Prevencija, mehanizmi i rehabilitacija ozljeda hamstringsa u sportu i rekreaciji

Mitrović, Nikola

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:117:273673

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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: magistar kineziologije)

Nikola Mitrović

PREVENCIJA, MEHANIZMI I REHABILITACIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA U SPORTU I REKREACIJI

diplomski rad

Mentor:

izv. prof. dr. Marija Rakovac

Zagreb, rujan 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

_____

izv. prof. dr. Marija Rakovac

Student:

_____

Nikola Mitrović

PREVENCIJA, MEHANIZMI I REHABILITACIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA U SPORTU I REKREACIJI

Sažetak

Ozljede hamstringsa vrlo su učestale u sportu i rekreaciji, što je i važan razlog njihova stalnog proučavanja. Ozljede hamstringsa dijelimo na sprinterske i istezajuće. Najčešće ozljede hamstringsa događaju se u trenutku kada su hamstrings mišići u ekscentričnoj kontrakciji, te proizvode velike sile. Vrlo često dolazi i do ozljede u trenutku brze promjene smjera. Cilj ovoga rada je prikazati način prevencije, mehanizme ozljeda i pristup rehabilitaciji ozljeda hamstringsa u sportu i rekreaciji. Prikazani su anatomski položaj, inervacija, uloga i aktivacija mišića stražnje strane natkoljenice, intrinzični i ekstrinzični čimbenici rizika ozljeđivanja te osnovni mehanizmi ozljeda hamstringsa. Kvaliteta dijagnostike ozljeda je najvažnija osnova za kretanje u proces rehabilitacije. Prikazani su i protokoli u rehabilitaciji osnovnih tipova ozljeda hamstringsa. Kvalitetnom i pravovremenom progresijom u rehabilitaciji ozljeda hamstringsa može se uvelike ubrzati proces oporavka i pripremiti kvalitetan povratak u svakodnevne i profesionalne aktivnosti. Također, prikazana je važnost kvalitete prevencije ozljeda hamstringsa.

Ključne riječi:

prevencija, rehabilitacija, ozljeda, hamstrings, jakost

PREVENTION, MECHANISMS AND REHABILITATION OF HAMSTRINGS INJURIES IN SPORT AND RECREATION

Abstract

Hamstrings injuries are very common in sport and recreation, which is a very important factor for research of these injuries. Hamstrings injuries can be divided into sprint and stretch type. The most common hamstrings injuries happen during eccentric contraction when the rate of force production is the highest. It is also common for injury to happen during fast change of direction. The aim of this thesis is to present injury prevention methods, injury mechanisms and approach to hamstrings injury rehabilitation in sports and recreation. Anatomic position, innervation, role and activation of hamstrings muscles, intrinsic and extrinsic risk factors and basic mechanism of hamstrings injuries are presented. Quality diagnostics is the basic

requirement to start the rehabilitation process. Protocols in rehabilitation of basic hamstrings injury types are also presented. Quality and timely progression in rehabilitation of hamstrings injuries can significantly shorten the recovery process, as well as prepare the person for return to everyday and professional activities. The importance of quality prevention of hamstrings injuries is also presented.

Key words:
prevention, rehabilitation, injury, hamstrings, strength

Sadržaj

1. **UVOD** 1
2. **SPECIFIČNOST ANATOMIJE HAMSTRINGSA** 2
   2.1. ANATOMSKI POLOŽAJ 2
      2.1.1. *M.biceps femoris* 3
      2.1.2. *M. semitendinosus* 4
      2.1.3. *M.semimembranosus* 5
   2.2. INERVACIJA HAMSTRINGSA 6
   2.3. FUNKCIJA HAMSTRINGSA 7
   2.4. ULOGA I AKTIVACIJA MIŠIĆA HAMSTRINGSA 8
      2.4.1. *Uloga hamstringsa u lokomociji* 8
      2.4.2. *Aktivnost mišića hamstringsa u pojedinim fazama ciklusa trčanja* 8
   2.5. MIŠIĆNA FIZIOLOGIJA VEZANA UZ CIJELJENJE TKIVA 9
3. **OZLJEDE HAMSTRINGSA U SPORTU I REKREACIJI** 10
   3.1. OSNOVNI MEHANIZMI OZLJEDA 10
      3.1.1. *Sprinterski tip ozljede* 10
      3.1.2. *Istezajući tip ozljede* 12
   3.2. ČIMBENICI RIZIKA ZA NASTANAK OZLJEDA 13
   3.3. KLASIFIKACIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA 14
4. **DIJAGNOSTIKA OZLJEDA HAMSTRINGSA** 15
   4.1. KLINIČKI PREGLED I ANAMNEZA 15
   4.2. DIJAGNOSTIČKE METODE 18
      4.2.1. *Magnetska rezonanca* 18
      4.2.2. *Ultrazvuk* 19
5. **PROTOKOLI PREVENCIJE OZLJEDA HAMSTRINGSA** 20
   5.1. OSNOVNE VJEŽBE ZA PREVENCIJU OZLJEDA HAMSTRINGSA 20
6. **PROGRESIJA U REHABILITACIJI OZLJEDA HAMSTRINGSA** 25
   6.1. OSNOVNE VJEŽBE ZA RAZVOJ JAKOSTI U PROGRESIJI REHABILITACIJE HAMSTRINGSA 26
7. **ZAKLJUČAK** 29
8. **LITERATURA** 30

1. **UVOD**

Ozljede mišića stražnje strane natkoljenice su vrlo česte kod sportaša i rekreativaca. Javljaju se pri različitim sportskim aktivnostima, a različiti su i mehanizmi ozljeđivanja ove mišićne skupine (Shield i Bourne, 2018). Razumijevanje mehanizma ozljede je nužno za razvoj odgovarajuće strategije za prevenciju i rehabilitaciju ozljede mišića hamstringsa. Razumijevanje generalnog mehanizma ozljede mišića je također nužno za razumijevanje specifičnog mehanizma ozljede mišića hamstringsa. Obzirom na dugi period rehabilitacije i veliku učestalost ponovnog ozljeđivanja, nužna je primjena ciljanih preventivnih protokola i primjerenih rehabilitacijskih postupaka kod ozlijeđenih sportaša i rekreativaca (Erickson i Sherry, 2017).

Preventivni programi velikom mjerom mogu smanjiti broj ozljeda lokomotornog sustava, ali i ublažiti težinu ozljede, te skratiti period oporavka nakon ozljede.

2. **SPECIFIČNOST ANATOMIJE HAMSTRINGSA**

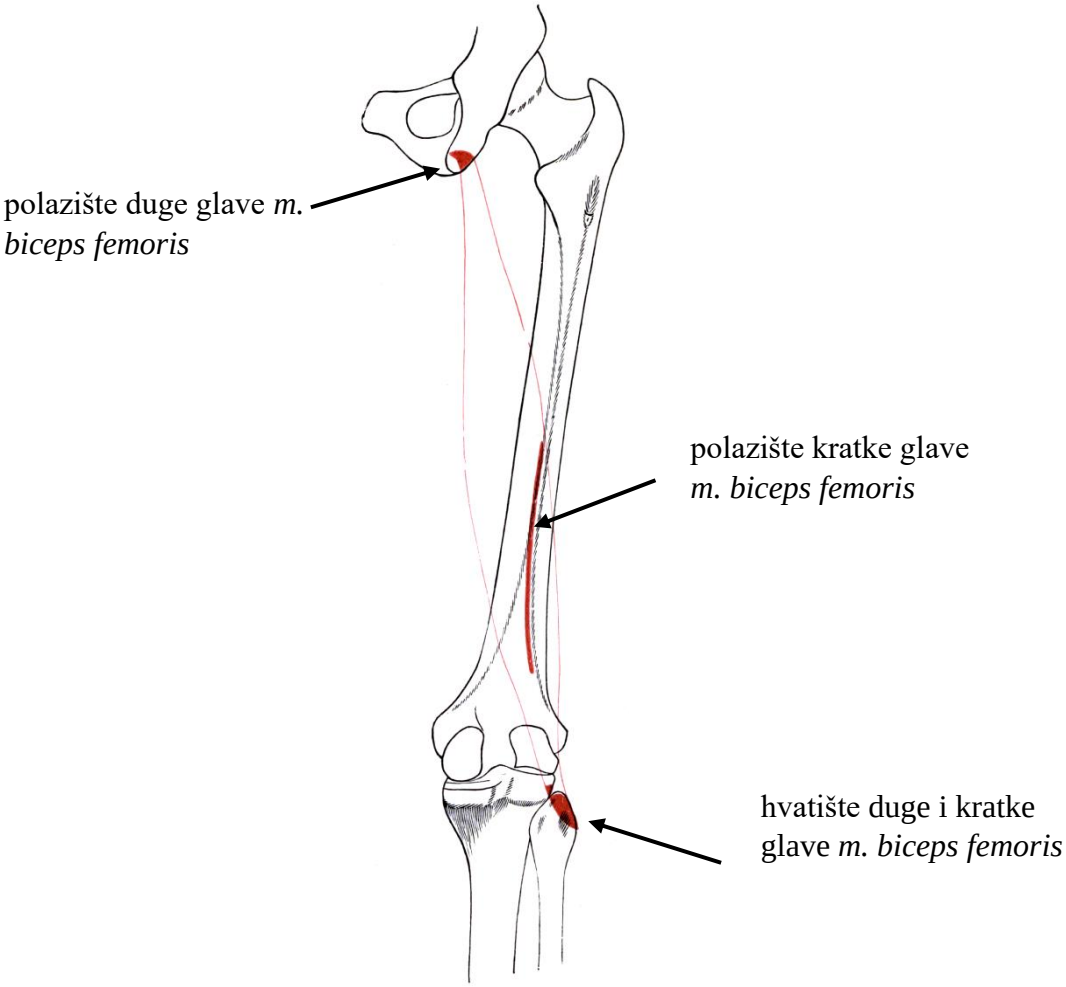
Anatomski položaj hamstringsa predstavlja osnovnu informaciju koja je polazište za razumijevanje aktivacije i mehanizama ozljeda hamstringsa (Rodgers i Raja, 2020).

