Jakost kao čimbenik rizika nastanka ozljeda hamstringsa u nogometu

Boban, Frane

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:710911

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: profesor kineziologije, magistar kineziologije

Frane Boban

JAKOST KAO ČIMBENIK RIZIKA NASTANKA OZLJEDA HAMSTRINGSA U NOGOMETU

(diplomski rad)

Mentor:

prof.dr.sc. Goran Marković

Zagreb, lipanj 2016.

JAKOST KAO ČIMBENIK RIZIKA NASTANKA OZLJEDA HAMSTRINGSA U NOGOMETU

SAŽETAK

Cilj je ovog rada napraviti pregled sve dostupne i relevantne literature o jakosti kao jednom od čimbenika nastanka ozljeda hamstringsa u nogometu. Primarno će se objasniti i opisati dimenzije jakosti hamstringsa. Osim toga, prikazat će se anatomske specifičnosti, mehanizmi i klasifikacija nastanka ozljede hamstringsa, te prevencijske strategije.

Hamstrings je skupina mišića koja ima najveću prevalenciju od ozljeda u nogometu. Najčešće se ozljeđuje pri brzim pokretima kao što su sprint ili promjena smjera kretanja. Tada je hamstrings najaktivniji, proizvodi najveću silu i nalazi se u izduženom (ekscentričnom) položaju. Jakost i dimenzije jakosti samog mišića nameću se kao ključni čimbenik prevencije ozljeda u nogometu. Bilateralna asimetrija, funkcionalan odnos između jakosti hamstringsa i jakosti kvadricepsa ipsilateralne noge (H_{ECC} : Q_{CON} *RATIO*) i ekscentrična jakost hamstringsa, dimenzije su koje treba promatrati i pratiti kod nogometaša. Prevencijske strategije koje bi smanjile rizik i prevalenciju ozljeda hamstringsa u nogometu trebaju primarno djelovati u ispravljanju mišićnog disbalansa te povećanju ekscentrične jakosti samog mišića.

KLJUČNE RIJEČI:

Jakost hamstringsa, ekscentrična kontrakcija, nogomet, sprint, H_{ECC} : Q_{CON} ratio

STRENGTH AS RISK FACTOR OF HAMSTRINGS INJURIES IN SOCCER

SUMMARY

The aim of this paper is to make a review of all available and relevant literature about strength as risk factor of hamstrings injuries in soccer. Strength and its dimensions will be dominantly explained. Beside that, anatomical specifics of hamstrings muscle structure, common hamstrings injuries mechanisms and preventive strategies will also be explained.

Hamstrings is the muscle with highest rate of injury prevalence in soccer. Most commonly, hamstrings injuries occure during fast activities such as sprinting and change of direction. In those types of movement, hamstrings has highest rate of activation, force production and it is in elongated eccentric contraction. Strength and its dimensions are imposed as a key factor in preventing hamstrings injuries in soccer. Bilateral hamstrings strength asimmetry, functional ipsilateral hamstrings – quadriceps ratio (H_{ECC} : Q_{CON} *RATIO*) and eccentric hamstrings strength are dimensions which needs to be followed and monitored. Prevention measures and strategies should primarily be implemented in correcting hamstrings muscle imbalances and increasing eccentric hamstrings strength.

KEY WORDS:

hamstrings strength, eccentric contraction, soccer, sprint, H_{ECC} : Q_{CON} ratio

SADRŽAJ:

1.1. Prevalencija ozljeda u nogometu 6

1.2. Prevalencija ozljeda hamstringsa u nogometu 6

2. Specifičnosti hamstringsa 8

2.1. Anatomska pozicija 8

2.2. Građa i inervacija mišića 10

2.3. Funkcija i uloga mišića hamstringsa 12

2.3.1. Funkcija hamstringsa 12

2.3.2. Uloga hamstringsa u lokomociji s naglaskom na sprint 13

2.4. Mehanizam i klasifikacija ozljeda hamstringsa u nogometu 14

2.4.1. Istezajući tip ozljede 15

2.4.2. Sprinterski tip ozljede 15

2.4.3. Klasifikacija ozljeda hamstringsa 16

3. Dimenzije jakosti kao čimbenik rizika nastanka ozljeda hamstringsa 18

3.1. Jakost hamstringsa 18

3.1.1. Ekscentrična jakost hamstringsa 18

3.1.2. Koncentrična jakost hamstringsa 19

3.2. Bilateralna asimetrija jakosti hamstringsa 20

3.3. Kut postizanja maksimalne jakosti hamstringsa 21

3.4. Neuravnotežen odnos između jakosti hamstringsa i jakosti kvadricepsa ipsilateralne noge – *h:q ratio* 22

3.4.1. Tradicionalni hamstrings: kvadriceps odnos (h_{con} : q_{con} *ratio*) 22

3.4.2. Funkcionalni hamstrings: kvadriceps odnos (h_{ecc} : q_{con} *ratio*) 23

3.5. Mišićna izdržljivost i umor hamstringsa 24

4. Prevencijske strategije s naglaskom na jakost hamstringsa 27

4.1. Prevencijske strategije usmjerene prema jakosti hamstringsa 27

4.1.1. Ekscentrična jakost hamstringsa i vježba nordijskog hamstringsa (nhe) 27

4.1.2. Pliometrija i ciklus izduživanja i skraćivanja mišića (ssc) 29

5. Zaključak 30

6. Literatura: 32

1. OZLJEDE HAMSTRINGSA U NOGOMETU

1.1. PREVALENCIJA OZLJEDA U NOGOMETU

Ozljede u nogometu tema su koju zanima sve više istraživača u posljednja dva desetljeća. Longitudinalna studija u trajanju od 8 godina koju su proveli Ekstrand i sur. (2011) na vrhunskim europskim nogometašima (sudionici UEFA Lige prvaka) pokazuje da na 1000 sati nogometa dolazi u prosjeku 8 mišićno-koštanih ozljeda.

Tijekom jedne natjecateljske sezone svaka nogometna momčad u prosjeku ima oko 50 ozljeda, od čega se 15 odnosi na mišićne ozljede. U prosjeku svaki igrač izostaje 37 dana iz trenažnog i natjecateljskog procesa. Druga studija (Ekstrand i sur., 2011) u kojoj su, osim vrhunskih igrača najviše klupske razine (UEFA Liga prvaka), ispitanike činili i nogometaši Švedske profesionalne lige, također navodi slične rezultate u broju mišićnih ozljeda po momčadi (14) u jednoj natjecateljskoj sezoni.

1.2. PREVALENCIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA U NOGOMETU

Mišićne ozljede čine u prosjeku 20 - 37 % svih ozljeda nogometaša profesionalne razine, a 18- 23% svih ozljeda na amaterskoj razini (Ekstrand J., Gillquist J., 1983). Ekstrand i sur. (2011) također navode da se 92% svih mišićnih ozljeda odnosi na 4 glavne mišićne skupine donjih ekstremiteta: hamstrings (37%), aduktori (23%), kvadriceps (19%) i mišići stražnje strane potkoljenice (13%).

Ovisno o autoru, ozljede hamstringsa čine najčešći uzrok izostanka sa nogometnih terena: 12-16% (Ahmad i sur., 2013; Arnason i sur., 2008; Cohen i sur., 2007; Foreman i sur., 2006; Haglund i sur., 2009). Takav postotak čini hamstrings glavnim uzročnikom izostanka s nogometnih terena od svih ozljeda, neovisno o vrsti i klasifikaciji. Osim toga, neki autori navode da je mogućnost ozljeđivanja mišića hamstringsa do 2,5 puta veća od mogućnosti ozljeđivanja mišića prednje strane natkoljenice – kvadricepsa (Hawkins i sur., 2001). U prosjeku jedna

momčad može očekivati između 5 i 7 ozljeda hamstringsa tokom jedne natjecateljske sezone (Ekstrand i sur., 2011; Hawkins i sur., 2001). Jakost se navodi kao jedan od glavnih čimbenika rizika nastanka ozljeda hamstringsa u sportu (Bennell i sur., 1998; Yamamoto, 1993; Christensen i Wiesman, 1972; Opar i sur., 2012; Henderson i sur., 2010; Schache i sur., 2011; Frecklenton i sur., 2013). Croisier i sur., (2008) navode da, ukoliko se različiti problemi i disfunkcije jakosti hamstringsa ne tretiraju pravovremeno, nogometaš ima 4-5 puta veću šansu da ozlijedi isti.

Osim što su ozljede hamstringsa najučestalija ozljeda u nogometu, također su i na prvom mjestu po stopi ponovnog ozljeđivanja. Vjerojatnost da dođe do ponovljene ozljede hamstringsa u Engleskom profesionalnom nogometu kreće se između 12 – 48% (Liu i sur., 2012). Prema nekim drugim istraživačima (Ahmad i sur., 2013; Opar i sur., 2012; Mendiguchia i sur., 2012) vjerojatnost za ponovljenu pojavu ozljede hamstringsa kreće se između 12 i 31%. Ukoliko dođe do ponovne ozljede hamstringsa vrijeme koje će igrač u prosjeku provesti izvan terena iznosi do 90 dana (Woods i sur., 2004; Petersen i Holmich, 2005; Hoskins i Pollard, 2005; Hagglund i sur., 2006).

Iz iznesenih podataka može se zaključiti da su mišićne ozljede u nogometu bitan čimbenik koji utječe na konačan rezultat momčadi u nekom natjecanju. Jakost se u velikom broju literature navodi bitnim čimbenikom za nastanak ozljeda hamstringsa te je također tema iscrpnog broja istraživanja. S obzirom na broj dana izostanka nogometaša s treninga i utakmica, kao i na broj ponovljenih ozljeda, možemo razumjeti sve veću pažnju i zainteresiranost koja se pridaje ovom području i problemu. Ozljede hamstringsa, bez obzira na povećanu pažnju sa svrhom prevencije i efikasnije rehabilitacije, s godinama bilježe porast prevalencije u nogometu (Woods i sur., 2004; Ekstrand J., Gillquist J., 1983; Hawkins i sur., 2001; Woods i sur., 2004). Osim toga, izostanak igrača klubovima donosi velike financijske troškove. Woods i sur., (2002) u svojoj su studiji prikazali podatke gdje su klubovi Engleskih profesionalnih liga imali troškove oko 75 milijuna funti godišnje, a odnosili su se na posljedice ozljeda hamstringsa.

Radi svega gore navedenog, cilj ovog rada je bio sistematizirati bitnu i dostupnu literaturu koja će pomoći u boljoj detekciji, ali i tretiranju ozljeda hamstringsa. Naglasak će se staviti na jakost kao jednom od glavnih čimbenika rizika nastanka ozljeda hamstringsa u nogometu.

