

# Utjecaj ekscentričnog treninga jakosti na ozljede mišića stražnje strane natkoljenice

---

**Bužan, Lea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:820035>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-29**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:  
magistar kineziologije)

**Lea Bužan**

**UTJECAJ EKSCENTRIČNOG TRENINGA**  
**JAKOSTI NA OZLJEDE MIŠIĆA**  
**HAMSTRINGSA**

**Diplomski rad**

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Cvita Gregov**

**Zagreb, siječanj, 2023.**

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:

---

Doc.dr.sc. Cvita Gregov

Student:

---

Lea Bužan

# UTJECAJ EKSCENTRIČNOG TRENINGA JAKOSTI NA OZLJEDE HAMSTRINGSA

## SAŽETAK

Glavni cilj ovog rada bio je na temelju sustavnog pregleda literature utvrditi utjecaj ekscentričnog treninga jakosti na ozljede hamstringsa. Koristili smo 3 baze podataka za prikupljanje dostupnih radova, a to su: PubMed, Web of Science i SPORTDiscus. Prikupljeno je ukupno 260 radova od čega je 16 bilo duplikata. Sljedeći korak je bio pregled naslova i sažetaka nakon čega je izbačeno još 213 radova. Nakon posljednjeg koraka selekcijskog postupka ostao je 31 rad koji je pregledan u cijelosti, a samo ih je 5 na kraju zadovoljilo uvjete uključivanja u ovaj pregledni rad. Uzorci ispitanika činili su svi profesionalni i amaterski sportaši neovisno o sportu kojim se bave. Nakon selekcije radova došli smo do brojke od ukupno 1627 ispitanika što je otprilike podjednak broj u eksperimentalnoj (n=808) i kontrolnoj skupini (n=819). Dob ispitanika iznosi 22,8 +/- 3,8 god. Detaljnom pretragom radova koji su zadovoljili kriterije došli smo do broja od ukupno 116 ozljeda. Eksperimentalna grupa broji 26 (3,21 %), a kontrolna skupina 90 (10,99 %) ozljeda čime smo došli do krajnjeg rezultata od smanjenja rizika od ozljede koji iznosi 73 %. Na temelju dobivenih rezultata jasno je kako bi navedeni oblik treninga trebalo uključiti u preventivske protokole.

**Ključne riječi:** hamstring, ozljede, prevencija, ekscentrični trening, jakost

# **EFFECT OF ECCENTRIC STRENGTH TRAINING ON HAMSTRINGS INJURIES**

## **ABSTRACT**

The main goal of this paper was to determine the impact of eccentric training on the severity of hamstring injuries based on a systematic review of the literature. We used 3 databases to collect available works, namely: PubMed, Web of Science and SPORTDiscus. A total of 260 papers were collected, of which 16 were duplicates. The next step was a review of titles and abstracts, after which another 213 papers were excluded. After the last step of the selection process, there were 31 papers that were reviewed in their entirety, and only 5 of them finally met the conditions for inclusion in this review paper. Samples of respondents believed that all professional and amateur athletes are independent of the sport they practice. After the selection of papers, we reached a total of 1,627 subjects, which is roughly the same number in the experimental (n=808) and control group (n=819). The age of the respondents is 22.8 +/- 3.8 years. Through a detailed review of works that met the criteria, we came to a total of 116 injuries. The experimental group has 26 (3.21 %), and the control group 90 (10.99 %) injuries, with which we reached the final result of a reduced risk of injuries, which is 73 %. Based on the obtained results, we concluded that the mentioned form of training should be included in the preventive protocols.

**Key words:** hamstring, injuries, prevention, eccentric training, strength

## SADRŽAJ

UVOD .....	5
METODE RADA .....	9
Pretraživanje literature.....	9
Kriterij selekcije .....	9
REZULTATI.....	11
RASPRAVA.....	15
ZAKLJUČAK .....	19
LITERATURA.....	21

## 1. UVOD

Ozljede mišića stražnje strane natkoljenice pripadaju skupini najčešćih ozljeda u sportu (Ahmad i sur., 2013; Ali i sur., 2012). Prema korištenoj literaturi, ovisno o sportu, na ozljede hamstringsa otpada 6 % do 29 % svih ozljeda. Ovisno o vrsti sportske aktivnosti, ozljede hamstringsa su više ili manje zastupljene pa tako sportovi u kojima prevladavaju udarci i sprinterske aktivnosti imaju najveću prevalenciju spomenute mišićne ozljede.

Sportovi s najvećom prevalencijom ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice su atletika (sprinterske discipline), ragbi, nogomet, američki nogomet i ples. Osim što ozljede hamstringsa čine skoro 30 % ozljeda donjih ekstremiteta, postoji značajan rizik za ponovnim ozljeđivanjem koji se kreće od 12 % do 31 % (Arner i sur., 2019). Prema Burbarker i sur. (1974) čak 50 % ozljeda svih mišića i mišićnih skupina otpada na hamstrings što se posebno odnosi na disciplinu prepone. Istraživanje koje je proveo Hawkins i sur. (2000) daje podatak kako u dvije uzastopne sezone australskog nogometa na ozljede mišića stražnje strane natkoljenice otpada ukupno 12 % sveukupnih ozljeda mišića. Iz prethodno navedenog istraživanja dolazi podatak i da je mogućnost ozljede hamstringsa 2,5 puta veća od vjerojatnosti ozljede mišića prednje strane natkoljenice. U ragbiju, prema Brooks i sur. (2006), prevalencija ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice iznosi 0,27 ozljeda na 1000 sati treninga te u 2 natjecateljske godine ona iznosi 5,6 ozljeda na 1000 sati natjecanja. Istraživanje provedeno od strane Ekstrand i sur. (1982) na europskim nogometašima daje podatak da se 17 % svih sportskih ozljeda pripisuje ozljedama hamstringsa i da 12 % sportaša doživi ovu vrstu ozljede tijekom svoje nogometne karijere. Također, istraživanja provedena na populaciji plesača daju informaciju da 34 % plesača u svojoj karijeri doživi akutnu ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice, dok je 17 % iste populacije imalo kroničnu ozljedu navedene mišićne skupine (Askling i sur., 2002).

