

# VAŽNOST ISTEZANJA U PREVENCIJI OZLJEDA KOD ADOLESCENATA U NOGOMETU

---

Ivančić, Borna

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:921151>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-11**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog

naziva: magistar kineziologije)

**Borna Ivančić**

**VAŽNOST ISTEZANJA U PREVENCIJI  
OZLJEDA KOD ADOLESCENATA U  
NOGOMETU**

**diplomski rad**

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić**

**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:

---

doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student:

---

Borna Ivančić

# VAŽNOST ISTEZANJA U PREVENCIJI OZLJEDA KOD ADOLESCENATA U NOGOMETU

## Sažetak

Adolescencija predstavlja izrazito burno razdoblje kako fizičkih tako i psihičkih promjena. Jedno od tih promjena je i smanjenje fleksibilnosti uzrokovano nejednakom dinamikom rasta mišića i kostiju. Cilj ovog diplomskog rada je opisati ulogu i važnost istezanja u razvoju i održavanju fiziološkog opsega pokreta nogometaša adolescenata, kao mjeru prevencije njihovih ozljeda. S obzirom na postojeća saznanja o lokalizaciji najčešćih ozljeda u nogometu i zahtjevima nogometnog treninga tijekom adolescencije, obrađene su ozljede u kojima je među rizičnim faktorima uočen smanjen opseg pokreta. Kako ozljede imaju dugotrajne fizičke i psihičke posljedice na sportaše, posebno na mlade sportaše koji se nalaze u razdoblju adolescencije izuzetno je važna prevencija ozljeda. Kako bi prevencija ozljeda bila što efikasnija vrlo je važna motiviranost mladog sportaša nogometaša. U ovom radu predstavljen program za razvoj fleksibilnosti donjih ekstremiteta, pošto su oni najpodložniji ozljedama u nogometu, koji se sastoji od statičkih i dinamičkih vježbi istezanja, te od vježbi PNF metode. Bez obzira o kojem se tipu istezanja radi, trening mladih sportaša, posebice u fazi burnih fizioloških promjena, mora sadržavati vježbe istezanja kako bi se spriječilo moguće smanjenje opsega pokreta. Tako planiran trening će omogućiti nesmetan prelazak iz relativno lakšeg sustava treniranja u trening s većim volumenom opterećenja.

**Ključne riječi:** adolescencija, nogomet, ozljede, prevencija, istezanje

# **IMPORTANCE OF STRETCHING IN INJURY PREVENTION IN ADOLESCENT FOOTBALL PLAYERS**

## **Abstract**

Adolescence represents a very turbulent period of both physical and mental changes. One of these changes is a decrease in flexibility caused by unequal dynamics of muscle and bone growth. The aim of this study is to describe the role and importance of stretching in the development and maintenance of the physiological range of motion of adolescent football players, as a measure of prevention of their injuries. Given the existing knowledge about the localization of the most common injuries in football and the requirements of football training during adolescence, in this study are described injuries in which a reduced range of motion was observed as risk factor. As injuries have long-lasting physical and psychological consequences for athletes, especially young athletes who are in adolescence, injury prevention is extremely important. In order for injury prevention to be as effective as possible, the motivation of a young football player is very important. This study presents a program for development of flexibility of lower extremities, as they are most susceptible to injuries in football, which consists of static and dynamic stretching exercises, and exercises of the PNF method. No matter what type of stretching it is, the training of young athletes, especially in the phase of turbulent physiological changes, must include stretching exercises to prevent a possible reduction in range of motion. Thus planned training will enable a smooth transition from a relatively easier training system to higher load training.

**Key words:** adolescence, football, injuries, prevention, stretching

# Sadržaj

1. Uvod .....	6
2. Važnost fiziološkog opsega pokreta.....	7
3. Dinamika rasta lokomotornog sustava .....	9
4. Motoričke sposobnosti tijekom adolescencije .....	12
5. Karakteristike nogometne igre .....	14
6. Najčešće ozljede povezane sa deficitom opsegom pokreta .....	16
6.1. Ozljede mišića.....	17
6.1.1. Ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice .....	17
6.1.2. Ozljeda mišića adduktora .....	19
6.1.3. Patelarna tendinopatija .....	20
6.2. Ozljede ligamenata.....	21
6.2.1. Ozljeda gležnja .....	21
6.2.2. Ozljeda koljena.....	22
7. Fleksibilnost .....	24
7.1. Faktori koji utječu na fleksibilnost .....	24
7.2. Biomehanika istežanja .....	25
7.2.1. Akutni učinci istežanja .....	26
7.2.2. Kronični učinci istežanja .....	26
7.3. Vrste istežanja.....	26
7.3.1. Statičko istežanje .....	27
7.3.2. Dinamičko istežanje .....	27
7.3.3. Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija.....	28
8. Istežanje i prevencija ozljeda .....	29

9. Važnost istezanja u prevenciji ozljeda kod adolescenata.....	33
10. Primjer vježbi istezanja donjih ekstremiteta .....	34
11. Zaključak .....	47
12. Literatura .....	48

# 1. Uvod

Adolescencije predstavlja izrazito burno razdoblje kako mentalnih tako i fizičkih promjena. Jedna od fizičkih promjena je i puberalni zamah rasta. Sve dimenzije lokomotornog sustava zauzimaju svoje mjesto u ovom razdoblju rasta, ali ne u jednakoj mjeri. Tako su tijekom puberalnog zamah rasta pojedini morfološki segmenti tijela i različiti organski sustavi u pojedinim dobnim intervalima različitog intenziteta rasta (Walker, 2011).

Problem se očituje u tome što u razdoblju adolescencije dolazi do burnog rasta i razvoja pri čemu dinamika rasta pojedinih tkiva nije ujednačena (Mišigoj-Duraković, 2008).. Longitudinalan rast koštanih struktura prethodi kvalitetnoj adaptaciji mišićnog tkiva na novu dužinu koštanih poluga (Mišigoj-Duraković, 2008). Kao posljedica tome može doći do smanjenja fiziološkog opsega pokreta (Caine i Purcell, 2016).

Fiziološki opseg pokreta osnova je za optimalan obrazac kretanja i izbjegavanje kompenzacija u pokretu koje mogu neravnomjerno (ili nefiziološki) opteretiti tijelo mladog sportaša i time povećati rizik za nastanak ozljede (Sexton, 2006).

Najčešće ozljede koje se pojavljuju u nogometu obuhvaćaju donje ekstremitete, a uz zglob koljena i gležnja najčešće su ozlijeđeni mišići natkoljenice (Radman, Barišić i Šunda, 2011). Mladi nogometaš, koji pokušava izvesti uobičajene motoričke obrasce u tom sportu, ali sa smanjenom fleksibilnošću, tada izvodi niz kompenzacijskih pokreta što neravnomjerno opterećuje pojedine dijelove tijela (Cumming i sur., 2018). Samim time, adolescent koji naglo izraste može imati povećani rizik ozljeđivanja.

Za ovo razdoblje se može reći kako se radi o najosjetljivijoj fazi u nogometaševu razvoju (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Upravo taj period predstavlja prelazak u fazu ozbiljnijeg te informacijsko-energetski zahtjevnijeg trenažnog procesa, stoga je važno naglasiti ulogu vježbi istezanja u prevenciji ozljeda adolescenata sportaša (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018).

Cilj ovog diplomskog rada je opisati ulogu i važnost istezanja u razvoju i održavanju fiziološkog opsega pokreta nogometaša adolescenata, kao mjeru prevencije njihovih ozljeda.



## 2. Važnost fiziološkog opsega pokreta

Fiziološki opseg pokreta osnova je za optimalan obrazac kretanja i izbjegavanje kompenzacija u pokretu koje mogu neravnomjerno (ili nefiziološki) opteretiti tijelo mladog sportaša i time povećati rizik za nastanak ozljede. Kroz primjenu vježbi istezanja osiguravamo fiziološki opseg pokreta i smanjujemo rizik nastanka ozljede po mehanizmu kompenzacijskih obrazaca radi smanjene fleksibilnosti.

Dosadašnji dokazi povezani sa neefikasnim istezanjem prije aktivnosti kao sredstva prevencije ozljeda i poboljšanja sportske izvedbe dovode u pitanje potrebu za istezanjem. Istezanje prije tjelesne aktivnosti sa svrhom prevencije ozljeda i poboljšanja sportske izvedbe često se miješa sa potrebom sportaša za optimalnim opsegom pokreta neophodnim za njegovu izabranu aktivnost (Sexton, 2006). Vježbe istezanja mogu se provoditi kao sredstvo zagrijavanja i pripreme mišića za nadolazeći rad, sa ciljem povećanja elastičnosti mišićnog i tetivnog tkiva, ali ne nužno sa svrhom razvoja fleksibilnosti. Takav se pristup primjenjuje vježbi istezanja nikako ni u praksi ni u znanosti ne bi trebao uspoređivati sa treningom istezanja koji za cilj ima upravo razvoj opsega pokreta sportaša.

Stavljajući dio tijela u određeni položaj povećavamo dužinu naših mišića (Walker, 2011). Kao rezultat toga smanjuje se napetost u mišićima, a opseg pokreta se povećava (Walker, 2011). Povećanjem opsega pokreta povećava se udaljenost koju udovi mogu prijeći prije nego nastupi ozljeda mišića i tetiva (Walker, 2011). Na primjer, mišići i tetive stražnje strane natkoljenice su izrazito napeti prilikom udaranja nogometne lopte. Stoga, što su mišići fleksibilniji, to veću amplitudu pokreta možemo izvesti prije nego nastupi ozljeda ili istegnuće (Walker, 2011). Prednosti povećanog opsega pokreta uključuju povećanu ugodnost pri izvođenju pokreta, veću sposobnosti slobodnog kretanja te smanjenje mogućnosti ozljeđivanja mišića (Walker, 2011). Povećavajući dužinu mišića, povećavamo i amplitudu na kojoj možemo kontrahirati mišić štooo rezultira potencijalnim povećanjem mišićne snage te posljedično povećanje motoričkih sposobnosti, dok također dovodi do povećanja dinamičke ravnoteže i poboljšanja motoričke kontrole (Walker, 2011).

Da bi utvrdili povezanost između opsega pokreta, rizika ozljeđivanja i promjenama u izvedbi, bitno je razumjeti zašto se opseg pokreta može mijenjati i možemo li povezati promjene u opsegu pokreta sa ozljedama i sportskom izvedbom. Prethodna istraživanja su pokazala da istezanje sa zagrijavanjem može smanjiti učestalost ozljeda mišića i povećati opseg pokreta u

pojedininim zglobovima što dovodi do promjene u sportskoj izvedbi (Behm, Blazevich, Kay i Malachy, 2016).

Većina istraživanja fokusirala su se na kratkotrajne učinke statičkog istežanja umjesto na njegove dugoročne učinke na funkcionalni opseg pokreta (Sexton, 2006). Smanjena fleksibilnost u pojedinom zglobu može dovesti do disfunkcije cijelog kinetičkog lanca (Sexton, 2006). Ako je jedna karika kinetičkog lanca nedovoljno pokretljiva, proksimalni dijelovi lanca moraju promijeniti svoju funkciju radi očuvanja cjelokupnog *normalnog* funkcioniranja kinetičkog lanca (Sexton, 2006). Ta kompenzacijska promjena funkcije proksimalnog zgloba dovodi do dugoročnih promjena u fleksibilnosti pripadajućih mekih tkiva (mišića, tetiva, ligamenata i fascija), kao i u obrascima živčano-mišićne aktivacije, jer svaki dio kinetičkog lanca traži put manjeg otpora tijekom izvođenja funkcionalnih obrazaca pokreta (Sexton, 2006). Da bi kinetički lanac optimalno funkcionirao, svaki dio lanca mora doprinijeti izvođenjem specifičnih pokreta koji su u koordinaciji sa pokretima ostalih dijelova tog lanca (Sexton, 2006). Nedovoljna fleksibilnost može negativno utjecati na pokretanje pojedinih dijelova kinetičkog lanca, što doprinosi povećanju rizika nastanka ozljeda (Sexton, 2006). Ako ne postoji optimalni odnos duljine i napetosti u mišićno-tetivnim jedinicama koje prelaze bilo kojim od sastavnih dijelova kinetičkog lanca, mora doći do kompenzacijskog gibanja u ostalim zglobovima, što može rezultirati mišićnom slabosti, neuravnoteženom jakosti antagonista, promjenom u motoričkoj kontroli te pretjeranim opterećivanjem tkiva (Sexton, 2006).

