

OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA KOD NOGOMETAŠA

Tretinjak, Matej

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:117:286721>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-03**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Matej Tretinjak

**OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA
KOD NOGOMETAŠA**

diplomski rad

Zagreb, rujan, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

Naziv studija: Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i Kondicijska priprema sportaša

Vrsta studija: sveučilišni

Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij

Studij za stjecanje akademskog naziva: sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kondicijskoj pripremi sportaša (univ. mag. cin.)

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: Stručni rad

Naziv diplomskog rada: je prihvaćen od strane Povjerenstva za diplomske radove Kineziološkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2022./2023. dana 22.. ožujka 2023.

Mentor: doc. dr. sc. *Goran Vrgoč, dr. med.*

Pomoć pri izradi:

Ozljede prednjeg križnog ligamenta kod nogometaša

Matej Tretinjak, 0034081553

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. doc. dr. sc. <i>Goran Vrgoč</i> | Predsjednik - mentor |
| 2. prof. dr. sc. <i>Saša Janković</i> | član |
| 3. dr. sc. <i>Marin Dadić</i> | član |
| 4. doc. dr. sc. <i>Tatjana Trošt Bobić</i> | zamjena člana |

Broj etičkog odobrenja:

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Zagreb
Faculty of Kinesiology
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Strength and conditioning

Type of program: University

Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate

Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Strength and conditioning

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Type of thesis: Professional work

Master thesis: has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2022/2023 on March 22, 2023.

Mentor: Goran Vrgoč, associate prof., MD

Technical support:

Thesis title

Matej Tretinjak, 0034081553

Thesis defence committee:

- | | | |
|----|--------------------------------------|----------------------------|
| 1. | <i>Goran Vrgoč</i> , associate prof. | chairperson-
supervisor |
| 2. | Saša Janković, PhD, prof. | member |
| 3. | Marin Dadić, PhD, Sc. | member |
| 4. | Tatjana Trošt-Bobić, associate prof. | substitute member |

Ethics approval number:

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology,
Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna 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.Goran Vrgoč

Student:

Matej Tretinjak

OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA KOD NOGOMETAŠA

Sažetak

Nogomet je kontaktni sport kojeg karakterizira visoki intenzitet igre sa velikim brojem akcija kao što su: promjene smjera kretanja, akceleracija, deceleracija, skokova, doskoka itd. U takvom ubrzanom i zahtjevnom ritmu u kojemu se odigravaju nogometne utakmice nije rijedak slučaj pojava teških ozljeda. Takve ozljede predstavljaju veliki rizik za razvoj daljnje karijere sportaša, a jedna od najtežih je ozljeda prednjeg križnog ligamenta.

U ovom radu prikazana je anatomska i biomehanička struktura zgloba koljena sa naglaskom na prednji križni ligament. Nadalje, prikazani su epidemiološki podaci koji nam govore o proširenosti i učestalosti ove ozljede u okružju profesionalnog sporta. U prikazu su uključeni podaci iz najboljih svjetskih i europskih nogometnih liga.

Cilj ovog rada je istražiti i prikazati najučestalije beskontaktno mehanizme ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta. Iako postoje i kontakti mehanizmi ozljeđivanja, na njih treneri nemaju mogućnosti utjecati pa je fokus ovog rada na beskontaktnim mehanizmima ozljede prednjeg križnog ligamenta. Poznavanje tih mehanizama ključno je u radu trenera kako bi mogli utjecati na smanjenje pojavnosti ozljeda prednjeg križnog ligamenta među svojim igračima. Igrači u velikom broju slučajeva slabije usvojenom tehnikom motoričkih zadataka utječu na ozljedu. Kod krivo usvojenih doskoka, promjena smjera i deceleracija nogometaši potenciraju mogućnost ozljede prednjeg križnog ligamenta. Treneri bi u preventivne programe ozljede prednjeg križnog ligamenta trebali uključiti vježbe jačanja mišića koji se opiru povećanju sila u zglobu koljena te vježbe za usvajanje pravilne tehnike različitih rizičnih motoričkih zadataka koji se pojavljuju tijekom odigravanja utakmice. Tim postupkom bi treneri upotpunili i unaprijedili svoje preventivne programe te smanjili rizik za pojavu ove teške ozljede zgloba koljena.

Ključne riječi: beskontaktni mehanizmi, prednji križni ligament, preventivni programi, usvajanje tehnike

INJURIES OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT IN FOOTBALL PLAYERS

Summary

Football is a contact sport characterized by a high intensity of play with a large number of actions such as: changes of the direction of movement, acceleration, deceleration, jumps, landings, etc. In such an accelerated and demanding rhythm in which football matches are played, serious injuries are not uncommon. Such injuries represent a great risk for the further development of an athlete's career, and one of the most notorious is the anterior cruciate ligament injury.

This paper presents the anatomical and biomechanical structure of the knee joint with an emphasis on the anterior cruciate ligament. Epidemiological data are also presented that tell us about the prevalence and frequency of this injury in the professional sports environment. The display includes data from the best world and european football leagues.

The aim of this paper is to investigate and present the most common non-contact mechanisms of anterior cruciate ligament injury. Although there are also contact mechanisms of injury, coaches have no ability to influence them, so the focus of this work is on non-contact mechanisms. Knowledge of these mechanisms is essential in the work of coaches in order to influence the reduction of ACL injuries among their players. In a large number of cases, players influence the injury with a poorly adopted technique of motor tasks. When landing incorrectly, changing directions and decelerating, soccer players increase the possibility of injury to the anterior cruciate ligament. Coaches should include exercises to strengthen the muscles that resist the increase of forces in the knee joint and exercises to adopt the correct technique of various risky motor tasks that appear during the game in the preventive programs of anterior cruciate ligament injuries. With this procedure, coaches would complete and improve their preventive programs and reduce the risk of this serious injury to the knee joint.

Key words: non-contact mechanisms, anterior cruciate ligament, preventive programs, technique adoption

Sadržaji

1. Uvod	1
2. Anatomska struktura zgloba koljena	2
2.1. Kostí	2
2.2. Ligamenti	3
2.3. Menisci	4
2.4. Mišići	5
2.4.1. Prednja strana natkoljenice	5
2.4.2. Stražnja strana natkoljenice	6
2.4.3. Medijalna strana natkoljenice	7
2.4.4. Mišići stražnje strane potkoljenice	7
2.5. ACL	8
3. Biomehanika zgloba koljena	10
3.1. Patelofemoralni zglob	11
3.2. Funkcija mišića u stabilnosti zgloba koljena	12
4. Epidemiologija ozljede prednjeg križnog ligamenta	13
4.1. Talijanska liga (Serie A)	13
4.2. Njemačka liga (Bundesliga)	14
4.3. Španjolska liga (La Liga)	15
4.4. Brazilska liga (Serie A i Serie B)	17
4.5. Turska liga (Super Liga)	17
4.6. Utjecaj ozljede prednjeg križnog ligamenta u najboljim europskim ligama	19
4.7. Utjecaj ozljede prednjeg križnog ligamenta - UEFA	20
5. Mehanizmi ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta	23
5.1. Video analize mehanizama ozljeđivanja	23
5.2. Beskontaktni mehanizmi ozljeđivanja	28
5.3. Utjecaj mišića na stvaranje sila u koljenu	32
6. Preventivni programi ozljede prednjeg križnog ligamenta	34
6.1. FIFA 11+ program	34
7. Zaključak	36
8. Literatura	38

1.Uvod

Nogomet je od svojih početaka igra koja okuplja veliki broj ljudi te se u današnje vrijeme smatra najpopularnijim sportom na svijetu. Kako se povećava njegova popularnost, povećavaju se i zahtjevi na igrače koji svoj život posvećuju treningu i oporavku kako bi zabavljali mase pratioca i zaljubljenika u sport na velikom broju natjecanja. Nažalost, zbog prevelikog opterećenja koje podrazumijeva moderni nogomet, često se događa da nogometaši pretrpe ozljede zbog kojih višemjesečno izbjivaju s terena, a ponekad takve ozljede dovode i do ranog prekida karijere što je najgori mogući ishod za sportaša. Allen i sur. (2023) govore kako se u engleskoj Premier ligi udaljenost visoko-intenzivnog trčanja u razdoblju od 2006. do 2013. godine povećala za 30% te se pretpostavlja da će do 2030. ta udaljenost narasti i do 40%.