2.1. ANATOMSKI POLOŽAJ

Skupina mišića koja se nalazi na stražnjoj strani natkoljenice naziva se još i hamstrings mišićna skupina. Hamstrings mišićna skupina sastoji se od tri mišića: s lateralne strane natkoljenice nalazi se *m.biceps femoris* (BF) kojega čine duga i kratka glava, dok se s medijalne strane natkoljenice nalaze *m. semimembranososus* (SM) i *m.semitendinososus* (ST) (Askling, Tengvar, Saartok i Thorstensson, 2008) (Slika 1-3).
Sva tri mišića su dvozglobna (osim kratke glave dvoglavog mišića) i obavljaju snažnije pokrete u jednom zglobu ako su napeti u drugom. U položaju ispruženog koljena, ova skupina mišića je potpuno napeta i u zglobu kuka sprječavaju fleksiju veću od 90°.

2.1.1. *M.biceps femoris*

Smješten u lateralnom dijelu stražnje strane bedra, dvoglavi bedreni mišić (*m.biceps femoris*) započinje s dvjema glavama, dugom i kratkom, a završava zajedničkom tetivom. Duga glava dijeli tetivu s *m.semitendinosus*-om te započinje s lateralnog i stražnjeg dijela sjedne kvrge. Kratka glava započinje sa srednjeg i donjeg dijela lateralne usne linee aspere te s lateralne međumišićne pregrade. Mišićna vlakna duge i kratke glave se udružuju i prelaze u zajedničku završnu tetivu (Keros i Pećina, 2006).

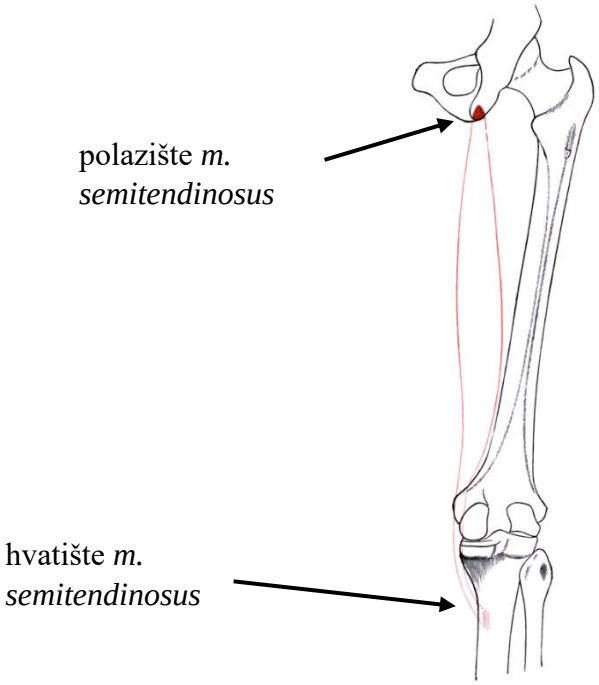


Slika 1. Mišić biceps femoris

(Preuzeto s https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerrish%27s_Text-book_of_Anatomy_(1902)_-_Fig._370.png)

2.1.2. *M. semitendinosus*

Polutetivni mišić, *m. semitendinosus* je dugačak mišić smješten s medijalne strane stražnje strane natkoljenice, a u sredini mišićnog trbuha uklopljena je tetiva. Mišić započinje zajedničkom tetivom s tetivom duge glave *m.biceps femoris.* Mišićna vlakna polutetivnog mišića su usmjerena dolje i u donjoj trećini bedra prelaze u tanku i dugu završnu tetivu koja prolazi s medijalne strane bedrene kosti i hvata se ispod medijalnog kondila goljenične kosti (Keros i Pećina, 2006).

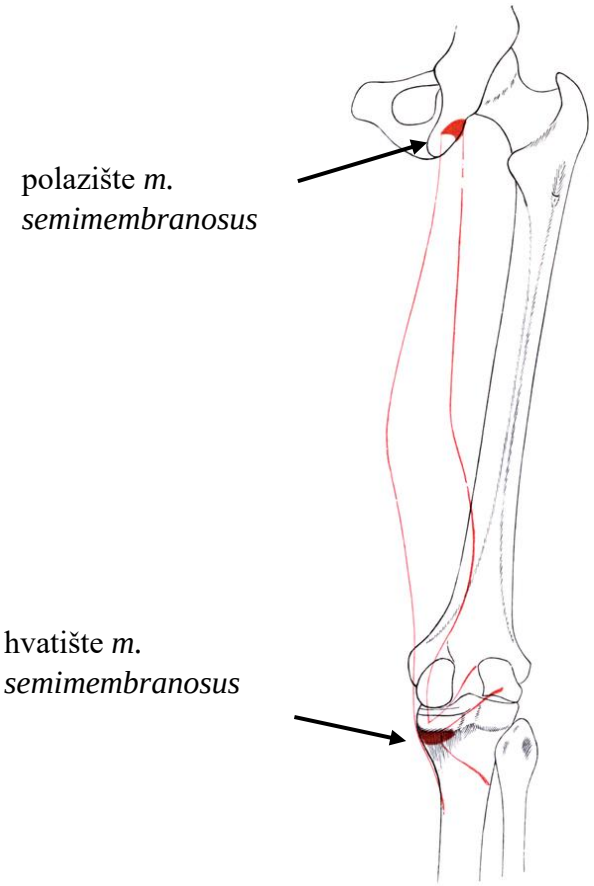


Slika 2. Mišić semitendinosus

(Preuzeto s https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerrish%27s_Text-book_of_Anatomy_(1902)_-_Fig._371.png*)*

2.1.3. *M.semimembranosus*

Smješten iza *m.adductor magnus*, a ispred *m. semitendinosus-a*, ovo je najmedijalnije smješten mišić stražnje skupine bedrenih mišića. Mišić započinje tetivom s lateralnog dijela sjedne kvrge i lateralno ispred *m.semitendinosus* te duge glave *m. biceps femoris*. Tetivna vlakna u lateralnom dijelu mišića sežu prema dolje, a u sredini bedra prelaze u mišićna vlakna, a mišić se tetivno hvata također u području medijalnog proksimalnog kraja goljenične kosti (Keros i Pećina, 2006).