Arner i sur. (2019) navode da je najveća pojava ozljeda mišića hamstringsa kod sportova koji sadrže nagla ubrzanja i ekscentrične pokrete pa tako nogometaši pripadaju skupini s najvećim rizikom od ozljeđivanja i to s postotkom od 20 % po jednoj sezoni. Iz istog istraživanja dolazi podatak da je jedna nogometna ekipa prikazala 4 % porast ozljeda hamstringsa tijekom 13-godišnjeg praćenja te da u čak 33 % slučajeva dođe do ponovnog ozljeđivanja. Prema podacima iz engleskog profesionalnog nogometa postoji 12 % do 48 % vjerojatnost ponovnog ozljeđivanja hamstringsa, čime one zauzimaju prvo mjesto po stopi ponovnog ozljeđivanja (Liu i sur., 2012). Drugi autori (Ahmad i sur., 2013; Opar i sur., 2012) navode kako se mogućnost

za pojavom iste ozljede kreće u rasponu od 12 % do 31 %, a prema Woods i sur., 2004; Petersen i Holmich, 2005; Hoskins i Pollard, 2005, vrijeme koje će igrač provesti van terena u tom slučaju iznosi do 90 dana. Prema Chesterton i sur., 2020, u najvišem rangu profesionalnog nogometa, ukoliko dođe do ozljede zadnje lože, taj igrač mjesečno košta klub približno 500,000 eura. Medicinski tim u takvim situacijama kada dođe do ozljede, ali i prevencije istih, ima ključnu ulogu. Jedan od načina na koji medicinski tim može pomoći je pri izradi preventivnog trenažnog plana i programa (Chesterton i sur., 2020).

Veliki broj istraživanja navodi jakost kao jedan od bitnih čimbenika, tj. potencijalnih uzroka nastanka ozljeda hamstringsa. Iako se u novije vrijeme sve više pažnje istraživača usmjerava na prevenciju ozljeda, iz godine u godinu prevalencija ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice raste (Woods i sur., 2004; Hawkins i sur., 2000). Kao što je već navedeno, jedan od razloga povećanog interesa istraživača za ovu temu su troškovi koje pojedini klub ima u slučaju ozljede igrača pa su tako Woods i sur., (2002) u svom istraživanju naveli podatak da su troškovi u slučaju ozljede hamstringsa, u engleskoj profesionalnoj nogometnoj ligi, približno godišnje dosegli brojku od 75 milijuna funti.

Upravo iz svih gore navedenih razloga, cilj ovog istraživanja bio je pretražiti i sistematizirati dostupnu i relevantnu literaturu koja će pomoći u boljoj prevenciji, ali i tretiranju ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Da bismo razumjeli uzroke i načine na koje dolazi do ozljeda hamstringsa, potrebno je posjedovati spoznaje o anatomske građi samog mišića.

Askling (2008) u svome radu navodi kako se svi mišići stražnje strane natkoljenice jednim imenom nazivaju hamstrings. Hamstrings ukupno čine tri mišića, a to su: biceps femoris (duga i kratka glava) s lateralne strane natkoljenice te semimembranosus i semitendinosus s medijalne strane. Svi navedeni mišići stražnje strane natkoljenice polaze sa zajedničke tetive od sjedne kvrge koja se nalazi sa stražnje strane zdjelice (Ropiak i Bosco., 2012). Otprilike 2 do 10 centimetara od sjedne kvrge dolazi do razdvajanja mišića hamstringsa, a prvo se razdvaja tetiva semimembranosusa, dok se 6 cm od sjedne kvrge nalaze počeci vlakana bicepsa femorisa (Ahmad i sur., 2013).

Polazište semimembranosusa je sa sjedne kvrge, a hvata se za nekoliko struktura posteriomedijalnog koljena (Ahmad i sur., 2013). Kao i semimembranosus, i semitendinosus polazi sa sjedne kvrge, a veže se zajedno s gracialisom i sartoriusom za proksimalnomedijalni dio tibije (Ahmad i sur., 2013). Biceps femoris mišić je stražnje strane natkoljenice koji se sastoji od duge i kratke glave. Duga glava biceps femorisa također polazi sa sjedne kvrge, ali i sa sakrotuberalnog ligamenta te se veže za glavu fibule i lateralni kondil tibije. Polazište kratke glave biceps femorisa je s distalnog i posterolateralnog dijela bedrene kosti, a njeno hvatište je



tetiva duge glave bicepsa, glava fibule, iliotibijalni traktus te proksimalni i lateralni dio tibije (Ahmad i sur., 2013).

Kada govorimo o fiziološkoj građi mišića hamstringsa važno je reći da su oni većinski građeni od brzih glikolitičkih vlakana (tip II), što prema Gerret (1984) ukupno iznosi 58 %.

Svi mišići koji pripadaju hamstringsu, osim kratke glave biceps femorisa, su dvozglubni mišići, iz čega se da zaključiti da prelaze preko dva zgloba, a to su kuk i koljeno. Budući da su dvozglubni, omogućavaju istovremeni pokret i u zglobu kuka i koljena, a s obzirom da se oni kreću u različitim smjerovima dolazi do istežanja mišića stražnje strane natkoljenice (Ropiak i Bosco, 2012).

Kako je već navedeno, ozljede hamstringsa najčešće se pojavljuju u sportovima koji sadrže veliki broj balističkih pokreta (bacanja i sprintevi), cikluse istežanja i skraćivanja mišića (Stretch shortening cycle – SSC) te udarce (van Beijsterveldt i sur., 2013; Brooks i sur., 2006). U studiji koju je proveo Woods i sur., (2002) dobiveni su rezultati, za predsezona engleske profesionalne lige, da čak 11 % sveukupnih ozljeda otpada na ozljede mišića stražnje strane natkoljenice, dok podaci iz istraživanja provedenog dvije godine kasnije ukazuju kako igrači nisu bili u mogućnosti igrati ukupno 13,116 dana, odnosno 2029 utakmica tijekom jedne nogometne sezone zbog ozljede hamstringsa (Woods i sur., 2004).

Postoji nekoliko faktora koje navode kao potencijalne uzroke ozljeda, a jedan od njih je zamor mišića što dovodi do pada sposobnosti pri proizvodnji mišićne sile. Također, treba napomenuti, da se većina ozljeda događa u specifičnim uvjetima određenog sporta, bez prethodnog kontakta, zbog čega se s pravom može zaključiti da je izdržljivost samog mišića bitan faktor u sprječavanju ozljeda.

Nadalje, prema Liu i sur., (2012) ozljede hamstringsa podijeljene su, s obzirom na mehanizam nastanka, na istežajući tip i sprinterski tip. Istežajući tip ozljede najčešće se događa kada se malom brzinom izvodi pokret velike amplitude (Liu i sur., 2012). Mišići stražnje strane natkoljenice dominantno se ozljeđuju kroz ekscentričnu kontrakciju tj. tijekom negativnog mišićnog rada. U prilog tome ide više studija (Garrett i sur., 1989; Nikolaou i sur., 1987; Thelen i sur., 2005) čiji rezultati pokazuju da do rupture mišića hamstringsa dolazi prilikom prevelikog mehaničkog istežanja uslijed izduživanja mišićnih vlakana. Kod istežajućeg tipa ozljeđivanja najčešće dolazi do ozljede semimembranosusa u otprilike 90 % slučajeva (Liu i sur., 2012). Iz istraživanja Woods, (2004), provedenog na nogometašima, dolazi podatak da je sprinterski tip ozljeđivanja najčešći, a njegova učestalost iznosi 57 %. Postoji nekoliko razloga zašto je sprinterski tip najčešći, a neki od njih su dvozglubnost samog mišića. Ako za primjer uzmemo biomehaničku analizu trčanja može se zaključiti kako je hamstrings pod najvećim rizikom od

nastanka ozljede u završnoj fazi zamaha, početnoj fazi oslonca te izravno prije odraza jer se tada nalazi u izduženoj poziciji (Small i sur., 2009, Thelen i sur., 2005).