Povećani intenzitet tijekom utakmice u kombinaciji sa gustim rasporedom i nedovoljnim vremenom za oporavak rezultira raznim ozljedama donjih ekstremiteta, a jedna od najneugodnijih je ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Della Villa i sur. (2020) kažu kako je ozljeda prednjeg križnog ligamenta zabrinjavajući problem za nogometaše te usprkos saznanjima o toj temi nema smanjivanja slučajeva ozlijeđenih. Unatoč činjenici da se većina sportaša uspješno oporavi od ozljede prednjeg križnog ligamenta, posljedice mogu biti značajne za daljnji razvoj karijere sportaša. Neke od posljedica su mogućnost ozljeđivanja drugih struktura u zglobu koljena, rani početak osteoartritisa koljena te preuranjeni završetak karijere (Della Villa i sur., 2020).

Zbog ozbiljnosti i posljedica kojima ova ozljeda može utjecati na daljnji razvoj sportaševe karijere, velika je važnost poznavanja i prepoznavanja njenih mehanizama ozljeđivanja te rizičnih faktora. U skladu s time, treneri trebaju planirati i programirati višekomponentne preventivne programe koji pozitivno utječu na smanjenje slučajeva ozljeda prednjeg križnog ligamenta (Acevedo i sur., 2014).

Cilj ovog rada je pregledom dosadašnje literature i istraživanja na temu ozljeda prednjeg križnog ligamenta prikazati najučestalije mehanizme beskontaktnog ozljeđivanja te predložiti preventivni program koji bi pozitivno djelovao na smanjenje incidencije ove ozljede kod nogometaša

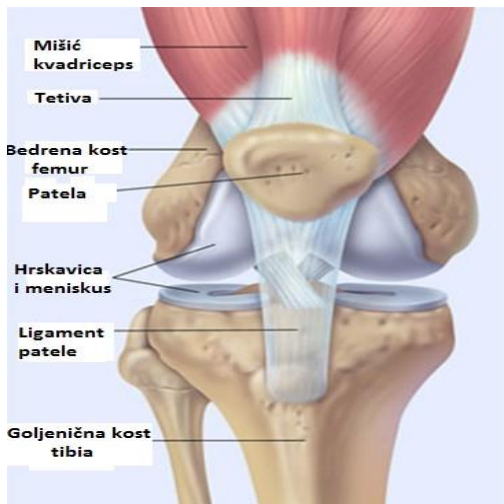
2. Anatomska struktura zgloba koljena

2.1. Kost

Koljeno je najveći zglob ljudskog tijela koji zbog svoje strukture spada u sferu kompleksnijih zglobova. Zglob koljena čine tri kosti, konveksni dio čine kondili femura, a konkavni dio čine udubljene plohe na kondilima tibije. Patela (iver) je treća i posljednja kost zgloba koljena te je smještena ispred distalnog dijela femura između njegovih kondila (Šentija i sur. , 2015).

Hijalina hrskavica je vezivno tkivo koje obavija sve koštane strukture zgloba koljena. Ona omogućuje klizanje i rotaciju između zglobovih komponenti femura, tibije i patele koja se vezuje na femoralnu trohleu uz nisko trenje (Vaienti i sur., 2017).

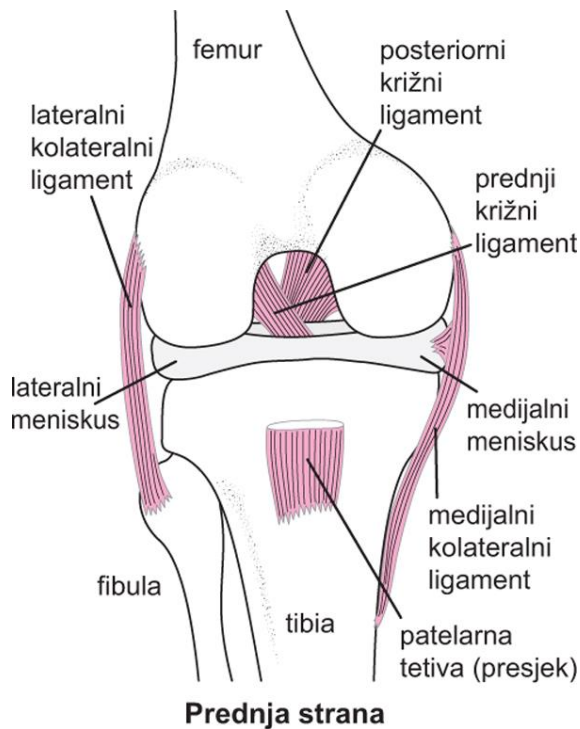
Čine ga dva zgloba, femorotibijalni koji nosi većinu mase ljudskog tijela te patelofemoralni koji prenosi sile koje se stvaraju kontrakcijom mišića prednje strane natkoljenice. Njihova građa omogućuje kretanje koljena u svim ravninama (sagitalnoj, transverzalnoj i frontalnoj). Te kretnje uključuju fleksiju i ekstenziju (sagitalna), unutarnju i vanjsku rotaciju (transverzalna) te varus i valgus pozicije (frontalna ravnina) zgloba koljena. (Abulhasan i Grey , 2017).



Slika 1. Prikaz kostiju koje čine zglob koljena

2.2.Ligamenti

Ligamenti služe kao primarni stabilizatori koljena. Oni su tkiva koja povezuju dvije kosti te pružaju potporu zglobovima između kostiju. U zglobu koljena tu potporu u većinskom dijelu omogućuju kolateralni ligamenti (medijalni i lateralni) i ukriženi ligamenti (prednji i stražnji), a osim spomenutih u tome sudjeluju i neki manji ligamenti kao što su transverzalni, poplitealni, popliteofibularni, kosi poplitealni te lučni. Uloga prednjeg križnog ligamenta je spriječiti prednju translaciju tibije i rotaciju tibije u odnosu na femur. S druge strane, uloga stražnjeg križnog ligamenta je spriječiti stražnju translaciju tibije. Medijalni kolateralni ligament osigurava stabilnost unutarnjem dijelu zgloba koljena, onemogućavajući pretjerani valgus stres tijekom unutarnje rotacije koljena. Lateralni kolateralni ligament proteže se od femura do lisne (fibula) kosti te služi kao osigurač vanjskog dijela koljena sprječavajući pretjerani varus stres te vanjsku rotaciju (Abulhasan i Grey, 2017).