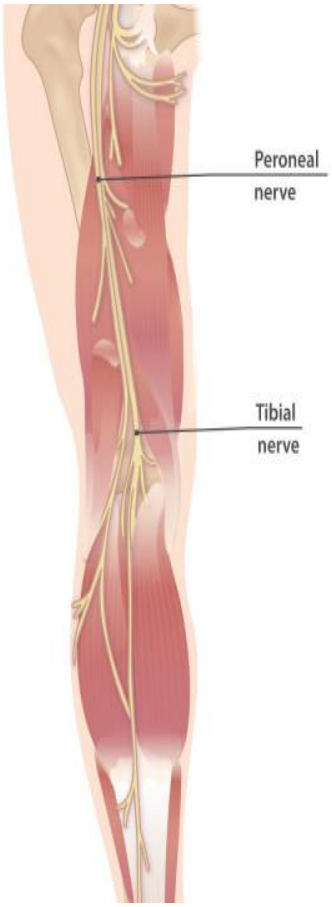


Slika 3. Mišić semimembranosus

(Preuzeto s https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerrish%27s_Text-book_of_Anatomy_(1902)_-_Fig._374.png)

2.2. INERVACIJA HAMSTRINGSA

Kratka glava *m. biceps femoris* inervirana je peronealnom granom živca ishijadikusa (*n. peroneus (fibularis) communis*), dok tibijalna grana ishijadikusa inervira dugu glavu *m. biceps femoris*. *N. ischiadicus* se formira iz segmenata L4-S3. *M. semimembranosus* i *m. semitendinosus* inervirani su tibijalnom granom živca ishijadikusa (Slika 4) (Palastanga i Soames, 2012).



Slika 4. Inervacija hamstringsa

(Preuzeto s https://www.injurymap.com/free-human-anatomy-illustrations)

2.3. FUNKCIJA HAMSTRINGSA

Mišići hamstringsa prvenstveno djeluju kao ekstenzori u zglobu kuka i fleksori u zglobu koljena. Funkcije hamstringsa mogu se objasniti za svaki pojedini mišić koji čini ovu skupinu. *M. semitendinosus* i *m. semimembranosus* sudjeluju u fleksiji i unutarnjoj rotaciji u zglobu koljena te u rotacijskoj stabilnosti koljena u valgus poziciji. Ukoliko je stopalo fiksirano za podlogu, *m. semitendinosus* djeluje kao vanjski rotator bedrene i zdjelične kosti. *M. biceps femoris* sudjeluje s druga dva mišića hamstringsa u ekstenziji, adukciji i lateralnoj rotaciji natkoljenice u zglobu kuka. Također, podupire *m. semitendinosus* i *m. semimembranosus* tijekom fleksije u zglobu koljena (Palastanga i Soames, 2012). Duga glava *m. biceps femoris* ima ulogu u osiguravanju posteriorne stabilnosti zdjelice i ekstenzije u zglobu kuka, dok je primarno djelovanje kratke glave *m. biceps femoris* fleksija u zglobu koljena (Tablica 1).

Tablica 1. Pregled anatomskih značajki mišića hamstringsa (modificirano prema Babić, 2020)

	m.biceps femoris	**m.semitendinosus**	**m.semimembranosus**
Polazište	Duga glava: tuber ischiadicum Kratka glava: linea aspera i lateralna femoralna suprakondilarna linija	tuber ischiadicum	tuber ischiadicum
Hvatište	1. glavica fibule 2. lateralni kondil tibije	Ispod medijalnog kondila goljenične kosti	1.posteromedijalni dio medijalnog kondila goljenične kosti 2. lig. popliteum obliquum 3. poplitealna fascija 4. stražnji dio čahure koljenog zgloba
Pokret	1. fleksija koljena 2. ekstenzija kuka 3. vanjska rotacija kuka sa fleksijom koljena	1. fleksija koljena 2. ekstenzija kuka 3. unutarnja rotacija potkoljenice	1. fleksija koljena 2. ekstenzija kuka 3. unutarnja rotacija potkoljenice
Inervacija	Duga glava: n. tibialis Kratka glava: n. peroneus communis	N. tibialis	N. tibialis

2.4. ULOGA I AKTIVACIJA MIŠIĆA HAMSTRINGSA

2.4.1. *Uloga hamstringsa u lokomociji*

Trčanje i hodanje su osnovni načini ljudske lokomocije. Osnovu oba oblika kretanja čine koraci koje osoba čini koristeći silu mišića nogu i odražavajući se od podloge. Razlika između aktivnosti hodanja i trčanja je u dvostrukoj fazi oslonca (faza pri kojoj stopala vrše kontakt na podlogu istovremeno) prisutnoj kod hodanja. Tijekom trčanja ne dolazi do dvostruke faze oslonca niti u jednom trenutku aktivnosti. Trčanje čine faza oslonca, faza leta (zamaha) i faza ponovnog oslonca. Fazu oslonca obilježava kontakt jednog stopala s podlogom, dok u fazi leta nijedno stopalo nema oslonac na podlogu. Unutar jednog ciklusa mogu se razlučiti dva perioda pojedinačnog oslonca (jedne, pa druge noge) i dva perioda zamaha. U oba oblika lokomocije posebno je važno djelovanje hamstringsa u ekscentričnom režimu rada. Mišići hamstringsa usporavaju pokrete potkoljenice. Usporavaju pokrete u zglobu koljena i fleksiju u zglobu kuka tijekom završnog dijela faze zamaha u svrhu pripreme noge i stopala za kontakt pete s podlogom (Golubić, 2015; Williams i Welch, 2015). Tijekom prve polovice faze oslonca, hamstrings prelazi u koncentričan rad iz ekscentričnog te mišići hamstringsa počinju djelovati kao aktivni ekstenzori kuka. Obzirom da se radi o velikoj količini sile, potrebna je brza izmjena ekscentričnog u koncentričan režim rada. U završnom dijelu faze zamaha je najveće ekscentrično opterećenje na mišiće hamstringsa.

2.4.2. *Aktivnost mišića hamstringsa u pojedinim fazama ciklusa trčanja*

Ukoliko se promatra vrsta mišićne akcije hamstringsa tijekom faza trčanja, u odguravanju od podloge, hamstrings skupina se koncentrično kontrahira, dok najveću ekscentričnu kontrakciju ostvaruju u zadnjoj četvrtini zamaha i početnoj fazi oslonca. U završnom dijelu faze leta i u prvom dijelu faze oslonca je zabilježena maksimalna aktivnost ove mišićne skupine (Chumanov, Heiderscheit i Thelen, 2011). Kako je spomenuto, hamstrings mišići postižu maksimalnu ekscentričnu kontrakciju tijekom faze zamaha, usporavajući fleksiju u kuku i pružajući otpor ekstenziji koljena. Kontrakcija se ostvaruje na samom kraju faze zamaha, u zadnjih 25% faze zamaha. U tom istom trenutku djeluju antagonistički prema kvadricepsu. U istraživanju u kojem se uspoređivala aktivnost hamstringsa tijekom sprinta i različitih vježbi za jačanje hamstringsa, autori navode kako je maksimalna elektromiografska (EMG) aktivnost tijekom različitih vježbi u prosjeku za *m.semitendinosus* 40-65%, *m.biceps femoris* 18-40% i

m.semimembranosus 40-75% od maksimalne EMG aktivnosti proizvedene tijekom sprinta (van den Tillaar, Solheim i Bencke, 2017). Očekivana je najveća aktivacija hamstringsa tijekom sprinta obzirom da ta aktivnost obuhvaća nagle pokrete u zglobu kuka i koljena.

2.5. MIŠIĆNA FIZIOLOGIJA VEZANA UZ CIJELJENJE TKIVA

Nakon ozljede mišića, satelitske stanice u skeletnim mišićima pripremaju područje procesa rane regeneracije. Funkcionalni ožiljak već desetak dana nakon ozljede više ne predstavlja najslabije mjesto mišića. Početkom trećeg tjedna se odvija sazrijevanje kolagena tipa I u najvećem postotku, dok regeneracija mišićnog vlakna teče do kraja trećeg tjedna (Babić, 2020, prema Macdonald i sur., 2019).

Kod cijeljenja tetive, pak, obnavljanje njezine čvrstoće zahtijeva sintezu kolagena i remodeliranje, pri čemu, oko šest tjedana nakon ozljede, dolazi do zamjene kolagena tipa III s uzdužno orijentiranim kolagenom tipa I. Cjelokupno sazrijevanje traje više mjeseci, a proces je nužan za obnavljanje čvrstoće i funkcije tetive, što se posebno odnosi na velike funkcijske zahtjeve u aktivnostima poput sprinta (Babić, 2020, prema Macdonald i sur., 2019).