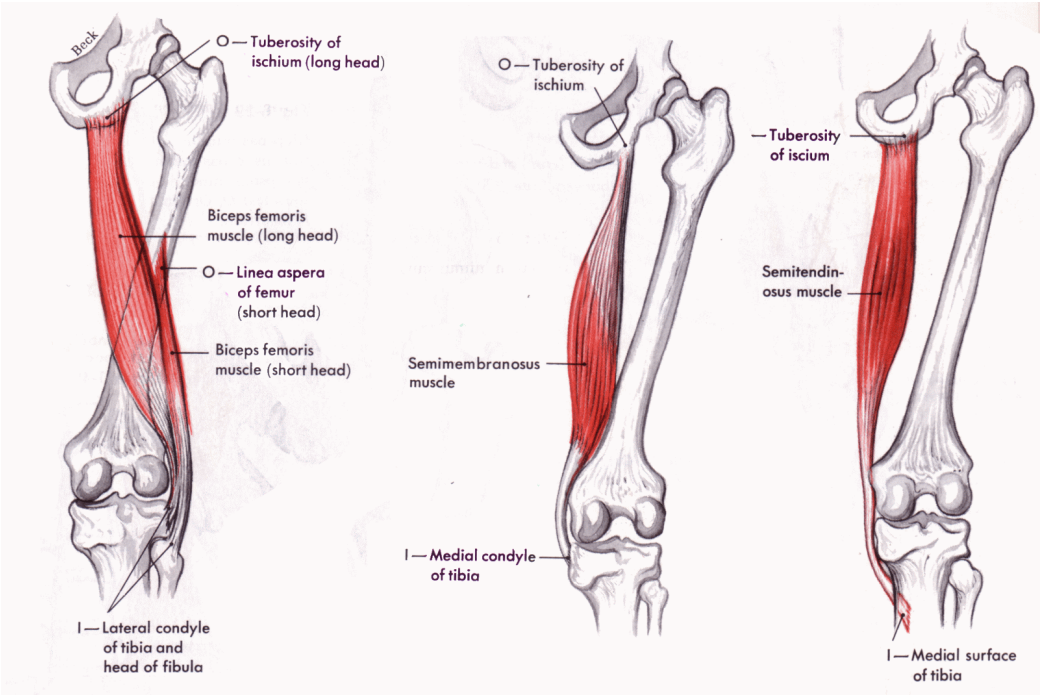
2. SPECIFIČNOSTI HAMSTRINGSA

2.1. ANATOMSKA POZICIJA

Kako bi bolje razumjeli mehanizme nastanka ozljeda hamstringsa bitno je detaljno znati anatomski položaj i specifičnosti arhitekture i građu tog mišića. Jedino na takav način može se kvalitetno pristupiti ovom problemu.

Hamstrings je zajednički naziv za skupinu mišića koji se nalaze sa stražnje strane natkoljenice (Askling, 2008):

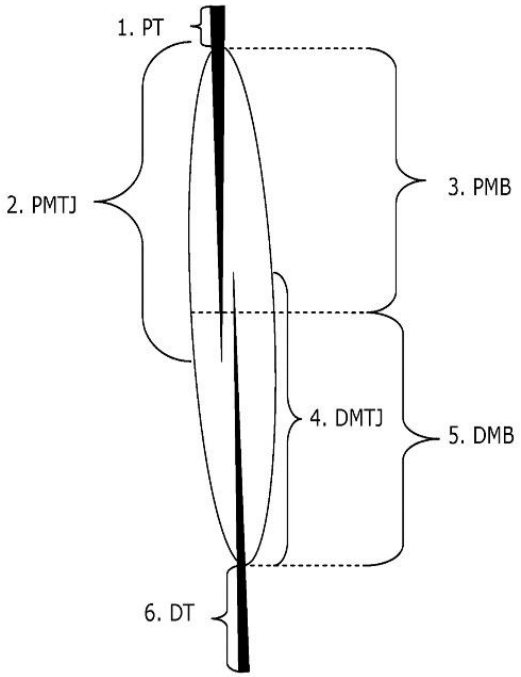
- *m. Biceps femoris (caput longus i caput brevis)* – (BF) duga i kratka glava
- *m. Semimembranosus* (SM)
- *m. Semitendinosus* (ST)



SLIKA 1. MIŠIĆI HAMSTRINGSA (ASKLING, 2008)

Svaki od ta tri mišića, neovisno o poziciji, polazištu i točke vezivanja ima zajedničke univerzalne strukture:

- proksimalni dio tetive (Proximal Tendon PT)
- tetivno mišićni spoj (Muscle Tendon Junction MTJ)
- distalni dio tetive (Distal Tendon DT)



SLIKA 2. SHEMATSKI PRIKAZ MIŠIĆA HAMSTRINGSA (ASKLING, 2008)

Biceps femoris (BF) nalazi se s lateralne strane natkoljenice, a *Semimembranosus* (SM*)* i *Semitendinosus* (ST) nalaze se s medijalne strane natkoljenice. (Linklater i sur., 2010). Sva tri mišića imaju istu polazišnu točku – *tuber ishiadicum* (sjedna kvrga), a prvu vidljivu točku razdvajanja imaju između 2 i 10 cm (ovisno o autoru) od sjedne kvrge gdje se tetiva *semimebranosusa* (SM) odvaja od ostatka (Ahmad i sur., 2013; Ropiak i Bosco, 2012).

BF, iako jedan mišić, sastoji se od dva dijela (dvije glave) – duge glave BF-a i kratke glave BF-a. Vlakna BF-a vidljiva su 6 cm distalno od sjedne kvrge, a njegova duga glava polazi sa sjedne kvrge i sakrotuberalnog ligamenta. Proksimalni dio tetive (PT) i MTJ duge glave bicepsa čine otprilike 60% od njegove ukupne dužine (između 44 i 47 centimetara) (Woodley i Storey, 2013). Mjesto vezivanja/hvatanja hamstringsa nalazi se na glavi fibule i lateralnog

kondila tibije. Kratka glava BF-a svoje polazište ima lateralno od linea aspere – sa distalnog i posteromedijalnog dijela femura, lateralne suprakondilarne regije i lateralnog intermuskularnog septuma. Za razliku od duge glave BF-a, kratka glava nema PT već svoje polazište ima na fascijalnim i koštanim privitcima (Woodley i Storey, 2013). Veže se za tetivu duge glave BF-a i za tetivni i fascijalni dio posterolateralne kapsule, te za ilijotibijalni traktus, glavu fibule i za proksimalni i lateralni dio tibije (Ropiak i sur., 2012; Ahmad i sur., 2013).

Semitendinosus (ST) dijeli polazište s dugom glavom BF-a, međutim njegova PT i MTJ su puno kraći i čine između 25 i 30% ukupne dužine tetive (Woodley i Mercer, 2005; Woodley i Storey, 2013). Njegova točka hvatanja, koju čini zajedno sa mišićima *Gracilisom i Sartoriusom*, nalazi se na proksimalnom i medijalnom dijelu metafite tibije. Ta tri mišića zajedno tvore *pes anserinus* – tvorbu koja prolazi preko medijalnog kolateralnog ligamenta koljena (Ahmad i sur., 2013, Ropiak i sur.,2012).

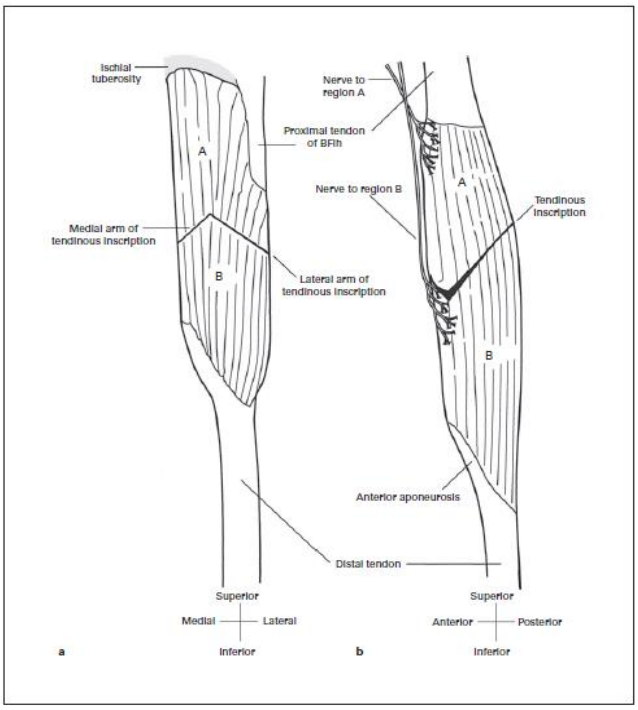
Semimembranosus (SM) je ujedno i najveći mišić hamstringsa. Njegova PT duga je 31 cm, a zajedno sa MTJ čini čak 70% od ukupne dužine mišića. Polazište ima sa lateralne strane sjedne kvrge, a hvatište na posteromedijalnoj strani koljena. Strukture na koje se veže su: poplitealni ligament, posteriornu kapsulu, posteriorni rog medialnog meniska, postreriorni oblique ligament, aponeurozu mišića popliteus, a tetiva SM prolazi ispod medijalnog kolateralnog ligamenta i hvata se za prednji dio kapsule (Ahmad i sur., 2013; Ropiak i sur., 2012; Woodley i Mercer, 2005; Woodley i Storey, 2013).

2.2. GRAĐA I INERVACIJA MIŠIĆA

Mišići hamstringsa inervirani su s dvije grane živca *ishijadicusa*. Duga glava BF-a, SM i ST su inervirani tibijalnom granom ishijadicusa, dok je kratka glava BF-a inervirana peronealnom granom *ishijadicusa*. (Ropiak i sur., 2012; Woodley i Mercer, 2005). Neki autori baš u toj dvostrukoj/dual inervaciji vide jedan od mogućih razloga čestih ozljeda BF-a. Dvostruka inervacija može dovesti do nesinkroniziranih i neusklađenih podražaja, ali autori navode da bi to područje ipak trebalo malo bolje istražiti (Opar i sur., 2012; Woodley i Mercer, 2005). Ono što neki autori navode da rezultat takvog inervacijskog puta može dovesti do

smanjenog kapaciteta i nedovoljne sposobnosti generiranja sile koje se razvijaju u samom mišiću (Woods i sur., 2004).

Građa mišića hamstringsa također je bitna u shvaćanju i razumijevanju potencijalnih uzroka njihovih čestih ozljeda. Te razlike se najviše očituju u dužini mišićnih vlakana, poprečnom presjeku, ali i različitom kutu pinacije (kut mišićnih vlakana u odnosu na smjer pružanja tetive) mišićnih vlakana. SM je najveći od sva tri mišića i njegov proksimalni mišićno tetivni spoj je skoro dvostruko duži od MTJ duge glave BF-a. Osim toga, mišićna vlakna SM-a imaju najveći kut pinacije kao prilagodbu za proizvodnju velikih sila. Za razliku od SM-a, kratka glava BF-a ima najduže snopove mišićnih vlakana, ali radi manjeg poprečnog presjeka smatra se da ima manju sposobnost proizvodnje sile od duge glave BF-a (Woodley i Storey, 2013). ST, ukoliko se izuzme kratka glava BF-a ima najmanji volumen i poprečni presjek od svih mišića hamstringsa i jednu specifičnu tetivnu liniju na sredini trbuha koja smanjuje mogućnost proizvodnje velikih sila, a samim time i mogućnost od ozlijeđivanja (Woodley i Storey, 2013).