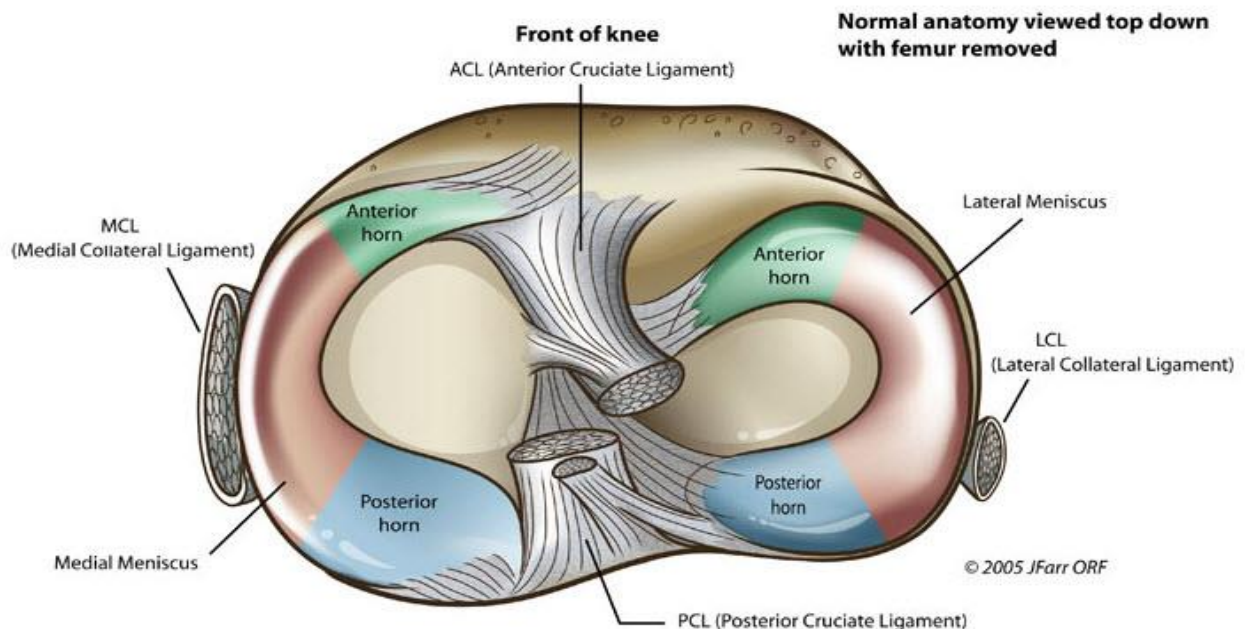


Slika 2. Prikaz ligamenata koji stabiliziraju zglob koljena

2.3. Menisci

Menisci su polumjesečaste vezivnohrskavične tvorbe u zglobu koljena čija je uloga amortizacija sile, povećanje stabilnosti zgloba te pomoć pri distribuciji sinovijalne tekućine. Lateralni i medijalni menisk zajedno tvore konkavnu površinu na proksimalnom dijelu tibije koja se povezuje sa konveksnim kondilima femura. Lateralni menisk sa prednje i stražnje strane hvata se na tibiju. Prednji rog hvata se ispred interkondilarne eminencije pored prednjeg križnog ligamenta, a stražnji rog hvata se ispred stražnjeg roga medijalnog meniskusa. Unatoč tome što je lateralni menisk većim dijelom vezan za prednji i stražnji dio čahure zgloba koljena, u stražnjem lateralnom dijelu područja poplitealne tetive nije vezan za zglobnu čahuru što mu omogućuje veću pokretljivost (Cox i Hubbard, 2022).

Medijalni menisk hvata se prednjim rogom na prednji križni ligament, a stražnjim na stražnji križni ligament. Također se hvata i na medijalni kolateralni ligament, što rezultira smanjenom pokretljivošću. U usporedbi sa lateralnim meniskom, medijalni je više polumjesečastog oblika, manji je te samim time pokriva manji dio tibijalnog platoa i postoji manje varijacija u njegovom obliku, veličini i debljini (Farrell i sur., 2023).



Slika 3. Položaj meniskusa u zglobu koljena

2.4. Mišići

- Prednja strana natkoljenice (quadriceps femoris)
- Stražnja strana natkoljenice (biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus)
- Medijalna strana natkoljenice (gracilis, sartorius)
- Stražnja strana potkoljenice (gastrocnemius, soleus, plantaris)

2.4.1. Prednja strana natkoljenice

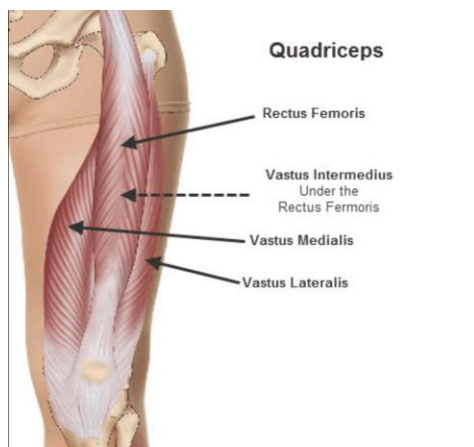
Kvadriceps femoris podijeljen je na četiri mišića, a to su : rectus femoris, vastus medialis, vastus intermedius i vastus lateralis. Sa patelom se spaja putem tetive kvadricepsa, a inervira ga femoralni živac. Mišići vastusa zaslužni su za ekstenziju koljena, a rectus femoris uz ekstenziju koljena sudjeluje i u pregibu kuka.

Rectus femoris : 2 proksimalne glave : ravna glava – polazište spina iliaca anterior inferior, hvatište hrapavost tibije, druga glava – polazište žlijeb iznad acetabuluma, hvatište hrapavost tibije.

Vastus lateralis : polazište na velikom trohanteru, hvatište lateralni dio patele.

Vastus medialis : polazište donji dio intertrohanterne linije i medijalne usne linea aspera, hvatište medijalni dio patele.

Vastus intermedius : polazište prednja bočna površina dijafize femura, hvatište lateralna granica patele (Khan i Arain, 2019).



Slika 4. Mišići prednje strane natkoljenice

2.4.2. Stražnja strana natkoljenice

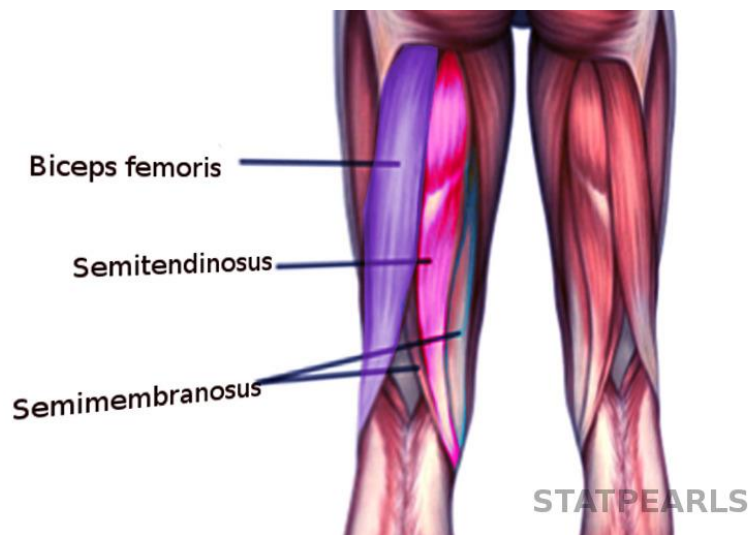
U regiji stražnje strane natkoljenice nalazimo mišiće : biceps femoris, semitendinosus i semimembranosus. Biceps femoris građen je od dvije glave, kratke i duge. Semitendinosus i duga glava biceps femorisa nalaze se površinski iznad semimembranosusa i kratke glave biceps femorisa. Mišići stražnje strane natkoljenice primarno rade kao opružaći kuka i pregibači koljena. Iznimka je kratka glava biceps femorisa koja djeluje samo kao pregibač koljena.

Biceps femoris, kratka glava : polazište linea aspera i lateralna suprakondilarna linija femura, hvatište lateralna strana glave fibule.

Biceps femoris, duga glava : polazište sjedna kvrga, hvatište lateralna strana glave fibule.

Semitendinosus : polazište sjedna kvrga, hvatište medijalna površina tibije.

Semimembranosus : polazište sjedna kvrga, hvatište medijalna površina tibije (Anderson i Vilella, 2020).



Slika 5. Mišići stražnje strane natkoljenice

2.4.3. Medijalna strana natkoljenice

Mišić koji se nalazi najviše medijalno u području natkoljenice je gracilis. Iako sartorius nema polazište na medijalnom dijelu, kako prolazi distalno, križa se medijalno sa ekstenzorima koljena te se hvata na medijalni proksimalni dio tibije. Mjesto na kojem se hvataju gracilis, sartorius i semitendinosus na proksimalnom, prednjem i medijalnom dijelu tibije naziva se pes anserinus ili „guščja noga“.