3. **OZLJEDE HAMSTRINGSA U SPORTU I REKREACIJI**

3.1. OSNOVNI MEHANIZMI OZLJEDA

Hamstrings mišići su posebno izloženi riziku od ozljede jer prelaze preko zgloba kuka i koljena. Ozljeda se javlja najčešće tijekom ekscentrične kontrakcije. Prilikom ekscentrične kontrakcije kuk se flektira, a koljeno ekstendira (Morgan, 1990). Ozljede mišića se najčešće javljaju prilikom odraza, pri kojem dolazi do odvajanja stopala od kontaktne podloge i tu najčešće dolazi do ozljede *m. biceps femoris*. Od tri mišića koja čine hamstrings skupinu, polazište *semimembranosus*-a (*tuber ischiadicum*) je u najmanjem riziku od ozljede. Tkivo *semimembranosus*-a koje nije zahvaćeno i oštećeno, pomaže u sprječavanju značajnog povlačenja tetive.

Ozljede hamstringsa se mogu podijeliti obzirom na mjesto oštećenja. Prema mjestu oštećenja, dijelimo ih na proksimalne, centralne i distalne ozljede mišića. U proksimalni dio ozljeda ubrajamo ozljede hvatišta tetive na *tuber ischiadicum* i proksimalni mišićno-tetivni spoj, centralne ozljede su mišićno-tetitvni spoj i trbuh mišića, dok u distalne ozljede ubrajamo ozljede distalnog mišićnog-tetivnog spoja ili distalne tetive i njenog hvatišta. Također, obzirom na stupanj oštećenja mišića, ozljede hamstringsa kategoriziraju se od malih kontuzija (nagnječenja) mišića do stvaranja hematoma unutar mišića i pucanja mišićnih vlakana. Mehanizmi ozljeda hamstrings mišićne skupine dijele se na sprinterski tip i istezajući tip ozljede (Lempainen, Sarimo, Heikkilä, Mattila i Orava, 2006).

3.1.1. *Sprinterski tip ozljede*

Prilikom brzih pokreta tijekom trčanja ili prilikom, npr. intenzivnog udarca lopte nogom u nogometu, može doći do ozljede mišića hamstringsa. Čak 68% ozljeda hamstringsa u ragbiju u Velikoj Britaniji, rezultat je trčanja i sprinterskih aktivnosti, a svega 10% nastaje uslijed udarca nogom (Brooks, Fuller, Kemp i Reddin, 2006). Studije koje su ispitivale faze ciklusa trčanja u kojima su najčešće ozljede hamstringsa, zaključile su kako su zadnji dio faze zamaha i prvi dio faze oslonca (konkretno nakon kontakta pete i podloge) vremenski period tijekom ciklusa trčanja pri kojemu su mišići stražnje strane natkoljenice najpodložniji ozljedi (Yu i sur., 2008). Povećanjem brzine trčanja smanjuje se kut u zglobu kuka (veća fleksija), te je iz navedenog moguće primijetiti i kako je rizik od nastanka ozljede veći što je brzina trčanja veća. Sprinterski

tip ozljede hamstringsa najčešće zahvaća tetivu ili mišićnu ovojnicu te proksimalno mišićno-tetivnu spojnicu. Čak 80% ozljeda hamstringsa uključuje oštećenje duge glave *m.biceps femoris* (Thelen i sur., 2005). U odjeljku o aktivnosti mišića hamstringsa u pojedinim fazama ciklusa trčanja objašnjeno je kako se mišići hamstringsa najviše izdužuju tijekom zadnjeg dijela faze zamaha kod sprinterskih aktivnosti. Također, ukoliko se proučava ekstenzija pojedinih mišića hamstringsa, moguće je uočiti kako *m. biceps femoris* ima manji moment sile kod fleksije koljena, što rezultira većom ekstenzijom u usporedi s *m. semitendinosus* i *m. semimembranosus*. Zbog veće amplitude izduživanja, *m.biceps femoris* je podložniji nastanku ozljede u usporedbi s *m. semitendinosus* i *m. semimembranosus*. Tijekom završne faze zamaha, *m. semitendinosus* je najaktivniji te ako se zbog njegovog oštećenja smanji njegova sposobnost da generira silu, taj nedostatak će nadoknaditi *m.biceps femoris* i time se dodatno opteretiti.

Tablica 2. Rezultati studija koje su biomehaničkim modelima procjene utvrđivale fazu ciklusa trčanja u kojoj su mišići hamstringsa najpodložniji ozljedi (podaci su prevedeni i prilagođeni prema Huygaerts i sur., 2020)

Studija (godina)*	**Ispitanici**	**Kasna faza zamaha**	**Rana faza oslonca**	**Kasna faza oslonca**
Schache i sur., (2012)	Sprinteri (5 muškaraca, 2 žene)	X		
Chumanov i sur., (2011)	Rekreativci (9 muškaraca, 3 žene)	X		
Fiorentino i sur.,(2014)	Atletičari (7 muškaraca i žena)	X		
Higashihara i sur., (2014)	Atletičari (13 muškaraca)	X		
Higashihara i sur.,. (2010)	Atletičari (8 muškaraca)	X		
Thelen i sur., (2005)	Rekreativci (9 muškaraca, 6 žena)	X		
Yu i sur., (2008)	Sprinteri i srednjoprugaši (20 muškaraca)	X		X
Mann i Sprague, (1980)	Sprinteri (15 muškaraca)		X	
Mann, (1981)	Sprinteri (15 muškaraca)		X	
Ono i sur. (2015)	Ragbijaši, atletičari (12 muškaraca)		X	

Sun i sur., (2015)	Sprinteri 8 muškaraca)	X	X	
Liu i sur., (2017)	Sprinteri 8 muškaraca)	X	X	
Schache i sur., (2009)	Nogometaš	X		
Heiderscheit i sur.,. (2005)	Skijaš	X		

*Pune reference navedenih studija dostupne su u originalnoj referenci Huygaerts i sur. (2020).

3.1.2. *Istezajući tip ozljede*

Drugi tip ozljeda hamstringsa je istezajući tip. Prilikom sporijih aktivnosti tijekom kojih sportaš postiže izrazito veliku amplitudu pokreta fleksije u zglobu kuka s ekstendiranim koljenom, javlja se ovaj tip ozljeda (Askling i sur., 2008). Konkretno, riječ je o sportovima kao što su akrobatika, aerobika, balet, bodybuilding, skijaško trčanje, penjanje, ples, gimnastika, hokej na ledu, judo, taekwondo (Askling i sur., 2008). U ovim sportovima nerijetko dolazi do izduživanja mišića povrh njegovog elastičnog kapaciteta, što rezultira oštećenjem i nastankom istezajućeg tipa ozljede. Kada je riječ o istezajućem tipu ozljeda, u većini slučajeva dolazi do oštećenja u blizini sjedne kvrge, gdje se nalazi proksimalna tetiva *m.semimembranosus* (Askling i sur., 2008).

3.2. ČIMBENICI RIZIKA ZA NASTANAK OZLJEDA

Čimbenike rizika svrstavamo u tri kategorije:

1. neodgovarajuća priprema (zagrijavanje neprimjereno aktivnosti, hidracija, umor)
2. mišićna disfunkcija /disbalans (disbalans zadnja loža - kvadriceps, smanjena jakost, slabost mišića trupa, problemi s jačanjem mišića)
3. anatomske nepravilnosti (prethodna ozljeda, nejednaka duljina nogu, skraćeni mišić).

Rizik za ozljedu javlja se ukoliko su mišići hamstringsa već bili ozlijeđeni. Mjesto na kojem se ožiljak regenerira, povećava napetost i može dovesti do ozljede.

Arner, McClincy i Bradley (2019) ističu čimbenike koji utječu i koji ne utječu na ozljedu mišića hamstringsa (Tablica 3).

Tablica 3. Čimbenici rizika ozljede mišića hamstringsa (modificirano prema Arner, McClincy i Bradley,2019 i Babić, 2020)

Čimbenici rizika za ozljedu mišića hamstringsa	**Čimbenici koji ne utječu na ozljedu mišića hamstringsa**
1. Dob 2. Neadekvatno zagrijavanje 3. Razlika u snazi hamstrings/kvadriceps (<0,6) 4. Okretni moment kvadricepsa 5. Dužina hamstrings mišića 6. Nedovoljna fleksibilnost bedrenih mišića 7. Reducirana ekstenzija u zglobu kuka 8. Razlike u duljini nogu 9. Loša koordinacija lumbalnog dijela mišića ispružača kralježnice 10. Loši intramuskularni obrasci (npr. m. semitendinosus) 11. Zamor 12. Dehidracija 13. Rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta, istegnuće mišića lista 14. Prethodna ozljeda (povećan rizik za 2-6%)	1. Tjelesna masa, visina, indeks tjelesne mase 2. Najviša sila koncentrične kontrakcije hamstringsa 3. Omjer funkcije hamstringsa suprotnih strana 4. Dominantnost noge 5. Volumen treninga 6. Mehanizam ozljede 7. Maksimalan primitak kisika

3.3. KLASIFIKACIJA OZLJEDA HAMSTRINGSA

Iako su neke od podjela već prethodno spomenute u tekstu, ovdje je navedena ukupna klasifikacija podjela ozljeda hamstringsa. Ozljede hamstringsa dijele se s obzirom na mjesto nastanka oštećenja, mehanizam ozljede i prisutnost traume uslijed kontakta.