### 3. Dinamika rasta lokomotornog sustava

Tijekom ekstrauterinog rasta razlikujemo dvije faze ubrzanog rasta . Prva faza ubrzanog rasta zbiva se u prve tri godine života (Mišigoj-Duraković, 2008). Druga faza ubrzanog rasta bilježi se u vrijeme puberteta ili adolescencije (Mišigoj-Duraković, 2008). Adolescencija se odnosi na razdoblje prijelaza iz djetinjstva u odraslu dobi koja obuhvaća razdoblje približno između 10. i 22. godine (Rudan, 2004). Ovo razdoblje je dinamičan proces u kojem se odvija brz fizički, biokemijski, psihološki i društveni rast, razvoj i sazrijevanje (Mišigoj-Duraković, 2008). Međutim, kraj adolescencije teško je odrediti pošto je više određen psihološkim i sociološkim zakonitostima nego što je uvjetovan fizičkim i biološkim promjenama (Rudan, 2004). Adolescencija započinje fizičkim promjenama, a vrijeme pojave i priroda puberteta uglavnom su genetski uvjetovani (Rudan, 2004).

Sve dimenzije kostiju i mišića razvijaju se u zamahu rasta, iako ne u jednakoj mjeri. Tijekom puberalnog zamaha rasta, rast u visinu je većinom izazvan povećanjem dimenzija trupa (Mišigoj-Duraković, 2008). Mišići otprilike kreću sa rastom 3 mjeseca nakon rasta tijela u visinu, dok povećanje mase nastupa 6 mjeseci nakon rasta u visinu (Mišigoj-Duraković, 2008).

Faza ubrzanog rasta tijekom adolescencije se u djevojčica zbiva od 10 ½ ili 11. do 13. godine, dok se u dječaka zbiva između 12 ½ ili 13. i 15. godine života (Mišigoj-Duraković, 2008). Maksimalna stopa linearnog rasta tijekom adolescencije naziva se puberalni zamah rasta (Mišigoj-Duraković, 2008). Period puberalnog zamaha rasta odlikuje se promjenama proporcija tijela koje su posljedica nejednakih prirasta različitih skeletnih dimenzija (Mišigoj-Duraković, 2008). Dječaci tijekom adolescencije općenito dosegnu puberalni zamah rasta do 14. godine, sa prosječnim prirastom od 9 cm po godini (7-12 cm), dok kod djevojčica do puberalnog zamaha rasta dolazi u 12. godini pri čemu prosječno narastu oko 8 cm godišnje (6-10.5cm) (Brown, Patel i Darmawan, 2017). Najveći dio prirasta u visinu zbiva se na račun izrastanja trupa u dužinu (Mišigoj-Duraković, 2008). Skelet raste pravilnim redoslijedom i započinje rastom nogu, a zajedno s ubrzanim rastom skeleta zbiva se i povećanje mišićne mase koji je izraženiji kod dječaka u kojih se vrhunac brzine povećanja mišićne mase bilježi u isto vrijeme kada nastupa vrhunac brzine rasta (Mišigoj-Duraković, 2008).

Pojedini morfološki segmenti tijela i različiti organski sustavi u pojedinim dobnim intervalima različitog su intenziteta rasta (Mišigoj-Duraković, 2008). Razlika u rastu određenih morfoloških dijelova tijela dovodi do promjena u proporcijama i obliku tijela tijekom perioda ubrzanog rasta (Mišigoj-Duraković, 2008). Mijenja se odnos veličine glave i tijela, trupa i

ekstremiteta. Međutim pojedina tkiva mogu vremenski odstupati od opće krivulje koju ipak prate oblikom (Mišigoj-Duraković, 2008). Primjerice, najveći prirast u tjelesnoj masi, opsezima ekstremiteta i mišićnoj masi kasni za najvećim prirastom u longitudinalnoj transverzalnosti skeleta (Mišigoj-Duraković, 2008). Upravo ta činjenica povezuje adolescenciju i smanjeni opseg pokreta te povećan rizik od nastanka ozljeda uzrokovan nesrazmjerom u brzini rasta kostiju i mišića.

Povećanje mišićne mase tijekom adolescencije i kod dječaka i kod djevojčica je popraćeno linearnim povećanjem mišićne jakosti. Međutim, zbog većeg androgenog utjecaja kod dječaka je izraženije povećanje mišićne mase (Brown, Patel i Darmawan, 2017). Djevojke u adolescenciji dosežu najveće povećanje jakosti oko 15. godine, dok dječaci najveći porast mišićne jakosti bilježe oko 13. godine (Brown, Patel i Darmawan, 2017). Tijekom rasta mišićna masa se povećava primarno procesom hipertrofije prateći priraste u ukupnoj tjelesnoj masi (Mišigoj-Duraković, 2008). Najveći prirasti mišića zbivaju se u mladića sa sazrijevanjem, što odgovara naglom povećanju proizvodnje testosterona (Mišigoj-Duraković, 2008). Najveću mišićnu masu žene imaju u dobi od 16.-20. godine, a muškarci u dobi od 18.-25. godine (Mišigoj-Duraković, 2008). Kako je rast u pubertetu pod različitim hormonskim utjecajima, za razliku od rasta prije puberteta, prirast u pubertetu neovisan je o prethodnom rastu (Mišigoj-Duraković, 2008).

Tijekom perioda naglog rasta kostiju može doći do povećane mišićno-tetivne napetosti. Do toga dolazi jer kosti rastu puno brže nego mišići (Alter, 2004, prema Bachrach, 1987). Pošto mišići u tom razdoblju posjeduju manjak mase te se morfološki ne mogu izdužiti kao kosti, povećava se napetost, krutost i bol. Stoga ovaj neproporcionalni relativni rast kostiju i njegovog vezivnog tkiva može biti potencijalno objašnjenje povećane napetosti mišića kod djece tijekom adolescencije (Alter, 2004).

Posebno područje zabrinutosti je povećana napetost i krutost u donjem dijelu leđa (Alter, 2004). Lumbalna fascija ponekad ne može pratiti rast kostiju tijekom puberalnog zamaha rasta što može dovesti do hiperlordotičnog držanja (Alter, 2004, prema Poggini i sur. 1999).

U ovoj dobi organizam čovjeka se nalazi u intenzivnom razdoblju bitnih fizioloških promjena kada osoba napor podnosi drugačije nego u odrasloj dobi. Poznavanje zakonitosti rasta i razvoja te morfoloških i funkcionalno-fizioloških promjena koje se zbivaju u toj fazi života neophodno je za sve stručnjake koji rade sa djecom i mladima (Mišigoj-Duraković, 2008). Tjelesno

vježbanje može, ako je dobro programirano, biti stimulativni faktor u rastu i razvoju, međutim neprimjerena tjelesna aktivnost može imati i negativan učinak (Mišigoj-Duraković, 2008).

## 4. Motoričke sposobnosti tijekom adolescencije

Sportska izvedba kod muškaraca povezana je sa biološkim sazrijevanjem tijekom adolescencije (Philippaerts i sur., 2006). Ta povezanost se najbolje uočava kada se uspoređuju dječaci kod kojih su promjene nastupile u različito vrijeme. Dječaci koji su *napredniji* uglavnom imaju bolju izvedbu od onih koji kasnije ulaze u pubertet (Philippaerts i sur., 2006). Te međusobne razlike u izvedbi obično su prolazne, jer dječaci, koji kasnije sazriju, nadoknade zaostatke u izvedbi do mlađe odrasle dobi (Philippaerts i sur., 2006, prema Lefevre, Beunen, Steens, Claessens i Renson, 1990). Podaci za opću populaciju muških adolescenata sugeriraju da maksimalna i eksplozivna jakost postižu maksimalan rast nakon puberalnog zamaha rasta, brzina trčanja postiže maksimalan rast prije puberalnog zamaha rasta, a maksimalni rast aerobne izdržljivosti podudara se s pojavom puberalnog zamaha rasta (Philippaerts i sur., 2006, prema Malina, Bouchard i Oded, 2004). Međutim, prema istraživanju Philippaerts i sur. (2006) čini se da većina sposobnosti kod mladih nogometaša najveću brzinu razvoja postiže u vrijeme najveće brzine rasta u visinu. Jedna od sposobnosti kojoj razvoj počinje nakon najveće brzine rasta u visinu je fleksibilnost. Krivulja brzine razvoja fleksibilnosti donjeg dijela leđa svoj vrh postiže godinu dana nakon maksimalnog rasta u visinu (Philippaerts i sur., 2006).

Mišići rastu sporije nego ekstremiteti te zbog toga dolazi da smanjenja nekih motoričkih sposobnosti (Philippaerts i sur., 2006). Privremeno smanjenje ili remećenje sposobnosti koordinacije često se u praksi naziva adolescentnom nezgrapnošću (engl. *adolescent awkwardness*) (Philippaerts i sur., 2006). Sa povećanom brzinom rasta ekstremiteta pojavljuju se izazovi u poljima koordinacije i fleksibilnosti (Malina, Bouchard i Oded, 2004). Smanjenje fleksibilnosti i koordinacije može se odraziti na biotička motorička znanja. Biotička motorička znanja, koja su se do sada izvodila bez imalo problema, sada postaju zahtjevna. Cumming i suradnici (2018) su utvrdili da mladi nogometaši tijekom puberalnog zamaha rasta lošije izvode funkcionalne pokrete od igrača koji su već prošli kroz puberalni zamah rasta. Npr. osoba prije puberteta može bez problema izvesti duboki čučanj. Nakon ulaska u pubertet, uslijed tjelesnih promjena, dolazi do ograničenja pokreta u zglobovima bitnim za izvedbu čučnja (kuk, gležanj) te izvedba dubokog čučnja postaje zahtjevna. Osim smanjene fleksibilnosti i koordinacije tijekom puberalnog zamaha rasta adolescenti su podložniji ozljedama. Kontrola opterećenja te razvoj fleksibilnosti, koordinacije i motoričkih znanja mogu pomoći u vođenju mladih sportaša kroz razdoblje povećanog rizika od nastanka ozljeda (Cumming i sur., 2018). Pri tome će optimalan razvoju fleksibilnosti doprinijeti pravilnoj izvedbi svih obrazaca kretanja.

Smatra se da su djeca fleksibilnija nego odrasli. Međutim, istraživanja su pokazala različitu fleksibilnost između djece u predadolescenciji i adolescenciji. Uspoređujući samo djecu od 5 i od 6 godina može se uočiti značajna razlika u fleksibilnosti (Caine i Purcell, 2016). Također, ako usporedimo djecu koja su u razdoblju puberalnog zamaha rasta i onu koja su izašla iz tog razdoblja, možemo uočiti razlike u fleksibilnosti (Caine i Purcell, 2016). Djevojke su općenito fleksibilnije nego dječaci. Kod dječaka, fleksibilnost postupno opada od sedme ili osme godine do adolescencije, nakon čega se povećanje zamjećuje u kasnoj adolescenciji (Patel i Nelson, 2000). Tijekom puberalnog zamaha rasta uočavamo povećani broj ozljeda kod adolescenata (Patel i Nelson, 2000). To se barem dijelom može objasniti brzinom rasta kostiju i mišića tijekom puberalnog zamaha rasta. Tijekom zamaha rasta prvo nastupa linearni rast kostiju, nakon čega slijedi rast mekih tkiva što dovodi do perioda mišićno-koštanog nesrazmjera te posljedično smanjene fleksibilnosti (Patel i Nelson, 2000). Kako se kosti izdužuju, pripadajuća meka tkiva postaju istegnutija što ih čini podložnijim ozljedama. To objašnjava činjenica da rast kostiju u adolescenciji nastupa prije povećanja fleksibilnosti, što na neko vrijeme dovodi do smanjene fleksibilnosti te posljedično povećanja rizika od nastanka ozljeda (Stein i Micheli, 2010). Tijekom puberalnog zamaha rasta povećan je rizik od traumatskih ozljeda, dok povećan rizik od sindroma prenaprezanja nastupa nakon godine najvećeg rasta (van der Sluis i sur., 2014). Objašnjenje povećanog rizika od sindroma prenaprezanja sa biomehaničkog gledišta može se objasniti činjenicom da promjena u masi ekstremiteta nastupa prije promjene u mišićnom tkivu (van der Sluis i sur., 2014). Uzimajući u obzir samo promjenu u masi potkoljenice tijekom zamaha rasta, mišići potkoljenice će morati proizvesti 30% više sile kako bi proizveli isto ubrzanje prilikom udaranja lopte u nogometu (van der Sluis i sur., 2014). Ako se mišići, tetive i hvatište tih mišića sporo prilagođavaju, a aktivnost se učestalo ponavlja, dolazi do sindroma prenaprezanja (van der Sluis i sur., 2014). Ako se svemu tome pridoda smanjena razina tjelesne aktivnosti i povećanje broja obaveza u školi, od broja sati provedenih sjedeći u školi do učenja i pisanja zadaće kod kuće, dobivamo izrazito pogodnu situaciju za smanjenje fleksibilnosti mišića donjih ekstremiteta i povećanja broja ozljeda. Djeca i mladi koji sudjeluju u sportovima u kojima je fleksibilnost bitna u sportskoj izvedbi, kao što su gimnastika, ples i umjetničko klizanje, neće primijetiti te promjene, te će se treningom i tijekom adolescencije fleksibilnost u najmanju ruku održati na istoj razini. Međutim, kod djece koja se ne bave sportom ili se bave amaterski timskim sportovima uočiti će se smanjenje fleksibilnosti, a kod djece koja se bave timskim sportovima i veći rizik od nastanka ozljeda (Caine i Purcell, 2016).