SLIKA 3. INERVACIJA M. SEMITENDINOSUSA (LATERALNI PRIKAZ (A), STRAŽNJI PRIKAZ (B)) (ASKLING,2008)

2.3. FUNKCIJA I ULOGA MIŠIĆA HAMSTRINGSA

2.3.1. FUNKCIJA HAMSTRINGSA

Mišići hamstringsa svoju glavnu funkciju imaju kao ekstenzori zgloba kuka i kao fleksori koljenog zgloba. Osim kratke glave BF-a, sva tri mišića prelaze preko dva zgloba te sudjeluju u pokretima i kuka i koljena u različitim ravninama. Funkcije hamstringsa, ovisno o kojem mišiću se radi su slijedeće (Ahmad i sur.,2013; Ropiak i sur., 2012)

m. Biceps femoris duga glava :

- fleksija i lateralna rotacija potkoljenice u zglobu koljena
- ekstenzija, adukcija i lateralna rotacija natkoljenice u zglobu kuka
- posteriorna stabilizacija zdjelice

m. Biceps femoris kratka glava :

- fleksija i lateralna rotacija potkoljenice u zglobu koljena
- ekstenzija, adukcija i lateralna rotacija natkoljenice u zglobu kuka

m. Semimembranosus :

- fleksija i rotacija potkoljenice u zglobu koljena
- ekstenzija, adukcija i medijalna rotacija u zglobu kuka
- bitna uloga u stabilizaciji koljena

m. Semitendinosus :

- fleksija i unutarnja rotacija potkoljenice u zglobu koljena
- osigurava rotacijsku stabilnost koljena u valgus poziciji

2.3.2. ULOGA HAMSTRINGSA U LOKOMOCIJI S NAGLASKOM NA SPRINT

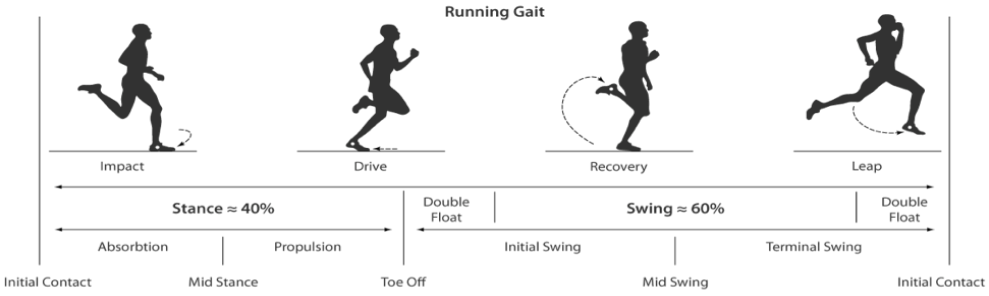
Trčanje i hodanje su osnovni načini ljudske lokomocije, stoga su zastupljeni i u nogometu. Razlika između hodanja i trčanja očituje se najviše u tome što prilikom hodanja postoji dvostruka faza oslonca (oba stopala dodiruju podlogu istovremeno). U trčanju ni u jednom trenutku ne dolazi do dvostruke faze oslonca već postoji faza oslonca (jedno stopalo ima kontakt s podlogom), faza leta (faza u kojoj ni jedno stopalo nema oslonac na podlogu) i faza ponovnog oslonca (Baharuddin i sur., 2009; Novacheck, 1998) (slika 4).

Hamstrings u trčanju ima veliku ulogu jer praktički sudjeluje u svim fazama ciklusa trčanja (Ahmed i sur., 2013; Baharuddin i sur., 2009; Yu i sur., 2008; Chumanov i sur., 2011).

Koncentričnu kontrakciju hamstrings dominantno ostvaruje prilikom prvotnog odguravanja podloge i to kao ekstenzor kuka (Yu i sur., 2008). Najveću ekscentričnu kontrakciju u ciklusu trčanja hamstrings postiže u zadnjoj četvrtini faze zamaha i početnoj fazi oslonca (privlačenje noge zrakom prema naprijed i priprema stopala za kontakt podloge) i to kao antagonist kvadricepsu (Chumanov i sur., 2011).

Biceps femoris dominantno sudjeluje u srednjoj fazi zamaha, dok zajedno sa ST u završnom dijelu faze zamaha i početnoj fazi oslonca obavlja funkciju sinergista. Sukladno tome, ističe se i dominantna uloga *Semitendinosusa* u početnoj fazi oslonca (Yu i sur., 2008).

Schache i sur. (2013),autori koji se dominantno bave istraživanjem živčano mišićne aktivacije (EMG), naglašavaju važnost *Semitendinosusa* i duge glave BF-a u završnoj fazi zamaha. Ističu ih kao glavne mišiće u kontroli proizvodnje sila u zglobu koljena i kuka s obzirom da u toj fazi upravo oni imaju najveću razinu aktivacije.



SLIKA 4. FAZE CIKLUSA TRČANJA (NOVACHECK, 1998)

Pasivne elastične strukture mišića u ekscentričnoj kontrakciji doprinose manjem utrošku kisika i energije za proizvodnju jednake količine energije. S obzirom da hamstrings primarno radi u ekscentričnim uvjetima u ciklusu trčanja, njegova sposobnost proizvodnje, tolerancije i apsorpcije sile dodatno dobiva na važnosti.

2.4. MEHANIZAM I KLASIFIKACIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA U NOGOMETU

Ozljede hamstringsa su najzastupljenije u sportovima u kojima su prisutni balistički pokreti (sprint i bacanja), ciklus istezanja i skraćivanja mišića (Stretch shortening cycle - SSC), ali i udarci (van Beijsterveldt i sur., 2012; Brooks i sur., 2006). Woods i sur., (2002) su proučavajući predsezonu Engleske profesionalne lige dobili rezultate gdje je čak 11% od svih ozljeda u tom periodu otpadalo na ozljede hamstringsa. U drugoj studiji koju su proveli Woods i sur., (2004) također na Engleskim profesionalnim nogometašima iznose zanimljive podatke: u jednoj nogometnoj sezoni 13,116 dana i 2029 utakmica igrači su bili u nemogućnosti igrati radi ozljeda hamstringsa. Po klubu je u prosjeku to iznosilo 90 dana i 15 utakmica u jednoj sezoni. Jedan od faktora koji navode kao mogući uzrok je i umor hamstringsa uslijed pada sposobnosti za proizvodnjom sile. S obzirom na činjenicu da se većina ozljeda hamstringsa događa u sportsko specifičnim uvjetima i bez prisutnog kontakta,) može se zaključiti da izdržljivost kao jedan oblik sposobnosti mišića da proizvodi silu kroz duže vrijeme značajno utječe na količinu ozljeda hamstringsa.

Liu i sur., (2012) navode da postoje dva tipa ozljeda hamstringsa s obzirom na mehanizam nastanka:

- Istezajući tip
- Sprinterski tip

2.4.1. ISTEZAJUĆI TIP OZLJEDE

Liu i sur., (2012) u svom preglednom članku navode da su istezajući stupanj ozljeđivanja najčešće klasificirani uzrok ozlijeđivanja hamstringsa u sportu. Do istezajućeg tipa ozljeđivanja dolazi uslijed izvođenja velikih amplituda pokreta malom brzinom. Hamstrings je tu posebno osjetljiv uzevši u obzir da je dvozgloban mišić koji prelazi preko kuka i zgloba koljena. Samim time aktivan je u većini pokreta ljudske lokomocije.

Do ozljeđivanja hamstringsa prilikom sporih kontrakcija primarno dolazi kod negativnog rada samog mišića, odnosno kroz ekscentričnu kontrakciju. Različite studije (Garrett i sur., 1989; Nikolaou i sur.,1987; Thelen i sur., 2005) u svojim rezultatima pokazali su da uslijed prevelikog mehaničkog istezanja pri izduživanju mišića dolazi do njegove rupture i ozljede. Ukoliko izduživanje mišića pređe elastični kapacitet hamstingsa neminovno će doći do nekog oštećenja i ozljede. Najčešće se u istezajućem tipu ozljeđivanja oštećuje proksimalni dio mišića blizu hvatišta (Askling i sur., 2006).

Mišić koji je najviše zahvaćen prilikom ovakvog tipa ozlijeđivanja je *Semimembranosus* i to u otprilike 90% slučajeva (87%) (Askling i sur., 2008; Liu i sur.,2012).

2.4.2. SPRINTERSKI TIP OZLJEDE

Sprinterski tip ozljeđivanja hamstringsa je najčešći tip ozljeđivanja tog mišića i prevalencija iznosi i do 57% u nogometu (Woods, 2004). S obzirom da prilikom trčanja dolazi do izduživanja hamstringsa u oba zgloba preko kojih prelazi (kuk i koljeno), točnije prilikom završne faze zamaha, logično je zaključiti zašto je baš sprinterski tip ozljeđivanja najčešći tip ozljede hamstringsa.

Više istraživača i studija potkrepljuje te nalaze te navode da, osim završne faze zamaha i početne faze oslonca, pozicija neposredno prije odraza također predstavlja fazu u ciklusu trčanja gdje je hamstrings pod najvećim rizikom od ozljede (Small i sur., 2009; Thelen i sur., 2005; Yu i sur., 2008). Jedan od mogućih razloga čestih ozljeda hamstringsa prilikom sprinta krije se u njegovoj građi. Hamstrings je dominantno građen od brzih mišićnih vlakana (58%) te je u odnosu na ostale mišiće natkoljenice predodređen za brze i eksplozivnije pokrete (Hawkins i

sur., 2001). Posljedično tome, hamstrings je predodređen za proizvodnju velikih mišićnih sila. Neki autori navode da baš to može biti uzrok čestih ozljeda prilikom sprinta. Pa tako Hawkins i sur., (2001) te Woods i sur., (2004) navode da uslijed brze promjene režima rada hamstringsa iz koncentrične u ekscentričnu kontrakciju može biti jedan od faktora koji povećavaju rizik od ozlijeđivanja. Razlog tome je nagla i brza deceleracija zgloba kuka i ekstenzija koljena kako bi se stopalo pripremilo za kontakt s podlogom. S obzirom da u tim trenucima dolazi do naglog i iznimnog snažnog izduživanja mišića i proizvodnje velike sile oštećenja su vrlo česta i to najčešće u području proksimalnog hvatišta tetive.

Biceps femoris je dominantno mišić koji se ozljeđuje u brzim pokretima, pogotovo prilikom sprinta (Garrett i sur., 1989; Hawkins i sur., 2001; Speer i sur., 1993), i to u 53% slučajeva. Razlog tome, autori navode u anatomiji BF-a, ali i u načinu inervacije samog mišića. S obzirom da je BF mišić sastavljen od duge i kratke glave koje su inervirane od dvije različite grane živca *ishijadicusa*, nesinkronizirana i nekoordinirana inervacija tog mišića može povećati šansu za ozljedom (Williams i Warwick, 1980.) O tome je napisano nešto više u drugom poglavlju: „Specifičnosti hamstringsa“ i u podpoglavlju „Građa mišića i inervacija“.

Anatomske predispozicije ipak su malo detaljnije istražene te se mogući razlog čestih ozljeda duge glave BF-a krije u njegovoj dugoj PT i MTJ. S obzirom da prilikom zadnje faze zamaha dolazi do najvećeg izduživanja duge glave BF-a u odnosu na sva tri mišića hamstringsa, sile i mehanički stres koji MTJ mora savladati su također izuzetno visoke (Thelen i sur., 2005). Radi te veće amplitude pokreta kojom se kreće, BF postaje podložniji ozljedama prilikom sprinta.

2.4.3. KLASIFIKACIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA

Postoje različite klasifikacije mišićnih ozljeda, pa tako i hamstringsa. Ozljede s obzirom na mjesto nastanka oštećenja možemo podijeliti na proksimalne, centralne/središnje i distalne ozljede hamstringsa. Kada se govori o proksimalnoj ozljedi hamstringsa, misli se primarno na proksimalni dio hvatišta tetive hamstringsa na sjednu kost, a zatim i na mišićno tetivni spoj mišića (Ahmad i sur., 2013).

