim preventivnim ukrepom še vedno narašča (J. W. Orchard idr., 2012).

Tabela 1. Pogostost ponovitve poškodbe zadnje lože stegna

Športna panoga	Pogostost ponovitve
Avstralski nogomet	27 %
Ameriški nogomet	32 %
Ragbi	21 %
Nogomet	16 %

■ Funkcionalna anatomija zadnje lože stegna

Zadnje ložo stegna oblikujejo tri mišice, in sicer dvoglava stegenska mišica (*m. biceps femoris*), polopnasta (*m. semimembranosus*) in polkitasta mišica (*m. semitendinosus*). Vse tri mišice imajo skupni izvor na sednični grči kolčnice z izjemo kratke glave bicepsa, ki izvira iz zadnje strani stegenice (*linea aspera*) in ima tudi drugačno inervacijo. Polopnasta in polkitasta mišica imata proksimalno narastišče na medialni strani golenice v postero-medialnem kotu kolena, medtem ko imata kratka in dolga glava bicepsa skupno narastišče na glavici mečnice in lateralnem zadnjem delu golenice.

Temeljni funkciji mišic zadnje lože stegna sta fleksija kolena in ekstenzija kolka. Ker gre za dvosklepno skupino mišic (z izjemo kratke glave bicepsa), ki deluje na kolku in kolenu, je ekstenzija kolka odvisna od položaja kolena. Pri iztegnjenem (ali skoraj iztegnjenem) kolenu dosega zadnja loža optimalno razmerje sila-dolžina. Polopnasta mišica pomaga pri stabilizaciji kolena in pri notranji tibialni rotaciji, poleg tega pa primika in notranje rotira kolka. Polkitasta mišica prav tako pomaga pri notranji tibialni rotaciji ter zagotavlja valgusno stabilnost kolena. Dvoglava stegenska mišica je odgovorna za fleksijo kolena, izteg kolka ter zunanjo tibialno rotacijo.

■ Mehanizem poškodovanja

Največ poškodb zadnje lože stegna nastaja pri teku oz. hitrem teku (sprintu), ni pa to edini mehanizem poškodovanja zadnje lože stegna. Drug pomemben mehanizem poškodovanja pri plesalcih, ritmični gimnastiki lahko pa tudi pri drugih športnih panogah je pretiran počasen razteg zadnje lože stegna med vadbo gibljivosti (C. Askling, Lund, Saartok in Thorstensson, 2002). Takšen mehanizem poškodbe ima običajno za posledico poškodbo proksimalnega narastišča zadnje lože stegna, ki je zaradi pretežno tetivne zgradbe manj sposobno ustreznega celjenja in zato traja okrevanje po takšnih poškodbah dlje časa (Fournier-Farley, Lamontagne, Gendron in Gagnon, 2015).

Večina biomehanskih raziskav teka v povezavi s poškodbami zadnje lože stegna je ugotovila, da se poškodbe zadnje lože dogajajo v končnem delu faze zamaha, ko deluje zadnja loža tako, da ekscentrično manjša oz. nadzira hitrost ekstenzije kolena (zavira ekstenzijo) (Chumanov, Heiderscheit in Thelen, 2007; Higashihara, Nagano, Ono in Fukubayashi, 2015). Mišica v teh pogojih razvija napetost in dosega svojo maksimalno dolžino, medtem ko se njena vlakna daljšajo (deluje ekscentrično), kar pomeni, da mora zadnja loža v zelo kratkem amortizacijskem času spremeniti svojo ekscentrično funkcijo (ta zmanjša hitrost ekstenzije kolena) v koncentrično (ekstenzija kolka, ki nadaljuje normalen cikel hoje ali teka). Ugotovili so tudi, da je prav v tej fazi hitre spremembe funkcije iz ekscentrične v koncentrično mišica najbolj občutljiva na poškodbe (Petersen in Holmich, 2005), saj je ob maksimalnem raztegu tudi maksimalno aktivirana. Jönhagen (Jonhagen, Nemeš in Eriksson, 1994) navaja, da je najbolj pogost vzrok visoke stopnje ponovnega poškodovanja zadnje lože stegna pri sprinterjih prav ekscentrična šibkost zadnje lože pri visokih kotnih hitrostih. Podrobnejše in zadnje raziskave nakazujejo tudi to, da v različnih fazah teka posamezni deli zadnje lože kažejo različen nivo aktivacije. Tako ima na primer *biceps femoris* najvišjo aktivacijo tik pred in po kontaktu s podlago, medtem kot medialni del zadnje lože

(*semitendinosus* in *semimembranosus*) dosega najvišjo stopnjo aktivacije pri pozni fazi opore in v srednjem delu zamaha, kar lahko vsaj delno pojasni, zakaj poškodbe zadnje lože stegna v največji meri prizadenejo prav *biceps femoris*. Poškodbe, ki nastanejo med tekom, običajno prizadenejo bolj distalne dele mišice v predelu mišično-tetivnega prehoda.

■ Dejavniki tveganja za poškodbe zadnje lože stegna

Po klasičnem modelu športe poškodbe dejavnike tveganja za poškodbo zadnje lože stegna (Tabela 2) razvrščamo med spremenljive in nespremenljive (Meeuwisse, Tyreman, Hagel in Emery, 2007).

Tabela 2. Potencialni dejavniki tveganja za poškodbe zadnje lože stegna

Nespremenljivi	Spremenljivi
Prejšnja poškodba	Mišična neravnovesja
Starost	Šibkost mišic
Rasa	Asimetrije moči
	Porušeno razmerje moči zadnja loža/kvadriiceps
	Kot maksimalne jakosti zadnje lože
	Gibljivost
	Utujenost

Nespremenljivi dejavniki tveganja

Po ugotovitvah številnih avtorjev (Engebretsen, Myklebust, Holme, Engebretsen in Bahr, 2010; Hagglund, Walden in Ekstrand, 2006; Hoskins in Pollard, 2005; Verrall, Slavotinek, Barnes, Fon in Spriggins, 2001) je prejšnja poškodba zadnje lože stegna pomemben dejavnik tveganja za vnovične poškodbe, ki za 2-4krat višje tveganje za poškodbo. Posledice prvotne poškodbe so (1) brazgotinjenje v sami mišici, ki negativno vpliva na dolžino mišice in posledično tudi na biomehaniko mišične kontrakcije ter gibljivost zadnje lože stegna (J. L. Croisier, 2004; Silder, Reeder in Thelen, 2010); (2) vztrajno zmanjšanje ekscentrične jakosti zadnje lože stegna (Lee, Reid, Elliott in Lloyd, 2009); (3) dolgotrajajoča atrofija mišice, ki je verjetno posledica nevro-mišične inhibicije (J. L. Croisier in Crielaard, 2000; Jonhagen idr., 1994); (4) spremembe kota, pri katerem dosega zadnja loža stegna maksimalno jakost (Brockett, Morgan in Proske, 2004); (5) spremembe biomehanike spodnjega uda v celoti pri izvajanju gibalnih nalog (Verrall idr., 2001). Opisane posledice predstavljajo potencialne mehanizme delovanja prejšnje poškodbe na višanje tveganja za ponovno poškodbo.