Osim toga, sljedeći mogući uzrok velikog broja ozljeda hamstringsa može se pronaći u njegovoj građi koja se većinom sastoji od brzih mišićnih vlakana zbog čega je namijenjen brzim i eksplozivnim pokretima (Hawkins i sur., 2000). Prema Hawkins i sur., (2000) uloga hamstringsa primarno je proizvodnja velikih mišićnih sila i učestale promjene mišićnih akcija iz koncentričnog u ekscentrični režim što također povećava rizik ozljeđivanja. Kod ovog tipa ozljede u 53 % prilika strada biceps femoris (Hawkins i sur., 2000). Iako se ne može izdvojiti ni jedan faktor kao jedinstveni prilikom procjene mogućnosti sprječavanja ozljede, mogu se uzeti u obzir mogući čimbenici koji pozitivno ili negativno utječu na pojavu iste. Pa tako različiti autori ( Woods i sur., 2004; Gabbe i sur 2006) izdvajaju dob, rasu, prethodne ozljede donjih ekstremiteta, slabost hamstringsa, nestabilan trup, lošija fleksibilnost hamstringsa, neadekvatna priprema za trening ili natjecanje te lošija tehnika trčanja.

Upravo zbog svih navedenih mogućih uzroka nastanka ozljeda, cilj ovog rada je sistematizirati i analizirati najnovije znanstvene spoznaje o prevenciji i sprječavanju ozljeda hamstringsa.

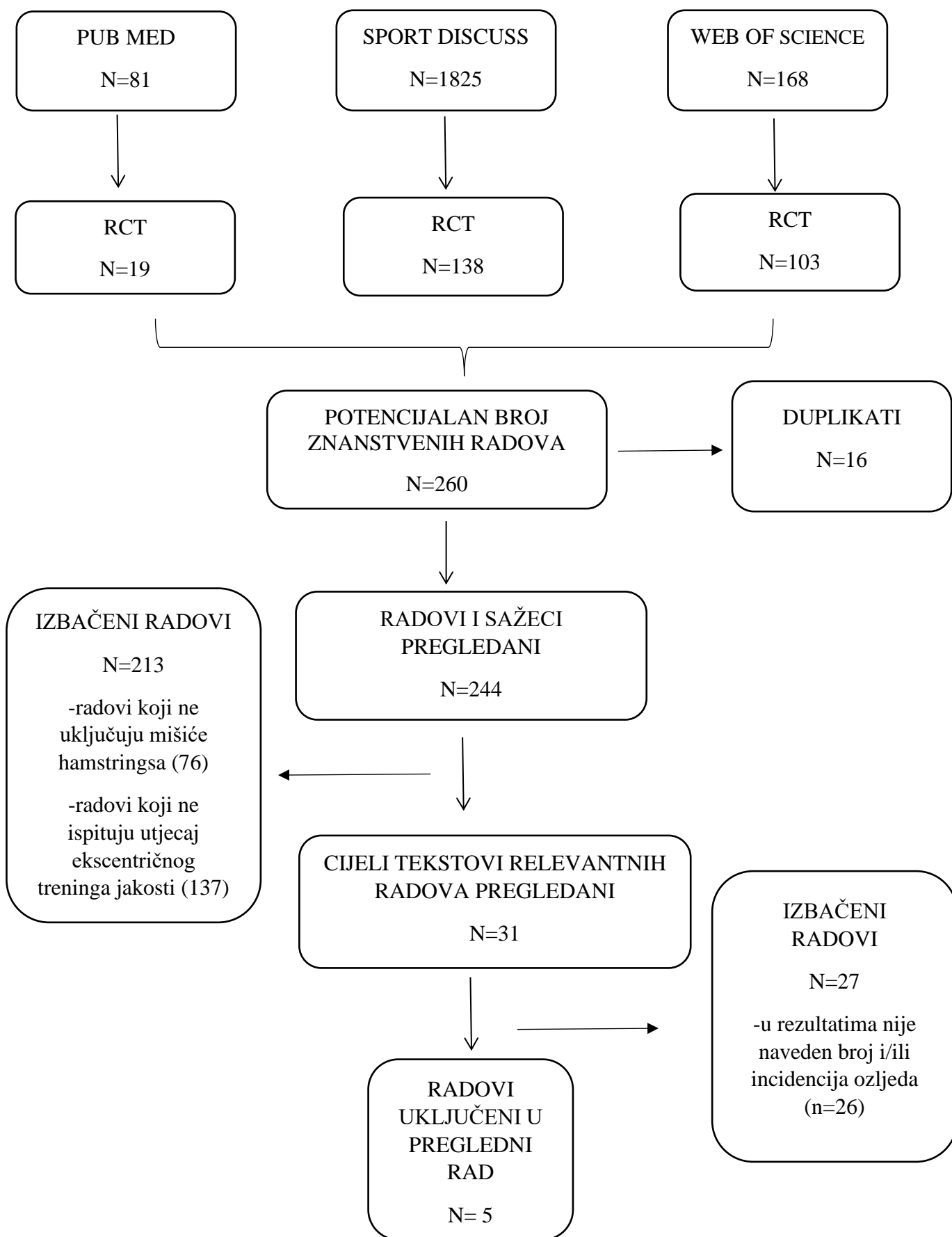
## **2. METODE RADA**

### **2.1. Pretraživanje literature**

Baze podataka koje su korištene za pretraživanje dostupnih znanstvenih istraživanja su: PubMed, Web of Science i SPORTDiscus. Ključne riječi i/ili grupe riječi koje su se koristile su sljedeće: (i) „strength training“, (ii) „hamstrings“, (iii) „hamstrings injury“, (iv) „eccentric strength“ i (v) „injury prevention“. Grupe riječi bile su povezane s „AND“, a pretraživanje je bilo suženo na članke na engleskom jeziku i randomizirane kontrolirane studije.

### **2.2. Kriterij selekcije**

Tijek selekcije znanstvenih radova prikazan je na Slici 1. Prvi korak je bio skupljanje svih radova koji bi potencijalno mogli zadovoljiti kriterije, zatim odabir randomiziranih kontroliranih studija, nakon čega je slijedio pregled istih te izbacivanje duplikata. Zatim je izvršen pregled kroz čitanje naslova i sažetaka samih radova kako bi se utvrdilo koji od radova zadovoljavaju kriterije selekcije. Ovaj korak selekcije odnosio se na izbacivanje svih radova koji nisu ispitivali utjecaj ekscentričnog treninga jakosti i nisu se odnosili na mišiće stražnje strane natkoljenice. Nakon toga, slijedio je pregled radova u cijelosti gdje su izbačeni radovi s već navedenim i/ili sljedećim karakteristikama: (i) nema eksperimentalne i kontrolne skupine i (ii) u rezultatima nije naveden broj ozljeda i/ili incidencija istih.