Središnje ozljede hamstringsa odnose se na oštećenja trbuha mišića, a distalne ozljede podrazumijevanju oštećenja distalnog mišićno tetivnog spoja i distalnog hvatišta tetive.

Ozljede hamstringsa mogu se klasificirati u odnosu na mehanizam ozljede, pa postoji sprinterski tip ozljeđivanja i istezajući tip oštećenja samog mišića (više je objašnjeno u prethodnom poglavlju) (Garrett, 1990). Isti autor, ali i Hamilton i sur., (2015) također navode da se ozljede mogu klasificirati ovisno o prisutnosti traume. Pa razlikujemo direktne (ozljede prilikom kojih postoji neposrednog udarca/kontakta s mišićem) ili indirektne (oštećenja mišića uslijed prevelikih kontrakcija i pretjeranog mehaničkog izduživanja).

Ropiak i sur., (2012) i Lee i sur., (2012) predlažu klasifikaciju stupnjevanja mišićnih ozljeda na slijedeći način:

- Nulti stupanj: nema vidljivih oštećenja ili znakova oštećenja vlakana mišića
- Prvi stupanj: vidljivo je oštećenje i istezanje mišićnog i/ili tetivnog tkiva i vlakana uz gubitak funkcije manji od 5% - ozljeda istezanja
- Drugi stupanj: istezanje srednjeg intenziteta uslijed kojeg dolazi do djelomične rupture mišićno – tetivnih vlakana uz gubitak funkcije mišića između 5 i 50% - parcijalna ruptura
- Treći stupanj: Potpuno pucanje/ruptura mišićnih vlakana uslijed čega dolazi do prekida duž cijele linije mišića. Gubitak funkcije je veći od 50%, a često je potreban operacijski zahvat

U nogometu najčešće su djelomične rupture i ozljede prvog stupnja (Ekstrand i sur., 2012). Isti autori navode da se 80% svih ozljeda hamstringsa u nogometu mogu klasificirati kao ozljede prvog i drugog stupnja, a zatim slijede ozljede nultog stupnja (13%).

3. DIMENZIJE JAKOSTI KAO ČIMBENIK RIZIKA NASTANKA OZLJEDA HAMSTRINGSA

Detaljnim pregledom literature može se jasno zaključiti da, osim prethodne ozljede, ni jedan čimbenik se ne može izdvojiti kao jedinstvenim u predikciji ozljeda hamstringsa (Arnason i sur., 2004; Arnason i sur., 2008; Mendiguchia i sur, 2012; Verrall i sur., 2001; Foreman i sur., 2006). Tako mnoge studije i pregledi literature navode slijedeće faktore koji doprinose povećanom riziku od ozljede hamstringsa: dob, rasa, ozljede gležnja, koljena ili kuka, nedovoljna jakost hamstringsa, nedostatak stabilnosti trupa, nekvalitetno zagrijavanje i priprema, smanjena fleksibilnost hamstringsa, neadekvatna tehnika trčanja (Agre, 1985; Verrall i sur., 2001; Devlin, 2000; Woods i sur., 2004; Mendiguchia i sur., 2012; Sherryl i sur., 2011; Gabbe i sur., 2005; Gabbe i sur., 2006).

3.1. JAKOST HAMSTRINGSA

Opar i sur., (2012) u svojoj studiji navode slijedeće faktore jakosti koji pridonose povećanju rizika od nastanka ozljeda hamstringsa: slabost fleksora koljena, bilateralna asimetrija hamstringsa, nepovoljan omjer jakosti između fleksora i ekstenzora koljena (H:Q ratio). Isti autori navode da mišići koji su u stanju generirati dovoljno sile u ekcentričnim uvjetima imaju bolje predispozicije da se odupru mogućim oštećenjima.

3.1.1. EKSCENTRIČNA JAKOST HAMSTRINGSA

S obzirom da se hamstrings primarno i dominantno aktivira prilikom ekstenzije koljena te radi kao antagonist kvadricepsu može se zaključiti da smanjena ekscentrična jakost hamstringsa može uzrokovati ozljedu. Bahr i Holme (2003) navode da je u nogometnim aktivnostima kritična povezanost između sposobnosti kvadricepsa da proizvede brzu i snažnu kontrakciju i kapacitet hamstringsa da se kroz ekscentričnu kontrakciju odupre rezultantnim silama. Drugi autori također naglašavaju ulogu ekscentrične jakosti hamstringsa kao faktora koji doprinosi smanjenom riziku nastanka ozljeda hamstringsa. Kaminski i sur., (1998) i Garrett (1990)

objašnjavaju da su pasivne strukture mišića u stanju podnijeti 100% više opterećenja neposredno prije kritične točke otkaza, ukoliko aktivne strukture (mišići) sudjeluju u radu. Također je zabilježeno da kod nogometaša koji su imali prethodnu ozljedu hamstringsa postoji niža razina aktivacije BF-a u ekscentričnim uvjetima. To u konačnici može značiti manji broj aktiviranih motoričkih jedinica i mišićnih vlakana koji neće biti u stanju proizvesti maksimalnu silu. Samim time mišić stavljaju u nepovoljne uvjete da apsorbira decelaracijske sile prilikom ekstenzije koljena i povećava mogućnost od ozljede (Opar i sur., 2012).

3.1.2. KONCENTRIČNA JAKOST HAMSTRINGSA

Orchard i sur., (1997) u svom su istraživanju prikazali drastično smanjenu sposobnost koncentrične jakosti hamstringsa ozlijeđene noge u izokinetičkim uvjetima u odnosu na neozlijeđenu nogu. Također se značajnim pokazao i lošiji omjer između jakosti hamstringsa i jakosti kvadricepsa ozlijeđene noge u izokinetičkim uvjetima. To se podudara i sa nalazima Suguira i sur. (2008) koji navode da postoji značajna povezanost između smanjenje jakosti ekstenzora kuka u koncentričnim uvjetima i ozljeda hamstringsa. Cometti i sur. (2001) u svojoj zanimljivoj studiji govore da je kod vrhunskih nogometaša veća sposobnost u generiranju koncetrične sile hamstringsa, ali i veći H:Q omjer nego kod nogometaša nižeg ranga natjecanja. Slične rezultate pokazuju i drugi autori (Eleftherios i sur., 2015; Tourny – Chollet i sur., 2002).

Ekscentrična jakost hamstringsa i njegova sposobnost da djeluje kao antagonist kvadricepsu definitivno predstavlja čimbenik rizika u predikciji ozljeda hamstringsa (Navarro i sur., 2015). Ekscentrične kontrakcije proizvode veće sile i protektivno djeluju na funkciju i pasivnih (tetive) i aktivnih (mišićna vlakna) struktura. Također disbalans između maksimalne ekscentrične jakosti i koncentrične jakosti također se pokazao bitnim kod nogometaša, ali postoje studije koje pokazuju da ukoliko se vrijednosti normaliziraju rizik se drastično smanjuje (Croisier i sur., 2008).

Treba naglasiti da postoje istraživanja čiji autori smatraju da omjer između ekscentrične i koncentrične jakosti hamstringsa ne doprinosi u drastičnom povećanju rizika od nastanka ozljeda hamstringsa (Bennell i sur., 1998; Gabbe i sur., 2005).

3.2. BILATERALNA ASIMETRIJA JAKOSTI HAMSTRINGSA

Najčešći način testiranja jakosti ekstenzora i fleksora kuka izvodi se na izokinetičkim uređajima. Asimetrije u bilateralnoj jakosti hamstringsa koji se smatraju funkcionalno prihvatljivima i koji ne predstavljaju rizik od ozljeđivanja kreću se između 5 i 10 % (Croisier i sur., 2002). S tim se slažu i Ahmad i sur., (2013) i Croisier i Crielaard (2000) koji navode da su asimetrije između 10 i 15% u bilateralnoj jakosti hamstringsa važan prediktor moguće ozljede. Orchard i sur., (1997) pak navode da izokinetičko testiranje u predsezoni i pripremnom razdoblju može detektirati one nogometaše koji su pod povećanim rizikom od ozljede hamstringsa.

Fousekis i sur., (2014) u svojem preglednom članku objašnjavaju kako funkcionalna asimetrija u jakosti donjih ekstremiteta pri izokinetičkim uvjetima rada treba biti značajan čimbenik rizika nastanka ozljeda u nogometu. Naime, u studiji koju su proveli na 100 profesionalnih nogometaša samo 11% njih je imalo rezultate unutar razine dopuštene / tolerirane asimetrije (bilateralna asimetrija manja od 15%). U čak 68% slučajeva zabilježena je najmanje jedna klinički značajna (iznad 15% asimetrije) funkcionalna asimetrija (od 14 varijabli koje su promatrali) u koncentričnoj jakosti hamstringsa prilikom izokinetičkog testa. Ono što je još zanimljivije je da je taj postotak još veći (73%) kada se radilo o ekscentričnoj kontrakciji. Slične nalaze daje još jedno istraživanje gdje je testirano 462 nogometaša u pripremnom periodu. Bilateralne asimetrije bile su prisutne i kod ekscentrične (60% slučajeva) i kod koncentrične kontrakcije (58% slučajeva) na izokinetičkom uređaju (Croisier i sur., 2008). Autori ipak navode je da kod onih nogometaša kod kojih su zabilježeni disbalansi primjenom preventivnih i korektivnih trenažnih strategija značajno smanjena bilaterana asimetrija. Samim time i rizik od ozljede hamstringsa je umanjen.

U istraživanju koje je provedeno 2011.godine, Schache i sur. (2011) utvrdili su kako praćenje maksimalne izometrične kontrakcije hamstringsa na tjednoj bazi može poslužiti kako bi se otkrili oni nogometaši koji su pod povećanim rizikom od ozljede. Naime, u studiji se bilateralna asimetrija u jakosti hamstringsa značajno povećala 5 dana prije ozljede hamstringsa te navode da treneri i stručni tim, ukoliko djeluju na vrijeme, imaju vremena poduzeti potrebne mjere kako bi se spriječila moguća ozljeda hamstringsa.

Bilateralna asimetrija u nogometaša je uobičajena pojava s obzirom na specifičnosti sporta (udarac i kontrola lopte) koju kontroliraju dominantnom i nedominantnom nogom. Stoga istraživači predlažu i toleriraju određene asimetrije koje onda zovu „funkcionalnim asimetrijama“ (razlike unutar 5-10%). Iako se preporučene dozvoljene asimetrije razlikuju od autora do autora, svi se slažu da izokinetičko testiranje može predvidjeti i detektirati one nogometaše koji su pod povećanim rizikom od ozljede hamstringsa.

3.3. KUT POSTIZANJA MAKSIMALNE JAKOSTI HAMSTRINGSA

Dužina hamstringsa u ciklusu trčanja, odnosno pri sprintu i specifičnim nogometnim kretnim strukturama (brza promjena smjera kretanja, deceleracija, skokovi, udarci lopte), značajno utječu na sposobnost postizanja maksimalne jakosti hamstringsa. Mnogi autori navode da se ozljede hamstringsa događaju prilikom ekscentričnih kontrakcija i/ili pretjeranog visko - elastičnog opterećenja uslijed čega dolazi do mehaničkog oštećenja samog mišića (Askling i sur., 2003; Arnason i sur., 2008; Garrett, 1990; Lee i sur., 2009).