Čeprav so nekatere študije potrdile (Henderson, Barnes in Portas, 2010; Verrall idr., 2001), da tveganje za poškodbe zadnje lože stegna narašča s starostjo športnika po 23. letu (pri nogometu tveganje narašča za 1.8-krat, pri avstralskem nogometu pa 1.3-krat za vsako leto starosti po 23. letu), pa vendarle niso ponudile zanesljivega mehanizma, ki bi pojasnil ta vpliv. Trenutna hipoteza je, da ta vpliv temelji na s starostjo pogojenim spremembam v citoarhitektoniki zadnje lože stegna (velikost in dolžina fasciklov). Vsekakor iz praktičnega vidika te ugotovitve opredeljujejo športnike s povečanim tveganjem, pri katerih je še zlasti pomembno podarjati pomen sistematične preventive.

■ Spremenljivi dejavniki tveganja

Mišična neravnovesja

Nekaj študij je obravnavalo, kako je jakost zadnje lože stegna, izmerjena koncentrično (J. Orchard, Marsden, Lord in Garlick, 1997), ekscentrično (Bourne, Opar, Williams in Shield, 2015) ali izometrično (Yamamoto, 1993), pred začetkom sezone povezana s poškodbami zadnje lože stegna, ki jih športniki utrpijo med sezono. Ugotovili so, da je bila značilnost igralcev s posledično poškodbo prav **šibkost zadnje lože stegna** v primerjavi z igralci, ki se niso poškodovali. V zadnjem času je nekaj študij obravnavalo tudi **pomen vzdržljivosti v moči zadnje lože stegna** z uporabo terenskega testa, ki so ga poimenovali enonožni most zadnje lože (angl. *single leg hamstring bridge test*) (Freckleton, Cook in Pizzari, 2014). Test se izvaja tako, da preiskovanec leže na hrbtu ob opori na 60-centimetrski škatli in kotom fleksije v kolenu 20° izvaja enonožni dvig medenice do utrujenosti, pri čemer se šteje število kakovostno izvedenih dvigov. Rezultati študije so pokazali, da so športniki z manj kot 20 dvigi (to označuje šibko zadnjo ložo) utrpeli več poškodb zadnje lože stegna kot športniki s 25 in več dvigi.



Slika 1. Test vzdržljivosti v moči zadnje lože stegna.

Poleg absolutne in relativne mišične jakosti (oz. moči) zadnje lože stegna so preučevali tudi vpliv asimetrije v moči zadnje lože stegna. Ta se izračuna kot razlika v jakosti leve in desne zadnje lože stegna. Kot meja asimerije je bila pri avstralskem nogometu določena meja 8 % (J. Orchard idr., 1997), pri nogometu pa 15 % (J. L. Croisier, Ganteaume, Binet, Genty in Ferret, 2008). Zaradi velikega prekrivanja v vrednostih tovrstnih analiz med poškodovanimi in nepoškodovanimi športniki so zadnje študije pokazale, da ima tovrstna asimetrija majhen vpliv na tveganje za poškodbe zadnje lože stegna (van Dyk idr., 2016).

Pri raziskovanju mišičnih neravnovesij je pomembno omeniti tudi pomen medmišičnega ravnovesja med antagonisti (zadnjo ložo stegna) in agonisti (kvadricepsom) kolena. V začetku so večinoma preučevali klasično koncentrično razmerje jakosti zadnja loža/kvadriceps (angl. *HQR – hamstring quadriceps ratio*) (J. Orchard idr., 1997), vendar so kasneje pričeli uporabljati razmerje, ki bolj ponazarja naravno funkcijo zadnje lože stegna kot ekscentričnega zaviralca koncentrične ekstenzije kolena. To razmerje predstavlja razmerje med ekscentrično jakostjo zadnje lože stegna in koncentrično jakostjo kvadricepsa in se imenuje funkcionalno nadzorno razmerje (angl. *functional control ratio – FCR*) ali pa dinamično funk-

cionalno razmerje (angl. *dynamic functional ratio – DFR*) (J. L. Croisier idr., 2008). Poleg tega so Croisier in sod. (J. L. Croisier idr., 2008) vpeljali tudi t. i. mešano razmerje, ki predstavlja razmerje ekscentrične jakosti zadnje lože pri nizki izokinetični hitrosti (npr. 30%/s ali 60%/s) in koncentrične jakosti kvadricepsa pri visoki izokinetični hitrosti (npr. 180%/s ali 240%/s). Ugotovitve so bile, da je razmerje $HQR < 0.48$, $DFR < 0.70$ in mešano razmerje < 0.89 povezano s povišanim tveganjem za poškodbe zadnje lože stegna. Mogoče je bila še najbolj pomembna ugotovitev te študije ta, da je pravočasno preventivno ukrepanje pri skupini športnikov z identificiranim medmišičnim neravnovesjem rezultiralo v manjši pogostosti poškodb (5.7 %). Za primerjavo pri skupini z ugotovljenim neravnovesjem, ki ni bilo sistematično odpravljen, je bila pogostost poškodb zadnje lože stegna 16.5 %, pri skupini z ugotovljenim neravnovesjem, vendar z nepopolno odpravo neravnovesja pa 11 % (J. L. Croisier idr., 2008).

Glede na mehanizem poškodovanja zadnje lože stegna je zanimivo, da nismo zasledili študij, ki bi preučevale znotrajmišično razmerje zadnje lože stegna, ki predstavlja razmerje med ekscentrično in koncentrično jakostjo zadnje lože stegna pri enaki izokinetični hitrosti. Pri tovrstnem razmerju kot normalno vrednost lahko upoštevamo vrednosti razmerja, ki je večje od 20 % (Baechle in Earle, 2008; Kraemer idr., 1991). To razmerje ponazarja sposobnost mišice, da v skladu s fiziološko krivuljo sila-hitrost proizvaja hitro in več moči v ekscentričnem kot koncentričnem načinu dela.

Kot doseganja maksimalnega navora zadnje lože stegna

Nekatere retrospektivne študije so pokazale, da pri športnikih s prejšnjo poškodbo zadnje lože stegna dosega zadnja loža maksimalni navor pri krajši dolžini mišice oz. višjem kotu fleksije v kolenu (Brockett idr., 2004). Podatek je sicer s kliničnega vidika zanimiv, saj postavlja podlago za danes popularno krepitev zadnje lože stegna pri večjih dolžinah zadnje lože stegna (krepitev v podaljšanem položaju), kot bomo to pojasnili v nadaljevanju, vendar ni jasno, ali je ta ugotovitev posledica ali vzrok poškodbe.

Utrujenost

Mišično utrujenost lahko definiramo kot reverzibilno zmanjšanje kontraktilne sposobnosti mišice po daljši in ponavljajoči se mišični aktivnosti (Komi, 2002). Po definiciji gre za stanje zmanjšane zmogljivosti mišice, da proizvaja maksimalno mišično kontrakcijo ali izvaja ponavljajoče se submaksimalne gibalne naloge, kar ima za posledico zmanjšanje športnih zmogljivosti (Sesboüé in Guinestre, 2006) in dvig tveganja za poškodbe (David A Opar, Williams in Shield, 2012). Epidemiološki podatki o poškodbah zadnje lože stegna kažejo na to, da pri nogometu nastajajo poškodbe proti koncu polčasa, ko bi utrujenost lahko imela pomemben vpliv na zadnjo ložo stegna. Sam mehanizem delovanja naj bi temeljil na z utrujenostjo posredovano okvaro proprioceptivnega sistema, ki ima za posledico napačno zaznavanje dolžine zadnje lože stegna ob njeni utrujenosti (Allen, Leung in Proske, 2010; Ribeiro, Venancio, Quintas in Oliveira, 2011). V praksi se ta problem kaže med tekom, in sicer tako, da je zadnja loža pri vsakem koraku v preveč iztegnjenem položaju, kar ruši njeno razmerje sila-dolžina in sčasoma pelje do makroskopske poškodbe v smislu delnega natrganja mišice. Vsekakor je pomembno, da v procesu vadbe po poškodbi povrnemo tudi mišično vzdržljivost, vendar šele po vzpostavitvi normalne jakosti mišice.