Sartorius : polazište spina iliaca anterior superior, hvatište medijalni proksimalni dio tibije (pes anserinus)

Gracilis : polazište prednji dio pubične kosti, ramus pubis inferior, hvatište pes anserinus (Ramage i Varacallo, 2018).



Slika 6. Mišići medijalne strane natkoljenice

2.4.4. Mišići stražnje strane potkoljenice

Na površinskom dijelu ove regije nalazimo mišiće gastrocnemius, soleus te plantaris. Mišić gastrocnemius je podijeljen na dvije glave, lateralnu te veću, medijalnu. Soleus se nalazi dublje ispod mišića gastrocnemiusa koji ga prekriva te ova dva mišića zajedno nazivamo triceps surae.

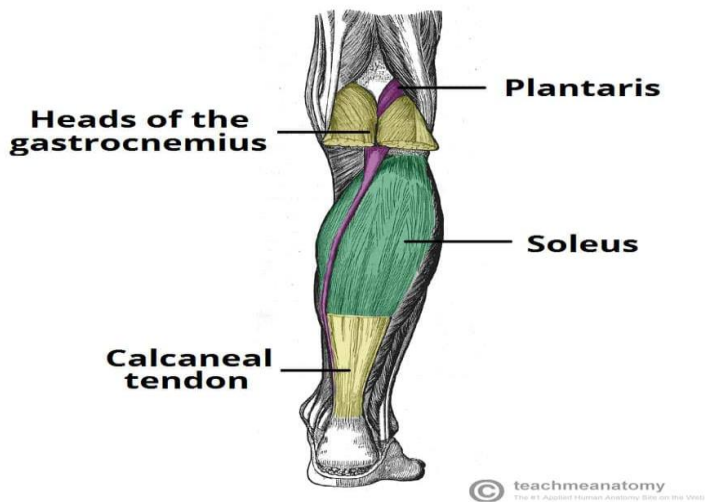
Također, u svom distalnom dijelu ova dva mišića spajaju se zajedno s Ahilovom tetivom koja se hvata na petnu kvrgu.

Gastrocnemius, medijalna glava : polazište medijalni kondil femura, hvatište petna kvrga.

Gastrocnemius, lateralna glava : polazište lateralni kondil femura, hvatište petna kvrga.

Soleus : polazište stražnji dio fibule i solealna linija tibije, hvatište petna kvrga

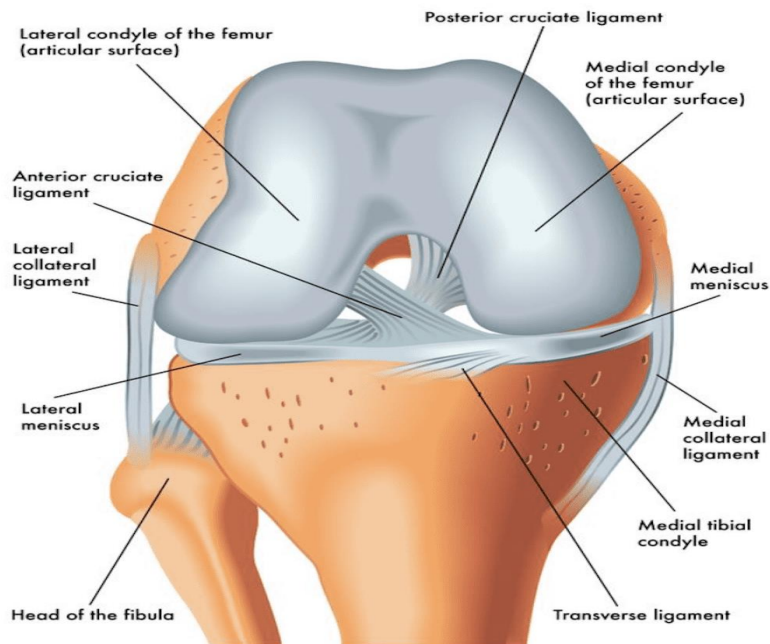
Plantaris : polazište lateralna suprakondilarna linija femura, hvatište petna kvrga uz ahilovu tetivu
(Mostafa, Graefe i Varacallo, 2022)



Slika 7. Mišići stražnje strane potkoljenice

2.5. ACL

Prednji križni ligament (od eng. ACL) je struktura u koljenu koja povezuje bedrenu (femur) i goljeničnu (tibia) kost. Na tibiji potječe između lateralnog i medijalnog kondila i ispred interkondilarne eminencije te nastavlja prema natrag, spajajući se s femurom na posteromedijalni dio lateralnog kondila. ACL ima vlastitu sinovijalnu membranu unatoč tome što pripada zglobu koljena (Morales-Avalos i sur., 2023).



Slika 8. Prikaz strukture zgloba koljena te položaja ACL-a

Stručnjaci su u prošlosti smatrali kako je prednji križni ligament jedna cjelina. Kasnije se ustanovilo da je zapravo tvorevina nekoliko ligamentarnih snopova. Ti snopovi podijeljeni su na anteromedijalni, posterolateralni te po najnovijim istraživanjima, intermedijalni snop. Razlikujemo ih po mjestu spajanja s kosti te po tkivnoj ovojnici koja ih razdvaja. Svi su snopovi nazvani po lokaciji na kojoj se spajaju s tibiom (Morales-Avalos i sur., 2023).

Anteromedijalni snop je kraći te je napet prilikom fleksije, a opušten prilikom ekstenzije zgloba koljena dok je posterolateralni snop napet u ekstenziji koljena (Abulhasan i Grey, 2017).

Istraživanja koja su proučavala anatomiju prednjeg križnog ligamenta pomoću magnetske rezonancije govore kako je prosječna dužina od 27 do 38mm (ovisi i o poziciji koljena tijekom uzimanja mjera) te prosječna širina 10 do 12mm (Morales-Avalos i sur., 2023).

Prednji križni ligament djeluje kao stabilizator zgloba koljena, primarno sprječavajući prednju translaciju tibije u odnosu na femur tijekom fleksije koljena. Ima veliku ulogu u kretanjama koljena, omogućujući do 85% anteriorne stabilnosti. Sekundarnu ulogu preuzima kod sprječavanja varus-valgus pozicija koljena te unutarnje rotacije tibije, osobito u trenutku kada je koljeno u poziciji pregiba između 10-30°. Nakon 30° postaje prezategnut što ograničava mogućnost unutarašnje rotacije (Vaienti i sur., 2017).

3. Biomehanika zgloba koljena

Strukture koje grade zglob koljena čine ga jednim od kompleksnijih zglobova u ljudskome tijelu. Kretnje u koljenu su policentrične, pri čemu se središte rotacije mijenja prilikom kretanja u sagitalnoj ravnini. Tibia i femur zajedno čine bieliptičnu strukturu što rezultira kotrljanjem tibije po femuru, odnosno anteriorno-posteriornom translacijom prilikom fleksije i ekstenzije zgloba koljena. U slučaju kada je kut rotacije manji od 20° , dešava se kotrljanje tibije na femuru, a kada je veći od 20° postupno prelazi u klizanje s kotrljanjem pa na kraju u klizanje. Putanja centra koljena u sagitalnoj ravnini opisuje se u obliku slova J. U transverzalnoj ravnini, pokreti su mogući u obliku vanjske i unutarnje rotacije. U trenutku kada je koljeno u rasponu od $10-15^\circ$ do potpunog opuštanja, dolazi do unutarnje rotacije medijalnog kondila femura te vanjske rotacije tibije. Istovremeno se dešavaju i prednja translacija lateralnog meniska te pomak prema natrag medijalnog meniska. U trenutku kada je koljeno u potpunoj ekstenziji, stabilnosti radi, dešava se samozaključavanje zgloba. Razlog tome je veća površina medijalnog kondila u usporedbi sa lateralnim kondilom femura te ograničenja koja križni, kolateralni ligamenti i mišići quadriceps femorisa imaju u stvaranju pokreta zgloba koljena. Sa biomehaničkog stajališta, opterećenja na medijalni i lateralni dio koljena te moment adukcije koljena u frontalnoj ravnini su najznačajnije stavke. Medijalna strana zgloba koljena podnosi veće sile i opterećenja što rezultira blagom varus pozicijom kod normalnog i zdravog koljena. U istraživanju Specogne i sur., prema Zhang i sur. (2020), ustanovljeno je kako medijalni dio podnosi čak 60-80% opterećenja na zglob koljena (Zhang i sur., 2020).