Ozljede s obzirom na mjesto nastanka oštećenja:

1. proksimalne ozljede (ukoliko su se dogodile na proksimalnom dijelu hvatišta tetive hamstringsa na sjednu kost i na mišićno-tetivnom spoju mišića)
2. centralne/središnje ozljede (oštećenja trbuha mišića)
3. distalne ozljede (ukoliko je došlo do oštećenja distalnog mišićno-tetivnog spoja i distalnog hvatišta tetive) (Ahmad i sur., 2013).

Ozljede obzirom na mehanizam ozljede:

1. sprinterski tip
2. istezajući tip (Garret, 1990).

Ozljede obzirom na prisutnost traume:

1. direktne (ozljede koje su rezultat neposrednog udarca/kontakta s mišićem)
2. indirektne (oštećenja mišića prilikom pretjeranih kontrakcija i pretjeranog mehaničkog izduživanja) (Hamilton i sur., 2015).

Težine ozljeda najčešće dijelimo na 3 stupnja (Ropiak i Bosco, 2012):

0. – u ovom stupnju nemoguće je vidjeti oštećenja mišićnih vlakana na magnetskoj rezonanci

1. prvi stupanj (radi se o ozljedama istezanja) - istezanje mišićno-tetivnih struktura, mala oštećenja pri kojima se gubi manje od 5% funkcije;

2. drugi stupanj (djelomična ruptura) – rezultira pucanjem nevelikog broja mišićnih vlakana, gubitak funkcije mišića 5-50%;

3. treći stupanj (potpuna ruptura) >59% gubitka funkcije.

4. **DIJAGNOSTIKA OZLJEDA HAMSTRINGSA**

Kod većine ozljeda hamstringsa javlja se iznenadna bol u mišićima hamstringsa kao rezultat specifične aktivnosti, kao što je sprint. Dijagnostika ozljeda hamstringsa temelji se na rezultatima kliničkog pregleda, opsežne anamneze te magnetske rezonancije i ultrazvuka.

4.1. KLINIČKI PREGLED I ANAMNEZA

Ukoliko se sumnja na ozljedu mišića hamstringsa, potrebno je započeti klinički pregled s opsežnom anamnezom. Nužno je proći povijest ozljeda pacijenta, jer ozljeda hamstringsa je izrazito česta ukoliko je mjesto ozljede ili u blizini ozljede već bilo oštećeno. Nakon detaljnog fizikalnog pregleda, koji je uz povijest ozljeda nužan za pravilnu procjenu, potrebno je poznavati mehanizam ozljede. Nerijetko prilikom pregleda sportaša i pacijenata s već ozlijeđenim mišićem, sportaši mogu navesti probadajuću bol u stražnjem dijelu natkoljenice. Također, bol može započeti s grčevima i osjećajem ukočenosti u gornjem dijelu natkoljenice. Tijekom vremena bol se može proširiti do koljena. Kod ozljeda ovakvog tipa, uobičajena je pojava izmijenjenog načina hoda. Ukoliko se radi o proksimalnim avulzijama, bol se javlja i kod sjedenja (Arner i sur., 2019). Mogućnost povratka aktivnostima moguće je procijeniti obzirom na hod sportaša, a ukoliko je bez boli, moguć je brz ili trenutan povratak.

Klinički pregled se sastoji od:

1. Inspekcija

Tijekom inspekcije je moguće uočiti hematom, što direktno upućuje na ozbiljniji oblik ozljede.

2. Procjena jakosti mišića

Ispitivanje jakosti mišića se preporuča pružanjem otpora rukom pri fleksiji u zglobu koljena (savijanje koljena pri stupnjevima fleksije - 90°, 45° i 15°). Primjerice, pacijentu u opruženom položaju na prsima, otpor se pruža na petu pri 15° i 90° fleksije koljena. Također, pomoć pri određivanju uključenih mišića, pružiti će vanjska ili unutarnja rotacija spuštene noge. Obzirom da mišići hamstringsa ekstendiraju zglob kuka, preporuča se ispitivanje jakosti s koljenom pri 90° i 0°, s otporom pruženim na stražnji dio pete i bedra. Bol pri ispitivanju je bitna za otkrivanje slabosti, a također je bitno ispitati i usporediti nalaz bilateralno (Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov i Thelen, 2010).

3. Procjena opsega pokreta

Slično kao i kod procjene jakosti mišića, procjenu opsega pokreta potrebno je ispitati i u zglobu koljena i u zglobu kuka. Pasivno fleksija u kuku i aktivna ekstenzija u koljenu se koriste za procjenu fleksibilnosti hamstringsa i maksimalne duljine mišića. Uobičajena duljina hamstringsa dopušta fleksiju u zglobu kuka do 80° tijekom pasivne fleksije u kuku i dopušta ekstenziju u zglobu koljena do 20° tijekom aktivne ekstenzije u zglobu koljena. Pri ispitivanju duljine mišića nakon ozljede, ekstenzija u zglobu se dopušta do početka osjećaja nelagode i ukočenosti kod pacijenta. Kod pacijenata koji su već bili ozlijeđeni, često su ovakvi testovi limitirani zbog boli, te neće omogućiti preciznu procjenu rastezljivosti mišića (Heiderscheit i sur., 2010).

4. Palpacija

Palpacija stražnje strane bedra je korisna za identifikaciju ozlijeđene regije izazivanjem boli pritiskom. Pregled može otkriti promjene i koristi se za ispitivanje maksimalne osjetljivosti na tri mjesta: sjedna kost, miotendinozni prijelaz i distalno hvatište. Ukoliko se radi o avulziji ili rupturi s istegnućem tetiva, palpacija može pomoći pri definiranju mjesta ozljede hamstringsa (Babić, 2020.) Ponavljajuća fleksija-ekstenzija u zglobu kuka, bez pružanja otpora kod pacijenta u opruženom položaju na prsima, može pomoći u određivanju lokacije pojedinih mišića i tetiva hamstringsa. Vrijeme potrebno za oporavak od ozljede nije povezano s mjestom bolnosti tijekom palpacijskog pregleda, kao ni s duljinom područja bolnosti.

5. Posebni testovi

Neurodinamički test- pozitivan test neurodinamičkog istezanja (*eng. slump test*) upućuje na bol stražnje strane bedra. Također, provodi se kod pacijenata s ponovnom ozljedom hamstringsa. Kod pacijenata s mogućom ozljedom hamstringsa prvog stupnja i izostankom specifičnog mehanizma ozljede, ovaj test se smatra jedinim uzrokom simptoma ozljede. Bitno je razlikovati ozljede hamstringsa i ozljede aduktora, zbog neposredne blizine mišića. Ozljede aduktora se događaju tijekom ubrzanja ili promjene smjera, što uključuje izrazitu abdukciju kuka i vanjsku rotaciju. Kombinaciju te dvije ozljede (*m. semimembranosus* i *adductor magnus*) moguće je vidjeti tijekom pokreta u sagitalnoj osi u sportovima, kao što su tenis i ples. Bol se javlja palpacijom tetiva aduktora (Poljak, 2019). Tablica 4 prikazuje neke od testova za procjenu proksimalnih ozljeda mišića hamstringsa.