Slika 1. Grafički prikaz tijeka procesa uključivanja znanstvenih članaka u diplomski rad.

### 3. REZULTATI

Od ukupno 260 prikupljenih radova, njih 16 bilo je duplikat. Zatim je uslijedio pregled naslova i sažetaka nakon čega je još 213 radova eliminirano jer nisu zadovoljavali postavljene kriterije. U zadnjem koraku selekcije u cijelosti je pregledan 31 rad, a samo je 5 članaka zadovoljilo postavljene uvjete uključivanja u pregledni rad.

U radu Askling i sur. 2002. sudjelovalo je 30 nogometaša iz 2 najbolja tima švedske premijer lige. Iz svakog kluba sudjelovalo je 15 igrača, a izbačeni su bili golman, ozlijeđeni igrači i igrači s kroničnim problemima hamstringsa. Nasumičnim odabirom igrači svake ekipe su raspoređeni (7+8 i 8+7) u eksperimentalnu ( $n=15$  – godine  $24 \pm 2.6$ ) ili kontrolnu grupu ( $n=15$  – god  $26 \pm 3.6$ ). U svakoj je grupi uključen sličan broj obrambenih igrača i napadača te su svi igrači dali suglasnost za sudjelovanje u istraživanju. Prije početka samog istraživanja nije bilo značajnih razlika među grupama prema antropološkim mjerama, mišićnoj jakosti, maksimalnoj brzini trčanja i fleksibilnosti kuka. Provedene su 2 faze istraživanja: pripremni period 10 tjedana i natjecateljski dio sezone. Obje grupe ispitanika imale su isti protokol koji su slijedile. Trening grupa odradila je ukupno 16 specifičnih treninga za jakost hamstringsa svaki peti dan u prvih 4 tjedna, odnosno svaki četvrti dan u zadnjih 6 tjedana. Specifični trening jakosti se sastojao i od ekscentrične i koncentrične faze mišićne akcije i provodio se na Yo-Yo flywheel ergometru. Tijekom cijele studije od 10 mjeseci zabilježeno je 13 ozljeda (43 %) koje su se dogodile tijekom natjecateljske sezone. Statistički značajno manji broj ozljeda se pojavio u eksperimentalnoj grupi (3/10), dok se u kontrolnoj grupi pojavio značajno veći broj ozljeda. Iako su se sve ozljede dogodile tijekom natjecateljske sezone, njih 6 (46 %) je bilo za vrijeme utakmice, a 7 (54 %) tijekom treninga.

U istraživanju koje je proveo Hoyo i sur. (2015) sudjelovalo je 36 elitnih španjolskih nogometaša (U-17 do U-19, godine  $17 \pm 1$ , visine  $178.11 \pm 2.34$ cm, težine  $71.76 \pm 4.56$ kg i indeksom tjelesne težine  $19.1 \pm 2.4$  kg/m<sup>2</sup>). Svi sudionici su dobrovoljno sudjelovali. Isključeni su ispitanici koji su 2 mjeseca prije istraživanja imali ozljedu koja je trajala duže od 27 dana. Ispitanici su podijeljeni u 2 grupe, eksperimentalnu ( $N=18$ ) i kontrolnu ( $n=15$ ). Budući da su sudjelovali ispitanici iz 2 nogometna tima, jedan tim je bio eksperimentalna, a drugi kontrolna grupa. Obje grupe su imale približno isto tjedno opterećenje s 4 do 5 treninga, volumenom trajanja 60 do 90 minuta i jednom utakmicom. Tijekom cijele sezone kontrolna grupa izbjegavala je treninge jakosti i nastavila je sa svojim uobičajenim tehničko-taktičnim treninzima. Za to je vrijeme eksperimentalna grupa odradivala svoje uobičajene treninge s

dodatkom koncentrično-ekscentričnog treninga jednom do dva puta tjedno kroz 10 tjedana. Tijekom tih 10 tjedana odrađivali su treninge na flywheel uređaju primjenjujući vježbu polučučanj i leg curl.. Ispitanici su prva 2 tjedna izvodili zadane vježbe jednom tjedno, a preostalih 8 tjedana 2 puta tjedno. Volumen opterećenja se povećavao na sljedeći način: 3 serije po 6 ponavljanja prva 4 tjedna, 4 serije po 6 ponavljanja peti i šesti tjedan, 5 serija po 6 ponavljanja sedmi i osmi tjedan i 6 serija po 6 ponavljanja u devetom i desetom tjednu. Medicinski tim je vodio evidenciju treninga i utakmica i bilježio broj mišićnih ozljeda na 1000 sati izloženosti (treningu i utakmici). Dobiveni rezultati upućuju na nedostatak značajnog napretka u bilo kojoj od mjera prevencije ozljeda u obje grupe u odnosu na inicijalno testiranje, s iznimkom eksperimentalne grupe koja je postigla značajne rezultate po pitanju smanjenje težine ozljeda. Ozbiljnost ozljede bila je znatno manja (65 %) u eksperimentalnoj u odnosu na kontrolnu grupu. Rezultati ukazuju na potencijalno manju incidenciju (23.7 %) na 1000 sati utakmica kod eksperimentalne grupe, za razliku od kontrolne. Učestalost pojave mišićnih ozljeda je niska tijekom predsezona, dok tijekom natjecateljskog perioda incidencija raste 2 do 3 puta. U prilog toj tvrdnji idu i rezultati ovog istraživanja. Igrači iz kontrolne grupe imali su veću učestalost ozljeđivanja za razliku od eksperimentalne. Osim toga, ukoliko je i došlo do ozljede kod igrača eksperimentalne grupe, njena ozbiljnost je bila značajno manja (broj dana odsutnosti).

Od svih radova koji su zadovoljili kriterije pretrage, jedino je Espinosa i sur. (2015) ispitao učinak ekscentričnog treninga jakosti na ženskoj populaciji. Espinosa i sur (2015) u svome istraživanju navode kako preventivni programi hamstringsa nikada nisu uključivani u ženski nogomet, stoga je upravo to glavni cilj njihova istraživanja. U istraživanju su sudjelovale 43 zdrave i neozlijeđene nogometašice podijeljene u eksperimentalu (n=22) i kontrolnu (n=21) skupinu. Program treninga provodile su 21 tjedan. Sadržavao je vježbu nordic hamstring i eccentric band exercise, a radile su ih na početku treninga. Rezultati istraživanja daju podatak kako se u eksperimentalnoj skupini pojavila 1 ozljeda, dok se u kontrolnoj grupi pojavilo 5 mišićnih ozljeda hamstringsa. Nakon statističke obrade dobiveni su rezultati da je apsolutni rizik kod eksperimentalne grupe iznosio 4.5 %, dok je isti kod kontrolne grupe iznosio 23,8 %, čime dolazimo do smanjenja rizika od ozljeđivanja u eksperimentalnoj grupi od 81 %.