Hamstrings svoju maksimalnu izduženost postiže kada je koljeno u ekstenziji, a kuk u flektiranoj poziciji (Yu i sur., 2008). To se odnosi na poziciju neposredno prije kontakta pete s podlogom, na kraju faze zamaha, što je specifično za sprint u nogometu, postavljanje stajne noge pri udarcu lopte i sl. U toj poziciji hamstrings postiže maksimalnu aktivnost i nalazi se u najnepovoljnijoj poziciji za nastanak neke vrste ozljede. (Thelen i sur., 2006; Opar i sur., 2012). Naime, Opar i sur., (2012), ali i drugi autori (Askling i sur., 2003; Arnason i sur., 2008; Garrett, 1990;) navode kako do ozljede hamstringsa dolazi najčešće uslijed prevelikog izduživanja mišića i/ili uslijed nemogućnosti apsorpcije/tolerancije sile koja se aplicira na sami mišić. Ako uzmemo u obzir da je hamstrings najaktivniji u najizduženijem položaju (potpunoj ekstenziji koljena i fleksiji kuka) lako se može zaključiti zašto pri tim kutovima dolazi do najčešćeg ozljeđivanja samog mišića.

Brockett i sur., (2004) u svom istraživanju na izokinetičkom uređaju pokazali su da sportaši koji za vrijeme proizvodnje maksimalnog momenta sile pri fleksiji koljena imaju veći kut spadaju u rizičnu grupu koja je podložna ozljedama hamstringsa. Slično navode i Opar i sur., (2012) koji su

dobili rezultate u kojima su sportaši čija ozlijeđena noga postiže maksimalni moment sile pri 50° fleksije koljena pod povećanim rizikom od ozljede hamstringsa. U odnosu na ozlijeđenu nogu, neozlijeđena noga proizvodila je veći maksimalni moment sile pri manjem kutu fleksije koljena (oko 20° manjoj fleksiji koljena). Prevedeno, oni sportaši koji maksimalne momente sile proizvode pri kraćoj mišićnoj duljini su pod većim rizikom za nastanak ozljede hamstringsa (Opar i sur., 2012).

U svojoj studiji (Brockett i sur., 2004) također navode da sportaši ozlijeđenom nogom maksimalni moment sile proizvode pri većem kutu fleksije u koljenu u odnosu na neozlijeđenu nogu. Bitno za naglasiti je da nije u potpunosti objašnjena uzročno posljedična veza između mehanizma nastanka ozljede hamstringsa i kuta u zglobu koljena. Naime, veći kut u koljenu pri proizvodnji maksimalne jakosti hamstringsa može biti kompenzacija nakon pretrpljene ozljede ili uzrok nastanka te iste ozljede. Kasnija studija koju su proveli Yeung i sur., (2009), u kojoj su pokušali utvrditi uzročno – posljedične veze između te dvije varijable nisu dobili iste rezultate.

Pregledom literature i dalje ostaje nedvojbeno da pozicija i kut u kojem je kuk ekstendiran, a koljeno se nalazi u potpunoj fleksiji najviše aktivira hamstrings. Također hamstrings maksimalnu proizvodnju sile ima između 45 – 90% završenosti ciklusa trčanja (Thelen i sur., 2005). Nejasan je jedino odnos između kuta proizvodnje maksimalne jakosti u koljenu i rizika od nastanka ozljeda hamstringsa. Kontradiktorni su rezultati studija i uzročno – posljednične veze između te dvije varijable i potrebna su dodatna istraživanja koja će rasvijetliti ovu temu.

3.4. NEURAVNOTEŽEN ODNOS IZMEĐU JAKOSTI HAMSTRINGSA I JAKOSTI KVADRICEPSA IPSILATERALNE NOGE – *H:Q RATIO*

3.4.1. TRADICIONALNI HAMSTRINGS: KVADRICEPS ODNOS (H_{CON} : Q_{CON} *RATIO*)

U praksi, dva su najčešća načina mjerenja asimetrija između jakosti hamstringsa i jakosti kvadricepsa ipsilateralne (istoimene) noge koji se izvode na izokinetičkom dinamometru/uređaju.

Mjere se najčešće maksimalna izometrična jakost pri određenom kutu (najčešće je to pri 60° fleksije koljena) (Kannus, 1992; Kannus, 1994) ili mjerenje maksimalne izokinetičke koncentrične jakosti pri kutnim brzinama od 60°/s, 180°/s, 240°/s i 300°/s u zglobu koljena (Pinniger i sur., 2000). Druga istraživanja predlažu slične omjere, pa tako Yeung i sur., (2009) navode da ukoliko je H:Q omjer pri 180°/s manji od 0,6 nogometaši su pod čak 17 puta većim rizikom od ozljede hamstringsa. Orchard i sur., (1997), Best i sur., (2013) slažu se da je taj način puno bolji predikcijski čimbenik mogućeg ozljeđivanja mišića hamstringsa nego mjerenje isključivo izolirane jakosti hamstringsa. U literaturi taj se omjer naziva klasičnim, odnosno tradicionalnim H:Q omjerom ($H:Q_{conv}$ ili $H_{con} : Q_{con}$) (Aagaard i sur, 1998; Greco i sur 2012; Opar i sur., 2012). Pri brzinama od 60°omjer koji se smatra dobrim i funkcionalnim kreće se između 0,59 i 0,65 . Što su kutne brzine veće to se i omjer povećava (na 300° omjer bi trebao biti 1.0) (Bennell i sur., Greco i sur., 2012; Orchard i sur., 1997; Pinniger i sur.,2000).

Međutim, takav način promatranja odnosa između jakosti hamstringsa i kvadricepsa s vremenom je naišao na kritike od strane istraživača jer nije pokazivao praktično primjenjivi odnos između hamstringsa i kvadricepsa kakav se događa u ljudskoj lokomociji (Chumanov i sur., 2011; Chumanov i sur., 2007; Opar i sur., 2012; Thelen i sur., 2005).

3.4.2. FUNKCIONALNI HAMSTRINGS: KVADRICEPS ODNOS (*H_{ECC} : Q_{CON} RATIO*)

Naime, brojne studije pokazale su da je hamstrings najaktivniji u završnoj fazi zamaha, neposredno prije uspostavljanja kontakta stopala i podloge. U toj poziciji dolazi do maksimalnog izduživanja i negativnog ekscentričnog rada hamstringsa koji treba usporiti ekstenziju koljena (Schache et al. 2009, Chumanovi sur., 2011; Yu i sur., 2009). Stoga autori predlažu novi koncept koji će promatrati odnos i asimetrije u jakosti ekscentrične kontrakcije hamstringsa i koncentrične jakosti kvadricepsa ($H : Q_{func}$ ili $H_{ecc} : Q_{con}$) (Aagaard i sur., 1998; Coombs i sur., 2002; Croisier i sur., 2002; Croisier i sur., 2008; Sugiura i sur., 2008). Isti autori navode da bi se funkcionalni omjer između ekscentrične jakosti hamstringsa (H_{ecc}) i koncentrične jakosti kvadricepsa (Q_{con}) trebao kretati između 0,9 i 1,0.

Jedna zanimljiva studija navodi da bi se i eksplozivna jakost također trebala uzeti u obzir kao prediktivni faktor ozljede hamstringsa (Greco i sur.,2012). Naime, većina nogometnih kretnji

uključuje sprint i skokove. Takve aktivnosti odvijaju se u iznimno brzim vremenskim intervalima koji nisu dovoljni za generiranje maksimalne mišićne jakosti (50 – 250 milisekundi) (Aagaard i sur.,2002; Krosshaug i sur., 2007). Stoga samo promatranje sposobnosti proizvodnje maksimalne jakosti hamstringsa i kvadricepsa nije dovoljno (Greco i sur, 2012).

Zebis i sur., (2011) nedavno su predložili hipotezu gdje objašnjavaju kako H_{con}:Q_{con} te H_{ecc}:Q_{con} omjer ne objašnjavaju u potpunosti predikciju hamstringsa da stabilizira koljeno pri velikim i eksplozivnim pokretima. Stoga predlažu da se eksplozivna jakost (gradijent sile – RTD) također uzme u obzir kao mogući prediktor ozljeda hamstringsa pri brzim pokretima. Greco i sur., (2012) usporedili su odnos između funkcionalnog H:Q odnosa i RTD H:Q odnosa (H_{rtd} :Q_{rtd}) te dobili miješane rezultate. Pokazalo se da nogometaši koji su imali nepovoljniji funkcionalni H:Q omjer također su imali i lošiji RTD H : Q omjer. Međutim, autori ističu kako su dodatna istraživanja na ovom području potrebna.

Opar i sur., (2012) navode da prevelika koncentrična jakost kvadricepsa u odnosu na ekscentričnu jakost hamstringsa može dovesti do ozljede hamstringsa. Hamstrings se u završnoj fazi zamaha i uspostave kontakta stopala na podlogu mora jako kontrahirati kako bi usporio fleksiju kuka i istovremeno izduživanjem ekscentrično usporiti ekstenziju tibije njegova brzina snažne kontrakcije je od krucijalne važnosti. Ukoliko je jakost kvadricepsa prevelika, hamstrings će se izdužiti preko svog mehaničkog limita i doći će do oštećenja tkiva (najčešće duge glave BF-a i ST-a) (Copland i sur., 2009; Opar i sur., 2012; Thelen i sur., 2005a; Thelen i sur., 2005b).

3.5. MIŠIĆNA IZDRŽLJIVOST I UMOR HAMSTRINGSA

Mišićna izdržljivost, ili točnije sposobnost mišića (u ovom slučaju hamstringsa) da zadrži određenu silu/jakost tijekom dužeg vremena važan je faktor u nogometu. Različite studije pokazuju da količina brzih pokreta (sprint, promjena smjera kretanja) kao i sposobnosti ponavljane izvedbe sprinta rapidno opadaju u zadnjih 15 minuta utakmice (Mohr i sur., 2003; Rampinini i sur., 2007; Magalhes i sur., 2010; Krustrup i sur., 2010). Hawkins i sur., (2001) zaključuju da je količina ozljeda hamstringsa puno veća u drugom poluvremenu u odnosu na broj

ozljeda hamstringsa u prvom poluvremenu utakmice. Također naglašavaju podatak da se to posebno odnosi na zadnjih 15 minuta utakmice. S tim se slažu i Woods i sur., (2004) koji navode da se 47% ozljeda u Engleskoj profesionalnoj ligi događaju u zadnjoj trećini utakmice. Svi autori, kao jedan od mogućih razloga takvih podataka, navode umor ili smanjenu sposobnost hamstringsa da proizvede ili apsorbira dovoljnu silu. To potvrđuje i novije istraživanje koje je proveo Rahnama sa svojim suradnicima (2006). Oni su pokazali da mišići koji su prethodno bili podvrgnuti električnoj stimulaciji nisu bili u stanju apsorbirati jednaku količinu energije kao odmorni mišići. Može se zaključiti da mišić uslijed umora gubi sposobnost i jakost potrebnu da se odupre sili koja djeluje na njega pokušavajući ga istegnuti (Mair i sur., 1996). Kao prilagodbu tome, hamstrings će se pokušati oduprijeti većim izduživanjem, uslijed čega postoji veća šansa za nastankom nekog mehaničko funkcionalnog oštećenja.