## 5. Karakteristike nogometne igre

Karakteristika tehnike nogometne igre je njezino bogatstvo i raznolikost (Barišić i Bašić, 2010). Tako je npr. moguće samo udarac po lopti izvršiti s vrlo bogatim repertoarom tehničkih zahvata. Pored toga, za nogomet je karakteristično da ne postoji stroga automatizacija i stereotipnost kretanja (Barišić i Bašić, 2010). Isti tehnički zadatak može se različito ostvarivati. Sama igra iziskuje plastičnost i prilagodljivost kretnji igrača na konkretnu situaciju (Barišić i Bašić, 2010). Specifičnost nogometne tehnike je u tome što se loptom manipulira manje prilagodljivim ekstremitetima – nogama, a i glavom (Barišić i Bašić, 2010). To je uzrok da nogomet zahtjeva daleko više vježbe za savladavanje koordinacijski zahtjevnijih kretnji već od najranije mladosti da bi se postigla visoka sposobnost u igri. Manipulacija lopte nogama i glavom zahtjeva specifičan način osnovnih kretanja kao što su trčanje, startna brzina, sposobnost promjene pravca kretanja, specifična okretnost na zemlji i u zraku itd. (Barišić i Bašić, 2010). Tijekom utakmice situacije se neprekidno mijenjaju, od podfaza napada do podfaza obrane, a mijenjaju se i intenziteti strukture gibanja (Marković i Bradić, 2008). Rješavanje određenih situacija nogometne igre usko je povezano s odgovarajućim strukturama gibanja. Nogometna utakmica se sastoji od 1200–1400 promjena kretnji, promjena aktivnosti se odvija svakih 4–6 sekundi sa kratkim pauzama, a kretanja se sastoje od hodanja (43%), laganog trčanja (30%), trčanja (8%), brzog trčanja (3%) sprinta (1%), te stajanja (15%) s tim da sva ova kretanja sadrže višesmjernu kretnje (Marković i Bradić, 2008). Upravo ta velika raznolikost kretanja tijekom utakmice povezanih sa velikim brojem promjena kretanja postavlja igrače pod veliki rizik od nastanka ozljeda.

Kineziološka je struka mišljenja da bi djeca prvo trebala prolaziti univerzalni dio sportske obuke (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Smatra se kako je upis u specifične sportske grane dovoljan u dobi od 9-10 godina, no izgleda da je to prekasno (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Obujam specifičnog rada s loptom kojeg djeca izgube od pete godine do devete godine života je prevelik da bi se nadoknadio kroz daljnji nogometni razvoj (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Situacija se promijenila jer se sada djeca upisuju u škole nogometa već s pet ili šest godina. To ne znači da su preskočili univerzalni dio razvoja nego je dio odgovornosti za taj razvoj prebačen na nogometne trenere (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Ukoliko taj univerzalni dio razvoja, zbog nestručnosti trenera, izostane, ponekad može doći do nenadoknadive štete za sportaša s gledišta razvoja motoričkih sposobnosti, ali i s gledišta povećanog rizika ozljeđivanja radi siromašne motoričke memorije.



Treća razvojna faza nogometaša se odvija otprilike između 13. i 16. godine života (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Za vrijeme ove faze dolazi do prelaska iz jednog, relativno lakšeg, sustava treniranja na trening s puno većim volumenom rada (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Na sve vježbe najčešće se vežu i sve zahtjevniji taktički zadaci. Uz to se vežu i velike razlike u vremenu ulaska u pubertet kao i različit tempo samog sazrijevanja (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). Može se reći kako se radi o najosjetljivijoj fazi u nogometaševu razvoju, jer upravo taj period predstavlja prelazak u fazu ozbiljnijeg te informacijsko-energetski zahtjevnijeg trenažnog procesa (Erceg, Rađa i Sporiš, 2018). U vrijeme treće razvojne faze nogometaša dolazi do značajnih promjena kao što su nagli rast sportaša u visinu te promjene u fleksibilnosti (Cumming i sur., 2018).

## 6. Najčešće ozljede povezane sa deficitom opsega pokreta

Sportske ozljede najčešće su uzrokovane mehaničkim silama koje mogu djelovati: izvana (udarac nekog predmeta ili protivničkog igrača, udarac o tlo pri padu) ili nastati kontrakcijom mišića (ruptura ahilove tetive zbog snažne kontrakcije *m. soleus*) (Janković, 2009). Pri tome je važno razlikovati ozljede od oštećenja. Ozljede su posljedica kratkog djelovanja mehaničke sile, dok oštećenja nastaju zbog ponavljanih mikrotrauma (Janković, 2009). Uzrok mikrotrauma je najčešće nesrazmjer između onoga što vezivno tkivo može podnijeti i opterećenja kojemu je izloženo (Janković, 2009). Najveća većina, odnosno 67% do 88% ozljeda nastalih uslijed nogometnog treninga ili utakmice, obuhvaća donje ekstremitete (Radman, Barišić i Šunda, 2011). Najčešće stradali dijelovi tijela kod svih dobnih uzrasta nogometaša su u pravilu gležanj, koljeno i bedro (Radman, Barišić i Šunda, 2011). Najveći broj ozljeda u nogometu je uzrokovan traumom. Između 9 i 34% svih ozljeda tijekom sezone su sindromi prenaprezanja (Engebretsen, Myklebust, Ingar, Engebretsen i Bahr, 2010). Također, vrlo čest uzrok ozljeda je i kontakt sa protivničkim igračem (između 12 i 28%) (Engebretsen, Myklebust, Ingar, Engebretsen i Bahr, 2010). Najveći broj ozljeda se odnosi na nekontaktne ozljede na koje otpada između 26 i 59% svih ozljeda (Engebretsen, Myklebust, Ingar, Engebretsen i Bahr, 2010, prema Junge i Dvorak, 2004). Prema Hawkins i sur. (2001) natkoljenica je, uz zglob koljena, podložna najvećem broju ozljeda u nogometu. Uglavnom se radi o traumatskim ozljedama mekih tkiva koje rezultiraju intermuskularnim ili intramuskularnim hematimima. Te ozljede se najčešće odnose na ozljede *m. quadriceps femoris*, *m. biceps femoris* i tetive *m. quadriceps femoris*.

Sukladno navedenim činjenicama, a u duhu problema koji se obrađuje u ovom diplomskom radu, a koji promatra manjak fleksibilnosti kao mogući rizični faktor ozljeđivanja nogometaša adolescenata, u daljnjem tekstu ovog poglavlja biti će obrađene najčešće nekontaktne ozljede te najčešći rizični čimbenici koji dovode do tih ozljeda.

## 6.1. Ozljede mišića

Ozljede mišića javljaju se u skoro svim sportovima, a češće su u onim u kojima prevladavaju aktivnosti trčanja, skakanja i promjene smjera kretanja. Najčešće se javljaju u mišićima udova šireg promjera s kratkim tetivnim dijelom i sposobnošću brzog kontrahiranja, a mogu biti: površna ili duboka kontuzija/nagnječenje, istegnuće/distenzija, djelomično pucanje/laceracija, parcijalna ruptura i potpuna ruptura mišića (Janković, 2009).

Pri kontuziji prvo se stvori vidljivi zatvoreni hematoma, jer su zahvaćeni površinski dijelovi mišića te se javljaju bol i oteklina (Janković, 2009). Istegnuće je najblaža ozljeda pri čemu nema promjena u anatomskoj strukturi (Janković, 2009). Najvjerojatnije pri istegnuću dolazi samo do izrazitijeg pomicanja paralelno položenih mišićnih vlakana pri čemu sila ne prelazi granicu elastičnosti mišićnih niti (Janković, 2009). Takva ozljeda uzrokuje smanjeni tonus i oslabljenu funkciju. Laceracija predstavlja ozljedu pri kojoj dolazi do promjene anatomske strukture u jednoj mišićnoj niti (Janković, 2009). Prepoznaje se po rastrgnuću manjih i većih krvnih žila koja je popraćeno krvarenjem te manjim hematomom (Janković, 2009). Pritom je važno razlikovati laceraciju od rupture (parcijalne i potpune). Kod laceracije jasno se zamjećuje bol no sportaš ne prekida aktivnost, dok kod rupture mišića sportaš istog trena prekida aktivnost i ne može se samostalno kretati (Janković, 2009).

### 6.1.1. Ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice

Istegnuće mišića stražnje strane natkoljenice vrlo je česta ozljeda, posebice u aktivnostima koje uključuje sprintove i nagla ubrzanja, brze promjene smjera kretanja i skokove. Najčešći uzrok ove ozljede je nesrazmjer u jakosti mišića stražnje strane natkoljenice i *m. quadriceps femoris*, pri čemu je *m. quadriceps femoris* znatno jači (Walker, 2013). Bilo koji mišić stražnje strane natkoljenice može biti zahvaćen ozljedom, ali laceracije kao i rupture se najčešće događaju na dijelu trbuha *m. biceps femoris* najbliže koljenu (Walker, 2013). Prema Arnason i sur. (2008) 13% svih ozljeda u nogometu u Norveškoj i 16% u Islandu su ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Težina istegnuća mišića stražnje strane natkoljenice može se podijeliti u 3 stupnja (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012). Prvi stupanj se odnosi na blago istegnuće sa minimalnim oštećenjem i malim gubitkom jakosti mišića. Drugi stupanj obuhvaća srednje teške ozljede sa parcijalnom rupturom mišićno-tetivne jedinice i značajnim gubitkom jakosti popraćenog sa značajnim funkcionalnim ograničenjima, dok se treći stupanj odnosi na teške ozljede pri čemu dolazi do potpune rupture mišićno-tetivne jedinice sa teškim gubitkom funkcije (Liu, Garrett,

Moorman i Yu, 2012). Prosječno vrijeme potrošeno na različite stupnjeve ozljede mišića stražnje strane natkoljenice u Europi u profesionalnom nogometu je  $17\pm 10$  dana za prvi stupanj,  $22\pm 11$  dana za drugi stupanj i  $73\pm 60$  dana za treći stupanj (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012).

Razumijevanje mehanizma ozljeđivanja je izrazito bitno kako bi mogli programirati kvalitetan preventivski i rehabilitacijski program. Više istraživanja navode velik broj rizičnih faktora, koji dovode do ozljede mišića stražnje strane natkoljenice, ali samo je mali broj utemeljen na dokazima. Te rizične faktore možemo podijeliti na one koje možemo i na koje ne možemo utjecati. U rizične faktore na koje možemo utjecati spadaju: nedostatak optimalne dužine mišića, smanjeni opseg pokreta, nesrazmjer u jakosti mišića, neadekvatno zagrijavanje, bol u lumbalnom dijelu leđa i povećana živčano-mišićna napetost (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012). Rizični faktori na koje ne možemo utjecati su: građa mišića, godine, rasa i povijest ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012). U narednom tekstu ovog poglavlja će biti obrađeni oni rizični faktori na koje možemo utjecati, jer jedan od ciljeva treninga bi trebao biti prevencija ozljeda. Kako ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice pokazuje veliku pojavnost recidiva, potrebno je poduzeti sve mjere kako bi se i prva ozljeda spriječila.

Više istraživanja je uočilo visoku korelaciju između opsega pokreta i nastanka ozljede mišića stražnje strane natkoljenice pri čemu smanjenje opsega pokreta fleksora kuka i koljena od  $3^\circ$  povećava rizik od ozljeda kao što je istegnuće mišića (Bradley i Portas, 2007).

Prema Liu i sur. (2012) optimalna dužina mišića definira se kao dužina mišića pri kojoj kontraktilni elementi mišića proizvode maksimalnu silu, a slična je dužini mišića u mirovanju. Sportaši koji su pretrpjeli ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice maksimalni okretni moment sile proizvode pri većem kutu u koljenu te posljedično imaju manju optimalnu dužinu mišića stražnje strane natkoljenice (Liu, Garrett, Moorman, i Yu, 2012, prema Brockett i sur., 2004).