Gibljivost

Čeprav je slaba gibljivost pogosto omenjena kot dejavnik tveganja za poškodbe zadnje lože stegna, pa dokazov za tovrstne trditve v literaturi ni. Celotno več, športniki z boljšimi vrednostmi pri testu gibljivosti zadnje lože stegna so imeli povišano tveganje za nastanek poškodb zadnje lože stegna (Gabbe, Bennell, Finch, Wajswelner in Orchard, 2006). Ti podatki ne smejo biti napačno interpretirani in to vsekakor ne pomeni, da vaje za gibljivost zadnje lože stegna niso sestavni del vseh vadbenih protokolov po poškodbi, saj je izguba gibljivosti neposredna posledica zadnje lože stegna in so vaje za povrnitev gibljivosti kritičnega pomena za normalno vrnitev v TTP.

Drugi dejavniki tveganja

Med druge dejavnike tveganja sodijo nezadostno ogrevanje (npr. večino poškodb zadnje lože stegna, ki jih beležimo med pedagoškim procesom na Fakulteti za šport, povezujejo poškodovanci po anamnestičnih podatkih z nezadostnim ogrevanjem pred aktivnostmi višje intenzivnosti, kot so na primer sprinti), nezadostna stabilnost trupa (Verrall idr., 2001) in neprimerna hidracija, ki lahko vpliva na visko-elastične lastnosti tkiva zlasti v korelaciji z utrujenostjo (Ahmad idr., 2013).

Obravnavanje poškodb zadnje lože stegna

Obravnavanje poškodb zadnje lože stegna je razen v primerih avulzijskih proksimalnih poškodb skoraj vedno konzervativna in vključuje vadbo z namenom odprave znanih in pri posamezniku ugotovljenih dejavnikov tveganja. Primarna začetna obravnava poškodb je v domeni fizioterapevtov, vendar slaba dostopnost fizioterapije v sklopu zdravstvenega varstva žal velikokrat pomeni prepozen začetek regeneracije oz. rehabilitacije po poškodbi, slabo celjenje in pretirano brazgotinjenje, kar običajno pomeni tudi daljšanje časa do vrnitve v TTP. Vsekakor je pomembno vsaj vrhunskim športnikom zagotoviti pravočasno dostopnost do fizioterapije. V tretji fazi rehabilitacije se lahko delo fizioterapevta najprej dopolni in nato nadomesti z delom kineziologov, ki lahko ob poznavanju problematike pomembno vplivajo na hitrejše – a varno – vrnitev športnika v TTP, zlasti s svojim pomembnim prispevkom pri izvajanju športno specifičnih vaj za posamezne športne panoge, kar je pogojeno z njihovim temeljitejšim poznavanjem zahtev.

PRP terapija

Iskanje hitrejše vrnitve in pospešitev procesa celjenja je tematika številnih raziskav, ki uporabljajo s trombociti obogateno plazmo (PRP terapija), terapijo z matičnim celicam in različne rastne dejavnike (Ahmad idr., 2013). Čeprav so bili prvi rezultati izredno spodbudni (Wetzel, Patel in Terry, 2013) v smislu zmanjšanja bolečine, pa so kasnejše naključne klinične študije (Reurink, Goudswaard, Moen, idr., 2014; Reurink idr., 2015) pokazale, da je učinek PRP v smislu vrnitve v TTP enak placebo (čas vrnitve v TTP 42 dni v placebo in PRP skupini), tako da si lahko tudi sami zastavimo vprašanje, ali gre zgolj za premor ali konec zgodbe o koristnosti PRP pri poškodbah zadnje lože stegna (Mosca in Rodeo, 2015). Vsekakor obstajajo številne znanstvene vrzeli in tehnološke bariere, ki jih bodo prihodnje študije morale upoštevati preden postane PRP zanesljiva terapevtska izbira za poškodbe zadnje lože stegna.

Prehranska podpora

Tudi pri poškodbah zadnje lože stegna je zlasti v zgodnjih fazah po poškodbi potrebna ustrezna prehranska podpora procesa celjenja. Prehranski status ima nedvomno pomemben vpliv na celjenje in okrevanje po poškodbi, saj pomanjkanje beljakovin in energijski deficit pomembno vplivata na vnetni odgovor in upočasnjujeta celjenje. Prehranska podpora pomeni tudi odpravo posledic morebitne imobilizacije oz. zmanjšane mobilnosti v obdobju po poškodbi, kar ima za posledico precej hitro (znotraj 1–2 tednov) nastajajočo atrofijo mišice. Sam vnetni odgovor po poškodbi je energetsko precej zahteven, potrebno pa je podpreti tudi proliferacijo fibroblastov in sintezo kolagena. V primeru poškodbe pride do padca tako sinteze kot tudi razgradnje beljakovin, vendar je kljub temu prisotna negativna beljakovinska bilanca, ker je padec sinteze večji kot padec razgradnje beljakovin. Poškodbo spremlja tudi padec oksidativnih sposobnosti mišice zaradi negativne regulacije transkripcije mitohondrijskih beljakovin že 48 po poškodbi, zmanjšana občutljivost na inzulin zaradi padca [GLUT4] receptorjev na membrane celice ter pojav **anabolne rezistence**, ki predstavlja zmanjšano sposobnost sinteze beljakovin kljub prehranskemu anabolnemu dražljaju, kar pa lahko negativno vpliva na v tej fazi izrazito pospešeno nastajanje kolagena. Osnova prehranske podpore je (1) zagotoviti primeren vnos beljakovin, (2) ohraniti energijsko bilanco in (3) poskrbeti za primeren vnos drugih makro in mikroživil. Za obdobje po poškodbi tako npr. svetujemo sirotko za obdobje 1–2 tednov, ki je učinkovita že pri odmerkih 1.2 g/kg telesne mase, saj so študije pokazale, da suprafiziološki odmerki ne pomenijo boljših rezultatov. K sirotki je potrebno dodati amino kislino levcin, ki pomaga pri izogitvi pasti anabolne rezistence ter običajno zagotoviti primeren vnos omega 3 maščobnih kislin. Istočasno svetujemo tudi izogibanje alkoholu in uporabo nesteroidnih analgetikov res v primeru skrajne nuje, saj tudi ti z izjemo selektivnih inhibitorjev COX2 zavirajo naravni proces celjenja (Evans, 1991; Tipton, 2010, 2015). V drugi fazi po poškodbi (glej spodaj) je potrebno nadaljevati s prehransko podporo, katere cilj je zagotoviti zadostne količine beljakovin ob pravem času (po terapevtski vadbi) z namenom podpore hipertrofije.