Također postoje studije u svojim eksperimentima na različite načine simulirali uvjete nogometne utakmice i mjerili razinu opadanja jakosti i proizvodnje sile kod nogometaša. Rahnama i sur., (2003) Kawakami i sur., (1993) Gleeson i sur., (1995) u svojim eksperimentima su pokazali da nogometašev hamstrings u uvjetima umora proizvodi 20-60% manju koncentričnu silu nego kada je odmoran. Autori naglašavaju različite eksperimentalne protokole kao moguće uzroke tako velikih razlika između uvjeta umora i odmora. Međutim, sve tri studije pokazale su da je sposobnost ekscentrične jakosti hamstringsa u uvjetima umora opadala za 10% više nego koncentrična jakost kvadricepsa. Objašnjavaju to povećanom potrebom hamstringsa da pri velikim brzinama stabilizira koljeno i uspori prednju anteriornu translaciju tibije. Samim time, smanjena ekscentrična jakost hamstringsa uvelike povećava rizik od ozljede koštano – mišićnih struktura koljena i natkoljenice.

Allen i sur.(2010) pak navode da uslijed umora pada i proprioceptivna sposobnost mišića. Njihov eksperiment pokazao je da nakon podvrgnutog izokinetičkog tretmana došlo do smanjenja maksimalne voljne kontrakcije fleksora kuka za 30%, a time i do vjerojatnog smanjenja proprioceptivne sposobnosti mišića. U normalnim uvjetima hamstrings na vrijeme prepoznaje izduživanje mišića i putem refleksa istezanja povećava aktivaciju mišića, a time i njegovu sposobnost apsorpcije sile i otpor daljnjem izduživanju. Međutim, u situaciji kada je homeostaza i sposobnost maksimalne voljne kontrakcije narušena radi gore navedenih razloga, ta

proprioceptivna sposobnost se smanjuje. Kao rezultat toga hamstrings će se nastaviti izduživati i doći će do ozljede (Allen i sur., 2010).

Jedan od faktora koji su istraživači proučavali je neuromišićna koordinacija, posebice biceps femorisa. Naime, istraživanja pokazuju kako pri velikim brzinama tipičnim za sprint najčešće dolazi do ozljeđivanja duge glave BF-a i ST-a (Devlin, 2000; Drezner, 2003; Pinniger i sur.,2000). Kako biceps femoris ima dvostruku inervaciju (peronealnu granu i tibijalnu granu) za svoju dugu i kratku glavu, neki autori navode to kao mogućim uzrokom povećanog broja ozljeda hamstringsa u uvjetima umora (Devlin, 2000; Foreman i sur., 2006; Kyrolainen i sur. 1999; Kyrolainen i sur., 2005). Također navode da još uvijek nisu jasni mehanizmi koji se kriju iza toga. Preciznije, nisu sigurni je li loša neuromišićna koordinacija i nesinkronizirana inervacija rezultat sporijeg dotoka živčanih impulsa (živčani umor) ili nemogućnosti pravovremene reakcije hamstringsa na pristigli električni potencijal (mišićni umor) (Devlin, 2000).

Nedvojbeno je da se mišićni umor i smanjena sposobnost hamstrinsa da generira silu u uvjetima umora mogu smatrati čimbenikom rizika od ozljeda hamstringsa. Posebno se to odnosi u aktivnostima poput sprinta, promjeni smjera kretanja i deceleracije. Rizik je veći što se utakmica ili trening bliže kraju, a najkritičnije razdobolje je između 60. i 90. minute utakmice (posljednja trećina utakmice) (Mohr i sur., 2003; Rampinini i sur., 2007; Magalhes i sur., 2010; Krustup i sur., 2010). Postoje nedoumice oko pozadinskih neuromišićnih mehanizama koji su uzrokom ozljeda hamstringsa u uvjetima umora i daljnja istraživanja su potrebna kako bi se otklonili ti nedostaci.

4. PREVENCIJSKE STRATEGIJE S NAGLASKOM NA JAKOST HAMSTRINGSA

Prevencijski strategije i metode kojima se pristupa s ciljem prevencije ozljeda hamstringsa u nađenoj literaturi izuzetno su heterogene. Neki autori naglašavaju potrebu da se obuhvate svi parametri i faktori koji mogu dovesti do ozljede hamstringsa (Goldman i sur., 2011; Mendiguchia i sur., 2010; Mendiguachia i sur., 2012; Lempainen i sur., 2015). Prevalencija hamstringsa nakon prethodne ozljede još je veća, što medicinske i kondicijske stručnjake stavlja pod još veći izazov. Istraživači se slažu i navode da put u rehabilitaciji i prevenciji ozlijeđenog hamstringsa treba imati tri faze: akutnu fazu, rehabilitacijsko sub- akutnu fazu i funkcionalnu fazu (Clanton & Coupe 1998; Drezner, 2003; Heiderscheit et al., 2010; Hoskins & Pollard, 2005a, 2005b; Hunter & Speed, 2007; Petersen & Holmich, 2005; Worrell, 1994).

Faktori o kojima treba voditi računa prilikom rehabilitacijsko – prevencijskog tretmana su slijedeći: jakost hamstringsa s naglaskom na ekscentričnu jakost, fleksibilnost hamstringsa, stabilnost i jakost trupa, propriocepcija gležnja, kuka i koljena, dinamična stabilnost koljena i ispravnost obrazaca kretanja (Mendiguachia i sur., 2012; Mason i sur., 2007; Mendiguachia i sur., 2012; Sherry i sur., 2004).

4.1. PREVENCIJSKE STRATEGIJE USMJERENE PREMA JAKOSTI HAMSTRINGSA

4.1.1. EKSCENTRIČNA JAKOST HAMSTRINGSA I VJEŽBA NORDIJSKOG HAMSTRINGSA (NHE)

Kada govorimo o prevencijskim strategijama usmjerenima ka ispravljanju deficita u domeni jakosti poseban naglasak treba staviti na ekscentričnu kontrakciju i ekscentričnu jakost hamstringsa. Razlog tome je najčešći mehanizam i učestalost ozljede hamstringsa koji se odvija pri njegovom izduživanju u posljednjoj fazi zamaha i kontakta s podlogom (Askling i sur, 2003; Arnason i sur.,2008; Petersen i sur., 2011). Neki autori također navode i važnost kombiniranog ekscentrično – koncentričnog treninga (Askling i sur.,2003; Geux i sur.,2012; Mendiguchia i Brughelli, 2010). Utjecajem na ekscentričnu jakost hamstringsa i boljim funkcionalnim H:Q odnosom pokazali su se kao jako dobrim praktičnim rješenjem koji smanjuje prevalenciju

ozljeda hamstringsa (Askling i sur, 2003; Arnason i sur.,2008; Brughelli i sur., 2010; Geux i sur., 2012).

Kao glavna strategija i preventivni mehanizam može se izdvojiti vježba nordijskog hamstringsa (NHE) (Iga i sur., 2012; Mendiguchia i Brughelli, 2010; Mendiguchia i sur., 2012; Mendiguchia i sur., 2014). Vježbu se može opisati na slijedeći način (Opar i sur., 2012; Iga i sur., 2012). Iz početne klečeće pozicije osoba se kontrolirano spušta prema podlozi zadržavajući trup u neutralnoj poziciji. Naglasak je na opiranju ekstenzije koljena ekscentričnom kontrakcijom hamstringsa uz lagano popuštanje i spuštanje prema tlu. Ova vježba se pokazala jako uspješnom u redukciji broja ozljeda nogometaša. Arnason i sur., (2008) implementirajući ovu vježbu u predsezoni smanjili su prevalenciju ozljede hamstringsa za 65% kod one grupe koja je uključivala NHE u svom programu. Drugi autori (Gabbe i sur, 2006) su dobili nešto manje vrijednosti (9%), ali također ističu potrebu uvođenja NHE u program nogometaša neovisno o rangu natjecanja.

Međutim, Ono i sur., (2010) u svom istraživanju u kojem su simulirali uvjete gibanja hamstringsa u vježbi NHE nisu dobili takve rezultate. Navode kako je aktivnost duge glave BF-a i SM-a manja i kako treba razmisliti o drugim strategijama prevencije ozljeda hamstringsa: tu primarno misle na BF, s obzirom da je to mišić koji se najčešće ozljeđuje.

Može se zaključiti da trening jakosti može biti dobra prevencijska strategija za smanjenu prevalenciju ozljeda hamstringsa. Najviše se to odnosi na trening ekscentrične kontrakcije i kombinirani trening koncentrično – ekscentrične kontrakcije, ali kontroliranog i sporog tempa. Posebno se to odnosi na smanjenje rizika od nastanka istezajućeg tipa ozljeda uslijed povećanja sposobnosti hamstringsa da apsorbira veliku količinu energije. Ta povećana sposobnost apsorpcije energije omogućena je fiziološko – anatomskom adaptacijom povećanja sarkomera samog mišića u seriji. To će omogućiti hamstringsu veće izduženje, ne gubeći pritom svoja mehaničko elastična svojstva.

4.1.2. PLIOMETRIJA I CIKLUS IZDUŽIVANJA I SKRAĆIVANJA MIŠIĆA (SSC)

Sprint je često dio aktivnosti koje direktno doprinose boljem rezultatu momčadi (osvajanje lopte, prolazak igrača) (Faude i sur., 2012) . Podatak da se aktivnost BF-a povećava s povećanjem brzine i činjenica da je sposobnost izvođenja maksimalnog sprinta i snage smanjena uslijed ozljede hamstringsa (Kyrolainen i sur., 2011; Belli i sur., 2002; Mendiguchia i sur., 2014) nameće važnost primjene strategija koje će smanjiti ozljede hamstringsa u takvim kontrakcijama i aktivnostima. Jedna od mogućih prevencijskih strategija je primjena pliometrijskog treninga. Marković i Mikulić (2010) u svom istraživanju pokazali su da se primjenom takvog tipa treninga može pozitivno utjecati na jakost hamstringsa i na brzinu sprinta. Slično navode i Tsang i DiPasquale (2011). Drugi autori (Mendiguchia i sur., 2014) napravili su istraživanje u kojem su nogometaše podvrgnuli kombiniranom treningu jakosti i pliometrije te dokazali da takva vrsta programa također pozitivno utječe na bolju brzinu sprinta i jakost hamstringsa. Treningom pliometrije u kojem je uključen SSC ciklus također će pozitivno utjecati na veću sposobnost tetive da apsorbira i generira silu što može poslužiti kao dobar mehanizam od mogućih ozljeda hamstringsa (Marković i Mikulić, 2010).

Sprint i aktivnosti sličnog i brzog karaktera najrizičnije su za ozljedu hamstringsa u nogometu. Primjenom pliometrijskog treninga i kombinacijom treninga jakosti i pliometrije također bi trebalo uključiti u prevencijske programe i strategije koje su usmjerene ka smanjenu prevalencije ozljeda hamstringsa.

5. ZAKLJUČAK

Hamstrings je skupina mišića koja ima najveću prevalenciju od ozljeda u nogometu, te se taj postotak kreće između 12 i 16% (Ahmad i sur., 2013; Arnason i sur., 2008; Cohen i sur., 2007; Foreman i sur., 2006; Haglund i sur., 2009). Nogometna momčad tijekom jedne sezone može očekivati između 5 i 7 ozljeda hamstringsa (Ekstrand i sur., 2011; Hawkins i sur., 2001). Ukoliko to stavimo u kontekst da je prosjek ozljeda u vrhunskom klupskom natjecanju (Uefa Liga prvaka) 50 po momčadi može se zaključiti da su ozljede hamstringsa veliki problem modernog nogometa.