Nesrazmjer u jakosti mišića stražnje strane natkoljenice možemo gledati sa dva stajališta: sa stajališta nesrazmjera bilateralne jakosti mišića stražnje lože i sa stajališta nesrazmjera jakosti između mišića stražnje strane natkoljenice i *m. quadriceps*. Omjer koncentrične jakosti mišića stražnje strane natkoljenice i *m. quadriceps* je najbolji prediktor za pojavu ozljede mišića stražnje strane natkoljenice (Liu, Garrett, Moorman, i Yu, 2012, prema Yeung i sur., 2009). Također, Liu i suradnici (2018, prema Fousekis i sur., 2011) navode da nesrazmjer bilateralne

jakosti mišića stražnje strane natkoljenice dovodi do ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice kod nogometaša.

Ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice može biti povezana i sa lumbalnim bolnim sindromom. Bol u donjem dijelu leđa može dovesti do povećane napetosti mišića stražnje strane natkoljenice te uzrokovati oštećenja mišića (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012, prema Devlin, 2000). Također je uočena povećana lumbalna lordoza kod sportaša koji su ozlijedili mišić stražnje strane natkoljenice (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012, prema Hennessey i Watson, 1993).

Abnormalna živčana napetost još je jedan od rizičnih faktora na koje je moguće utjecati, a koji može dovesti do ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Abnormalna živčana napetost definira se kao abnormalni fiziološki i mehanički odgovor živčano-mišićnog sustava kada se prekorači normalni opseg pokreta i sposobnost istezanja (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012, prema Newsham, 2006). Ogranci *n. ischiadicus* mogu se prihvatiti za ožiljak nakon ozljede mišića stražnje strane natkoljenice te tako povećati živčanu napetost sa ili bez lokalne iritacije što može rezultirati oštećenjem mišića stražnje strane natkoljenice (Liu, Garrett, Moorman i Yu, 2012, prema Devlin, 2000).

### **6.1.2. Ozljeda mišića adduktora**

Prepona je mjesto gdje se hvataju i polaze mišići trupa, abdomena i donjih ekstremiteta, osobito adduktora. Preponska regija uključuje brojne mišiće, tetive, živce i ligamente koji su u međusobnoj interakciji i njihov međusobni balans utječe na funkciju prepone, kuka i okolnih proksimalnih regija.

Najčešći uzrok preponske boli je ozljeda mišića adduktora (Serner i sur., 2014). Pretpostavlja se da je istegnuće bilo kojeg od 3 mišića adduktora (*m. adductor longus*, *m. adductor brevis*, *m. adductor magnus*) glavni uzrok boli u preponi kod nogometaša (Serner i sur., 2014, prema Tyler, Nicholas, Campbell i McHugh, 2001). Ozljede adduktora čine 10-18% svih ozljeda u nogometu (Tak i sur., 2017, prema Hawkins i Fuller, 1999). Većina ozljeda mišića se događa kada se mišić prisilno istegne pri koncentričnoj kontrakciji (Tak i sur., 2017). Najveća ekscentrična napetost je na adduktoru kada je noga u vanjskoj rotaciji i abdukciji, te ozljeda nastaje kada se sportaš odgurne u suprotnom smjeru (Tak i sur., 2017). Kao rezultat toga adduktor se kontrahira kako bi proizveo i koncentričnu i ekscentričnu silu. Primjerice, kada nogometaš izvodi udarac nogom unutarnjom stranom stopala noga je u vanjskoj rotaciji. Ako

noga, koja je pri izvođenju udarca u adukciji, naiđe na značajnu suprotnu silu koja nogu tjera u abdukciju, npr. protivnički igrač, dolazi do povećanja opterećenja na mišiće adduktore što dovodi do ozljede.

Mišićno-tetivni spoj najčešće je ozlijeđeni dio mišića adduktora, a najčešće je ozlijeđen *m. adductor longus* koji broji 62-90% svih ozljeda adduktora (Kiel i Kaiser, 2019). Uzrok ozljede adduktora može biti mnogostruk, a 27% sportaša je ozlijedilo mišiće adduktora više puta (Sermer i sur., 2014). Rizični faktori za istegnuće adduktora uključuju preveliku napetost adduktora, prethodnu ozljedu adduktora i nesrazmjer u kuku između jakosti adduktora i abduktora (Sermer i sur., 2014, prema Tyler, Nicholas, Campbell i McHugh, 2001). Također, čini se da postoji složena povezanost između preponske boli sa opsegom pokreta u zglobu kuka (Tak i sur., 2017). Postoje snažni dokazi da smanjeni ukupni opseg pokreta u kuku povećava rizik od ozljede adduktora (Tak i sur., 2017). Unatoč poznatim rizičnim faktorima te ozljede se u sportu i dalje događaju.

### **6.1.3. Patelarna tendinopatija**

Patelarna tendinopatija nije tipična ozljeda mišića već predstavlja sindrom prenaprezanja koji zahvaća tetivu i hvatište mišića. Patelarna tendinopatija je česta ozljeda u sportu, posebno u onima koji uključuju skokove, te je znanje o rizičnim čimbenicima ključno kako bi se planirao i programirao kvalitetan preventivski i rehabilitacijski program. U preglednom radu van der Worp i sur. (2011) utvrđeno je 9 rizičnih čimbenika za razvoj patelarne tendinopatije: prekomjerna tjelesna masa, prekomjeran indeks tjelesne mase, prekomjeran omjer struka i kukova, razlika u dužini noge, spušten svod stopala, smanjena fleksibilnost *m. quadriceps*, smanjena fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice, smanjena jakost *m. quadriceps*, naglašena visina vertikalnog skoka.

## **6.2. Ozljede ligamenata**

U nogometu su izrazito česte ozljede zglobova koje se događaju kada cijela težina tijela djeluje na zglob u smjeru u kojemu se ne može pokretati ili se može pokretati do određene granice. Ozljede zglobova se mogu podijeliti na kontuzije/nagnječenja, distorzije/uganuća i luksacije/iščašenja te na posebne ozljede zglobova i kronična oštećenja (Janković, 2009).

„Nagnječenje zgloba nastaje djelovanjem vanjske tupe sile na zglob. Težina ozljede ovisi o anatomskoj strukturi zgloba te o snazi udarca i otpornosti zgloba. Očituje se potkožnim modrilom, bolnošću na dodir i ponekad lokalnom oteklinom“ (Janković, 2009).

Uganuće je najčešća ozljeda koja obično zahvaća gornji gležanj ili talokruralni zglob (Janković, 2009). Nastaje kada kretnja u zglobu nadmaši prirodni opseg pokreta. Ligamenti se pri uganuću istegnu, mogu djelomično ili potpuno prsnuti, a ponekad može doći i do oštećenja zglobne čahure, sinovijalne opne i površinskih koštanih dijelova (Janković, 2009). Težinu uganuća možemo podijeliti u tri stupnja:

1. Ne nalaze se vidljivi znaci patoanatomskog oštećenja ligamenata (više živčana nego zglobna ozljeda),
2. djelomično puknuće ligamenata može nastati na jednom ili skupini ligamenata, a može biti popraćeno razdorom zglobne čahure (vazomotorni poremećaji),
3. potpuno puknuće ligamenata uz koje uvijek postoji razdor zglobne čahure i često oštećenje zglobne hrskavice (Janković, 2009).

Iščašenje je najteža ozljeda zgloba. Do njega dolazi ako se snažnom silom nasilno i naglo rastave zglobne plohe tako da potpuno izostane doticaj između konveksnog i konkavnog zglobnog tijela, te ako dislokacija ostane trajna, zglob je iščašen (Janković, 2009). Ukoliko nakon prestanka djelovanja sile na zglob, zglobna tijela ostanu djelomično u doticaju, govorimo o subluksaciji (Janković, 2009). Prilikom ozljeda zgloba (uganuća ili iščašenja) dolazi do ozljede ligamentarnih struktura.

### **6.2.1. Ozljeda gležnja**

„Ozljeda gležnja je jedna od najučestalijih ozljeda koje se javljaju u sportu, a uganuće predstavlja najčešću ozljedu tog zgloba. Posebno je česta u kontaktnim sportovima kao što su košarka i nogomet. Do ozljede ligamenata gležnja u 83% slučajeva dolazi pri inverziji stopala“

(Janković, 2009). Obično prvo puca prednji talofibularni ligament, a ako se djelovanje sile nastavi dolazi do pucanja kalkaneofibularnog ligamenta (Janković, 2009).

Prema Fousekis i sur. (2012) više od polovice igrača je tijekom jedne sezone pretrpjelo ozljedu gležnja zbog asimetrije u živčano-mišićnoj koordinaciji, dok je skoro pola igrača prethodno imalo ozljedu gležnja. 37% igrača je imalo asimetriju u koncentričnoj i ekscentričnoj izokinetičkoj jakosti te skoro trećina ispitanika ima nejednaku dužinu nogu (Fousekis, Tsepis i Vagenas, 2012). Također, smanjeni opseg pokreta je jedan od prediktora za ozljedu uganuća gležnja (de Noronha, Refshauge, Herbert i Kilbreath, 2006). Sportaši sa izrazito nefleksibilnim gležnjem (34° dorzalne fleksije) imaju skoro 5 puta veći rizik od ozljede gležnja od onih koji imaju fiziološki opseg pokreta u gležnju (45° dorzalne fleksije) (de Noronha, Refshauge, Herbert i Kilbreath, 2006). Do ozljede može doći i u slučaju prevelikog opsega pokreta u gležnju, međutim, to nije tema ovoga rada.

### **6.2.2. Ozljeda koljena**

Koljeno je, uz zglob gležnja, najčešće ozlijeđeni zglob u nogometu (Radman, Barišić i Šunda, 2011). „Zglob koljena je najveći zglob u tijelu izgrađen od tri kosti. Konveksna zglobna tijela čine kondili bedrene kosti, dok se konkavna tijela nalaze na goljeničnoj kosti. Treća kost je patela koja se nalazi između kondila bedrene kosti. Između femura i tibije nalaze se lateralni i medijalni meniskus čija je funkcija povećavanje dodirne površine između zglobnih tijela te na taj način smanjenje opterećenja i zaštita zglobne hrskavice. Lateralni i medijalni kolateralni ligament onemogućavaju pokrete oko sagitalne osi. Bedrenu i goljeničnu kost spajaju dvije snažne ukrižene sveze - prednji i stražnji križni ligament koji sprječavaju translaciju goljenične kosti naprijed i natrag“ (Šentija). Pošto je koljeno među najkorištenijim zglobovima u ljudskom tijelu podložno je velikom broju ozljeda.

Najčešće ozlijeđena struktura koljena je prednji križni ligament te je ta ozljeda postala među najčešćim uzrocima izbjivanja sportaša sa terena (Bašćevan, Trošt Bobić i Kirin, 2010). Najčešće se pojavljuje u kontaktnim sportovima, posebice u sportskim igrama. Prema Bašćevan i sur. (2010) 40% svih ozljeda koljena je puknuće prednjeg križnog ligamenta, a 56-70% svih puknuća su nastale beskontaktno.

U svom radu Alentorn-Geli i suradnici (2009) sumirali su najčešće mehanizme ozljeda prednjeg križnog ligamenta u nogometu. Promjena smjera kretanja udružena sa deceleracijom, doskoci s koljenom u punoj ekstenziji te okretanje s fiksiranim stopalom i s koljenom u punoj ekstenziji



dovode do valgusa ili varusa koljena, unutarnje i vanjske rotacije koljena te prednje translacije tibije što predstavlja najčešće uzorke potpune rupture prednjeg križnog ligamenta (Alentorn-Geli i sur., 2009).

Rizični faktori se mogu podijeliti na unutarnje i vanjske. Primjer unutrašnjih rizičnih faktora jesu dob, spol, sastav tijela, slabo razvijena fleksibilnost, posturalni poremećaji, mišićni disbalans, bol u zglobovima te hormonski status i sl. (Janković i Trošt, 2006). Vanjskim rizičnim faktorima smatraju se svi vanjski čimbenici koje možemo povezati sa sportskom aktivnošću kojom se sportaš bavi, kao što su vrijeme, podloga i obuća (Janković i Trošt, 2006).

Sportašice su 2 - 3 puta podložnije ozljedi ACL-a od sportaša, a jedan od glavnih razloga je naglašeniji valgus kut koljena i različita građa zdjelice. Pretpostavka je i da na povećan rizik od ozljeda utječe i estrogen koji opušta meka tkiva te smanjuje finu motoriku djelujući na središnji i periferni živčani sustav (Alentorn-Geli i sur., 2009).