Karakteristike, građa i položaj struktura koje čine zglob koljena, omogućuju mu šest stupnjeva slobode. Od toga su tri translacijska : anterioposteriorni, medijalno-lateralni te inferiorno-superiorni, a osim njih postoje tri rotacijska : fleksija-ekstenzija, unutarnja-vanjska rotacija i adukcija-abdukcija. Faktori koji utječu na kretanje u koljenu su klizanje između zglobnih površina tibije i femura te položaj glavna četiri ligamenta zgloba koljena. Kretanja koja se smatra najvažnijom zbog najvećeg opsega pokreta je fleksija-ekstenzija. Fleksija koljena definira se kao kretanja približavanja potkoljenice stražnjem dijelu natkoljenice, a aktivnim pregibanjem ljudsko tijelo ostvaruje $120-140^\circ$ dok je uz pasivnu pomoć (vanjsku silu) moguće ostvariti i do 160° . Zbog svoje različite građe, kondili femura utječu na položaj i kretanje zglobnih struktura tijekom izvođenja fleksije i ekstenzije. Lateralni femoralni kondil ima veću rotaciju tijekom prvih $15-20^\circ$ pregibanja

zbog većeg radijusa zakrivljenosti u odnosu na medijalni kondil. Zbog tih razlika, tijekom fleksije koljena događa se unutarnja rotacija tibije. S druge strane, tijekom opružanja zgloba koljena dešava se vanjska rotacija tibije u odnosu na femur. Ta radnja zaključavanja koljena je isključivo pasivna te se događa zbog položaja različitih struktura koje čine zglob koljena (Vaienti i sur., 2017).

3.1. Patelofemoralni zglob

Ovaj zglob čine najveća sezamoidna kost u tijelu čovjeka i femur. Izvršava nekoliko funkcija u lokomotornom sustavu, a one su sljedeće :

- Povećanje poluge kvadricepsa
- Osigurati stabilnost prilikom opterećenja
- Omogućiti prijenos sile sa kvadricepsa na tibiju
- Zaštititi trohleju i femoralne kondile prilikom pregibanja koljena

Prilikom pregibanja dolazi do pomicanja patele distalno po femuru. Mogućnost patele da prenese silu na trohlearnu površinu ovisi o aktivaciji mišića kvadricepsa. Prvi kontakt između patele i trohleje dešava se unutar 10° i 20° pregiba koljena. Taj kontakt ostvaruje se duž medijalne i lateralne strane donjeg dijela patele. S povećanjem pregiba u zglobu koljena, povećava se i kontaktna površina između dva zglobna tijela te nakon 90° fleksije zglobne strukture patele ostvaruju kontakt sa trohlejom. Kako se fleksija u koljenu nastavlja i dolazi do 120° tako patela ostvaruje kontakt sa femoralnim kondilima.

Površine zglobnih tijela, mišići i ligamenti zaslužni su za stabilnost ovog zgloba. Mišić kvadriceps femoris veoma je bitan za pravilnu funkciju patelofemoralnog zgloba. Q-kut ili kut kvadricepsa predstavlja kut stvoren između mišića kvadricepsa i patelarne tetive. Kada je koljeno potpuno ispruženo postoji minimalan kontakt između patele i trohleje femura. Tijekom početne faze pregibanja pa sve do 30° dodatnu stabilnost osigurava mišić vastus medialis. Usporedno sa povećanjem pregiba raste i Q-kut zbog medijalne rotacije tibije (Vaienti i sur., 2017).

3.2 Funkcija mišića u stabilnosti zgloba koljena

Mišići oko zgloba koljena i kuka predstavljaju sekundarne stabilizatore zgloba koljena. Njihova primarna funkcija je omogućiti prirodnu slobodu kretanja u koljenu. Sa prednje strane natkoljenice nalazimo quadriceps femoris. Njega djelimo na više mišića od kojih je rectus femoris jedini dvozglobni mišić koji ima ulogu i u mobilizaciji zgloba kuka. Ostali mišići kvadricepsa su vastus lateralis, vastus medialis te vastus intermedius, a njihova primarna zadaća je ekstenzija koljena. Sa stražnje strane natkoljenice protežu se mišići biceps femoris, semimembranosus te semitendinosus, a njihova uloga je fleksija zgloba koljena. Semitendinosus također služi kao medijalni rotator koljena dok biceps femoris i semimembranosus preuzimaju ulogu lateralnog rotatora. U stražnjem dijelu potkoljenice nalaze se mišići plantaris, gastrocnemius te soleus čija je primarna zadaća plantarna fleksija, a osim toga sudjeluju i u fleksiji koljena. Osim toga, soleus preuzima ulogu sprječavanja prednje translacije koljena. Sa unutarnje strane zgloba koljena nalaze se mišići gracilis i sartorius koji služe kao pregibači koljena. Lateralni dio koljena sadrži mišiće koji primarno rade pregib u koljenu, a sekundarna uloga im je opružanje kuka. Pod navedene mišiće spadaju popliteus i iliotibijalni trakt. Uz iliotibijalni trakt postoji i mišić tensor fascie latae s kojim zajedno vrši ulogu lateralne stabilizacije koljena. (Abulhasan i Grey, 2017).

4.Epidemiologija ozljede prednjeg križnog ligamenta

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta potencijalno može ugroziti daljnu igračku karijeru profesionalnih sportaša. Nažalost, usprkos novitetima u sferi pripreme, oporavka i prevencije ozljeda, i dalje iz sezone u sezonu svjedočimo ozljedi prednjeg križnog ligamenta u profesionalnom nogometu. Ubrzan i žestok ritam nogometnih utakmica uz akumulaciju umora tijekom sezone rezultira povredom onih manje sretnih igrača. Oporavak je dugotrajan i ne garantira povratak na stanje kao i prije ozljede, a osim toga se povećava mogućnost ponovne ozljede ili ozljede drugog koljena. U sljedećim redovima, biti će prikazani epidemiološki podaci o ozljedi prednjeg križnog ligamenta iz raznih nogometnih liga, od kojih neke spadaju u sami vrh europskog i svjetskog nogometa.