Zabrinjavajući su podaci o mogućnosti da dođe do ponovljene ozljede hamstringsa. Vjerojatnost prevalencije ponovljene ozljede hamstringsa u Engleskom profesionalnom nogometu kreće se između 12 – 48% (Liu i sur., 2012). Prema nekim drugim istraživačima (Ahmad i sur., 2013; Opar i sur., 2012; Mendiguchia i sur., 2012) vjerojatnost za ponovljenu pojavu ozljede hamstringsa kreće se između 12 i 31%.

Godišnje se potroši 75 milijuna funti posljedice ozljeda hamstringsa u Englesko nogometnoj ligi (Woods i sur., 2002). Sve to navodi nas na zaključak da su ozljede hamstringsa česta pojava u nogometu te da je postupak rehabitacije i povratka igrača na nogometne terene poprilično skup i dug . Razlozi tome nalaze se u anatomskim specifičnostima i ulozi hamstringsa u lokomociji s naglaskom na sprint stoga je ključno razumijeti anatomske osnove hamstringsa.

Mehanizam nastanka ozljeda hamstringsa najčešće se događa u specifičnim sportsko – situacijskim uvjetima i aktivnostima tipa sprinta i udaraca (Lempeine i sur., 2013). Pozicija u kojoj su ozljede hamstringsa najčešće je završna faza zamaha i početna faza oslanjanja stopala na podlogu (Chumanov, 2011). Mišić hamstringsa koji ima najveću prevalenciju ozljeda je duga glava BF (80%-84%) (Thelen i sur., 2005; Ekstrand i sur., 2012).

Četiri su stupnja ozljede hamstringsa, a u nogometu su najčešće djelomične rupture (drugi stupanj) i ozljede prvog stupnja (Ekstrand i sur., 2012). Isti autori navode da se 80% svih ozljeda hamstringsa u nogometu mogu klasificirati kao ozljede prvog i drugog stupnja.

Postoje mnogi čimbenici koji utječu na nastanak ozljeda hamstringsa, a jakost se predlaže kao jedan od glavnih i najčešće promatranih (Opar i sur., Croisier i sur., 2008).

Bilateralna asimetrija u jakosti hamstringsa, neuravnotežen H:Q odnos, kut postizanja maksimalne jakosti hamstringsa i mišićna izdržljivost ističu se kao najvažnije pod dimenzije jakosti u prevalenciji ozljeda hamstringsa u nogometu. Najvećim prediktorom, ali i prevencijskim potencijalom autori navode ekscentričnu jakost i funkcionalno uravnotežen odnos između jakosti hamstringsa i kvadricepsa (Croisier i sur., 2002; Croisier i sur., 2008). Predlažu novi koncept promatranja i praćenja odnosa između hamstringsa i kvadricepsa koji je u skladu sa njihovim koativacijama i odnosima u lokomociji. Posebno se to odnosi na odnose u ciklusu trčanja i sprinta kao najčešćim aktivnostima u nogometu. Pa tako umjesto tradiocionalnog H:Q omjera predlažu funkcionalni H:Q omjer koji uspoređuje ekscentričnu jakost hamstringsa i koncentričnu jakost kvadricepsa (Aagaard i sur., 1998; Coombs i sur., 2002; Croisier i sur., 2002; Croisier i sur., 2008). Takav koncept opravdavaju činjenicom da hamstring primarno djeluje kao antagonist kvadricepsu i u fazama svoje najveće aktivacije djeluje ekscentrično.

Pregledom literature kao najefikasnije i najutilitarnije prevencijske tehnike i strategije spominju se funkcionalne vježbe u kojima se hamstrings ekscentrično kontrahira. Posebno se to odnosi na vježbu nordijskog hamstringsa (NHE) koja se pokazala izuzetno efikasnom u redukciji ozljeda hamstringsa u nogometaša. Neki autori (Marković i Mikulić, 2010) navode pak da su neki dinamički pokreti i ciklus skraćivanja i istezanja (SSC) također korisni alati u prevenciji ozljeda hamstringsa nogometaša. S njima se slažu i drugi autori koji pliometrijske vježbe (brzi SSC) navode kao jako dobrim načinom prevencije ozljeda hamstringsa nogometaša (Tsang i DiPasquale 2011; Mendiguchia i sur., 2014).

6. LITERATURA:

1. Aagaard, P.; Simonsen, E.B.; Andersen, J.L.; Magnusson, P. and Dyhre- Poulsen, P. (2002) Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology* 93(4), 1318-1326.

2. Agre JC. (1985). Hamstring injuries: proposed aetiological factors, prevention, and treatment. Sports Med; 2:21–33.

3. Ahmad, C.S.; Redler, L.; Ciccotti, M.; Maffulli, N.; Longo, U.; Bradley, J. (2013). Evaluation and Management of Hamstring Injuries. The American J of Sports Med; 20(10): 1-14.
4. Allen, T.J.; Leung, M.; Proske, U. (2010). The effect of fatigue from exercise on human limb position sense. J Physiol; 15; 588 (8): 1369-77.

5. Arnason, A.; Andersen, T.E.; Holme, I.; Engebretsen, L.; Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. Scand J Med Sci Sports; 18(1):40-48.

6. Arnason, A.; Sigurdsson, S.B.; Gudmundsson, A.; et al. (2004). Risk factors for injuries in football. Am J Sports Med; 32 : (Suppl 1) : 5 – 16.
7. Askling, C.; Karlsson, J.; Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. Scand J Med Sci Sports; 13: 244–250.
8. Askling, C.; Saartok, T.; Thorstensson, A. (2006). Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to preinjury level. Br J Sports Med.; 40:40-44.

9. Askling, C.M.; Tengvar M.; Saartok T.; Thorstensson A. (2008). Proximal Hamstring Strains of stretching Type in Different Sports - Injury Situations, Clinical and Magnetic Resonance Imaging Characteristics, and Return to Sport. Am J of Sports Med; 10(10): 1-6.

10. Baharuddin, M.Y.; Salim, M.S.M.; and Hashim, A. (2009). Biomechanics analysis on running. Proceedings of international conference on application and design in mechanical engineering (ICADME), Malaysia

11. Bahr R; Holme I. (2003). Risk factors for sports injuries - a methodological approach. Br J Sports Med 2003; 37:384-392.

12. Belli A.; Kyrolainen H.; Komi P. (2002). Moment and power of lower limb joints in running. Int J Sports Med 23(2): 136–141.

13. Bennell, K.; Wajswelner, H.; Lew, P.; Leslie S.; Plant S.; Cirone J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian rules footballers. Br J Sports Med; 32(4):309-314.

14. Best, T., Tietze D. (2013). Risk factors for hamstring injuries: a current view of the literature. Aspetar Sports Med J; 2: 446-450.

15. Brocket, C.L.; Morgan, D.L.; Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. Med Sci Sports Exerc; 36:379e87.

16. Brooks, J.H.; Fuller, C.W.; Kemp, S.P.; Reddin, D.B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. Am J Sports Med; 34:1297e306.

17. Brughelli, M.; Cronin, J. (2008). Preventing hamstring injuries in sport. Strength Cond J; 30(1): 55–64.

18. Camarda, S.R.A; and Denadai, B.S. (2012) Does muscle imbalance affect fatigue after soccer specific intermittent protocol? *Journal of Science and Medicine in Sport* 15(4), 355-360.

19. Chumanov E.S.; Heiderscheit B.C.; Thelen D.G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during tance and swing phases of high speed running. Med Sci Sports Exerc; 43 (3): 525-32.

20. Chumanov, E.S.; Heiderscheit, B.C.; 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 :3555 – 62

21. Clanton, T. O.; & Coupe, K. J. (1998). Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons, 6, 237e248

22. Cohen, S.; Bradley, J. (2007). Acute proximal hamstring rupture. J Am Acad Orthop Surg; 15(6):350-355.

23. Cometti, G.; Maffiuletti, N. A.; Pousson, M.; Chatard, J.-C.; and Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. International Journal of Sports Medicine, 22(1), 45–51.

24. Coombs, R.; Garbutt G. (2002). Developments in the use of the hamstring/ quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. J of Sports Sci and Med; 1: 56-62.

25. Copland, S.T., Tipton J.; Fields K. (2009). Evidence-Based Treatment of Hamstring Tears. Current Sports med rep; 8(6):308-314.

26. Croisier, J.L.; Crielaard, J.M. (2000). Hamstring muscle tear with recurrent complaints: an isokinetic profile. Isokin Exerc Sci.; 8:175-180

27. Croisier, JL.; Forthomme, B.; Namurois, MH.; Vanderthommen M.;Crielaard J. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. Am J Sports Med: 30 (2): 199-203

28. Croisier, JL.; Ganteaume, S.; Binet, J., Genty M.; Ferret J. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. Am J Sports Med: 36 (8): 1469-75

29. Devlin, L. (2000). Recurrent posterior thigh symptoms detrimental to performance in rugby union: predisposing factors. Sports Med; 29 (4): 273- 87

30. Drezner JA. (2003). Practical management: hamstring muscle injuries. Clin J Sport Med.;13(1):48–52.

31. Ekstrand, J.; Gillquist, J. (1983). Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. Med Sci Sports Exerc.; 15:267-270

32. Ekstrand, J.; Hagglund, M.; Walden, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). Am J Sports. 39(6):1226-32

33. Ekstrand, J.; Hägglund, M.; Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. Br J Sports Med.;45:553–558.

34. Eleftherios, P.; Pain, M.; and Folland, J. (2015). Angle-specific hamstring-to-quadriceps ratio: A comparison of football players and recreationally active males. *Journal of Sports Sciences*; 33, 309-319.

35. Faude O.; Koch T.; Meyer T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. J Sports Sci: 30. (7): 625–631

36. Foreman, T.K.; Addy, T.,;Baker, S.; et al. (2006). Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: a systematic review. Phys Ther Sport; 7 (2): 101-9

37. Fousekis K.; Tsepis E.; Poulmedis P.; Athanasopoulos S.; Vagenas G. (2011): Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players: *Br J Sports Med* 45:709–714.

38. Gabbe, B.J.; Bennell, K.L.; Finch, C.F.; Wajswelner H.; Orchard J. (2006). Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. Scand J Med Sci Sports; 16 :7 – 13.

39. Gabbe, B.J.; Finch, C.F.; Bennell, K.L.; Wajswelner, H. (2005). Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. Br J Sports Med.; 39:106e10.

40. Garrett WE. (1990): Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. Med Sci; 22:436-443.

41. Garrett, W.E.; Rich, F.R.; Nikolaou, P.K.; Vogler, J.B. (1989). III.Computed tomography of hamstring muscle strains. Med Sci Sports Exerc; 21:506-514.

42. Pinniger G.; Steele R.; and Groeller H. (2000). Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function Medicine and Science in Sports and Exercise 32 (3), 647-653

43. Gleeson, N.; Mercer, T.; and Campbell I. (1995). Effect of fatigue task on absolute and relativized indices of isokinetic leg strength in female collegiate soccer players. Journal of Sports Traumatology, 13, 502–503.

44. Goldman, E.F.; Jones D. (2011). Interventions for preventing hamstring injuries: a systematic review. Chart society of physio; 97: 91-99.