Također smanjena fleksibilnost u zglobu kuka predstavlja jedan od mogućih rizičnih čimbenika za nastanak ruptore prednjeg križnog ligamenta. Ellera Gomes, Vieira de Castro i Becker (2008) su utvrdili manji opseg pokreta u kuku kod sportaša koji su pretrpjeli ozljedu prednjeg križnog ligamenta u odnosu na sportaše koji nisu imali ozljedu prednjeg križnog ligamenta.

Bašćevan i suradnici (2010, prema Knappik i Ramos, 1980) navode da funkcioniranje zgloba koljena ovisi o pravilnoj raspodjeli snage između mišića agonista i antagonista. Snaga mišića stražnje strane natkoljenice bi trebala biti od 60% do 100% snage mišića prednje strane natkoljenice (Bašćevan, Trošt Bobić i Kirin, 2010). Pri sporijem pokretu omjer je niži, a pri svakom povećanju kutne brzine pokreta unutar koljena omjeri se približavaju (Bašćevan, Trošt Bobić i Kirin, 2010). Svako odstupanje omjera ima za rezultat povećanje mogućnosti ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta (Bašćevan, Trošt Bobić i Kirin, 2010).

## **7. Fleksibilnost**

Fleksibilnost je sposobnost izvođenja pokreta velikom amplitudom, a oblik zglobnih tijela u znatnoj mjeri utječe na amplitudu pokreta (Milanović, 2013). Osim oblika zglobnih tijela, u osnovi fleksibilnosti leže i strukturne posebnosti mišića i ligamenata te njihova elastičnost (Milanović, 2013). Ukoliko je prisutna dobra razina fleksibilnosti ona može biti povezana s ekonomikom kretanja, odnosno da prilikom izvođenja određene strukture gibanja trošimo minimalnu količinu energije za tu izvedbu (Behm, 2019). Sposobnost povećanja opsega pokreta u pojedinom zglobu obično zahtijeva povećanje rastezljivosti ili smanjenje napetosti mišića i tetiva i ostalog vezivnog tkiva (Behm, 2019). Fleksibilnost se treba opisati kao omjer promjene dužine mišića ili kuta u zglobu i promjene u sili ili okretnom momentu sile (Behm, 2019). Uz optimalnu razinu fleksibilnosti i jakosti mišića, smanjuju se rizici za novu ili ponovljenu ozljedu (Behm, 2019). Za razvoj fleksibilnosti potrebno je poznavati vježbe istezanja. Istezanje čini sustav vježbanja u kojem se na pasivan ili aktivan način izvode pokreti ili zadržavaju određeni položaji tijela u svrhu trenutnog produljenja određenih mišića ili grupa mišića (Behm, 2019). Ono se prvenstveno koristi za povećanje opsega pokreta. Kada se istezanje koristi kao dio zagrijavanja, smatra se da povećanjem opsega pokreta poboljšavamo sportsku izvedbu i smanjujemo učestalost sportskih ozljeda (Behm, 2019). Međutim, niz faktora utječe na povezanost istezanja i poboljšanja sportske izvedbe i smanjenja rizika od nastanka ozljeda. To uključuje vrstu, trajanje i intenzitet istezanja, spol, dob i brojne druge faktore (Behm, 2019).

### **7.1. Faktori koji utječu na fleksibilnost**

Fleksibilnost je izrazito individualna i mogu se naći velike razlike unutar relativno homogenizirane populacije kao što su sportski timovi. Unatoč činjenici da igrači unutar sportskih timova posjeduju slične motoričke sposobnosti i slične su dobi postoje velike razlike u fleksibilnosti. Mnoštvo čimbenika može utjecati na određivanje potencijalnog opsega pokreta. Ti čimbenici se mogu svrstati u kineziološke i fiziološke (Hoffman, 2002). Kineziološki faktori su prvenstveno povezani sa strukturom zgloba, polazištem i hvatištem mišića i sl. Fiziološki čimbenici podrazumijevaju dob, spol i razinu tjelesne aktivnosti (Hoffman, 2002).

Opseg pokreta ovisi o vrsti zgloba kao i o vrsti mišića, te tetivama i ligamentima koji ga okružuju (Hoffman, 2002). Zglob koji se može kretati u sve tri ravnine, kao što je kuglasti zglob, općenito ima najveći opseg pokreta (Hoffman, 2002). Kuglasti zglobovi kuka i ramena imaju veći opseg pokreta u odnosu na zglob koljena i lakta. Vezivno tkivo također igra veliku

ulogu u određivanju opsega pokreta u pojedinom zglobu. Vezivno tkivo može biti građeno od kolagena ili od elastičnog tkiva (Hoffman, 2002). Kada je vezivno tkivo građeno većinom od kolagena, smanjena mu je mogućnost istezanja. Nasuprot tome, kada je vezivno tkivo primarno građeno od elastičnog tkiva, moguć je veći opseg pokreta. Ligamenti čine 47% krutosti zglobova, nakon njih slijede fascije (41%), tetive (10%) i koža (2%) (Hoffman, 2002). Fascija, koja uključuje membrane koje obuhvaćaju pojedine mišiće, mišićna vlakna i fascikule, ima najveći potencijal za istezanje, jer je sastavljena uglavnom od elastičnog tkiva (Hoffman, 2002). Tetive i ligamenti, su manje elastični, jer u njihovoj strukturi prevladava kolagen (Hoffman, 2002). Pretjerano istezanje tih struktura može dovesti do labavosti zglobova te posljedično povećati rizik od nastanka mišićnih ozljeda (Hoffman, 2002). Mišići velikog poprečnog presjeka najčešće nisu fleksibilni kao oni koji imaju mali poprečni presjek (Hoffman, 2002). Iako trening s otporom nije štetan za mišićnu fleksibilnost, pojedinci sa izrazitim volumenom mišića mogu imati smanjen opseg pokreta u pojedinim zglobovima (Hoffman, 2002). To može utjecati na pravilno izvođenje određene vježbe. Primjerice, osobe sa velikim opsegom *m. biceps brachii* ili *m. deltoideus* mogu teže izvoditi prednji čučanj. Unatoč nekim strukturalnim anomalijama koje se mogu pojaviti, velika genetička komponenta može utjecati na opseg pokreta (Hoffman, 2002). Međutim, čak i kod osoba sa malom fleksibilnosti koja može, ali i ne mora, biti posljedica strukturalnih anomalija, fleksibilnost se može poboljšati pravilno programiranim treningom istezanja (Hoffman, 2002).

## **7.2. Biomehanika istezanja**

Napetost koju proizvode skeletni mišići može se prema podrijetlu podijeliti na temelju dva mehanička izvora, pasivni i aktivni. Aktivna napetost predstavlja silu nastalu interakcijom aktinskih i miozinskih niti, dok pasivna napetost potječe od vezivnog tkiva skeletnih mišića kada se izduži iznad razine u mirovanju. Aktivna i pasivna napetost se ne mogu razmatrati kao odvojeni elementi, jer je vezivno tkivo matriksa mišića poprilično složeno, a aktinski mostovi imaju elastična svojstva (Proske i Morgan, 1999). Sila i moment sile oko osi zgloba kojeg stvara određeni mišić ili grupa mišića je rezultat kako aktivne tako i pasivne komponente napetosti mišića (Knudson, 2006). Kada je sila koju mišići proizvode manja mišići su opušteni i podložniji istezanju, što posljedično dovodi do mogućeg povećanja opsega pokreta na razini mišića i zgloba (Knudson, 2006).

### **7.2.1. Akutni učinci istezanja**

Kada je mišić ili skupina mišića pasivno istegnuta koristeći jednu od tehnika (statičko, dinamičko istezanje, PNF) može doći do kratkotrajnih promjena u mišiću. Akutni učinci istezanja povezuju se sa početnim promjenama u smislu izvedbe u prvih nekoliko sati nakon istezanja (Knudson, 2006).

Akutni učinci istezanja su prilično jasni. Istezanje dovodi do akutnog povećanja opsega pokreta u zglobu koji nestaje nakon 60-90 minuta (Knudson, 2006, prema Zito i sur., 1997). Povećanje statičke fleksibilnosti je povezano sa povećanom tolerancijom na istezanje (Knudson, 2006, prema Magnusson, 1998), odnosno, povećanje opsega pokreta može biti povezano sa analgetskim učinkom koji omogućuje toleriranje veće pasivne napetosti nego prije istezanja (Knudson, 2006).

Akutni efekt istezanja je i smanjenje histereze. Histereza je energija koju viskoelastični materijal izgubi kada je istegnut i ponovno vraćen na početnu dužinu (Knudson, 2006). U svom istraživanju Kubo i suradnici (2002) su proučavali akutne efekte istezanja na napetost Ahilove tetive. Uočili su značajno smanjenje krutosti tetive (8%), ali najveći učinak je istezanje imalo na smanjenje histereze (29%). Također, istezanje akutno dovodi do smanjenja mišićne jakosti (Knudson, 2006).

### **7.2.2. Kronični učinci istezanja**

3-6 tjedana treninga fleksibilnosti dovodi do povećanja opsega pokreta za 6-12° (Knudson, 2006, prema Knudson i sur., 2000; Harvey i sur. 2002; Guissard i Duchateau, 2004; Decoster i sur. 2005). Vjeruje se da je dugotrajna rastezljivost mišića zbog istezanja posljedica miogenog odgovora sarkomera. Međutim utjecaj treninga fleksibilnosti na jakost i mehanička svojstva mišićno-tetivne jedinice još nije posve jasan (Knudson, 2006).

## **7.3. Vrste istezanja**

Postoje tri tehnike istezanja: statičko i dinamičko istezanje te proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF). Sve tri vrste istezanja povećavaju opseg pokreta.

### **7.3.1. Statičko istežanje**

Statičko istežanje uključuje izduživanje mišića do granice boli, a onda zadržavanje tog položaja određeno vrijeme. Radi li se o pasivnom ili aktivnom statičkom istežanju ponajprije ovisi o tome je li mišić izdužen pomoću vanjske sile (npr. druga osoba, guma za vježbanje ili sprava) pri čemu je mišić opušten (pasivno statičko istežanje) ili aktivnom kontrakcijom mišića antagonista (aktivno statičko istežanje) (Behm, 2019). Statičko istežanje je djelotvoran način za povećanje opsega pokreta i pretpostavlja se da poboljšava sportsku izvedbu i smanjuje rizik od nastanka sportskih ozljeda (Behm, 2019). Ono podrazumijeva relaksaciju i istovremeno izduživanje istegnutog mišića. Upravo zbog toga što se izvodi sporo, statičko istežanje ne izaziva refleks na istežanje te je stoga mogućnost ozljede manja nego pri izvedbi dinamičkog istežanja. Statičko istežanje je vrsta vježbi istežanja koja se najčešće koristi za razvoj fleksibilnosti (Jeffreys, 2008).

### **7.3.2. Dinamičko istežanje**

Dinamičko istežanje je vrsta istežanja koja koristi za sport specifične kretnje kako bi pripremio tijelo za određenu aktivnost (Jeffreys, 2008). Ono podrazumijeva dinamičke pokrete koji dovode mišić do krajnjih granica njegovog opsega te se pri tome mišić ne zadržava u tom položaju kao kod statičkog istežanja. Dinamičko istežanje naglasak stavlja na pokrete specifične za pojedini sport ili aktivnost, a ne na pojedini mišić (Jeffreys, 2008). Sposobnost aktivnog pokreta u zglobu kroz cijeli opseg pokreta je općenito više za sport specifično nego statičko zadržavanje određenog položaja koje nalazimo u statičkom istežanju. Prednosti dinamičkog istežanja podrazumijevaju sposobnost unaprjeđenja dinamičke fleksibilnosti i opsega pokreta bitnih za sportsku aktivnost (Jeffreys, 2008). Primjena dinamičkog istežanja pruža brojne prednosti. Ono omogućuje povećanje temperature tijekom zagrijavanja, za razliku od statičkog istežanja koje može dovesti do snižavanja temperature (Jeffreys, 2008). Također, više zglobova može biti uključeno prilikom istežanja što često uključuje multiplanarne pokrete slične onima koji se pojavljuju u sportskoj aktivnosti (Jeffreys, 2008). Za razliku od statičkog istežanja, u dinamičkom istežanju ne dolazi do opuštanja mišića već je mišić aktivan tijekom cijelog opsega pokreta što je također specifično za sportske aktivnosti (Jeffreys, 2008). Iako je dinamičko istežanje idealna aktivnost pri zagrijavanju, ono je manje učinkovito sredstvo za razvoj opsega pokreta od statičkog istežanja i PNF metode (Jeffreys, 2008). Ipak, dinamičko istežanje doprinosi povećanju elastičnosti tetiva.