4.1 Talijanska liga (Serie A)

Grassi i sur. (2019) istraživali su epidemiološke podatke o ozljedi prednjeg križnog ligamenta u talijanskoj prvoj nogometnoj ligi. Podatke su prikupljali tijekom 7 godina, odnosno od sezone 2011/2012 do sezone 2017/2018, pomoću dostupnih nogometnih baza podataka. Također su uzeli u obzir i druga natjecanja u kojima sudjeluju klubovi iz Serie A kao što su Talijanski kup, UEFA (Ujedinjeni Europski Nogometni Savez) Europska liga i UEFA Liga prvaka. Kako momčadi koje sudjeluju u Ligi prvaka, koja se smatra najprestižnijim klupskim natjecanjem, igraju više utakmica od ostalih tijekom sezone, istraživači su klasificirali momčadi u dvije skupine. Prva skupina visokorangiranih, koji igraju Ligu prvaka, sastojala se od prve četiri ekipe na tablici Serie A, a ostale ekipe od 5. do 20. mjesta na tablici klasificirane su kao nižerangirane. Za svakog ozljeđenog igrača, izvlačili su podatke o situaciji i vremenu ozljede, antropološke karakteristike igrača te njihovu povijest ozljeda. Podijelili su ozljede na kategorije liga, kup, reprezentacija i trening. Prijašnje kontralateralne i ipsilateralne ozljede uzeli su u obzir, prikupljajući podatke o povijesti ozljeda prije sezone 2011/2012. Podatke o stopi incidencije izračunali su brojem ozljeda podijeljenim sa ukupnim brojem igrača-vremena (vrijeme tijekom kojeg su igrači podložni ozljedi). Podatke o kumulativnoj incidenciji dobili su brojem novoozlijeđenih podijeljenog sa ukupnim brojem sportaša pod rizikom tijekom određenog vremenskog razdoblja. Tijekom vremenskog razdoblja od 7 sezona, zabilježeno je 84 ozljede prednjeg križnog ligamenta. Ozljeđeni igrači starosti $25,3 \pm 4,2$ godine, dominantno su bili braniči (43%), a slijedili su ih vezni igrači

(31%), napadači (20%) te naposljetku vratari (6%). Od ukupnog broja ozlijeđenih igrača, čak 25% igrača imalo je prethodnu ozljedu prednjeg križnog ligamenta (15% ponovnih ozljeda, 10% ozljeda suprotnog koljena). Najviše ozljeda desilo se za vrijeme odigravanja ligaških utakmica Serie A (44%), a slijedile su ih ozljede tijekom treninga (40%). Stopa incidencije glasila je 0,4215 za svakih 1000 sati odigranih u Serie A i nije se statistički značajno mijenjala tijekom promatranih sezona, a za vrijeme treninga ta je brojka iznosila 0,0305 za svakih 1000 sati treninga. Tijekom odigravanja utakmica Serie A, relativni rizik ozljeđivanja bio je 14 puta veći nego tijekom izvođenja treninga. Ukupna stopa ozljeđivanja na 1000 sati igre (utakmice i treninzi) bila je 0,0618. Što se tiče kumulativne incidencije, postotak ozlijeđenih igrača od ukupnog broja igrača talijanske lige bio je 2,04% i nije se statistički značajno mijenjao tijekom promatranih sezona. Na temelju ovih podataka, okvirno su zaključili kako svaka ekipa pretrpi 1 ozljedu prednjeg križnog ligamenta svake druge sezone. Nadalje, prepostavili su kako se ova ozljeda dešava približno nakon svakih 72 odigrane utakmice Serie A. Što se tiče distribucije ozljede tijekom sezone, vidljiva su 2 perioda u kojima je povećan broj ozljeda, a to su listopad i ožujak. Najveći broj ozljeda tijekom treninga utvrđen je u mjesecima lipnju i srpnju. Istražujući razliku u broju ozljeda između višerangiranih i nižerangiranih ekipa otkriveno je kako višerangirane imaju 2,2 puta veće izgleda za ozljeđivanje igrača tijekom 1000 sati igre, a 2,4 puta veće tijekom treninga. Pretpostavka je da je ta razlika zamjetna radi većeg broja i kvalitete utakmica koje odigravaju ekipe iz gornjeg dijela tablice u europskim natjecanjima.

4.2. Njemačka liga (Bundesliga)

Schiffner i sur. (2018) bavili su se epidemiološkim istraživanjem ruptura prednjeg križnog ligamenta u njemačkoj Bundesligi tijekom razdoblja od 7 i pol sezona. Uzorak ispitanika uključivao je sve igrače 18 ekipa Bundeslige u razdoblju od 2009. godine do polusezone 2016. Podatke su prikupljali koristeći dostupne baze podataka u kojima su opisani mehanizmi ozljeđivanja, vrijeme oporavka itd. Analizirane su ekipe u razdoblju sezone 2009/2010 do prve polovice sezone 2016/2017. Rupture prednjeg križnog ligamenta računale su kao incidencija na 1000 sati izloženosti treningu ili utakmicama. Tijekom promatranog razdoblja zabilježeno je 72 ozljede prednjeg križnog ligamenta na 66 nogometaša. Stopa incidencija iznosila je 0,040 za svakih 1000 odigranih sati. U prosjeku, po sezoni je ta brojka iznosila 9,6 ozlijeđenih u ligi, odnosno 0,53

ozljeđenih po ekipi. S obzirom na mehanizme ozljeđivanja, rezultati su pokazali kako 54% ozljeda nastaje beskontaktnim mehanizmima, a ostatak nastaje kontaktom između igrača. Tijekom utakmica je zabilježen najveći postotak ozljeda od 72%, a ostatak od 28% zabilježen je tijekom treninga. Ponovnu rupturu prednjeg križnog ligamenta doživjela su 4 sportaša, a rupturu prednjeg križnog ligamenta suprotnog koljena doživjela su petorica. Ozljeđeni igrači prosječne starosti $24 \pm 3,6$ godina, u rasponu od 17 do 34 godine nisu pokazali korelaciju sa vremenom oporavka i starosti. Period najvećeg postotka ozljeda u pravilu se dešavao tijekom priprema u srpnju i kolovozu, a tijekom prvog dijela sezone taj je broj opadao od kolovoza do listopada. U drugom dijelu sezone, postotak ruptura prednjeg križnog ligamenta bio je nepromijenjen između veljače i svibnja. Rasprostranjenost ozljede prednjeg križnog ligamenta s obzirom na poziciju u igri pokazala je kako nema statistički značajne razlike između braniča, veznih igrača te napadača. Golmani su pod značajno manjim rizikom za ozljedu prednjeg križnog ligamenta te je tijekom promatranog razdoblja zabilježena samo jedna ozljeda golmana kontaktnim mehanizmom. Nakon promatranog razdoblja utvrdilo se kako se trend ozljede prednjeg križnog ligamenta nije ni povećao ni smanjio tijekom sezona.

4.3. Španjolska liga (La Liga)

Istraživajući epidemiološke podatke o ozljedi prednjeg križnog ligamenta, Requejo-Herrero i sur. (2022) proveli su retrospektivnu kohortnu studiju. Pomoću dostupnih baza podataka, prikupljali su informacije o ozljedi prednjeg križnog ligamenta u španjolskoj elitnoj nogometnoj ligi tijekom 10 godina, odnosno od sezone 2010/2011 do 2019/2022. U španjolskoj ligi natječe se 20 ekipa, koje tijekom sezone odigraju 380 utakmica (38 utakmica po ekipi). Ekipe koje tijekom sezone ostvare rezultat od 1. do 4. mjesta na tablici, u sljedećoj sezoni natječu se u UEFA ligi prvaka koja se smatra najvećim klupskim natjecanjem. Nadalje, ekipe koje završe sezonu na 5. do 7. mjestu, natječu se iduće sezone u UEFA Europskoj ligi. Ova natjecanja odvijaju se istovremeno sa ligaškim natjecanjem, a osim toga tijekom regularne sezone odigrava se i Španjolski Kup Kralja (Copa del Rey) koji rezultira još gušćim rasporedom. Tijekom perioda istraživanja, igrači koji su pretrpili potpunu ili djelomičnu rupturu prednjeg križnog ligamenta sa operativnim postupkom svrstani su u uzorak. Za svakog igrača uključenog u studiju, promatrane su sljedeće karakteristike: sezona i trenutak ozljede, starost, visina, pozicija, dominantna noga, mehanizam ozljeđivanja, strana