Tablica 4. Testovi u dijagnostici proksimalnih ozljeda hamstringsa (modificirano prema Babić, 2020)

Test	**Metoda**	**Osjetljivost**	**Specifičnost**
Modificirani test istezanja sa flektiranim koljenom	Pacijent leži na leđima. Noge su ispružene. Maksimalno se flektira kuk i koljeno. Zatim se brzo ekstendira potkoljenica. Bol na stražnjoj strani bedra je znak pozitivnog testa.	89%	91%
Puren-Orava test	Pacijent stoji, kuk flektiran 90°, uz ispruženo koljeno i petu oslonjenu na stolu ili stolici. Bol na stražnjoj strani bedra je znak pozitivnog testa.	76%	82%
Originalni test istezanja sa flektiranim koljenom	Pacijent leži na leđima. Noge su ispružene. Maksimalno se flektira kuk i koljeno. Koljeno se polako pasivno ekstendira. Bol na stražnjoj strani bedra je znak pozitivnog testa.	84%	87%

U tablici 5 prikazan je sažetak karakteristika ozljeda hamstringsa (simptomi i znakovi uočljivi pregledom) u usporedbi s drugim ozljedama na stražnjoj strani bedra.

Tablica 5. Uobičajene karakteristike ozljeda hamstringsa u usporedbi s drugim ozljedama na stražnjoj strani bedra (Heiderscheit i sur., 2010)

Simptom/znak	**Ozljeda hamstringsa**	**Druge ozljede**
Pojava simptoma/boli	Iznenadna	Iznenadna/postupna
Bol	Minimalna do teška	Minimalna, zatezanje, grčenje
Funkcije	Otežano hodanje i trčanje	Mogućnost hoda i aktivnosti s minimalnim simptomima
Modrice	Moguće kod ozbiljnijih ozljeda	Ništa
Palpacija	Prisutna lokalna zatezanja	Minimalno do ništa
Smanjenje u snazi	Značajno	Minimalno do ništa
Smanjenje fleksibilnosti	Značajno	Minimalno
Slump test	Negativan	Ponekad pozitivan
Glutealne trigger točke	Palpacija ne utječe na simptome ozljede hamstringsa	Palpacija može uzrokovati simptome ozljeda hamstringsa
Lasegueov test	Često abnormalan	Ponekad abnormalan
Magnetska rezonanca	Abnormalan	Normalan

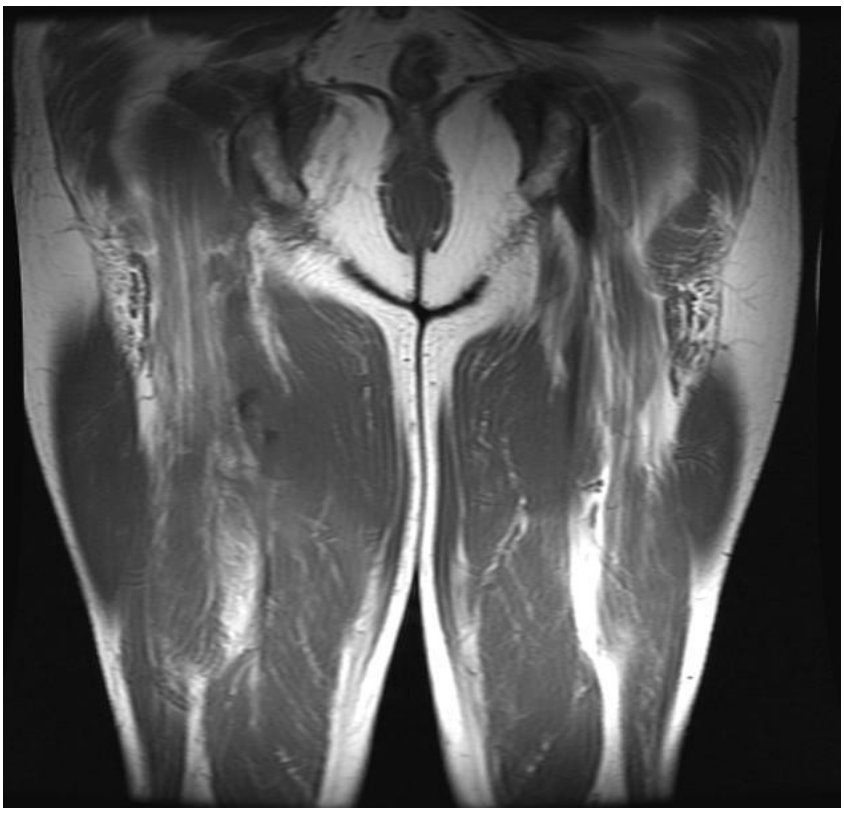
Podaci su prevedeni i prilagođeni iz Heiderscheit i sur., 2010.

4.2. DIJAGNOSTIČKE METODE

Ultrazvuk i magnetska rezonanca su dijagnostičke metode koje se najčešće koriste u dijagnostici slučajeva ozljeda mišića hamstringsa.

4.2.1. *Magnetska rezonanca*

Magnetska rezonanca (MR) je superiornija za evaluaciju ozljeda koje se pojavljuju u dubini mišića ili ukoliko se radi o ponavljajućoj ozljedi, moguće je uočiti ožiljak na mišiću putem MR (Slika 5). Zbog povećane osjetljivosti prikazivanja edema, procjena i mjerenja veličine ozljede, točnije je određivanje putem MR, u usporedbi s ultrazvukom (Heiderscheit i sur., 2010). Snimanja MR ozljeda prvog i drugog stupnja mišića hamstringsa mogu potvrditi prisutnost i težinu ozljede, kao i omogućiti razumnu procjenu rehabilitacijskog procesa. Duljina i poprečni presjek direktno su proporcionalni vremenu potrebnom za oporavak, koje bi sportaš trebao provesti bez ikakvih aktivnosti.



Slika 5. Oštećenje m.biceps femoris snimljeno magnetskom rezonancom (Preuzeto s https://radiopaedia.org/cases/hamstring-avulsion-injury?lang=us)

Uzimajući u obzir cijenu MR-a, neprofesionalnom sportašu s prosječnom ozljedom hamstringsa, MR nije potreban. Ipak, postoje slučajevi kada treba uzeti više faktora u obzir pri odabiru dijagnostičke metode te su neki od čimbenika za uključivanje MR metode ozljeda kod profesionalnog sportaša, ozljeda mišićne skupine koju je teško ispitati ultrazvukom, sumnja na ozljedu ili avulziju tetive i dr. (Babić, 2020.).

4.2.2. *Ultrazvuk*

Prednosti ultrazvuka u odnosu na magnetsku rezonancu su brojne, kao što su niski troškovi, laka dostupnost te sposobnost vizualizacije ruptura mišića. Problem pri određivanju točne dijagnoze kod ultrazvuka je subjektivnost pri korištenju ove metode. Ultrazvuk je korisniji u situacijama kada se radi o blažem obliku ozljede.

5. **PROTOKOLI PREVENCIJE OZLJEDA HAMSTRINGSA**

Najučestaliji protokoli prevencije ozljeda baziraju se na istezanju i jačanju hamstringsa - tradicionalni pristup, dok se u novijoj literaturi mogu pronaći vrlo heterogeni protokoli različitih autora. Askling, Karlsson i Thorstensson (2003) navode da zbog mehanizma ozljede, koja najčešće nastupa u ekscentričnoj kontrakciji hamstringsa, naglasak treba staviti na ekscentrične kontrakcije mišića.

Drugi autori naglašavaju da međuovisnost dijelova tijela i stabilnost trupa imaju veliki utjecaj na mehaniku hamstringsa za vrijeme bilo koje tjelesne aktivnosti (Goldman i Jones, 2011; Mendiguchia i Brughelli, 2010).

Neka istraživanja pokazuju kako je ekscentrična kontrakcija stražnjeg dijela natkoljenice, zajedno sa kvalitetnim zagrijavanjem i istezanjem, povezana s 65% manjom pojavom ozljeda (Small, McNaughton, Greig i Lovell, 2009).