Vadba po poškodbi zadnje lože stegna

Vsaka poškodba zadnje lože stegna sledi fazam celjenja mehkih tkiv. V tem prispevku uporabljamo delitev v tri faze do vrnitve v šport, kot so predlagali Heiderscheit in sod. (Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov in Thelen, 2010), ki je bila nekoliko modificirana po Reurinku in sod. (Reurink, Goudswaard, Moen, idr., 2014; Reurink idr., 2015).

Faza 1

V prvi fazi po poškodbi, ki običajno traja en teden, so prisotni znaki akutne faze vnetja z bolečino, omejeno gibljivostjo in oteklino. V tej fazi poškodovani ni sposoben za vadbo brez fizioterapevtskega nadzora. Po ugotovitvah študij je za nadzor bolečine pomembna uporaba nesteroidnih protivnetnih zdravil, katerih uporaba naj bo omejena na 3–7 dni po poškodbi, saj (pre)zgodnja aplikacija pomembno ovira kemotakso celic vnetnega odgovora, ki so odgovorne za ustrezno nadaljevanje celjenja in remodeliranja poškodovane mišice. Tudi v primeru poškodb zadnje lože stegna se svetujejo zgodnje vaje za ohranjanje gibljivosti in tudi čim prej mobilizacija poškodovanca, saj predstavlja optimalna (kaj

pomeni optimalno žal v literaturi ni opredeljeno) obremenitev že v teh zgodnjih fazah po poškodbi pomemben stimulus za celjenje po mehanizmi mehanotransdukcije. Cilji te faze so ščitenje in spodbujanje celjenja, zmanjšanje atrofije in izboljšanje nevro-mišičnega nadzora. Pod ščitenjem se razume izvajanje razteznih vaj v obsegu amplitude giba, ki je neboleč in ne vključuje pretiranih raztegov ali vadbe moči zadnje lože stegna. Svetuje se 2–3kratno hlajenje področja poškodbe v maksimalnem trajanju 3–5 minut pri uporabi ledu oz. 15–20 minuti, v kolikor se uporabljajo mrzli obkladki.

Svetuje se uporaba sobnega kolesa za preprečevanje atrofije (cca. dvakrat dnevno po 10 minut pri 100–120 W), nizko do zmerne intenzivne vaje hoje na mestu ali stranskega prestopanja (2–3krat po 1 minuto), izometrične vaje za stabilizatorje trupa (5 ponovitev po 10 sekund), enonožne vaje za ravnotežje s progresijo odprte → zaprte oči (4x20 s). Vse vaje se izvajajo brez bolečine.

Kriteriji za napredovanje v fazo 2 so:

1. normalna hoja z normalnim vzorcem hoje brez bolečin;
2. zelo rahel tek brez bolečin;
3. neboleča izometrična kontrakcija zadnje lože stegna pri 90° fleksije kolena leže na trebuhu pri submaksimalnem uporu 50–70 % 1RM.

Faza 2

Cilj te faze je povrnitev polnega nebolečega obsega gibanja in razvoj nevro-mišičnega nadzora trupa in medenice s progresivnim dvigom hitrosti gibanja. Ta faza se prične tretji dan po poškodbi in traja do tri tedne (pomembno je opaziti, da se lahko ta faza prekriva s fazo 1, kar je posledica različne stopnje poškodbe). Še vedno je priporočljivo, da vodi vadbo v tej fazi izkušen fizioterapevt, ki mora skrbeti za to, da ni daljšanja zadnje lože stegna v primerih, ko je mišica še vedno šibka. Uporaba ledu se zmanjša na uporabo po vadbi v enakih časovnih količinah kot pri fazi 1.

Kot ogrevanje v trajanju 10 minut lahko še vedno uporabljamo sobno kolo. Pri vadbi je pomembno **postopno** daljšanje zadnje lože stegna (vaje pri vedno daljši dolžini mišice) s prav tako postopnim dvigom trenajnega bremena. Postopno se lahko vključujejo vaje agilnosti (stranska gibanja na razdalji 10 metrov, 3x1 minuto, boksarski korak naprej-nazaj ob gibanju v stran na razdalji 10 metrov, 3x1 minuto) in stabilnosti trupa (komolčna opora leže trebušno, komolčna opora leže trebušno z rotacijo trupa, dvig medenice leže na hrbtu; vse vaje 3x10 ponovitev), ki jih poškodovani izvaja vedno hitreje in z višjo intenzivnostjo vendar brez bolečin. Med vaje v tej fazi sodi tudi stoja na eni nogi z dvignjenimi rokami (slika), pri čemer se vadeči ob predklonu z roko dotakne prstov oporne noge; izpadni koraki z rotacijo trupa (slika), pri čemer se vadeči predkloni in zasuč s trupom v smeri kontralateralne noge, ki je takrat spredaj v opori, vajo pa zaključijo z iztegom kolka noge, ki je bila v opori, ter preide v položaj lastovke (T položaj), iz katerega nadaljuje z izpadnim korakom druge noge (2x10 ponovitev). Prav tako lahko izvaja tudi klasična lastovka z zadrževanjem končnega položaja (predklon z iztegom kontra-lateralne noge, T položaj) 5x10 s na vsaki nogi. V tej fazi se lahko prične tudi s submaksimalnimi ekscentričnimi vajami pri na pol iztegnjeni zadnji loži, medtem ko je tek dovoljen le pri polovični hitrosti.

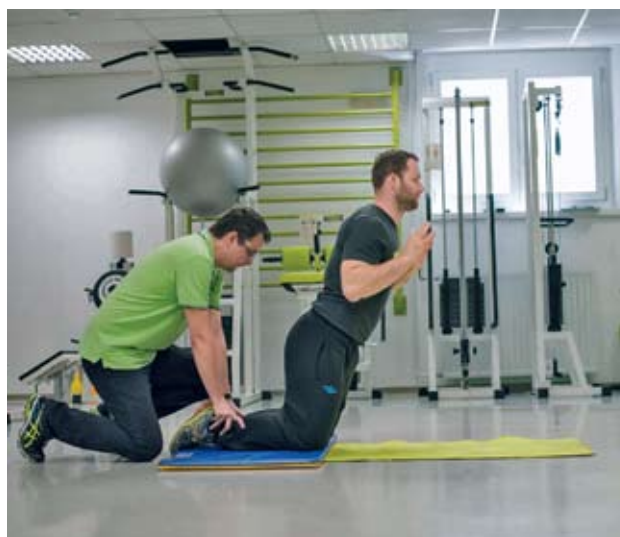
Kriteriji za napredovanje v fazo 3 so:

1. neboleča izometrična kontrakcija zadnje lože stegna pri 90° fleksije kolena leže na trebuhu pri maksimalnem uporu;
2. neboleč tek naprej in nazaj pri 50 % maksimalne hitrosti.