Van der Horst i sur. (2015) proveli su istraživanje na 32 amaterska nogometna tima sa ukupno 579 ispitanika. Eksperimentalna grupa sastojala se od 292 igrača, a njih 287 bilo je u kontrolnoj skupini. Klubovi su nasumično raspoređeni u eksperimentalnu i kontrolnu skupinu. Obje grupe su provodile svoje uobičajene treninge, s dodatkom eksperimentalnoj skupini koja je na kraju treninga, prije nego bi se igrači ohladili, provodila ekscentrični trening jakosti.

Protokol ekscentričnog treninga jakosti sastojao se od ukupno 25 treninga kroz 13 tjedana u kojima se provodila vježba nordic hamstring. Nakon intervencije od 13 tjedana zabilježeno je 18 (72 %) ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice u kontrolnoj grupi i 6 (55 %) ozljeda u eksperimentalnoj skupini. Navedeni podaci ukazuju na statistički značajnu razliku između grupa i idu u prilog smanjenju rizika od ozljeda u eksperimentalnoj skupini. Kada gledamo težinu ozljede nakon navedene intervencije, igrači eksperimentalne skupine bili su odsutni 31 +/- 15 dana, a ispitanici iz kontrolne skupine 28 +/- 19, a iz čega se da zaključiti kako nema statistički značajne razlike u težini ozljede između skupina.

Sljedeći rad je također proveden na velikom broju ispitanika s čak 54 uključena kluba. Proveo ga je Petersen i sur. (2011) na ukupno 942 igrača podijeljenih u eksperimentalnu (n=461) i kontrolnu (n=481) grupu. Ovo istraživanje činili su igrači različitih razina natjecanja, stoga je važno naglasiti kako je njih 56 iz eksperimentalne skupine bilo profesionalnih nogometaša iz prve i druge divizije, dok je njih 405 bilo amatera. Kod pripadnika kontrolne skupine 62 igrača su bila profesionalni sportaši, a 419 amateri. Sudionici eksperimentalne grupe provodili su protokol od 10 tjedana s ukupno 27 treninga koja su uključivala vježbu nordic hamstring. Spomenutu vježbu provodili su u 3 seta po 12, 10 i 8 ponavljanja. Rezultati istraživanja upućuju na podatak od ukupno 67 ozljeda mišića hamstringsa (44 nove i 23 ponovljene ozljede). Nadalje, 15 ozljeda (12 novih i 3 ponovljene ozljede) su pretrpjeli igrači eksperimentalne skupine, a 52 (32 nove i 20 ponovljenih ozljeda) pripadnici kontrolne skupine. Veći broj ozljeda kod eksperimentalne skupine (9 od 15) dogodio se tijekom 10 tjedana preventivnog protokola, dok se, tijekom istog tog perioda, u kontrolnoj grupi dogodio približan broj ozljeda (12 od 52) iz čega se da zaključiti kako igrači eksperimentalne skupine nisu pod povećanim rizikom od ozljeđivanja tijekom preventivnog programa. Rezultati istraživanja upućuju na podatak kako programi koji uključuju vježbu nordic hamstrings uspješno smanjuju rizik od ozljeđivanja i to za više od 60 %. Također, važna konstatacija ovog istraživanja ide u prilog sprječavanju ponovnog ozljeđivanja koje je umanjeno za otprilike 85 %.

Od ukupno 5 radova koji su u potpunosti zadovoljili kriterije, a to su eksperimentalna i kontrolna skupina, trening ekscentrične jakosti hamstringsa i broj ozljeda ili incidencija istih kao rezultat protokola, čak 4 idu u prilog ekscentričnom treningu jakosti. Kada se usporede rezultati svih radova koji su zadovoljili kriterije selekcije, prosječno trajanje protokola svih studija je iznosilo 12,8 +/- 4,3 tjedana tijekom kojih se provelo 21,5 +/- 4,0 ekscentričnih treninga jakosti. Ukupno je sudjelovalo 1627 ispitanika u životnoj dobi od 22,8 +/- 3,8 god. Ispitanici su bili podijeljeni u eksperimentalnu (n=808) i kontrolnu grupu (n=819). Na kraju provedenih protokola, odnosno studija, zabilježeno je 116 ozljeda. Pripadnici eksperimentalne

grupe broje 26 (3,21 %) ozljeda, a kontrolne skupine čak 90 (10,99 %) ozljeda. Rezultati ove studije upućuju na smanjenje relativnog rizika, nakon provedbe ekscentričnog treninga jakosti, koje iznosi 73 %.

*Tablica 1. Sažetak istraživanja koja su proučavala utjecaj ekscentričnog treninga jakosti na mišićne ozljede hamstringsa*

AUTORI i GODINA	UZORAK	INTERVENCIJA	DOBIVENA MJERA	REZULTATI	ZAKLJUČAK
Askling i sur. 2003	30 (15 EKS i 15 KON), muškarci, nogomet, Švedska premijer liga	Ekscentrični trening; Yo-Yo Leg curl, 4 seta x 8 ponavljanja	Broj ozljeda hamstringsa	EKS 3, KON 10 (p<0,05)	Podržava ekscentrični trening jakosti
De Hoyo 2015	36 (18 EKS i 15 KON), nogometaši španjolske lige U17 do U19	Ekscentrični trening jakosti: YoYo Leg Curl; 2 treninga tjedno; prva 4 tj 3x6pon, 5. i 6.tj 4x6pon, 7. i 8. tj 5x6pon, 9. i 10.tj 6x6 pon	Učestalost ozljede	EKS 14.2% (90% CL, - 2; 28); KON - 22% (90% CL, 31; - 117). nema razlike u incidenciji ozljeda kod EKS i KON	Ne podržava ekscentrični trening jakosti
Espinosa 2015	43 ( 22EKS, 21 KON) nogometašice španjolske prve lige	Ekscentrični trening: Nordic Hamstring i eccentric band exercisepro 21 tjedan	Broj ozljeda	Eks 1; Kon 5. smanjenje rizika ozljeđivanja 81%	Podržava ekcentrični trening jakosti
Van der Horst 2015	40 amaterskih nogometnih timova (292 EKS, 287 KON)	23 treninga Nordic hamstring tijekom prvih 13 tj nakon zimskog prekida	Broj ozljeda i incidencija na 1000h	24 ozljede (6 EKS, 18 KON)	Podržava ekscentrični trening jakosti
Petersen 2011	50 profesionalnih i amaterskih nogometnih klubova u Danskoj (EKS 23 (461) i KON 27 (481))	10 tjedana pripremnog perioda – ukupno 27 treninga Nordic hamstring ( 3 seta po 12/10/8 ponavljanja	Broj ozljeda	67 ozljeda (15 EKS, 52 KON)	Podržava ekscentrični trening jakosti



## 4. RASPRAVA

Studije provedene od strane McGregor i Rae, 1995; Arnason i sur., 2007; Hawkins i Fuller, 1999; Hawkins i sur, 2001.; Woods i sur., 2004, ukazuju na sve veći broj ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice koji iznosi 12-16 % ukupno svih ozljeda te je prestigao broj ozljeda gležnja. Iz prethodno navedenih izvora dolazi i podatak o incidenciji ozljeda koja iznosi od 3.0 do 4.1 ozljeda na 1000 sati natjecanja i od 0.4 do 0.5 na 1000h treninga. Drugi autori (Arnason i sur. 1996; Ekstrand i sur. 2006; Heiderscheit i sur. 2010) iznose podatak o incidenciji ozljeda koja iznosi 0.5-1.5 ozljeda na 1000 sati utakmica i treninga.