ozljede, ponovna ozljeda te vrijeme oporavka. Trenutak ozljede dijelio se na pripreme i sezonu, a tijekom sezone su ozljede podijeljene na trening ili utakmicu te s obzirom na različita natjecanja u kojima ekipe sudjeluju (liga, kup,...). Što se tiče mehanizama ozljeđivanja, ozljede koje su se desile tijekom kontakta s drugim igračima ili neposredno nakon kontakta s igračima klasificirane su kao kontaktne ozljede, a sve ostale ozljede koje su se dogodile usred trčanja, naglih promjena smjera, skokova ili usporavanja klasificirane su kao beskontaktne ozljede. Statističkom analizom računala se kumulativna incidencija te stopa incidencije. Kumulativna incidencija računala se dijeljenjem broja ozljeđenih nogometaša tijekom promatranog razdoblja sa ukupnim brojem nogometaša. Stopa incidencije računala se dijeljenjem broja ozljeda pomnoženim s 1000 sa satima izloženosti pomnoženim s ukupnim brojem nogometaša. Ukupno je zabilježeno 110 ozljeda prednjeg križnog ligamenta kod 93 igrača. Ponovnu ozljedu u promatranom periodu doživio je 17 igrača. Prosječna starost ozljeđenih bila je 25,8 godina, uz prosječno vrijeme povratka na teren od 218,8 dana. U većem broju slučajeva ozljeda je bila beskontaktna (56,36%), dok je kontaktnim mehanizmom ozljeđen manji broj nogometaša (27,27%). Mehanizam ozljeđivanja nije određen u ostatku slučajeva (16,36%). Kod ponovno ozljeđenih nogometaša kontralateralne ozljede (9,09%) zabilježene su češće nego ipsilateralne (6,36%). Istraživači su uvidjeli kako je rizik za ozljeđivanje tijekom odigravanja ligaških utakmica (stopa incidencije 0,018 na tisuću sati) veći 68 puta nego tijekom svakodnevnih treninga (stopa incidencije 0,00026 na tisuću sati). Razmatrajući kolektivno sva natjecanja i treninge igrača tijekom sezone, stopa incidencije glasila je 0,0016 ozljeda svakih 1000 sati. Također, rizik za ozljeđivanje tijekom natjecanja bio je 1,41 puta veći od rizika na treningu. U razdoblju provođenja ove studije, 1,87% igrača španjolske La Lige pretrpilo je ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Procijenjene su 10,3 ozljede svake godine, odnosno 0,51 ozljeda po ekipi tijekom sezone, a tom računicom dolazimo do 1 ozljede svake druge sezone po ekipi. Uspoređujući epidemiologiju po igračkim pozicijama uvidjelo se kako nema statistički značajne razlike između braniča (32,72%), veznih igrača (29,1%) i napadača (28,18%), a statistički značajno manje ozljeđivani su golmani (samo 10%). Promatrajući sezonu, istraživači su uvidjeli 2 vremenska perioda u kojima su igrači bili podložniji ozljedi prednjeg križnog ligamenta. Prvi vrhunac dešavao se tijekom rujna-listopada, a drugi tijekom ožujka-travnja. Ljeto je bilo period sa najmanje ozljeda, a i najmanje natjecateljskog napora. Osim razlika unutar jedne sezone, uviđena je i razlika među sezonama gdje su sezone 2015-2016 i 2017-2018 bile periodi u kojima je zabilježen statistički značajno veći broj ozljeda prednjeg križnog ligamenta.

4.4. *Brazilska liga (Serie A i Serie B)*

Tazima Nitta i sur. (2021) tijekom 5 sezona istraživali su epidemiološke podatke o ozljedi prednjeg križnog ligamenta među igračima prve i druge brazilske nogometne lige. Podatke su prikupljali služeći se dostupnim bazama podataka. U periodu od 2015.-2019. pratili su podatke o ozljedama u prvoj i drugoj nogometnoj ligi. Obje lige imaju 20 ekipa koje odigraju 38 utakmica po sezoni (ukupno 380) što zbrajanjem iznosi i preko 12000 sati igre po sezoni. Ozljeđenim igračima tijekom razdoblja istraživanja, zabilježili su starost u trenutku ozljede, poziciju na terenu, godišnje doba u trenutku ozljede te vrijeme povratka na teren. Računali su kumulativnu incidenciju te stopu incidencije. Kumulativnu incidenciju računali su dijeljenjem broja ozljeđenih sa ukupnim brojem nogometaša, a stopu incidencije računali su brojem ozljeđenih podijeljenim sa ukupnim brojem odigranih sati te onda pomnoženim sa 1000. U zadanom periodu zabilježili su 52 ozljede prednjeg križnog ligamenta. Stopa incidencije u prve dvije brazilske lige glasila je 0,414 svakih 1000 sati igre, odnosno 10,4 ozljede po sezoni u prosjeku. Svaka ekipa je tijekom sezone imala 0,26 ozljeda, odnosno ozljeda se dešavala otprilike jednom svake četiri sezone po ekipi. Međutim, promatrajući zasebno svaku ligu, istraživači su uvidjeli kako je stopa incidencije u prvoj ligi (0,574) puno veća nego ona u drugoj ligi (0,255) te je rizik za ozljeđivanje u prvoj ligi čak 2,13 puta veći. Analizirajući incidenciju po pozicijama u ekipi, otkrili su kako se najveći broj ozljeda pojavio među populacijom napadača. Osim napadača (0,199 ozljeda svakih 1000 sati), najugroženiji su centralni braniči te među ove dvije grupe nije pronađena statistički značajna razlika. Nadalje, vezni igrači, bočni igrači i golmani statistički su značajno manje ozljeđivani od prije navedenih braniča i napadača. Ozljeđivani igrači u prosjeku su bili starosti 26,3 godine. U prosjeku je njihov period od ozljede do povratka na teren iznosio $244,5 \pm 31,6$ dana.

4.5. *Turska liga (Super Liga)*

U svom istraživanju Misir i sur. (2022) analizirali su epidemiološke podatke o ozljedi prednjeg križnog ligamenta u turskom elitnom nogometnom natjecanju. Tijekom 10 uzastopnih sezona

(2010/2011-2019/2020), znanstvenici su pratili ekipe i igrače Turske Super Lige koristeći javno dostupne baze podataka. Turska nacionalna liga sastavljena je od 18 ekipa. Budući da ekipe međusobno odigravaju utakmice sa svakom ekipom dva puta, na kraju sezone ta brojka dolazi do 34 ligaške utakmice. Osim ligaških utakmica, sve ekipe sudjeluju u natjecanju Turskog kupa gdje broj utakmica ovisi o napredovanju u natjecanju. Prve 2 ekipe u ligi sudjeluju u najelitnijem europskom klupskom natjecanju, UEFA Ligi Prvaka, dok ekipe od 3.-5. pozicije na tablici sudjeluju u UEFA Europskoj ligi. S obzirom na mjesto događaja, ozljede su klasificirane kao ligaške, kup, trening te reprezentativne ozljede. Ozljede na prijateljskim utakmicama svrstavane su u trening ozljede. Također, znanstvenici su zabilježili prethodne ozljede istog koljena, suprotnog koljena te popratne ozljede drugih koljenih struktura. Budući da su ekipe sa prvih pet pozicija na tablici sudjelovale u UEFA-inim natjecanjima tijekom sezone te su imale drugačiji raspored tijekom sezone, istraživači su klasificirali ekipe u 2 kategorije. Prvih 5 ekipa svrstali su u visokorangirane ekipe, a ostatak ekipa svrstali su u nižerangirane ekipe. Analizom dostupnih podataka, izračunali su stopu incidencije na 1000 sati igre te kumulativnu incidenciju. Tijekom vremena istraživanja, istraživači su zabilježili 100 ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Ozljeđeni sportaši su u prosjeku bili starosti $25,2 \pm 3,9$ godina, te indeksa tjelesna mase $23,0 \pm 1,2$. Promatrajući ozljeđene sa stajališta igračke pozicije, uvidjeli su kako su braniči najzastupljenija skupina sa ukupno 47% ozljeđenih. Braniče su slijedili vezni igrači (30%), zatim napadači (16%) te na kraju vratari (7%). Kod 13% igrača zabilježili su ponovnu ozljedu istog koljena, a kod 11% igrača zabilježena je ozljeda suprotnog koljena. Stopa incidencije tijekom odigravanja utakmica iznosila je 0,4060 za svakih 1000 sati, dok je tijekom treninga ta stopa iznosila 0,0801 za svakih 1000 sati treniranja. Na temelju ovih brojki saznali su kako je rizik za ozljeđivanje 5 puta veći tijekom odigravanja ligaških utakmica nego tijekom treninga. Osim posljednje sezone tijekom koje su uočili statistički značajno smanjenje incidencije, tijekom ostalih devet sezona nije bilo statistički značajnih razlika u stopi ozljeđivanja. Svaka ekipa prosječno je imala jednu ozljedu prednjeg križnog ligamenta svake dvije godine. Promatrajući distribuciju ozljeda tijekom jedne sezone, primjetili su skok u mjesecu kolovozu. Nadalje, visokorangirane ekipe pretrpile su 38 ozljeda tijekom promatranog razdoblja. Stopa incidencije bila je 2,06 puta veća za svakih 1000 sati odrađenih treninga kod visokorangiranih ekipa. Promatrajući cjelokupan broj igrača, istraživači su uvidjeli kako je postotak ozljeđenih igrača visokorangiranih ekipa 1,6 puta veći nego kod nižerangiranih ekipa.