Faza 3

Tretja faza traja od 1 do 6 tednov in vključuje ter se prav tako prekriva s fazo 2, odvisno od resnosti poškodbe. Ta faza lahko vključuje tudi funkcionalno fazo in fazo vrnitve v TTP, čeprav nekateri te dve fazi obravnavajo ločeno (Petersen in Holmich, 2005). Cilj te faze je izvajanje vseh gibalnih nalog brez bolečine, normaliziranje koncentrične in ekscentrične jakosti zadnje lože stegna v polnem obsegu gibanja in pri različnih hitrostih, nadaljnje izboljšanje nevro-mišičnega nadzora trupa in medenice kot tudi dober nevro-mišični nadzor športno specifičnih gibanj. Vaje se lahko izvajajo pri polnem obsegu gibanja, dokler pa ta ni dosežen, pa naj se vadeči še vedno izogiba maksimalnih eksplozivnih gibanj, kot so sprinti, skoki in hitre spremembe smeri. Šele ob ustrezni moči pri različnih kotnih hitrostih gibanja in pri različnih dolžinah zadnje lože stegna se lahko prične s polnim obremenjevanjem v tej smeri. Uporabo ledu se omeji na obdobje po vadbi in po potrebi. Vaje za moč naj sledijo načelu progresivnosti v smislu intenzivnosti in zahtevnosti (izpadni koraki z rotacijo trupa in obremenitvijo, enonožni dvig medenice na kopi) in vključujejo tudi ekscentrično vadbo pri končnih fazah iztega (npr. nordijska vaja za zadnjo ložo stegna).

Med najbolj razširjene vaje za ekscentrično krepitev zadnje lože stegna sodi t. i. nordijska vaja (Slika 2), ki je bila prvič opisana l. 2004 (Mjolsnes, Arnason, Osthagen, Raastad in Bahr, 2004). Od takrat je postala vaja sestavni del večine preventivnih in terapevtskih vadbenih protokolov po poškodbi zadnje lože stegna in tudi sprednje križne vezi (Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen in Bahr, 2008; Bizzini in Dvorak, 2015; Silvers-Granelli idr., 2015). Deset tedenski program vadbe prikazuje Tabela 3.



Slika 2. Nordijska vaja za zadnjo ložo stegna.

Tabela 3. Program ekscentrične krepitve zadnje lože stegna z uporabo nordijske vaje (Mjolsnes idr., 2004)

Teden	Št. treningov	Serije/Ponovitve	Opombe
1	1	2/5	Zravnajte zgornji del telesa (z blago upognjenimi kolki) ves čas izvajanja vaje. Upirajte se padcu, kar se da dolgo. Padite na roke, s prsi se dotaknite podlage in se takoj odrinite z rokami, dokler zadnja loža ne prevzame funkcije dvigovanja.
2	2	2/6	Zmanjšajte hitrost padca.
3	3	3/6-8	Postopoma povečajte obremenitev. Še dlje se upirajte padcu, povečajte tudi število ponovitev.
4	3	3/8-12	Polni program: 12, 10 in 8 ponovitev.
5-10	3	3/8-12	Ko lahko gibanje nadzirate skozi celotno amplitudo, povečajte breme, da pospešite začetno fazo padanja, tako da vas odrine soigralec (trener).

Pri krepitvi zadnje lože stegna z namenom krepitve v sklopu primarne in sekundarne preventive se je potrebno zavedati konceptualnih okvirjev krepitve, ki vključujejo šest osnovnih parametrov, in sicer (1) tip kontrakcije, (2) breme, (3) obseg gibanja, (4) kotno hitrost, (5) uni oz. bilateralnost vaj ter (6) kinetično verigo (Guex in Millet, 2013).

Ko govorimo o tipu kontrakcije so študije nesporno izpostavile večji pomen ekscentrične kontrakcije (Hibbert, Cheong, Grant, Beers in Moizumi, 2008), kar seveda ne pomeni izključevanja koncentričnih vaj, temveč zgolj poudarja nujnost vključevanja ekscentričnih vaj v vadbeni program. Kronične prilagoditve na ekscentrično vadbo vključujejo premik optimalne dolžine zadnje lože stegna v smeri podaljšanja iste, kar seveda pomeni tudi odpravo težav z doseganjem kot maksimalnega navora.

Začetna izboljšanja v moči pri izvajanju koncentričnih vaj gre pripisati zlasti nevrlnim adaptacijam zadnje lože stegna (boljša rekrutacija in aktivacija), medtem ko je za nadaljnjo krepitev in doseganje hipetrofičnega učinka potreben dvig trenažnega bremena na območje 60–70 % 1 RM pri neizkušenih oz. 80–100 % 1 RM pri bolj naprednih posameznikih. V kolikor želimo izvajati ekscentrične vaje, potem mora biti že po teoriji breme enako ali večje kot 100 % 1RM.

Pri določitvi ustreznega obsega gibanja za izvajanje vaj je potrebno upoštevati mehanizem poškodovanja. Večina sodobnih protokolov vključuje krepitev zadnje lože stegna v iztegnjenem (podaljšanem) položaju. Askling in sod. so opravili študijo na nogometaših in nogometašicah švedske nogometne lige (C. M. Askling, Tengvar in Thorstensson, 2013). V študijo je bilo vključenih 75 nogometašev, ki so bili naključno razporejeni v dve skupini, in sicer skupino L (angl. *length* – dolžina), ki je izvajala vaje za zadnjo ložo stegna v podaljšanem položaju, in skupino C (angl. *conventional* – klasična), ki je izvajala standardne vaje brez poudarka na krepitvi v podaljšanem položaju. Osnovni klinični izid spremljanja je bil čas vrnitve v TTP, ki je bil v skupini L 28 dni (8–58 dni), v primerjavi z 51 (12–94 dni) dnevi v skupini C ($p < 0.001$), kar je potrdilo učinkovitost novega protokola. Temeljne vaje, ki jih vključujeta oba protokola, prikazuje Slika 3. V obeh skupinah so z vajami začeli

5 dni po poškodbi, sledili so progresivnosti z dvigom hitrosti in bremena, ter niso dovolili bolečine med izvajanjem vaj. Prva vaja je bila namenjena primarno gibljivosti, druga kombinaciji krepitve mišic trupa in medenice ter tretja specifično krepitvi zadnje lože stegna.



Slika 3. Vaje za zadnjo ložo v podaljšanem položaju (zgornji del slike) in konvencionalne vaje za krepitev zadnje lože stegna (spodnji del slike).

Izvajanje krepitve v iztegnjenem položaju zahteva torej fleksijo kolka med krepitvijo zadnje lože stegna, kar omogoča resnično polni izteg zadnje lože in pokrivanje kotov, v katerih želimo pridobiti moč, ki je potrebna, da podpre zadnjo fazo zamaha, pri kateri nastaja večina poškodb. Vaje tovrstnega tipa lahko izvajamo tudi na izokinetičnih dinamometrih ter trenažerjih.



Slika 4. Vaje za zadnjo ložo v podaljšanem položaju na izokinetičnem dinamometru (levo) in trenažerju (desno).

V fazi zamaha so kotne hitrosti kolka večje kot 700°/s, kar je v praksi seveda praktično nemogoče ponazoriti. Vendarle, podatki iz študij (Mizuno, Matsumoto in Umemura, 2013; Paddon-Jones, Leveritt, Lonergan in Abernethy, 2001) kažejo na to, da so trenažne prilagoditve po ekscentričnem treningu zadnje lože stegna praktično neodvisne od hitrosti, kar pomeni, da lahko za namene primarne in sekundarne preventive uporabljamo počasne do zmerne kotne hitrosti.