### 7.3.3. Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija

Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF) je prvotno bila zamišljena kao dio neuromuskularne rehabilitacije koji bi pomogao opustiti mišiće u kojima je povećana napetost (Jeffreys, 2008). Sada se sve češće upotrebljava u sportu za razvoj opsega pokreta. PNF metoda se najčešće izvodi uz pomoć partnera i uključuje i koncentričnu i izometričku mišićnu kontrakciju. Tijekom primjene PNF metode koriste se dvije specifične mišićne kontrakcije kako bi se olakšalo pasivno istezanje (Jeffreys, 2008). I izometrička i koncentrična mišićna kontrakcija antagonista se koriste prije pasivnog istezanja kako bi došlo do homologne inhibicije (Jeffreys, 2008). Koncentrična kontrakcija mišića agonista se koristi kod pasivno istezanja antagonista kako bi se postigla recipročna inhibicija (Jeffreys, 2008). Postoje dvije osnovne tehnike PNF metode:

*Contract-relax* se izvodi na način da se mišić kojeg se želi istegnuti (agonist) prvo maksimalno kontrahira 5-15 sekundi protiv otpora koji mu pruža suvježbač, nakon čega slijedi relaksacija koja ne bi smjela biti duža od 1 sekunde te istezanje istog mišića. Prethodna kontrakcija agonista izaziva njegovu refleksnu inhibiciju. To dovodi do opuštanja mišića koji je u opuštenom stanju podložniji istezanju. Ukoliko je prilikom kontrakcije mišić bliži krajnjem (ali bezbolnom) opsegu pokreta, tada je aktivacija tetive veća te je refleksna inhibicija naglašenija. Povećanje opsega pokreta ovom metodom je najvjerojatnije uzrokovano izometričkom kontrakcijom agonističke skupine mišića koja uzrokuje refleksnu facilitaciju (Hoffman, 2014). Ova metoda koristi princip homologne inhibicije.

*Contract-relax-contract* PNF metoda počinje slično kao i *contract-relax* metoda. Međutim, nakon faze opuštanja slijedi kontrakcija mišića antagonista. Submaksimalna kontrakcija mišića antagonista uzrokuje dodatni inhibitorski input u mišić koji se isteže kroz recipročnu inhibiciju te rezultira većim opsegom pokreta (Hoffman, 2014).

## 8. Istezanje i prevencija ozljeda

Gotovo kod svake ozljede koja je opisana u šestom poglavlju je među rizičnim faktorima uočena smanjena fleksibilnost mišića ozlijeđene regije tijela ili mišića u neposrednoj blizini ozlijeđene regije, zbog čega će se u ovo poglavlju obraditi utjecaj istezanja na prevenciju ozljeda.

Mehanizam koji leži iza smanjenja ozljeda kao posljedica istezanja nije lako za objasniti (Stojanović i Ostojić, 2011). Pretpostavlja se da povećanje viskoelastičnih svojstava mišića može smanjiti učestalost ozljeda mišića (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Kirkendall i Garrett, 2002). Primarni cilj istezanja je povećati dužinu mišićno-tetivne jedinice do čega dolazi zbog promjene u viskoelastičnim svojstvima mišića. Viskoznost se odnosi na dužinu tkiva koja ostaje na toj razini nakon primijenjene vlačne sile, dok se elastičnost odnosi na vraćanje dužine tkiva u početno stanje nakon prestanka djelovanja sile (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Mujika i Padilla, 2000). Viskoelastična svojstva mišića dovode do nekoliko pojava do kojih dolazi kada na njih djeluje vanjska sila: relaksacije naprezanja, puzanja i histereze (Stojanović i Ostojić, 2011). Međutim, čini se da je važnija promjena u napetosti mišića, odnosno omjera promjene otpora i promjene duljine, pošto se manje napeti mišići mogu više izdužiti što im omogućava veću apsorpciju energije kao odgovor na primijenjenu silu (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Magnusson, Aagaard, Simonsen, i Bojsenmoller, 1998) te tako smanjiti podložnost mišića ozljedama. Akutni učinci istezanja na mišićno-tetivna viskoelastična svojstva se često istražuju, te su istraživanja jasno pokazala da nakon nekoliko epizoda istezanja dolazi do smanjenja mišićne napetosti (Stojanović i Ostojić, 2011).

Mnoga istraživanja nam govore da akutne promjene mišićno-tetivnih viskoelastičnih svojstava uvelike ovise o trajanju istezanja, pri čemu trajanje istezanja duže od 45 sekundi dovodi do smanjenja napetosti (Šimić, Šarabon i Marković, 2013). Pretpostavlja se da bi neposredna prilagodba paralelnih i serijskih elastičnih komponenti na opterećenje mogla biti odgovorna za smanjenje krutosti mišićno-tetivnih jedinica nakon istezanja (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Magnusson i sur., 1996b). Uočena prilagodba paralelnih i serijskih elastičnih komponenti može se pripisati akutnoj promjeni rasporeda kolagenskih vlakana (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Stromberg i Wiederhielm, 1969). Kubo i sur. (2001, 2002) su uočili da 5-minutno i 10-minutno istezanje dovodi do smanjenja napetosti tetiva. Iako je ovo važno otkriće, nije jasna njegova važnost za sportsku praksu, prvenstveno zbog izrazito dugog izvođenja vježbi u odnosu na vrijeme koje se uobičajeno koristi u sportu (30-60 sekundi) (Stojanović i Ostojić, 2011).

Također, program istezanja koji se provodi 5 puta 90 sekundi smanjuje mišićnu napetost i relaksaciju naprezanja, pri čemu se napetost vraća u roku od jednog sata (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Magnusson i sur., 1996). „Relaksacija naprezanja definira se kao promjena naprezanja s vremenom pri konstantnoj deformaciji i temperaturi. Ako se naglo ostvari deformacija (viskoelastično tijelo se rastegne) i zatim održava konstantnom (krajevi rastegnutoг tijela se fiksiraju) naprezanje potrebno za održavanje te deformacije postupno se smanjuje“ (Stančić, 2016). Drugi autori su došli do zaključka da 60 sekundi istezanja također može smanjiti mišićno-tetivnu napetost (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Morse, Degens, Seynnes, Maganaris i Jones, 2008). Međutim, programi koji su se sastojali od 3-10 serija po 15-30 sekundi statičkog istezanja mišića stražnje strane natkoljenice i 20-30 sekundi relaksacije nisu doveli do značajnih promjena u napetosti mišića nakon istezanja (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Halbertsma, van Bolhuis i Goeken, 1996; Wiemann i Hahn, 1997). Štoviše, prema Magnussonu i sur. (1995, 1996a) nije uočeno značajno smanjenje pasivnog otpora nakon 40-45 sekundi istezanja mišića stražnje strane natkoljenice.

Međutim, postoji malo literature koja govori o kroničnim učincima istezanja na viskoelastična svojstva. Dugotrajni trening fleksibilnosti koji se sastoji od 10 vježbi koje se izvode 45 sekundi tijekom 3 tjedna nije dovelo do promjena viskoelastičnih svojstava mišića (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Magnusson i sur., 1996b). Do istog zaključka su došli i Klinge i sur. (1997) (Stojanović i Ostojić, 2011). Međutim, Mahieu i sur. (2007) su došli do zaključka da 6 tjedana treninga fleksibilnosti, koji se sastojao od 5 vježbi koje su se provodile 20 sekundi sa 20 sekundi pauze između vježbi dovodi do značajnog smanjenja pasivne napetosti. Iako su potrebna daljnja istraživanja, pretpostavlja se da redovito istezanje može dovesti do kroničnih promjena viskoelastičnih svojstava mišićno-tetivne jedinice.

Treba napomenuti da mišićno-tetivna napetost ovisi o dvije različite komponente: mišićnoj napetosti i tetivnoj napetosti (Stojanović i Ostojić, 2011). U preglednom radu Witvrouw i sur. (2004) pretpostavljaju da bi napetost tetiva mogla biti odgovorna za povezanost između smanjene fleksibilnosti i pojave mišićnih ozljeda tijekom kratkotrajnih aktivnosti koje uključuju brzu ekscentrično-koncentričnu mišićnu kontrakciju (engl. *stretch-shortening cycle - SSC*). Što je veća napetost tetiva, veća je sila koja će se prenijeti na mišić tijekom brze ekscentrične kontrakcije sa povećanim rizikom od nastanka mišićnih ozljeda. Stoga, smanjujući napetost tetiva sa čestim aktivnostima SSC tipa može biti važno u prevenciji mišićnih ozljeda. Kubo i sur. (2001, 2002) su uočili i akutno i kronično smanjenje napetosti tetiva kao rezultat vježbi istezanja (Stojanović i Ostojić, 2011). Mahieu i sur. (2007) su na uzorku od 96 zdravih



ispitanika dokazali da se nakon 6-tjednog treninga koji se sastojao od 5 vježbi statičkog i dinamičkog istezanja u trajanju od 20 sekundi sa također 20 sekundi odmora, 7 dana tjedno, povećao opseg pokreta. Također, statičko istezanje je rezultiralo značajnim smanjenjem pasivnog otpornog momenta bez promjena u napetosti tetive. Za razliku od statičkog istezanja, dinamičko istezanje je dovelo do značajnog smanjenja napetosti tetiva. Pretpostavlja se da dinamičko istezanje poboljšava opseg pokreta (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Shellock i Prentice, 1985) sa neznatnim utjecajem na jakost (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Bacurau i sur., 2009) pri čemu može poboljšati snagu (Stojanović i Ostojić, 2011, prema Woolstenhulme, Griffiths, Woolstenhulme i Parcell, 2006). Na posljetku, dinamičko istezanje može biti učinkovit trenažni operator koji istovremeno smanjuje rizik od nastanka ozljeda.

Do sada je objavljen velik broj istraživanja o utjecaju istezanja na prevenciju ozljeda nogometaša. U mnogim istraživanjima, istezanje je korišteno kao dio preventivnog programa, dok se u drugima pokušavala utvrditi povezanost između fleksibilnosti i određenih mišićnih ozljeda. Također, utvrđivao se utjecaj fleksibilnosti na početku sezone na rizik od nastanka mišićnih ozljeda tijekom sezone. Međutim, u radovima u kojima su vježbe istezanja dio preventivnog programa ne može se odrediti koliki udio istezanje ima u prevenciji ozljeda u odnosu na ostale vrste vježbi. Također, velik broj radova se bazirao na prevenciji svih ozljeda, te stoga nije utvrđena statistički značajna razlika između grupa ispitanika (Stojanović i Ostojić, 2011).

U svom istraživanju Amako, Oda, Masuoka, Yokoi, i Campisi (2003) su dokazali da, iako ne postoji razlika u broju ozljeda između kontrolne i eksperimentalne grupe, učestalost mišićno-tetivnih ozljeda kod vojnika je bila značajno manja u grupi ispitanika koja je koristila vježbe istezanja.

Dadebo i sur. (2004) su pokušali utvrditi povezanost između istezanja i ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice putem upitnika koji je proveden u 30 profesionalnih engleskih nogometnih klubova. Značajan dio vremena je posvećen upravo treningu fleksibilnosti, odnosno 40% vremena. Najčešći oblik istezanja su bile vježbe statičkog istezanja, dok su mnogi klubovi koristili i PNF metodu, a najduže trajanje istezanja, oko 30 sekundi, je zabilježeno kod klubova iz *Premier league*. Zanimljivo je da su jedino vježbe statičkog istezanja značajno negativno korelirale sa brojem ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice, odnosno sportaši koji su koristili statičko istezanje imali su manji broj ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Nadalje, multiplom regresijskom analizom je utvrđeno da je statičko istezanje najvažniji faktor koji smanjuje nastanak ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Autori pretpostavljaju da

programi istezanja koje koriste profesionalni nogometaši mogu dovesti do smanjenja ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice, ali u obzir se mora uzeti vrijeme izvođenja svake vježbe.

Cilj istraživanja Witvrouw i sur. (2003) je bio istražiti može li se na temelju smanjene fleksibilnosti prije početka sezone utvrditi rizik nastanka mišićnih ozljeda donjih ekstremiteta. Ozlijeđeni igrači su imali značajno manju fleksibilnost *m. quadriceps femoris* i mišića stražnje strane natkoljenice.

Utjecaj opsega pokreta donjih ekstremiteta prije sezone na pojavu mišićnih ozljeda također su istraživali Bradley i Portas (2007). Uočili su značajnu razliku u opsegu pokreta mišića fleksora kuka i koljena između ozlijeđenih i neozlijeđenih sportaša. Također su došli do zaključka da smanjen opseg pokreta mišića fleksora kuka i koljena povećava rizik od nastanka ozljeda. Moguće objašnjenje povezanosti smanjenog opsega pokreta mišića fleksora kuka i koljena i većeg rizika od nastanka ozljeda leži u činjenici da se ti mišići često koriste u maksimalnom opsegu pokreta prilikom brzih pokreta kao što je sprint u nogometu. Igrači sa većim opsegom pokreta možda imaju rezervnu fleksibilnost za takve aktivnosti koja smanjuje mišićnu napetost i tako smanjuje rizik od nastanka mišićnih ozljeda.