45. Greco, C.C.; Da Silva W.; Camarda S.; Denadai B. (2012). Rapid hamstrings/quadriceps strength capacity in professional soccer players with different conventional isokinetic muscle strength ratios. J Sports Sci and Med; 11, 418-422.

46. Hägglund, M.; Walden, M.; Ekstrand J. (2009): Injuries among male and female elite football players. Scand J Med Sci Sports: 19 (6): 819–827.

47. Hägglund, M; Walden, M.; 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.

48. Hamilton, B.; Valle, X.; Rodas, G.; Til, L.; Pruna Grive, R.; Gutierrez Rincon, J. and Tol, L. (2015). Classification and grading of muscle injuries: a narrative review: Br J Sports Med; 49:306.

49. Hawkins RD.; Hulse MA.; Wilkinson C.; Hodson A.; Gibson M.; Hoskins W.; Pollard H. (2005): The management of hamstring injury – part 1: issues in diagnosis. Man Ther : 10 (2): 96–107.

50. Heiderscheit, B. C.; Sherry, M. A.; Silder, A.; Chumanov, E. S.; & Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, treatment and injury prevention. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 40(2),67e81.

51. Hoskins, W.; & Pollard, H; (2005a). Hamstring injury management Part 2: treatment.Manual Therapy, 10, 180e190.

52. Hoskins, W.; & Pollard, H. P. (2005b). Successful management of hamstring injuries in Australian rules footballers: two case reports. Chiropratic & Osteopathy, 13,45e51.

53. Hunter, D. G.; & Speed, C. A. (2007). The assessment and management of chronic hamstring/posterior thigh pain. Best Practice & Research Clinical Rheumatology,21, 261e277.

54. J. Iga C.; S. Fruer M.; Deighan M.D.S.; Croix, D. (2012). 'Nordic' Hamstrings Exercise – Engagement, Characteristics and Training Responses Int J Sports Med; 33: 1000–1004

55. J. Mendiguchia E.; Martinez-Ruiz J.; Morin B.; Samozino P.; Edouard P.E.; Alcaraz F. Esparza-Ros.A.; Mendez-Villanueva B. (2015). Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players Scand J Med Sci Sports. Dec;25(6):e621-9.

56. Kaminski T.; Wabbersen C.; Murphy R. (1998). Concentric Versus Enhanced Eccentric Hamstring Strength Training: Clinical Implications: Journal of Athletic Training;33(3):216-221

57. Kannus, P. (1994) Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine* **15**(Suppl.1), 11-15.

58. Kawakami, Y.: Kanehisa, H.; Ikegawa, S.; and Fukunaga, T. (1993). Concentric and eccentric muscle strength before, during and after fatigue in 13-year-old boys. European Journal of Applied Physiology, 67, 121–124.

59. Krosshaug, T.; Nakamae, A.; Boden, B.P.; Engebretsen, L.; Smith, G., Slauterbeck, J.R., Hewett, T.E. and Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *American Journal of Sports Medicine* 35(3), 359-367.

60. Krustrup P.; Zebis M.; Jensen JM.; Mohr M. (2010). Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. J Strength Cond Res;24: 437–441.

61. Kyrölainen H.; Avela J.; Komi P. V. (2005). Changes in muscle activity with increasing running speed.J. Sports Sci. 23, 1101–1109

62. Kyrolainen, H.; Komi, P.V.; Belli, A. (1999): Changes in muscle activity patterns and kinetics with increasing running speed. J Strength Cond Res; 13:400–6.

63. Lee MJ.; Reid SL.; Elliott BC.; Lloyd D. (2009): Running biomechanics and lower limb strength associated with prior hamstring injury. Med Sei Sports Exerc. Oct;41(10):1942-51

64. Lee, J.C.; Mitchell A.; Healy C. (2012). Imaging of muscle injury in the elite athlete. Br J of Radiology; 85:1173–1185.

65. Lempainen, L.; Banke, I.J.; Johansson K.; Brucker P.; Sarimo J.; Orava S.; Imhoff A. (2015). Clinical principles in the management of hamstring injuries. Knee surg sports traumatology arthrosc; Aug;23(8):2449-56

66. Liu, H.; Garrett, W.E.; Moorman, C.T.; Yu, B. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. J Sport and Health Sci; (1) 92e101.

67. Magalhaes J.; Rebelo A.; Oliveira E.; Silva JR.; Marques F.; Ascensa˜o A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. Eur J Appl Physiol : 108: 39–48.

68. Mair, S.D.; Seaber, A.V.; Glisson, R.R.; Garrett W. (1996). The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. Am J Sports Med; 24 (2): 137-43.

69. Markovic G.; Mikulic P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. Sports Med: 40 (10): 859–895.

70. Mason, D.L.; Dickens, V.A.; Vail, A. (2007). Rehabilitation for hamstring injuries. Cochrane Database System Rev; Dec 12;12:CD004575

71. Mendiguchia J.; Samozino P.; Martinez-Ruiz E.; Brughelli M.; Schmikli S.; Morin JB.; Mendez-Villanueva A. (2014). Progression of mechanical properties during on-field sprint running after returning to sports from a hamstring muscle injury in soccer players. Int J Sports Med

72. Mendiguchia, J.; Brughelli, M. (2010). A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries, Phy Ther in Sport :10.16

73. Mendiguchia, J.; Alentorn-Geli, E.; Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? Br J Sports Med; 46 (2): 81- 84.

74. Mohr, M.; Krustrup, P.; Bangsbo, J. (2003). Match performance of highstandard soccer players with special reference to development of fatigue. J of Sports Sci; 21(7):519–28.

75. Morris A. (1984). Sports medicine: prevention of athletic injuries. *Sports Medicine*. Dubuque, Iowa: Em C. Brown Publishers, pp. 162-163.

76. Navarro E.; Chorro D.; Torres G.; García C.; Navandar A.; Veiga S. (2015). A review of risk factors for hamstring injury in soccer: a biomechanical approach: European Journal of Human Movement, 34, 52-74

77. Nikolaou PK; Macdonald BL.; Glisson R:; Seaber A.; Garret W. (1987). Biomechanical and histological evaluation of muscle after controlled strain injury. Am J Sports Med 15:9–14.

78. Novacheck, T.F. (1998). The biomechanics of running- Review Paper. Gait and Posture; 77–95.

79. Ono, T.; Okuwaki, T.; Fukubayashi, T. (2010). Différences in activation patterns of knee flexor muscles during concentric and eccentric exercises. Res Sports Med; 18 (3); 188-98

80. Opar, A.; Williams D.; Shield A. (2012). Hamstrings strain injuries - factors that lead to injury and re-injury. Sports Med; 42 (3):209-226.

81. Orchard, J.; Marsden, J.; Lord, S.; Garlick D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. Am J Sports Med; 25(1): 81-5

82. P. Kannus (1992). Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing. Int.J Sports Med. 13: 249—256

83. Petersen J.; Holmich P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. Br J Sports Med: 39 (6): 319–323.

84. Rahnama N.; Lees A.; Reilly T. (2006). Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. *J Electromyogr Kinesiol*, 16, 257–63.

85. Rahnama, N.; Reilly, T.; Lees, A.; Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. J of Sports Sci; 21:933–42.

86. Rampinini E.; Coutts AJ.; Castagna C.; Sassi R.; Impellizzeri FM. (2007). Variation in top level soccer match performance. Int J Sports Med; 28: 1018–1024

87. Ropiak, C.R.; Bosco, J.A (2012). Hamstring injuries. Bull NYU Hosp Jt Dis.; 70(1):41-8

88. Schache A.G.; Wrigley; T.V.; Baker, R.; Pandy, M.G. (2009). Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. Gait Posture; 29(2):332-338.

89. Schache, A.G.; Crossley, K.M.; Macindoe, I.G.; Fahrner, B.B.; Pandy, M.G. (2011). Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain?. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc; 19:38e41

90. Schache, A.G.; Dorn, T.W.; Wrigley, T.V.; Brown N.;Pandy M. (2013). Stretch and activation of the human biarticular hamstrings across a range of running speeds. Eur J Appl Physiol; 113:2813–28.

91. Sherry, M.A.; Best, T.M. (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. J Orthop Sports Phys Ther; 34 (3): 116-25.

92. Sherryl, M.A.; Best T.; Silder A.; Thelen D., Heiderschit B. (2011). Hamstrings strains: basic science and clinical research applications for preventing the recurrent injury. National strength and cond. association; 33 (3): 56-69.

93. Small, K.; McNaughton, L.R.; Greig, M.; Lovell, R. (2009). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. J of Sci and Med in sport;

94. Speer KP: Lohnes J.; Garrett WE. (1993). Radiographic imaging of muscle strain injury. Am J Sports Med: 21:89–96.

95. Sugiura, Y.; Saito, T.; Sakuraba, K.; Sakuma, K.;Suzuki, E. (2008). Strength deficits identified with concentric action of the hip extensors and eccentric action of the hamstrings predispose to hamstring injury in elite sprinters. J Orthop Sports Phys Ther; 38: 457-464.

96. Thelen, D.G.; Chumanov, E.S.; Hoerth, D.M.; Best TM.; Swanson SC.; Li, L.; Young, M.; Heiderschit BC. (2005). Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. Med Sei Sports Exerc; 37 (1): 108-14.

97. Thelen, DG.; Chumanov, ES.; Sherry, MA.; Heiderscheit, BC. (2006). Neuromusculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. Exerc Sport Sci Rev. 34(3):135–41.

98. Thelen, DG.; Chumanov, ES.; Best, TM; Swanson, SC; Heiderscheit, BC. (2005). Simulation of biceps femoris musculotendon mechanics during the swing phase of sprinting, Med Sei Sports Exerc;37(11): 1931-8

99. Tourny - Chollet, C.; and Leroy, D. (2002). Conventional vs. dynamic hamstring-quadriceps strength ratios: A comparison between players and sedentary subjects. Isokinetics and Exercise Science, 10, 183–192.

100. Van Beijsterveldt A.; Van de Port1, A.; Vereijken, A.; Backx, F. (2013). Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies: Scand J Med Sci Sports.;23(3):253-62

101. Verrall, G.M.; Slavotinek, J.P.; Barnes, P.G.; Fon, G.T.; 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):435-440

102. Williams PW.; Warwick R. (1980). Gray's anatomy. 36th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone

103. Woodley S.; Mercer S. (2005). Hamstring muscles: architecture and innervation. Cells Tissues Organs.; 179:125-141.

104. Woodley, S.J.; and Storey, R.N. (2013) Review of hamstring anatomy. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 2, 432-437.

105. Woods C.; Hawkins R.; Hülse M, et al. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. Br J Sports Med; 36 (6): 436-41

106. Woods, C.; Hawkins, R.D.; Maltby, S.; Hulse, M.; Thomas, A.; Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. Br J Sports Med; 38:36-41

107. Worrell, T. W. (1994). Factors associated with hamstring injuries. An approach to treatment and preventative measures. Sports Medicine, 17, 338e345.

108. Yeung, S.S.; Suen, A.M.; Yeung, E.W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. Br J Sports Med; 43:589–94.

109. Yu, B.; Queen R.M.; Abbey A.N.; et al. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. J Biomech; 41 (15): 3121-6.

110. Zebis, M.K.; Andersen, L.L.; Ellingsgaard, H; and Aagaard, P. (2011) Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*.25(7), 1989-1993