Kar zadeva lateralnost izvedbe vaj so primerne tako sonožne kot enonožne vaje za krepitev zadnje lože stegna. Bilateralna krepitev vključuje vaje tipa ekscentrični mrtvi dvig, upogib kolena stoje, sede ali leže na trebuhu na trenažerjih, krepitev zadnje lože na rimskem stolu ter ekscentrične seskoke iz pliometričnih škatel. Glede na to, da so poškodbe zadnje lože večinoma enostranske, je vključitev enonožnih vaj verjetno logična izbira z namenom odprave asimetrije v moči zadnje lože stegna. Podobno velja tudi za izbiro med odprto ali zaprto kinetično verigo, kjer je krepitev v pogojih odprte kinetične verige nujno potrebna, saj ponazarja funkcional-

no situacijo, pri kateri večinoma prihaja do poškodb zadnje lože stegna med tekom. Povzetek priporočil konceptualnega okvirja krepitve zadnje lože stegna podaja Tabela 4.

Tabela 4. Predlog konceptualnega okvirja krepitve zadnje lože stegna (Guex in Millet, 2013)

Parameter	Začetni položaj	Obseg gibanja	Končni položaj
Tip kontrakcije		Ekscentrična	
Breme (% 1RM)		≥ 100 % 1 RM	
Obseg gibanja			
Kolk (°)	80	0	80
Koleno (°)	130	110	20
Elongacijski stres	-50		60
Kotna hitrost		Počasna do zmerna	
Uni oz. bilateralnost		Unilateralno	
Kinetična veriga		Odperta	

V sklop zadnje faze okrevanja po poškodbi zadnje lože stegna sodijo tudi pliometrične vaje. Ker večina športnih aktivnosti zahteva eksplozivnost, hitre spremembe smeri in visoke hitrosti gibanja, je nujno, da s pliometričnim treningom dosežemo, da vse to poteka avtomatizirano, ekonomično in učinkovito. Pliometrične vaje vključujejo fazo polnitev, ki je v osnovi ekscentrična faza, ko se mišica raztegne na račun raztega elastičnih (NKD) komponent mišice, ob čemer se facilitira mišično vreteno. Ta učinek nastane samo v primerih, ko je razteg mišice hiter. Pri sami vadbi je zato pomembno poudariti vadečim, da je hitrost raztega bolj pomembna kot obseg raztega (npr. pri skoku iz nasprotnega gibanja preglobok počep pomeni izgubo energije v obliki toplote, kar seveda pomeni slabšo sledečo fazo koncentrične kontrakcije in posledično tudi manjšo višino skoka). K fazi polnitve sledi amortizacijska (sklopitvena) faza, ki mora biti izjemno kratka. V zadnji fazi, ki je koncentrična (praznitvena), pa se shranjena elastična energija spremeni tako, da podpre koncentrični del skoka (Chmielewski, Myer, Kauffman in Tillman, 2006). Pred izvedbo pliometričnih vaj morajo biti izpolnjeni tudi določeni predpogoji, ki jih povzema Tabela 5.

Tabela 5. Predpogoji za pliometrični trening spodnjega uda

Parameter	Zahteva
Bolečina/Oteklina	Brez
ROM	Polni ROM v vseh sklepih
Ravnotežje odprte/zaprte oči	30 sekund
Mišična jakost/vzdržljivost	< 20 % deficit
Nevromišični nadzor	Dobra kakovost izvedbe vaje
Polčep na eni nogi	Kakovostna izvedba brez kompenzacij
Počep z utežmi: 1.5-2.5 TT	Brez bolečine, dobra izvedba
Počep z 60% TT	Brez bolečine, dobra izvedba
Lažje vaje na koordinacijski lestvi	Brez bolečine, dobra izvedba

Tudi pri pliometrični vadbi se sledi načelu progresivnosti. Nekatere vaje – sicer manjše intenzivnosti – se lahko izvajajo že v fazi 2, vendar se moramo zavedati, da pri submaksimalni intenzivnosti vadbe tarčno pokrivamo predvsem počasna mišična vlakna. Klasična pliometrična vadba narekuje visoko intenzivnost (> 80 % maksimuma), saj le tako dosežemo učinek tudi na hitrih vlaknih

tipa IIa in IIb (Davies, Riemann in Manske, 2015). Primer tovrstnega stopnjevanja intenzivnosti pliometrične vadbe prikazuje Tabela 6.

Tabela 6. Primer stopnjevanja intenzivnosti pliometrične vadbe po poškodbi zadnje lože stegna

Lahka intenzivnost	Zmerna intenzivnost	Visoka intenzivnost
Skoki iz počepa	Skok iz počepa z dosegom	Globinski skoki z odzivom
Skok v izpadni korak	Skoki v stran (levo-desno)	Zaporedni naskoki na škatlo
Sonožni poskoki	Skoki naprej-nazaj	Enonožni skoki
Skipping	Skoki z iztegnjenim kolenom	Enonožni skoki v skrčko
Stranska gibanja	Naskoki na škatlo	Globinski skoki v počep
Skoki z iztegnjenim kolenom	Cikcak sonožni skoki	
Prisunski koraki	Naskoki steperja	
Skoki v mestu	Sestopanje iz klopi/steperja	
Enonožni odziv na škatli		



Slika 5. Primeri pliometričnih vaj.

■ Vrnitev v trenajžno tekmovalni proces

Splošni kriteriji za vrnitev v TTP po poškodbi zadnje lože stegna so po Heiderscheitu in sod. (Heiderscheit idr., 2010):

1. odsotnost bolečin in asimptomatski pacient;
2. polni obseg gibanja;
3. polna hitrost teka;
4. sposobnost športno specifičnih gibanj (hitre spremembe smeri, hitra ustavljanja, zaviranja in pospeševanja, skoki).

V literaturi je poleg teh splošnih kriterijev malo podatkov o objektivnih kriterijih za vrnitev v TTP po poškodbah zadnje lože stegna. Vsi se zavedamo, da je (pre)zgodnja vrnitev sicer pogosta (in tudi legitimna) želja samih športnikov, ki pa ima žal običajno za posledico ponovno poškodbo in še daljši čas okrevanja. Nekateri avtorji so pokazali, da ima ob vrnitvi v TTP klinično zdravih športnikov po poškodbi zadnje lože stegna kar 89 % še vedno znake poškodbe na MRI (Reurink, Goudswaard, Tol idr., 2014). Prav zaradi tega so v zadnjem preglednem članku poskušali strniti pomen različnih možnih kriterijev za vrnitev v TTP, ki bodo predmet raziskav v prihodnje. V grobem so opredelili 6 različnih skupin kriterijev, in sicer

odsotnost bolečine, podobno mišično jakost, podobno gibljivost, funkcionalno zmogljivost, medicinsko odobritev in drugo (Tabela 5).

Askling in sod. (C. M. Askling, Nilsson in Thorstensson, 2010) so razvili tudi nov klinični test, ki naj bi pomagal pri odločitvi o vrnitvi v TTP. Gre za aktivni balistični test gibljivosti zadnje lože stegna. Pri testu merjenec leži na hrbtu, elektrogoniometer pa je postavljen ob osi kolčnega sklepa, koleno merjenega uda pa je polno iztegnjeno, gibanje v kolenu pa onemogočeno z uporabo opornice.