Henderson i sur. (2010) su u svom istraživanju došli do zaključka da se sa svakim stupnjem fleksibilnosti manje u aktivnom ravnom podizanju noge povećava sklonost ozljeđivanju za 1.29 puta.

Brojna istraživanja su pokazala povezanost između smanjenog opsega pokreta i mišićno-tetivnih ozljeda, ozljeda prednjeg križnog ligamenta i gležnja, što nas dovodi do zaključka o važnosti istezanja u prevenciji ozljeda.

## 9. Važnost istezanja u prevenciji ozljeda kod adolescenata

Kako je već spomenuto u prethodnim poglavljima, posebnu rizičnu skupinu čine adolescenti kod kojih tijekom puberalnog zamaha rasta postoji nesrazmjer u brzini rasta kostiju i rasta mišića u dužinu, što posljedično dovodi do smanjene fleksibilnosti i većeg rizika za nastanak ozljeda (Stojanović i Ostojić, 2011). U ovoj dobi organizam čovjeka se nalazi u intenzivnom razdoblju bitnih fizioloških promjena kada osoba napor podnosi drugačije nego u odrasloj dobi (Mišigoj-Duraković, 2008). Jedan od najčešćih rizičnih čimbenika koji dovode do ozljeda u adolescenciji je smanjena fleksibilnost (Alter, 2004). Tijekom perioda naglog rasta kostiju može doći do povećane mišićno-tetivne napetosti i smanjene fleksibilnosti. Do toga dolazi jer kosti rastu puno brže nego mišići (Alter, 2004, prema Bachrach, 1987). Stoga, trening fleksibilnosti koji se sastoji od vježbi istezanja trebao bi zauzimati važno mjesto u prevenciji ozljeda kod adolescenata. Prateći preporuke stručnjaka, moglo bi se zaključiti da bi trening za razvoj fleksibilnosti trebao smanjiti negativan učinak puberalnog zamaha rasta na pojavu mišićnih, ali i drugih ozljeda.

U svom su radu Zakaria, Kiningham i Sen (2015) uspoređivali utjecaj kombinacije dinamičkog i statičkog istezanja sa utjecajem izolirane primjene dinamičkog istezanja na prevenciju ozljeda adolescenata u nogometu. Oba programa su dovela do smanjenja broja ozljeda, iako bez međuskupinskih razlika, što dovodi do zaključka da je jednako učinkovita bila izolirana primjena dinamičkog istezanja kao i njegova kombinacija sa statičkim istezanjem. Ipak, pošto su oba programa imala udio dinamičkih vježbi, autori pretpostavljaju da su do smanjenja broja ozljeda dovele vježbe dinamičkog istezanja koje koriste za sport specifične pokrete.

Također, Soomro i sur. (2016) pretpostavljaju da preventivni program, koji se sastoji od dinamičkih vježbi istezanja koje za cilj imaju razvoj fleksibilnosti i opsega pokreta može dovesti do smanjenja broja ozljeda kod adolescenata u timskim sportovima.

## 10. Primjer vježbi istezanja donjih ekstremiteta

Fleksibilnost možemo povećati ili ju održavati. Ako se radi na povećanju fleksibilnosti prvo se provode vježbe statičkog istezanja, zatim PNF metoda i nakon toga vježbe dinamičkog istezanja. Vježbe statičkog istezanja imaju visoku učinkovitost u povećanju fleksibilnosti i viskoelastičnosti mišića, dok PNF metoda dovodi do živčane adaptacije mišića na istezanje. Ukoliko se želi održati fleksibilnost provode se samo vježbe dinamičkog istezanja. Vježbe statičkog istezanja utječu na povećanje fleksibilnosti mišića, dok dinamičke vježbe utječu na elastičnost tetiva.

Veliki broj ozljeda mišića donjih ekstremiteta povezan sa smanjenom fleksibilnošću mišića nogu, ali i regije kuka. Iz tog razloga, u ovom poglavlju bit će predstavljen program za razvoj fleksibilnosti donjih ekstremiteta, pošto su oni, kako je ranije naglašeno, najpodložniji ozljedama u nogometu. Program se sastoji od vježbi statičkog i dinamičkog istezanja, te od vježbi PNF metode. S obzirom na njegovo stanje, nogometaš može birati vrstu vježbi istezanja.

Statičko istezanje se provodi na način da se mišić izduži do granice neugode te se taj položaj zadrži određeno vrijeme. Vježbe se izvode 30 sekundi po 3 ponavljanja.

PNF metoda (*Contract-relax*) se izvodi na način da se mišić kojeg se želi istegnuti (agonist) prvo maksimalno kontrahira, nakon čega slijedi relaksacija koja ne bi smjela biti duža od 1 sekunde te istezanje istog mišića. Prethodna kontrakcija agonista izaziva njegovu refleksnu inhibiciju. To dovodi do opuštanja mišića koji je u opuštenom stanju podložniji istezanju. Ukoliko je prilikom kontrakcije mišić bliži krajnjem (ali bezbolnom) opsegu pokreta, tada je aktivacija tetive veća te je refleksna inhibicija naglašenija. U primjerima vježbi koje su dio programa koji je prikazan u narednim stranicama, vježbač kontrahira mišić agonist 5 sekundi protiv opterećenja koje mu pruža partner. Nakon toga slijedi kratki period relaksacije (ne dulje od 1 sekunde), nakon čega slijedi 10 sekundi istezanja ciljanog mišića (5-1-10, 3 ponavljanja).

Dinamičko istezanje podrazumijeva izvođenje pokreta koji dovode mišić do krajnjih granica opsega pokreta. Pri tome jedna se serija sastoji od 15 pokreta, a za svaku se vježbu izvode tri serije.

## Vježbe istezanja za mišiće prednje strane natkoljenice

**Opis – statičko istezanje:** Sportaš je u jednonožnom stavu. Hvata se istom rukom za zgrčenu nogu u zaručenju dok petu noge koju isteže povlači prema stražnjici. Koljena trebaju biti jedno uz drugo, a kukovi se trebaju gurati prema naprijed (Slika 1).



Slika 1: Vježba statičkog istezanja mišića prednje strane natkoljenice

**Opis – PNF metoda:** Sportaš leži licem prema tlu, suvježbač mu s obje ruke hvata skočni zglob pogrčene noge. Slijedi kontrakcija mišića agonista protiv otpora koje mu pruža suvježbač potiskujući potkoljenicu prema stražnjici. Nakon toga slijedi kratka relaksacija, ne duža od jedne sekunde te zatim istezanje istog mišića pri čemu suvježbač gura potkoljenicu prema stražnjici (Slika 2, 3).



Slika 2: PNF metoda istezanja mišića prednje strane natkoljenice (kontrakcija protiv otpora)



Slika 3: PNF metoda istezanja mišića prednje strane natkoljenice (istezanje)

**Opis – dinamičko istezanje:** Sportaš je u stražnjem uporu klečećem. Naizmjenično podiže kukove i spušta ih tako istežući *m. quadriceps femoris*. Vježbu je potrebno izvoditi uz oprez radi mogućeg preopterećenja pasivnih stabilizatora koljenog zgloba (Slika 4, 5).



Slika 4 i 5: Vježba dinamičkog istezanja mišića prednje strane natkoljenice

**Ciljani mišići:** *m. rectus femoris*, *m. vastus medialis*, *lateralis et intermedius*, *m. iliacus*, *m. psoas major*.

## Vježbe istezanja za mišiće medijalne strane natkoljenice

**Opis – statičko istezanje:** Sportaš je u sjedu raznožno zgrčenom unutra, spojenih stopala. Hvatom za stopala laktovima potiskuje koljena prema tlu, ravnih leđa (Slika 6).



Slika 6: Vježba statičkog istezanja mišića adduktora

**Opis – PNF metoda:** Sportaš je u sjedu raznožno zgrčenom unutra, spojenih stopala, hvatom za stopala. Suvježbač sportašu gura koljena prema podu. Sportaš kontrahira mišić agonist protiv otpora koje mu pruža suvježbač potiskujući mu koljena prema podu. Nakon toga slijedi kratka relaksacija, ne duža od jedne sekunde te zatim istezanje istog mišića pri čemu mu suvježbač potiskuje koljena prema podu (Slika 7, 8).



Slika 7: PNF metoda istezanja mišića adduktora (kontrakcija protiv otpora)



Slika 8: PNF metoda istezanja mišića adduktora (istezanje)

**Opis - dinamičko istezanje:** U širokom raskoračnom stavu sportaš naizmjenično prenosi težinu tijela s noge na nogu spuštajući se u počučanj, stopala su prema naprijed (Slika 9).



Slika 9: Vježba dinamičkog istezanja mišića adduktora

**Ciljani mišići:** *m. adductor longus, brevis, et magnus, m. gracilis, m. pectineus.*



## Vježbe istezanja za mišić lateralne strane natkoljenice

**Opis – statičko istezanje:** Sportaš je u sjedećem uporu prednjem, pogrčenom prednjom nogom unutra, zanožno drugom, ravnih leđa (Slika 10).



Slika 10: Vježba statičkog istezanja mišića abduktora

**Opis – PNF metoda:** Sportaš je u jednoručnom uporu sjedećem s prednoženom jednom nogom, a prednožno pogrčenom drugom unutra, stopalom uz koljeno pružene noge. Zasukom u stranu pogrčene noge oslanja se nadlakticom na vanjski dio natkoljenice. Suvježbač povlači koljeno pogrčene noge prema sebi dok suprotno rame gura od sebe. Sportaš kontrahira mišić agonist protiv otpora koje mu pruža suvježbač povlačeći mu koljeno pogrčene noge prema sebi. Nakon toga slijedi kratka relaksacija, ne duža od jedne sekunde te zatim istezanje istog mišića (Slika 11, 12).



Slika 11: PNF metoda istezanja mišića abduktora (kontrakcija protiv otpora)



Slika 12: PNF metoda istezanja mišića abduktora (istezanje)

**Opis – dinamičko istezanje:** Sportaš je u jednonožnom stavu osloncem uza zid. Nogu aktivno podiže do maksimalnog voljnog odnoženja te zatim opet aktivnim pokretom izvodi pokret prinoženja unutra (Slika 13, 14).



Slika 13 i 14: Vježba dinamičkog istezanja mišića abduktora

**Ciljani mišići:** *m. gluteus maximus, medius et minimus, m. tensor fasciae latae* (kod dinamičkog istezanja pokret adukcije).

## Vježbe istezanja za mišiće stražnje strane natkoljenice

**Opis – statičko istezanje:** Sportaš je u sjedu, izdržajem u dubokom pretklonu, predručenjem pokušava dohvatiti stopala (Slika 15).



Slika 15: Vježba statičkog istezanja mišića stražnje strane natkoljenice

**Opis – PNF metoda:** Sportaš leži na leđima, priručenjem. Prednoži jednu nogu koju suvježbač hvatom za potkoljenicu potiskuje u visoko prednoženje pri tome istežući mišiće stražnje strane natkoljenice. Sportaš kontrahira mišić agonist protiv otpora koji mu pruža suvježbač potiskujući mu nogu u prednoženje. Nakon toga slijedi kratka relaksacija, ne duža od jedne sekunde te zatim istezanje istog mišića pri čemu mu suvježbač gura nogu u prednoženje (Slika 16, 17).



Slika 16: PNF metoda istezanja mišića stražnje strane natkoljenice (kontrakcija protiv otpora)



Slika 17: PNF metoda istezanja mišića stražnje strane natkoljenice (istezanje)

**Opis – dinamičko istezanje:** Sportaš je u jednonožnom stavu osloncem uza zid. Nogu podiže aktivno do maksimalnog voljnog prednoženja i zatim isto aktivnim pokretom do zanoženja (Slika 18, 19).



Slika 18 i 19: Vježba dinamičkog istezanja mišića stražnje strane natkoljenice

**Ciljani mišići:** *m. semimembranosus*, *m. semitendinosus*, *m. biceps femoris* (kod dinamičkog istezanja kada je noga u prednoženju).

## Vježbe istezanja za mišiće stražnje strane potkoljenice

**Opis – statičko istezanje:** Sportaš je u stavu prednožnom sa osloncem na petu. Stopalo je u dorzalnoj fleksiji. Dubokim pretklonom hvata istu u predručanju (Slika 20).