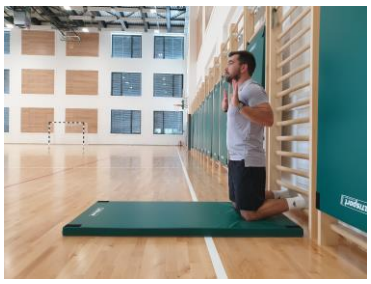
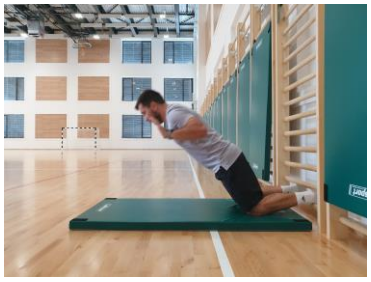
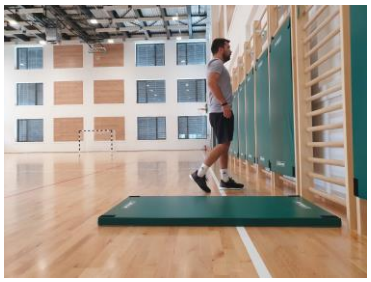
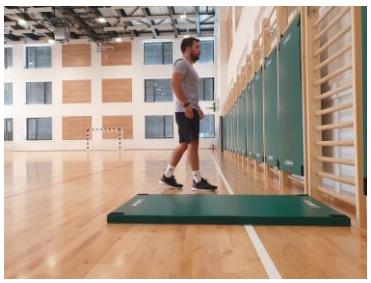
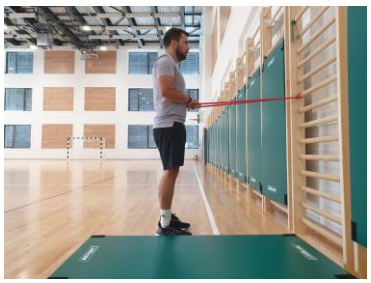
5.1. OSNOVNE VJEŽBE ZA PREVENCIJU OZLJEDA HAMSTRINGSA

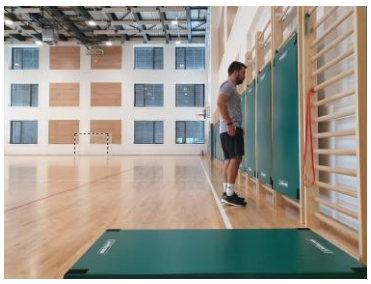
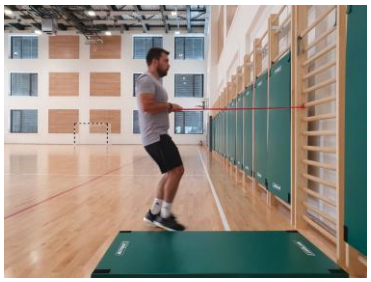
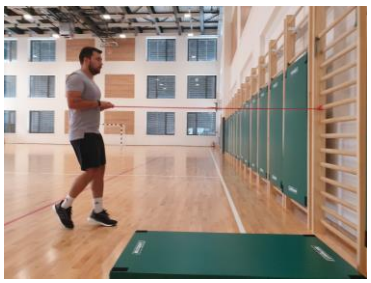
Nakon opisa mehanizama ozljeda u nastavku su prikazani protokoli koji preveniraju ozljede stražnje strane natkoljenice. Budući da je mehanizam ozljeđivanja u većini slučajeva povezan s ekscentričnom kontrakcijom, zaključak je da na taj način moramo pristupiti i protokolu za prevenciju ozljeda tog dijela. U Tablici 6 su navedene osnovne vježbe koje su vrlo važne za prevenciju ozljeda hamstringsa. Navedene vježbe zadovoljavaju vrste mišićne kontrakcije kod kojih se najčešće događaju ozljede.

Tablica 6. Osnovne vježbe u programima prevencije ozljeda hamstringsa

	Opis vježbe	
1.	Početni položaj je ležanje na leđima, dlanovi su na tlu, noge su flektirane u zglobu koljena 90°, te su oba stopala na podlozi punom površinom. Kukove podižemo što više možemo, te zadržimo u tom položaju 3 sekunde. Nakon toga ponavljamo isti pokret.	 
2.	Početni položaj je ležanje na leđima, dlanovi su na tlu, noge su flektirane u zglobu koljena 90°. Jedno stopalo je na tlu punom površinom dok je druga noga opružena - natkoljenice su paralelne. Kukove podižemo što više možemo, te zadržimo u tom položaju 3 sekunde. Nakon toga ponavljamo isti pokret.	 
3.	Početni položaj je u ležanju na trbuhu. Elastična traka je na području pete i drugim dijelom fiksirana za čvrsti predmet. Radimo fleksiju u zglobu koljena.	

		
4.	U ležanju na leđima, dlanovi su na tlu, noge su flektirane u zglobu koljena 90°, te oba stopala imaju kontakt sa tlom samo u području pete. Kukove podižemo što više možemo, te hodamo na petama do pozicije u kojoj možemo zadržati kukove visoko.	 
5.	U ležanju na leđima, dlanovi su na tlu, noge su flektirane u zglobu koljena 90°, te oba stopala imaju kontakt sa tlom samo u području pete. Kukove podižemo što više možemo, te kližemo petama po tlu na način da radimo ekstenziju i fleksiju u zglobu koljena pri tom zadržavajući kukove visoko.	 

6.	NHE (*Nordic Hamstring Exercise*) u uspravnom klečećem položaju, dok su stopala fiksirana za čvrsti objekt, radimo ekstenziju u zglobu koljena i pri tome zadržavamo trup čvrsto.	 
7.	Hodanje unatrag.	 
8.	Hodanje unatrag s otporom koji djeluje u suprotnom smjeru od kretanja.	 

9.	Trčanje unatrag.	 
10.	Trčanje unatrag s otporom koji djeluje u suprotnom smjeru od kretanja.	 

6. **PROGRESIJA U REHABILITACIJI OZLJEDA HAMSTRINGSA**

Nakon dijagnosticiranja ozljede hamstringsa najbitniji dio je kvalitetna rehabilitacija, koja posljedično skraćuje odsutnost sportaša sa sportskog terena, a rekreativca iz rekreativnih aktivnosti, te smanjuje mogućnost ponavljanja ozljede.

Kao što je spomenuto, Askling i sur. (2003) navode da zbog mehanizma ozljede koja je najčešće u ekscentričnoj kontrakciji hamstringsa naglasak i u rehabilitaciji treba staviti na ekscentrične kontrakcije mišića, osobito u završnoj fazi rehabilitacije.

U akutnoj fazi oporavka postoje dva osnovna protokola: *Protection Rest Ice Compression Elevation* (RICE) i *Protection Optimal Load Ice Compression Elevation* (POLICE).

Oba protokola vrlo su slična i cilj im je ubrzati metabolizam oporavka, smanjiti lokalnu povišenu temperaturu, smanjiti upalne procese i mogućnost krvarenja u svrhu što bržeg kretanja u aktivni dio procesa rehabilitacije. RICE protokol zahtjeva odmor, hlađenje ozlijeđenog mišića, kompresiju i podizanje noge na povišenje, dok POLICE protokol zahtijeva zaštitu i optimalnu aktivnost ozlijeđenog mišića, kao i led, kompresiju i podizanje noge na povišenje.

Nakon akutne faze rehabilitacije koja traje od trenutka ozljede, pa dva do tri dana nakon ozljede, cilj nam je što prije vratiti punu funkciju mišića, te povećati mogućnost izduživanja mišića i krenuti u razvoj jakosti. Nakon vježbi fleksibilnosti krećemo s vježbama koje se baziraju na izometričnoj kontrakciji mišića. Kad tijekom izometrične kontrakcije pacijent ne osjeća bol, tada krećemo sa vježbama s koncentričnim i ekscentričnim kontrakcijama.

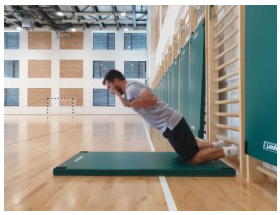
Nakon kontroliranog trenažnog procesa, sportaša ili rekreativca pripremamo za situacijske uvjete provođenja svakodnevnih aktivnosti koje su vezane uz njegov sport. Preporučeni povratak na maksimalni volumen treninga je kada pacijent ne osjeća bol u niti jednom pokretu, u specifičnim uvjetima pojedinog sporta.

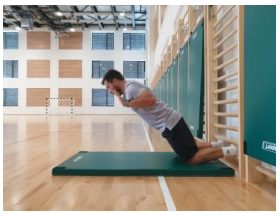
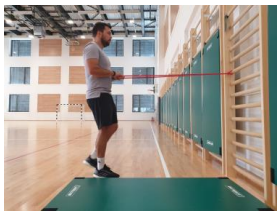
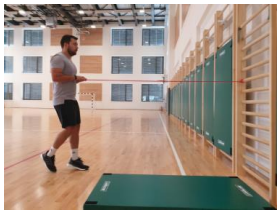
6.1. OSNOVNE VJEŽBE ZA RAZVOJ JAKOSTI U PROGRESIJI REHABILITACIJE HAMSTRINGSA

U tablici 7 prikazane su osnovne vježbe koje se primjenjuju u rehabilitaciji nakon ozljeda hamstringsa, za razvoj jakosti.