Gibljivi krak goniometra je fiksiran na stegenico merjenega uda, kontralateralna noga in trup pa sta s trakovi fiksirani na pregledovalno mizo. Test poteka tako, da merilec najprej preveri pasivno gibljivost tako, da počasi izteguje merjeni ud v kolenu do točke, ko merjenec reče "stop". Temu testu sledi test aktivne gibljivosti, kjer merjencu naročimo, da čim hitreje dvigne v kolenu iztegnjeno nogo. Merjenec na voljo ima po 3 poizkuse v vsakem delu testa, goniometer pa zabeleži najvišjo vrednost gibljivosti v kotih. Po izvedbi se merjenca naprosi, da na vizualni lestvici bolečine oceni nezanesljivost med izvedbo aktivnega balističnega giba. Test je

Tabela 7. Kriteriji za vrnitev v trenajžno tekmovalni proces po poškodbi zadnje lože stegna

Ni bolečin med palpacijo Ni bolečin med šrintom Ni bolečin pri športno specifičnih aktivnostih Ni bolečin ali občutljivosti v poteku mišice Ni bolečin med izvedbo Illinois testa agilnosti Ni bolečin med aktivnim iztegom kolena Ni bolečin med izokinetičnim testiranjem Ni bolečin med statično kontrakcijo v končnem položaju testa dviga iztegnjene noge Ni bolečin med testom dviga iztegnjene noge Ni bolečin med tekom na 2.400 m	ODSOTNOST BOLEČINE
Enako razmerje zadnja loža/kvadriiceps HQR > 0.55 Enak kot maksimalnega navora zadnje lože Optimalni kot maksimalnega navora zadnje lože < 28° Razlika v kotu maksimalnega navora zadnje lože < 8° Jakost na nivoju 95 % izhodiščne vrednosti Izokinetična jakost znotraj 5–10 % zdrave strani Vrnitev vrednosti 1RM zadnje lože na 80 % zdrave strani Ekscentrična jakost zadnje lože znotraj 10 % zdrave strani Enaka jakost ekstenzije kolka	PODOBNA JAKOST
Podoben obseg gibljivost kot na zdravi strani Enak obseg gibljivosti kot na zdravi strani	PODOBNA GIBLJIVOST
Doseganje najboljših časov sprinta kot pred poškodbo Samo ocena jakosti zadnje lože stegna Zmogljivost na nogometno specifičnem testu zmogljivosti Analiza teka Ocena ravnotežja Enonožni troskok znotraj 10 % zdrave strani Polna hitrost teka Primerna agilnost na izbranem testu agilnosti Visokohitrostne agilnostne vaje na 90 % maksimuma 5 dni treniranja z moštvo	FUNKCIONALNA ZMOGLJIVOST
Zaključek rehabilitacijskega programa brez omejitev Primerna progresija skozi športno specifičen rehabilitacijski program Pisna odobritev medicinskega tima	MEDICINSKA ODOBRITEV
Slikovna diagnostika EMG analiza nivoja aktivacije zadnje lože stegna Odprava sakro-iliakalnih ali lumbalnih težav	DRUGO

pokazal dobro ponovljivost (ICC = 0.94–0.99) ter dobro diskriminativno sposobnost pri ločevanju zdravih in poškodovanih, saj so vsi zdravi nezanesljivo med testom ocenili z 0, medtem ko je bila pri poškodovanih mediana ocena 52.

■ Zaključek

Poškodbe zadnje lože stegna so bile, so in bodo verjetno tudi v prihodnje velik problem sodobnega športa. Dobro poznavanje anatomskih razmer, mehanizma poškodovanja in dejavnikov tveganja nam je omogočilo izdelavo učinkovitih vadbenih protokolov, ki športnikom pomagajo pri varni vrnitvi v TTP ter preprečujejo vnovične poškodbe zadnje lože stegna.

■ Viri

- Ahmad, C. S., Redler, L. H., Ciccotti, M. G., Maffulli, N., Longo, U. G. in Bradley, J. (2013). Evaluation and management of hamstring injuries. *Am J Sports Med*, 41(12), 2933–2947. doi:10.1177/0363546513487063
- Allen, T. J., Leung, M. in Proske, U. (2010). The effect of fatigue from exercise on human limb position sense. *J Physiol*, 588(Pt 8), 1369–1377. doi:10.1113/jphysiol.2010.187732
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L. in Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, 18(1), 40–48. doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x
- Askling, C., Lund, H., Saartok, T. in Thorstensson, A. (2002). Self-reported hamstring injuries in student-dancers. *Scand J Med Sci Sports*, 12(4), 230–235.
- Askling, C. M., Nilsson, J. in 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), 1798–1803. doi:10.1007/s00167-010-1265-3
- Askling, C. M., Tengvar, M. in 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), 953–959. doi:10.1136/bjsports-2013-092165
- Baechele, T. R. in Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning / National Strength and Conditioning Association* (3rd ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Bizzini, M. in Dvorak, J. (2015). FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *Br J Sports Med*, 49(9), 577–579. doi:10.1136/bjsports-2015-094765
- Bourne, M. N., Opar, D. A., Williams, M. D. in Shield, A. J. (2015). Eccentric Knee Flexor Strength and Risk of Hamstring Injuries in Rugby Union: A Prospective Study. *Am J Sports Med*, 43(11), 2663–2670. doi:10.1177/0363546515599633
- Brockett, C. L., Morgan, D. L. in Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 36(3), 379–387.
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P. in Reddin, D. B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med*, 34(8), 1297–1306. doi:10.1177/0363546505286022
- Chmielewski, T. L., Myer, G. D., Kauffman, D. in Tillman, S. M. (2006). Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36(5), 308–319. doi:10.2519/jospt.2006.2013
- Chumanov, E. S., Heiderscheidt, B. C. in Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech*, 40(16), 3555–3562. doi:10.1016/j.jbiomech.2007.05.026
- Croisier, J. L. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Med*, 34(10), 681–695.
- Croisier, J. L. in Crielaard, J. M. (2000). Hamstring muscle tear with recurrent complaints: an isokinetic profile. *Isokinet Exerc Sci*, 8(3), 175–180.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M. in Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*, 36(8), 1469–1475. doi:10.1177/0363546508316764
- Davies, G., Riemann, B. L. in Manske, R. (2015). Current Concepts of Plyometric Exercise. *Int J Sports Phys Ther*, 10(6), 760–786.
- Ekstrand, J., Hagglund, M. in Walden, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med*, 45(7), 553–558. doi:10.1136/bjsm.2009.060582
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L. in Bahr, R. (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med*, 38(6), 1147–1153. doi:10.1177/0363546509358381
- Evans, W. J. (1991). Muscle damage: nutritional considerations. *Int J Sport Nutr*, 1(3), 214–224.
- Feeley, B. T., Kennelly, S., Barnes, R. P., Muller, M. S., Kelly, B. T., Rodeo, S. A. in Warren, R. F. (2008). Epidemiology of National Football League training camp injuries from 1998 to 2007. *Am J Sports Med*, 36(8), 1597–1603. doi:10.1177/0363546508316021
- Fournier-Farley, C., Lamontagne, M., Gendron, P. in Gagnon, D. H. (2015). Determinants of Return to Play After the Nonoperative Management of Hamstring Injuries in Athletes: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. doi:10.1177/0363546515617472
- Freckleton, G., Cook, J. in Pizzari, T. (2014). The predictive validity of a single leg bridge test for hamstring injuries in Australian Rules Football Players. *Br J Sports Med*, 48(8), 713–717. doi:10.1136/bjsports-2013-092356
- Gabbe, B. J., Bennell, K. L., Finch, C. F., Wajswelner, H. in Orchard, J. W. (2006). Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sports*, 16(1), 7–13. doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00441.x
- Guex, K. in Millet, G. P. (2013). Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sports Med*, 43(12), 1207–1215. doi:10.1007/s40279-013-0097-y
- Hagglund, M., Walden, M. in Ekstrand, J. (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med*, 40(9), 767–772. doi:10.1136/bjsm.2006.026609
- Heiderscheidt, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S. in Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(2), 67–81. doi:10.2519/jospt.2010.3047
- Henderson, G., Barnes, C. A. in Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport*, 13(4), 397–402. doi:10.1016/j.jsams.2009.08.003
- Hibbert, O., Cheong, K., Grant, A., Beers, A. in Moizumi, T. (2008). A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals. *N Am J Sports Phys Ther*, 3(2), 67–81.
- Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T. in Fukubayashi, T. (2015). Differences in activation properties of the hamstring muscles during overground sprinting. *Gait Posture*, 42(3), 360–364. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.07.002
- Hoskins, W. in Pollard, H. (2005). The management of hamstring injury—Part 1: Issues in diagnosis. *Man Ther*, 10(2), 96–107. doi:10.1016/j.math.2005.03.006