Osim velike incidencije nastanka ozljeda hamstringsa, postoji problem vrlo visoke učestalosti ponovnog ozljeđivanja. Zabilježena je stopa ponavljanja ozljede 22 % unutar 2 mjeseca, a čak 25 % nogometaša u profesionalnoj danskoj ligi ponovno se ozlijedi sljedeće sezone.

Chavarro-Nieto i suradnici (2021) napravili su meta analizu na studijama rađenim u ragbiju i došli do podatka da je 50 % ozljeda donjih ekstremiteta, a čak 9.8% ozljeda otpada na mišiće stražnje strane natkoljenice što je uzrokovalo ukupno 467 dana izbjivanja s terena. Incidencija ozljeda u engleskoj ragbi ligi iznosi 6.4 ozljede na 1000 h utakmice. Istraživanje rađeno na mlađim dobnim skupinama daje podatak da se 21 % ozljeda pripisuje ozljedama hamstringsa (Chavarro-Nieto i sur., 2021).

Jedan od mogućih uzroka povećanja broja ozljeda su sve veći zahtjevi sporta gdje je došlo do povećanja brzine i intenziteta same igre (Arnason i sur., 2004b). Većina ozljeda hamstringsa se događa tijekom maksimalnih brzina izvođenja kretanja (Woods i sur. 2004) kada dolazi do izduživanja mišića, tj. ekscentrične faze mišićne akcije (Rahnama i sur., 2003).

Elektromiografskom (EMG) analizom maksimalne brzine trčanja, utvrđena je maksimalna mišićna aktivnost tijekom zadnje faze zamaha, kada mišići stražnje strane natkoljenice rade ekscentrično (Arnason i sur., 2004).

Budući da nekoliko studija (Yamamoto, 1993; Jonhagen i sur., 1994; Orchard i sur., 1997.) ukazuje na jakost hamstringsa kao vodećeg faktora ozljeđivanja, Garrett (1996) navodi trening jakosti kao dobar alat u sprječavanju istih. Programi za razvijanje jakosti uglavnom se temelje na vježbama gdje glavni stimulus dolazi od djelovanja sile gravitacije, čime se takav program limitira na koncentrične mišićne akcije s manjom aktivacijom mišićnih vlakana tijekom ekscentrične faze (Hoyo i sur., 2015). Prema tome da s zaključiti kako bi preventivne trenažne metode trebale uključivati i vježbe u kojima su mišići angažirani tijekom ekscentrične

faze kako bi se postigao adekvatan mišićni odgovor (Hoyo i sur., 2015). Mjereno elektromiografskim uređajem dokazano je da tijekom izvođenja nordic hamstring i flywheel vježbe dolazi do proizvodnje znatno veće mišićne sile u ekscentričnoj fazi (Askling i sur., 2003; Romero-Rodriguez i sur., 2011), a samim time i veće mišićne aktivacije (Norrbrand i sur., 2010), u odnosu na tradicionalne vježbe.

Neki autori smatraju kako je unilateralni i bilateralni mišićni disbalans u velikom broju slučajeva razlog ozljeđivanja. Pod unilateralnom neravnotežom smatra se nesrazmjer između jakosti kvadricepsa i hamstringsa, dok se pod bilateralnom podrazumijeva disbalans u jakosti hamstringsa desne i lijeve noge. Znanstveno je dokazano kako napredak u mišićnim omjerima jakosti pozitivno utječe na smanjenje mišićnih ozljeda. Prema studiji koju su proveli Opar i sur. (2015) učestalost pojave ozljeda tijekom sezone značajno se razlikuje u odnosu na pripremnu izokinetičku razinu i programe jačanja s ciljem poboljšanja izokinetičkih parametara. Kod igrača koji u pripremnom periodu nisu imali disproporcije u razini jakosti frekvencija, pojave ozljeda iznosila je 4.1 %. Stopa ozljeđivanja se značajno povećala kod igrača koji nisu pravovremeno tretirali neuravnoteženost jakosti hamstringsa te je dosegla čak 16,5 %. Osim toga, gledano kroz apsolutne mjere jakosti, ozlijeđeni mišić je bio značajno slabiji na početku i na kraju pripremnog perioda u odnosu na prosjek lijevog i desnog hamstringsa ispitanika koji se nisu ozlijedili. Niže razine ekscentrične jakosti mišića stražnje strane natkoljenice i neuravnoteženost između lijeve i desne strane zabilježeni tijekom izvedbe nordic hamstringsa, povećavaju rizik od ozljeđivanja kod profesionalnih sportaša američkog nogometa.

Nogometaši, prema zahtjevima sporta, imaju bolje razvijene mišiće prednje strane natkoljenice u odnosu na mišiće stražnje strane natkoljenice što ih dovodi do povećanog rizika od nastanka ozljeda (ako su vrijednosti niže od 60 % preporučenih, rizik ozljeđivanja se povećava). Postoji velik broj istraživanja koje idu u prilog ekscentričnom treningu jakosti kao jednim od glavnih faktora u smanjenju stope ozljeđivanja. Jedan od glavnih razloga je upravo taj jer ekscentričnim treningom dolazi do porasta jakosti hamstringsa čime se postiže bolja ravnoteža u omjeru jakosti hamstringsa i kvadricepsa.

Kako je već spomenuto, do ozljeđivanja najčešće dolazi prilikom velikih brzina trčanja, a razlozi su navedeni dalje u tekstu. Gledano s neurološke strane, važno je napomenuti da prilikom drugog ciklusa ekscentrične mišićne akcije, živčani sustav mijenja svoj obrazac aktivacije povećavajući razinu aktivnosti sporih motoričkih jedinica, a istovremeno smanjujući aktivaciju brzih (Chen, 2003). Iz tog razloga Chen (2003) u svom istraživanju navodi da se vjerojatnost pojave ozljede hamstringsa smanjuje ako se aktivira manji broj brzih motoričkih jedinica.