Tablica 7. Osnovne vježbe za razvoj jakosti u progresiji rehabilitacije nakon ozljede hamstringsa

Izometrična kontrakcija	Koncentrična kontrakcija	Ekscentrična kontrakcija	Koncentrično - ekscentrična kontrakcija
Mali most sunožni - 90°	Mali most sunožni - fleksija - klizanje 120° - 90°	Mali most - ekstenzija - klizanje 90°- 150°	Hip hinge - ekscentrija + koncentrija
			
			
			
Mali most sunožni - 120°	Mali most sunožni - fleksija - klizanje 150° - 90°	Mali most - esktenzija - klizanje jednonožno 90°-120°	NHE - ekscentrija + koncentrija

			
			
			
Mali most sunožni - 150°	Mali most jednonožni - fleksija - klizanje 120°- 90°	Hip hinge na koljenima	Sporo trčanje unatrag
			
			
Mali most jednonožni - 90°	Mali most jednonožni - fleksija - klizanje 150°- 90°	NHE	Hodanje unatrag sa otporom

			
			
Mali most jednonožni - 120°			Trčanje unatrag sa otporom
			
			
Mali most jednonožni - 150°			Saskok sa povišenja u čučanj
			
			

7. **ZAKLJUČAK**

Hamstrings je mišićna skupina koja ima izuzetno veliku incidenciju ozljeda u sportu i rekreaciji. Ozljede su česte kod aktivnosti koje zahtijevaju učestala ubrzanja i velike amplitude pokreta, a sportovi u kojima je učestalost ozljeda hamstringsa velika su nogomet, američki nogomet, pretrčavanje prepona te sportovi koji imaju učestale skokove i bacanja. Ozljede hamstringsa dijele se na proksimalne, centralne i distalne, a prema mehanizmu ozljede osnovna je podjela na sprinterski i istezajući tip. Na ozljede mogu utjecati različiti intrinzični i ekstrinzični čimbenici rizika, a u prepoznavanju, tretiranju i rehabilitaciji ozljeda nužno je poznavati funkcijsku anatomiju ove mišićne skupine.

U dijagnostici ozljeda primjenjuju se metode obuhvaćene fizikalnim pregledom, funkcionalnim testovima te *imaging* metode od kojih su najčešće ultrazvuk i magnetska rezonanca. U rehabilitaciji nakon ozljede važno je primijeniti pravilnu progresiju. Važan aspekt je prevencija ozljeda. Preventivni protokoli bi trebali ići u smjeru pripreme hamstringsa za velike sile koje se događaju u trenutku kada je kuk flektiran, a koljeno u ekstenziji, tj. kada je hamstrings u izduženom položaju – ekscentričnoj kontrakciji. Također, završetak rehabilitacije bi trebao biti u trenutku kada je funkcija mišića u potpunosti zadovoljena, te se nakon toga kreće u preventivni program kako ne bi došlo do ponovne ozljede.

U ovom radu je opisana građa hamstringsa, uloga i funkcija u lokomociji, karakteristike ozljeda hamstringsa te pristup prevenciji ozljeda hamstringsa i rehabilitaciji nakon ozljede. Progresivno je prikazan niz vježbi za kreiranje preventivnih programa, te vježbi korisnih za rehabilitaciju nakon ozljede hamstringsa.

8. **LITERATURA**

Ahmad, C.S., Redler, L.H., Ciccotti, M.G., Maffulli, N., Longo, U.G. i Bradley J. (2013). Evaluation and management of hamstring injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, *41*(12), 2933-2947. doi: 10.1177/0363546513487063

Arner, J. W., McClincy, M. P. i Bradley, J. P. (2019). Hamstring Injuries in Athletes: Evidence-based Treatment. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 27*(23), 868–877. https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-18-00741

Askling, C., Karlsson, J. i Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 13*(4), 244–250. https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x

Askling, C.M., Tengvar, M., Saartok, T. i Thorstensson, A. (2008). Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *The American Journal of sports medicine, 36*(9), 1799-1804. doi:10.1177/0363546508315892

Babić I. (2020). *Tretman ozljede zadnje mišićne lože kod aktivnih sportaša i rekreativaca*. (diplomski rad). Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, diplomski sveučilišni studij Fizioterapija, Split.

Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P. i Reddin, D. B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *The American journal of sports medicine, 34*(8), 1297–1306. https://doi.org/10.1177/0363546505286022

Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C. i Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high-speed running. *Medicine and science in sports and exercise, 43*(3), 525–532. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f23fe8

Erickson, L. N. i Sherry, M. A. (2017). Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *Journal of sport and health science, 6*(3), 262–270. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001

Garrett, W. E., Jr (1990). Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. *Medicine and science in sports and exercise, 22*(4), 436–443.

Goldman, E. F. i Jones, D. E. (2011). Interventions for preventing hamstring injuries: a systematic review. *Physiotherapy, 97*(2), 91–99. https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.11.011

Golubić, A. (2015). *Čimbenici rizika nastanka ozljeda hamstringsa u sportu.* (diplomski rad). Kineziološki fakultet, Zagreb.

Hamilton, B., Valle, X., Rodas, G., Til, L., Grive, R. P., Rincon, J. A. i Tol, J. L. (2015). Classification and grading of muscle injuries: a narrative review. *British journal of sports medicine, 49*(5), 306. https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093551

Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S. i Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 40*(2), 67–81. https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3047

Huygaerts, S., Cos, F., Cohen, D. D., Calleja-González, J., Guitart, M., Blazevich, A. J. i Alcaraz, P. E. (2020). Mechanisms of Hamstring Strain Injury: Interactions between Fatigue, Muscle Activation and Function. *Sports (Basel, Switzerland), 8*(5), 65. https://doi.org/10.3390/sports8050065

Keros, P. i Pećina, M. (2006). *Funkcijska anatomija lokomotornog sustava*. Zagreb: Naklada Ljevak.

Lempainen, L., Sarimo, J., Heikkilä, J., Mattila, K. i Orava, S. (2006). Surgical treatment of partial tears of the proximal origin of the hamstring muscles. *British journal of sports medicine, 40*(8), 688–691. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.028191

Macdonald, B., McAleer, S., Kelly, S., Chakraverty, R., Johnston, M. i Pollock, N. (2019). Hamstring rehabilitation in elite track and field athletes: applying the British Athletics Muscle Injury Classification in clinical practice. *British journal of sports medicine, 53*(23), 1464-1473. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098971

Mendiguchia, J. i Brughelli, M. (2011). A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine, 12*(1), 2–14. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.003

Morgan, D. L. (1990). New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophysical journal, 57*(2), 209–221. https://doi.org/10.1016/S0006-3495(90)82524-

Palastanga, N. i Soames, R. (2012). *Anatomy and human movement: structure and function.* London, UK: Churchill Livingstone.

Poljak D. (2019). *Incidence of athletic hamstring injuries in professional football players from 2016 to 2018* (diplomski rad). Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet, Split.

Rodgers, C. D. i Raja, A. (2020). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hamstring Muscle. U *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546688/

Ropiak, C. R. i Bosco, J. A. (2012). Hamstring injuries. *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases, 70*(1), 41–48.

Shield, A. J. i Bourne, M. N. (2018). Hamstring Injury Prevention Practices in Elite Sport: Evidence for Eccentric Strength vs. Lumbo-Pelvic Training. *Sports medicine, 48*(3), 513–524. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0819-7

Small, K., McNaughton, L., Greig, M. i Lovell, R. (2009). Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. *Journal of strength and conditioning research, 23*(4), 1077-1083. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318194df5c

Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., Young, M. i Heiderscheit, B. C. (2005). Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Medicine and science in sports and exercise, 37*(1), 108–114. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000150078.79120.c8

van den Tillaar, R., Solheim, J. i Bencke, J. (2017). Comparison of hamstring muscle activation during high-speed running and various hamstring strengthening exercises. *International journal of sports physical therapy, 12*(5), 718–727. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29181249/

Williams, D.S. 3rd i Welch, L.M. (2015). Male and female runners demonstrate different sagittal plane mechanics as a function of static hamstring flexibility. *Brazilian Journal of Physical Therapy, 19*(5), 421-428. https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0123

Yu, B., Queen, R. M., Abbey, A. N., Liu, Y., Moorman, C. T. i Garrett, W. E. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. J*ournal of biomechanics, 41*(15), 3121–3126. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.005