32. Jonhagen, S., Nemeth, G. in Eriksson, E. (1994). Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med*, 22(2), 262–266.
33. Komi, P. V. (2002). Strength and Power in Sport (Encyclopaedia of Sports Medicine, Vol. 3). III, 544.
34. Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E., . . . Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*, 12(2), 228–235. doi:10.1055/s-2007-1024673
35. Lee, M. J., Reid, S. L., Elliott, B. C. in Lloyd, D. G. (2009). Running biomechanics and lower limb strength associated with prior hamstring injury. *Med Sci Sports Exerc*, 41(10), 1942–1951. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a55200
36. Meeuwisse, W. H., Tyreman, H., Hagel, B. in Emery, C. (2007). A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation. *Clin J Sport Med*, 17(3), 215–219. doi:10.1097/JSM.0b013e3180592a48
37. Mizuno, T., Matsumoto, M. in Umemura, Y. (2013). Decrements in stiffness are restored within 10 min. *Int J Sports Med*, 34(6), 484–490. doi:10.1055/s-0032-1327655
38. Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T. in Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 14(5), 311–317. doi:10.1046/j.1600-0838.2003.367.x
39. Mosca, M. J. in Rodeo, S. A. (2015). Platelet-rich plasma for muscle injuries: game over or time out? *Curr Rev Musculoskelet Med*, 8(2), 145–153. doi:10.1007/s12178-015-9259-x
40. Mueller-Wohlfahrt, H. W., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., . . . Uebelacker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med*, 47(6), 342–350. doi:10.1136/bjsports-2012-091448
41. Opar, D. A., Drezner, J., Shield, A., Williams, M., Webner, D., Sennett, B., . . . Cronholm, P. F. (2014). Acute hamstring strain injury in track-and-field athletes: A 3-year observational study at the Penn Relay Carnival. *Scand J Med Sci Sports*, 24(4), e254–259. doi:10.1111/sms.12159
42. Opar, D. A., Williams, M. D. in Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Medicine*, 42, 209–226. doi:10.2165/11594800-000000000-00000
43. Orchard, J., Marsden, J., Lord, S. in Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med*, 25(1), 81–85.
44. Orchard, J. W., Driscoll, T., Seward, H. in Orchard, J. J. (2012). Relationship between interchange usage and risk of hamstring injuries in the Australian Football League. *J Sci Med Sport*, 15(3), 201–206. doi:10.1016/j.jsams.2011.11.250
45. Paddon-Jones, D., Leveritt, M., Lonergan, A. in Abernethy, P. (2001). Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. *Eur J Appl Physiol*, 85(5), 466–471.
46. Petersen, J. in Holmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med*, 39(6), 319–323. doi:10.1136/bjism.2005.018549
47. Reurink, G., Goudswaard, G. J., Moen, M. H., Weir, A., Verhaar, J. A., Bierma-Zeinstra, S. M., . . . Dutch Hamstring Injection Therapy Study, I. (2014). Platelet-rich plasma injections in acute muscle injury. *N Engl J Med*, 370(26), 2546–2547. doi:10.1056/NEJMc1402340
48. Reurink, G., Goudswaard, G. J., Moen, M. H., Weir, A., Verhaar, J. A., Bierma-Zeinstra, S. M., . . . Dutch, H. I. T. s. I. (2015). Rationale, secondary outcome scores and 1-year follow-up of a randomised trial of platelet-rich plasma injections in acute hamstring muscle injury: the Dutch Hamstring Injection Therapy study. *Br J Sports Med*, 49(18), 1206–1212. doi:10.1136/bjsports-2014-094250
49. Reurink, G., Goudswaard, G. J., Tol, J. L., Almusa, E., Moen, M. H., Weir, A., . . . Maas, M. (2014). MRI observations at return to play of clinically recovered hamstring injuries. *Br J Sports Med*, 48(18), 1370–1376. doi:10.1136/bjsports-2013-092450
50. Ribeiro, F., Venancio, J., Quintas, P. in Oliveira, J. (2011). The effect of fatigue on knee position sense is not dependent upon the muscle group fatigued. *Muscle Nerve*, 44(2), 217–220. doi:10.1002/mus.22018
51. Sesboué, B. in Guincestre, J.-Y. (2006). Muscular fatigue. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique: Revue Scientifique de la Société Française de Rééducation Fonctionnelle de Réadaptation et de Médecine Physique*, 49, 257–264, 348–254. doi:10.1016/j.annrmp.2006.04.021
52. Silder, A., Reeder, S. B. in Thelen, D. G. (2010). The influence of prior hamstring injury on lengthening muscle tissue mechanics. *J Biomech*, 43(12), 2254–2260. doi:10.1016/j.jbiomech.2010.02.038
53. Silvers-Granelli, H., Mandelbaum, B., Adeniji, O., Insler, S., Bizzini, M., Pohlig, R., . . . Dvorak, J. (2015). Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *Am J Sports Med*, 43(11), 2628–2637. doi:10.1177/0363546515602009
54. Tipton, K. D. (2010). Nutrition for acute exercise-induced injuries. *Ann Nutr Metab*, 57 Suppl 2, 43–53. doi:10.1159/000322703
55. Tipton, K. D. (2015). Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. *Sports Med*, 45 Suppl 1, S93–104. doi:10.1007/s40279-015-0398-4
56. van Dyk, N., Bahr, R., Whiteley, R., Tol, J. L., Kumar, B. D., Hamilton, B., . . . Witvrouw, E. (2016). Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study. *Am J Sports Med*. doi:10.1177/0363546516632526
57. Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., Barnes, P. G., Fon, G. T. in Spriggins, A. J. (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med*, 35(6), 435–439; discussion 440.
58. Wetzler, R. J., Patel, R. M. in Terry, M. A. (2013). Platelet-rich plasma as an effective treatment for proximal hamstring injuries. *Orthopedics*, 36(1), e64–70. doi:10.3928/01477447-20121217-20
59. Yamamoto, T. (1993). Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 33(2), 194–199.

Fotografije: Valentina Vučeniović

doc. dr. Vedran Hadžić
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
vedran.hadzic@fsp.uni-lj.si