Nekoliko studija govori o staničnoj teoriji koja je zasnovana na pomaku od optimalne duljine mišića neposredno nakon ekscentrične kontrakcije istoga (Brockett i sur., 2004; Clark i sur., 2005 i Kilgallon i sur., 2007). Prve dvije studije rađene su na nordic hamstring vježbi i zabilježeni su slični rezultati (7.7° and 6.3°) iako su korišteni različiti volumeni vježbe. Brockett i sur. (2004) koristili su vrlo visoke intenzitete vježbi (2 bloka po 12 setova od 6 ponavljanja), dok su Clark i sur. (2005) izvodili 2-3 seta sa 5-8 ponavljanja, a protokol se provodio 1-3 puta tjedno. Kilgallon i sur. (2007) koristili su 3 tjedna ekscentričnog treninga s otporom i također su pokazali da se vršni moment sile javlja pri većem kutu u zglobu kuka. Ekscentrični trening otpora sastojao se od mrtvog dizanja na opružene noge i savijanja noge ležeći na trbuhu (izvodi se pomoću stroja za savijanje nogu ležeći). Povećanje momenta sile uočeno je 4. i 11. dan nakon ekscentričnog treninga s otporom, ali do 18. dana više nije bilo značajno. Iz navedenog se da zaključiti kako je frekvencija i ponavljanje treninga nužno radi održavanja vršnog momenta sile.

Opar i sur. (2015) u svojoj studiji navode: „Prosjek apsolutne jakosti mišića hamstringsa na početku i na kraju pripremnog perioda ima značajnu obrnutu povezanost sa smanjenjem rizika od ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice“. Iz spomenute studije proizlazi podatak da za svako povećanje od 10N u ekscentričnoj snazi hamstringsa dolazi do redukcije rizika od ozljeđivanja od 6.3 % na početku pripremnog perioda i 8.9 % na kraju pripremnog perioda (Opar i sur., 2015). Glavni zaključci, vezani uz ekscentričnu jakost hamstringsa, navedene studije su: „1) mišići stražnje strane natkoljenice kod kojih je došlo do ozljede, statistički su značajno slabiji od mišića neozljeđenih sportaša, na početku i na kraju pripremnog perioda, 2) neravnoteža u ekscentričnoj jakosti hamstringsa obje noge nije se razlikovala kod ozljeđenih i neozljeđenih igrača, pa tako ni 10, 15 ili 20 % veća neravnoteža nije povećala rizik od ozljeđivanja te 3) povezanost između dobi i povijesti ozljeđivanja hamstringsa s rizikom od ozljeđivanja uvelike se mora uzeti u obzir jer primjerice osoba od 33 godine čija jakost hamstringsa iznosi 159N na početku pripremnog perioda ima 78 % šanse za ozljedom, dok primjerice osoba od 22 godine s istom razinom jakosti ima 20 % šanse za ozljedom“.

Važno je napomenuti da oštećenja mišićnih vlakana ne moraju nužno biti negativan odgovor. Drugim riječima, svakako ih treba sagledati i kao zaštitnu ulogu mišićne adaptacije te kao stimulus za bolju mišićno-tetivnu adaptaciju (Espinosa i sur., 2015). Kada uzmemo u obzir sve navedene podatke i rezultate ovog istraživanja dolazimo do zaključka da je ekscentrični trening jakosti vrlo važan faktor u suzbijanju nastanka ozljeda hamstringsa, no ne možemo ga

smatrati jedinim preventivnim sredstvom nego treba uključiti sve moguće parametre kako bi se smanjio broj ozljeda.

Najčešće korištene vježbe u ekscentričnom treningu jakosti su nordic hamstrings i pregib potkoljenica (eng. Leg curl). Protokoli ekscentričnog treninga jakosti koji se koriste u pripremnom periodu u trajanju 12,8 +/- 4,26 dovode do smanjenje rizika od ozljeđivanja od 73 % što je značajan podatak i svakako ide u prilog primjeni ekscentričnog treninga jakosti s ciljem prevencije mišićnih ozljeda.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je analizirati i sumirati znanstvena istraživanja te na temelju istih utvrditi, utječe li ekscentrični trening jakosti na smanjenje mišićnih ozljeda hamstringsa. Prema nekim autorima Ahmad i sur. (2013) i Ali i sur. (2012) ozljede hamstringsa najčešće su ozljede u sportu, a one čine ovisno o sportu, između 6 % i 29 % svih ozljeda. Pod povećanim rizikom od ozljeđivanja su sportaši koji se bave sportovima u kojima su zastupljeni udarci i sprinterske aktivnosti. Osim samih ozljeda, značajan problem stvara njihova ponovna pojava, a rizik ponovnog ozljeđivanja varira između 12 % i 31 %. Mogućnost pojave mišićne ozljede hamstringsa, u odnosu na kvadriceps, 2,5 puta je veća.

Istraživanje Brooks i sur. (2006) provedeno u ragbiju, daje podatak o prevalenciji ozljeda hamstringsa nakon dvije uzastopne sezone koja iznosi 5,6 ozljeda na 1000 sati natjecanja. Ekstrand i sur. (1982) je pak u svom istraživanju navodi da se 17 % svih ozljeda pripisuje mišićima stražnje strane natkoljenice, a 12 % nogometaša tijekom svoje karijere doživi istu. Ozljede hamstringsa se, prema Arner i sur., (2019), u najvećem broju slučajeva događaju u sportovima koji sadrže velika ubrzanja i pokrete u ekscentričnom mišićnom režimu kao što je nogomet. Prethodno navedeno istraživanje, nakon 13 godina praćenja jednog nogometnog kluba, daje podatak o 4 % porasta ozljeda.

Proučavajući literaturu, da se zaključiti da je jedan od mogućih uzroka povećanja broja ozljeda sve veći zahtjevi sporta gdje je došlo do značajnog povećanja brzine i intenziteta same igre što je ujedno i veliki izazov za igrače, trenere i medicinski tim.

Iako se ovim radom ne može izdvojiti ni jedan faktor kao jedinstveni prilikom procjene mogućnosti sprječavanja ozljede, prikazani su mogući čimbenici koji pozitivno ili negativno utječu na pojavu iste. U radu su navedeni neki od njih; dob, prethodne ozljede donjih ekstremiteta, slabost hamstringsa, nestabilan trup, lošija fleksibilnost hamstringsa, neadekvatnu pripremu za trening ili natjecanje te lošiju tehniku trčanja.

Upravo zbog svih navedenih mogućih uzroka nastanka ozljeda, cilj ovog rada je sistematizirati i analizirati najnovije znanstvene spoznaje o prevenciji i sprječavanju ozljeda hamstringsa.