Slika 20: Vježba statičkog istezanja mišića stražnje strane potkoljenice

**Opis – PNF metoda:** Sportaš je u sjedu prednožno pogrčenom sa hvatom za stopalo. Kontrahira mišić agonist protiv otpora koji sam pruža povlačeći stopalo u dorzalnu fleksiju. Nakon toga slijedi kratka relaksacija, ne duža od jedne sekunde te zatim istezanje istog mišića povlačeći stopalo u dorzalnu fleksiju (Slika 21, 22).



Slika 21: PNF metoda istezanja stražnje strane potkoljenice (kontrakcija protiv otpora)



Slika 22: PNF metoda istežanja mišića stražnje strane potkoljenice (istežanje)

**Opis – dinamičko istežanje:** Sportaš je u sklonjenom uporu prednjem. Naizmjenično spušta i podiže pete na pod (Slika 23).



Slika 23: Vježba dinamičkog istežanja mišića stražnje strane potkoljenice

**Ciljani mišići:** *m. gastrocnemius, m. soleus, m. plantaris, m. peroneus longus et brevis, m. flexor hallucis longus, m. flexor digitorum longus, m. tibialis posterior.*

## Vježbe istezanja za mišiće prednje strane potkoljenice

**Opis – statičko istezanje:** Sportaš je u stavu zanožnom sa stopalom u plantarnoj fleksiji i blagoj rotaciji. Gornja strana stopala se postavlja na pod i lagano gura prema naprijed (Slika 24).



Slika 24: Vježba statičkog istezanja mišića prednje strane potkoljenice

**Opis – PNF metoda:** Sportaš leži licem prema tlu. Suvježbač mu hvata stopalo pogrčene noge i isteže mišiće prednje strane potkoljenice stavljajući stopalo u plantarnu fleksiju. Sportaš kontrahira mišić agonist protiv otpora koji mu pruža suvježbač potiskujući stopalo u plantarnu fleksiju. Nakon toga slijedi kratka relaksacija, ne duža od jedne sekunde te zatim istezanje istog mišića guranjem stopala u plantarnu fleksiju (Slika 25, 26).



Slika 25: PNF metoda istezanja mišića prednje strane potkoljenice (kontrakcija protiv otpora)



Slika 26: PNF metoda istezanja mišića prednje strane potkoljenice (istezanje)

**Opis – dinamičko istezanja:** Sportaš je u uporu počučnjem sa stopalima u plantarnoj fleksiji i dorzumom stopala na podu. Sportaš naizmjenično spušta dorzum stopala na pod i podiže ga (Slika 27, 28).



Slika 27 i 28: Vježba dinamičkog istezanja mišića prednje strane potkoljenice

**Ciljani mišići:** *m. tibialis anterior*, *m. extensor hallucis longus*, *m. extensor digitorum longus*, *m. peroneus tertius*



## 11. Zaključak

Smanjeni opseg pokreta predstavlja važan rizični čimbenik za nastanak ozljeda kod adolescenata u razdoblju puberalnog zamaha rasta. Kostí počinju sa rastom nešto prije mišića što za posljedicu ima smanjenje fiziološkog opsega pokreta i povećanje napetosti u mišićima. U tom razdoblju je izrazito bitno veću pažnju posvetiti razvoju opsega pokreta koristeći vježbe istezanja čime bi se smanjio rizik od nastanka ozljeda.

Dosadašnja istraživanja o važnosti istezanja u prevenciji ozljeda su pokazala da smanjeni opseg pokreta dovodi do povećanog rizika od nastanka kako mišićnih ozljeda, tako i do ozljeda koljena i gležnja. Iako akutni učinak istezanja ne dovodi do značajnog smanjenja ozljeda, kronični učinci dovode do povećanja opsega pokreta i posljedično smanjenja broja ozljeda. Brojna istraživanja su koristila vježbe istezanja kao dio preventivnog programa sa različitim vrstama vježbi, te zbog toga ne možemo odrediti udio u kojem istezanje djeluje na smanjenje rizika od nastanka ozljeda.

Međutim, malo je istraživanja provedeno na populaciji adolescenata u nogometu, te bi u budućim istraživanjima trebalo dodatno potvrditi i ukazati na važnost istezanja u prevenciji ozljeda kod adolescenata u nogometu.

Bez obzira o kojem se tipu istezanja radi, trening mladih sportaša, posebice u fazi burnih fizioloških promjena, mora sadržavati vježbe istezanja kako bi se spriječilo moguće smanjenje opsega pokreta. Tako planiran trening će omogućiti nesmetan prelazak iz relativno lakšeg sustava treniranja u trening s većim volumenom opterećenja.

## 12. Literatura

- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C. i Ramón, C. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee surgery sports traumatology arthroscopy*, 17, str. 705-729.
- Alter, M. J. (2004). *Science of Flexibility*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Amako, M., Oda, T., Masouka, K., Yokoi, H. i Campisi, P. (2003). Effect of Static Stretching on Prevention of Injuries for Military Recruits. *Military Medicine*, 168, str. 442-446.
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L. i Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18, str. 40-48.
- Barišić, V. i Bašić, D. (2010). Nogomet.
- Bašćevan, S., Trošt Bobić, T. i Kirin, B. (2010). Oporavak mišića nakon operacije prednje ukrižene sveze koljena metodom po Keneth-Jonesu. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik*, 25, str. 92-101.
- Behm, D. G. (2019). *Science of flexibility*. New York: Routledge.
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D. i Malachy, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41, str. 1-11.
- Bradley, P. S. i Portas, M. D. (2007). The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer payers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), str. 1155-1159.
- Brown, K. A., Patel, D. R. i Darmawan, D. (2017). Participation in sports in relation to adolescent growth and development. *Translational Pediatrics*, 6(3), str. 150-159.
- Caine, D. i Purcell, L. (2016). *Injury in Pediatric and Adolescent Sport: Epidemiology, Treatment and Prevention*. Cham: Springer International Publishing.

- Cumming, S. P., Chris, S., Hemsley, J. K., Haswell, F., Edwards, H., Scott, S., . . . Malina, R. M. (2018). Biological maturation, relative age and self-regulation in male professional academy soccer players: A test of the underdog. *Psychology of Sport and Exercise*, 39, str. 147-153.
- Dadebo, B., White, J. i George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *British Journal of Sports Medicine*, 38, str. 388-394.
- de Noronha, M., Refshauge, K. M., Herbert, R. D. i Kilbreath, S. L. (2006). Do voluntary strength, proprioception, range of motion, or postural sway predict occurrence of lateral ankle sprain? *British Journal of Sports Medicine*, 40, str. 824-828.
- Ellera Gomes, J. L., Vieira de Castro, J. i Becker, R. (2008). Decreased hip range of motion and noncontact injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 24(9), str. 1034-1037.
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Ingar, H., Engebretsen, L. i Bahr, R. (2010). Intrinsic Risk Factors for Hamstring Injuries Among Male Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(6), str. 1147-1153.
- Erceg, M., Rađa, A. i Sporiš, G. (2018). *Razvoj nogometaša*. Zagreb: Vlastita naklada autora.
- Fousekis, K., Tsepis, E. i Vagenas, G. (2012). Intrinsic Risk Factors of Noncontact Ankle Sprains in Soccer: A Prospective Study on 100 Professional Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(8), str. 1842-1850.
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A. i Gibson, M. (2001). "The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), str. 43-47.
- Henderson, G., Barnes, C. A. i Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, str. 397-402.
- Hoffman, J. (2014). *Physiological Aspects of Sport Training and Performance* (2. izd.). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Janković, S. (2009). *Sportska medicina: priručnik za sportske trenere*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

- Janković, S. i Trošt, T. (2006). Rizični faktori ozljeđivanja i mehanizmi nastanka sportskih ozljeđa. U I. Jukić, C. Gregov i S. Šalaj, *Kondicijska priprema sportaša, Zbornik radova 4. godišnje međunarodne konferencije* (str. 13-20). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Jeffreys, I. (2008). Warm-up and stretching. U T. R. Baechle, & R. W. Earle, *NSCA Essentials of Strength Training and Conditioning* (3. izd., str. 295-324). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Kiel, J. i Kaiser, K. (2019). *Adductor Strain*. Preuzeto 6. travanj 2020. iz StatPearls [Internet]: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493166/>
- Knudson, D. (2006). The Biomechanics of Stretching. *Journal of Exercise Science & Physiotherapy*, 3, str. 3-12.
- Kubo, K., Kanehisa, H. i Fukunaga, T. (2002). Effects of resistance and stretching training programmes on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Physiology*, 538(1), str. 219-226.
- Liu, H., Garrett, W. E., Moorman, C. T. i 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, str. 92-101.
- Mahieu, N. N., McNair, P., de Muynck, M., Stevens, V., Blanckaert, I., Smits, N. i Witvrouw, E. (2007). Effect of Static and Ballistic Stretching on the Muscle-Tendon Tissue Properties. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), str. 494-501.
- Malina, R. M., Bouchard, C. i Oded, B.O. (2004). *Growth, maturation and physical activity*. Champaign: Human Kinetics.
- Marković, G. i Bradić, A. (2008). *Nogomet - integralni kondicijski trening*. Zagreb: Grafički zavod Hrvatske.
- Milanović, D. (2013). *Teorija treninga*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Mišigoj-Duraković, M. (2008). *Kinantropologija: biološki aspekti tjelesnog vježbanja*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Patel, D. R. i Nelson, T. L. (2000). Sports injuries in adolescence. *Medical Clinics of North America*, 84(4), str. 983-1007.

- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M. v., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., . . . Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), str. 221-230.
- Radman, I., Barišić, V. i Šunda, M. (2011). Etiologija ozljeda kod nogometaša 1. HNL. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik*, 26, str. 26-32.
- Rudan, V. (2004). Normalni adolescentni razvoj. *Medix*(52), str. 36-39.
- Serner, A., Jakobsen, M. D., Andersen, L. L., Hölmich, P., Sundstrup, E. i Thorborg, K. (2014). EMG evaluation of hip adduction exercises for soccer players: implications for exercise selection in prevention and treatment of groin injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 48, str. 1108-1114.
- Sexton, P. (2006). The Importance of Flexibility for Functional Range of Motion. *Human Kinetics*, 11(3), str. 13-17.
- Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., Hubka, T., Ebrahimi, S., Freeston, J. i Cobley, S. (2016). The Efficacy of Injury Prevention Programs in Adolescent Team Sports: A Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(9), str. 2415-2424.
- Stančić, N. (2016). *Mehanička i električna svojstva PE/MWCNT nanokompozita (završni rad)*. Zagreb: Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.
- Stein, C. J. i Micheli, L. J. (2010). Overuse Injuries in Youth Sports. *The Physician and Sportsmedicine*, 38(2), str. 102-108.
- Stojanović, M. D. i Ostojić, S. M. (2011). Stretching and Injury Prevention in Football: Current Perspectives. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 19(2), str. 73-91.
- Šentija, D. (n.d.). *Osnove funkcionalne anatomije*. Preuzeto 9. travanj 2020 iz Hrvatski nogometni savez: <http://hns-cff.hr/files/documents/4368/anatomija%20%20uefa%20b.pdf>
- Šimić, L., Šarabon, N. i Marković, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(2), str. 131-148.

- Tak, I., Engelaar, L., Gouttebarga, V., Barendrecht, M., Van den Heuvel, S., Kerkhoffs, G., . . . Weir, A. (2017). Is lower hip range of motion a risk factor for groin pain in athletes? A systematic review with clinical applications. *British Journal of Sports Medicine*, 51, str. 1611-1621.
- van der Sluis, A., Elferink-Gemser, M. T., Coelho-e-Silva, M. J., Nijboer, J. A., Brink, M. S. i Visscher, C. (2014). Sports Injuries Aligned to Peak Height Velocity in Talented Pubertal Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 35, str. 351-355.
- van der Worp, H., van Ark, M., Roerink, S., Pepping, G.-J., van den Akker-Scheek, I. i Zwerver, J. (2011). Risk factors for patellar tendinopathy: a systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 45, str. 445-452.
- Walker, B. (2011). *The Anatomy of Stretching your illustrated guide to flexibility and injury rehabilitation*. Berkeley: North Atlantic Books.
- Walker, B. (2013). *The Anatomy of Sports Injuries Your Illustrated Guide to Prevention, Diagnosis, and Treatment*. Berkeley, California: North Atlantic Books.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L. i McNair, P. (2004). Stretching and Injury Prevention An Obscure Relationship. *Journal of Sports Medicine*, 34(7), str. 443-449.
- Zakaria, A. A., Kinningham, R. B. i Sen, A. (2015). Effects of Static and Dynamic Stretching on Injury Prevention in High School Soccer Athletes: A Randomized Trial. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24, str. 229-235.