Zbog svih navedenih tvrdnji primarna usmjerenost ovog rada bio je ekscentrični trening jakosti kao jedan od glavnih faktora u smanjenju broja ozljeda. Prikazana u razna istraživanja koja su obuhvatila zavidan broj ispitanika, najčešće nogometaša. Rezultati ovog istraživanja idu u prilog ekscentričnom treningu jakosti budući da smanjuje rizik ozljeđivanja za 73 %.

Proučavajući literaturu, da se zaključiti kako je ekscentrični trening jakosti hamstringsa neizbježan pri programiranju i implementaciji programa treninga.

## 1. LITERATURA

- Ahmad, C. S., Redler, L. H., Ciccotti, M. G., Maffulli, N., Longo, U. G., & Bradley, J. (2013). Evaluation and management of hamstring injuries. *The American journal of sports medicine*, 41(12), 2933–2947. <https://doi.org/10.1177/0363546513487063>
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(1), 40–48. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x>
- Arnason, A., Gudmundsson, A., Dahl, H. A., & Jóhannsson, E. (1996). Soccer injuries in Iceland. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 6(1), 40–45. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1996.tb00069.x>
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *The American journal of sports medicine*, 32(1 Suppl), 5S–16S. <https://doi.org/10.1177/0363546503258912>
- Arner, J. W., McClincy, M. P., & 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., & 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., Lund, H., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2002). Self-reported hamstring injuries in student-dancers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12(4), 230–235. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.00237.x>
- 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. *The American journal of sports medicine*, 36(9), 1799–1804. <https://doi.org/10.1177/0363546508315892>
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(3), 379–387. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000117165.75832.05>
- 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. *The American*

- journal of sports medicine*, 34(8), 1297–1306.  
<https://doi.org/10.1177/0363546505286022>
- Brubaker, C. E., & James, S. L. (1974). Injuries to runners. *The Journal of sports medicine*, 2(4), 189–198. <https://doi.org/10.1177/036354657400200402>
- Chavarro-Nieto, C., Beaven, M., Gill, N., & Hébert-Losier, K. (2021). Hamstrings injury incidence, risk factors, and prevention in Rugby Union players: a systematic review. *The Physician and sportsmedicine*, 1–19. Advance online publication.  
<https://doi.org/10.1080/00913847.2021.1992601>
- Chen T. C. (2003). Effects of a second bout of maximal eccentric exercise on muscle damage and electromyographic activity. *European journal of applied physiology*, 89(2), 115–121. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0791-1>
- Chesterton, P., Tears, C., Wright, M., & Portas, M. (2021). Hamstring injury prevention practices and compliance of the Nordic hamstring program in English professional football. *Translational Sports Medicine*, 4(2), 214-222.
- Clark, R., Bryant, A., Culgan, J. P., & Hartley, B. (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 67-73.
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(1), 46–52.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0547>
- Del Ama Espinosa, G., Pöyhönen, T., Aramendi, J. F., Samaniego, J. C., Emparanza Knörr, J. I., & Kyröläinen, H. (2015). Effects of an eccentric training programme on hamstring strain injuries in women football players. *Biomedical Human Kinetics*, 7(1). doi:10.1515/bhk-2015-0019
- Ekstrand, J., & Gillquist, J. (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *The American journal of sports medicine*, 10(2), 75–78.  
<https://doi.org/10.1177/036354658201000202>
- Gabbe, B. J., Bennell, K. L., Finch, C. F., Wajswelner, H., & Orchard, J. W. (2006). Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 7–13. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00441.x>



- Garrett W. E., Jr (1996). Muscle strain injuries. *The American journal of sports medicine*, 24(6 Suppl), S2–S8.
- Garrett, W. E., Jr, Rich, F. R., Nikolaou, P. K., & Vogler, J. B., 3rd (1989). Computed tomography of hamstring muscle strains. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(5), 506–514.
- Garrett, W. E., Jr, Califf, J. C., & Bassett, F. H., 3rd (1984). Histochemical correlates of hamstring injuries. *The American journal of sports medicine*, 12(2), 98–103. <https://doi.org/10.1177/036354658401200202>
- Hawkins, C. J., Yoo, S. J., Peterson, E. P., Wang, S. L., Vernooy, S. Y., & Hay, B. A. (2000). The Drosophila caspase DRONC cleaves following glutamate or aspartate and is regulated by DIAP1, HID, and GRIM. *The Journal of biological chemistry*, 275(35), 27084–27093. <https://doi.org/10.1074/jbc.M000869200>
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British journal of sports medicine*, 33(3), 196–203. <https://doi.org/10.1136/bjism.33.3.196>
- Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & 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>
- van der Horst, N., Smits, D. W., Petersen, J., Goedhart, E. A., & Backx, F. J. (2014). The preventive effect of the Nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: study protocol for a randomised controlled trial. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 20(4), e8. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2013-041092>
- Hoskins, W.; & Pollard, H. P. (2005b). Successful management of hamstring injuries in Australian rules footballers: two case reports. *Chiropractic & Osteopathy*, 13,45e51
- Jönhagen, S., Németh, G., & Eriksson, E. (1994). Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *The American journal of sports medicine*, 22(2), 262–266. <https://doi.org/10.1177/036354659402200218>
- Kilgallon, M., Donnelly, A. E., & Shafat, A. (2007). Progressive resistance training temporarily alters hamstring torque-angle relationship. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(1), 18–24. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00491.x>

- 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. *Journal of sport and health science*, 1(2), 92-101.
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European journal of applied physiology*, 110(5), 997–1005. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>
- Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Hickey, J., Duhig, S. J., & Shield, A. J. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(4), 857–865. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000465>
- Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *The American journal of sports medicine*, 25(1), 81–85. <https://doi.org/10.1177/036354659702500116>
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 39(11), 2296–2303. <https://doi.org/10.1177/0363546511419277>
- Petersen, J., & Hölmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British journal of sports medicine*, 39(6), 319–323. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018549>
- Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A., & Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of sports sciences*, 21(11), 933–942. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140428>
- Romero-Rodriguez, D., Gual, G., & Tesch, P. A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 12(1), 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.10.003>
- Ropiak, C. R., & Bosco, J. A. (2012). Hamstring injuries. *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases*, 70(1), 41–48.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of science and medicine in sport*, 13(1), 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.08.005>

- Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., Young, M., & Heiderscheit, B. C. (2005). Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(1), 108–114.
- van Beijsterveldt, A. M., van de Port, I. G., Vereijken, A. J., & Backx, F. J. (2013). Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(3), 253–262. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01487.x>
- Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *British journal of sports medicine*, 36(6), 436–441. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.6.436>
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., Hodson, A., & Football Association Medical Research Programme (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *British journal of sports medicine*, 38(1), 36–41. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002352>
- Yamamoto T. (1993). Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(2), 194–199
- Nikolaou, P. K., Macdonald, B. L., Glisson, R. R., Seaber, A. V., & Garrett, W. E., Jr (1987). Biomechanical and histological evaluation of muscle after controlled strain injury. *The American journal of sports medicine*, 15(1), 9–14. <https://doi.org/10.1177/036354658701500102>