4.6. Utjecaj ozljede prednjeg križnog ligamenta u najboljim europskim ligama

Mazza i sur. (2022) proveli su epidemiološko istraživanje u koje su uključili ekipe iz osam najboljih europskih nogometnih liga prema UEFA-i. Na tu ljestvicu dospjele su sljedeće lige: Serie A (Italija), Premier liga (Engleska), Ligue 1 (Francuska), La Liga (Španjolska), Bundesliga (Njemačka), Jupiler Pro liga (Belgija), Liga NOS (Portugal) i Premier liga (Rusija). Služeći se javno dostupnim bazama podataka, prikupili su podatke o: starosti, indeksu tjelesne mase, poziciji na terenu, povijesti ozljeda, strani ozljede, vremenu oporavka (return to play) te postotku odigranih minuta prije i poslije ozljede prednjeg križnog ligamenta za sve ozljeđene igrače. Povratkom na teren smatrali su prvu odigranu utakmicu nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta te su vrijeme oporavka smatrali završenim tijekom odigravanja takve utakmice. Kako bi procijenili razlike u minutaži nakon i prije ozljede, istraživači su izračunali postotak odigranih minuta tijekom 3 sezone prije ozljede te 3 sezone nakon ozljede. Igrači koji su tijekom tog razdoblja prešli u drugi klub, zaigrali u ligi nižeg ranga ili prestali igrati, zabilježeni su od strane istraživača. Također su pratili popratne komplikacije koje su uključivale ponovnu ozljedu istog ligamenta ili ozljedu prednjeg križnog ligamenta suprotnog koljena. Vrijeme oporavka uspoređivali su po: ligama, starosti (mlađi od 25, 25-30, stariji od 30), poziciji (golman, branič, vezni igrač, napadač) te sezoni (2014/15, 2015/16, 2016/17). Postotak ozljeđenih igrača tijekom promatranog perioda glasio je 1,42%, što je prikazano u brojkama značilo 195 ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Od ukupog broja ozljeđenih, 183 nogometaša uključili su u istraživanje radi adekvatnog broja informacija. U promatranoj populaciji, prosječna starost ozljeđenih bila je $25,4 \pm 3,9$ godina. U većem broju slučajeva (77,6%) ozljeda se dogodila prilikom odigravanja utakmica. Istraživači nisu primjetili odskakanje i statistički značajne epidemiološke razlike po pozicijama igrača na terenu. Od ukupnog broja ozljeđenih igrača, samo ih se 9 nije vratilo profesionalnom sportu. Stopa igrača koji su ostvarili povratak na teren bila je jako velika (95%), iako je vrijeme njihovog oporavka imalo značajne varijacije ovisno o ligi u kojoj su se natjecali. Tako je u francuskoj nogometnoj ligi zabilježen najbrži povratak na teren (193 dana) dok je u engleskoj zabilježen najduži period povratka na teren (321 dan), a u prosjeku svih liga period povratka na teren iznosio je 248 ± 136 dana. Od promatranih liga, one u Francuskoj, Italiji i Njemačkoj pokazale su kako je vrijeme oporavka nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta kod njihovih igrača statistički značajno kraćeg trajanja nego u Engleskoj. Nadalje, francuska je liga pokazivala značajno brže rezultate oporavka

u usporedbi sa portugalskom, španjolskom i ruskom ligom. Promatrajući vrijeme oporavka s obzirom na starost igrača, nogometaši stariji od 30 godina imali su najkraći period oporavka. S obzirom na poziciju i sezonu ozljede nije bilo statistički značajnih razlika u vremenu oporavka. Igrači koji su pretrpili ozljedu prednjeg križnog ligamenta u većini slučajeva su gubili status i minutažu unutar ekipe u godinama nakon ozljede. U prosjeku se postotak odigranih minuta u sezoni smanjio sa $46\% \pm 22\%$ prije ozljede na $33\% \pm 26\%$ u prvoj godini nakon ozljede. Nakon prve sezone ta se brojka pretvorila u $40\% \pm 28\%$ tijekom druge sezone, a tijekom treće sezone ta je brojka iznosila $38\% \pm 29\%$ odigranih minuta u sezoni. Igrači mlađi od 25 godina, statistički su značajno manje igrali samo u prvoj sezoni nakon ozljede. Uspoređujući razne lige, istraživači su primjetili značajne razlike u minutaži igrača koji su doživjeli ozljedu prednjeg križnog ligamenta. U Italiji se pokazalo kako je minutaža ozljeđenih igrača statistički značajno manja u sve tri sezone nakon ozljede, dok je u Engleskoj uviđen najveći pad u minutaži između sezone prije ozljede te prve sezone nakon ozljede. U Njemačkoj i Portugalu također je došlo do pada minutaže ozljeđenih igrača, iako ta razlika nije bila statistički značajna. Pokazalo se, usprkos velikom postotku povratnika na teren, kako u nekim slučajevima dolazi do komplikacija. Od ozljeđenih igrača u promatranom periodu, njih 26 (14,2%) je ponovno ozljedilo isti ili ligament suprotnog koljena. Od toga je 7 igrača doživjelo ozljedu istog prednjeg križnog ligamenta, 14 igrača ozljedilo je suprotni prednji križni ligament, 3 igrača popratno je ozljedilo patelu, a 6 igrača požalilo se na komplikacije na operativnoj strani koje nisu ustanovljene. Od ukupnog broja ozljeđenih igrača, tijekom odigravanja treće sezone od operacije njih 66 (36%) je igralo u nižerangiranim ligama nego prije ozljede, a čak 25 (13,6%) igrača je završilo svoje karijere. Igrači stariji od 30 godina predstavljali su grupu koja je bila najugroženija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta. Od ukupno 21 ozljeđenog sportaša starijeg od 30 godina, 10 ih je premješteno u niže lige, a 6 igrača je završilo svoje karijere. Suprotno njima, igrači mlađi od 25 godina pokazali su kako su njihove karijere najmanje ugrožene zadobivanjem ozljede prednjeg križnog ligamenta jer su najbrže vratili prosječnu minutažu prije ozljede.

4.7. Utjecaj ozljede prednjeg križnog ligamenta - UEFA

Walden i sur. (2016) proveli su istraživanje u kojem su analizirali epidemiološke podatke o ozljedi prednjeg križnog ligamenta među nogometašima. Uzorak ispitanika sastojao se od igrača najboljih

ekipa iz 16 različitih zemalja, ukupno 78 ekipa te 4443 nogometaša. Period promatranja započeo je u siječnju 2001. godine te je trajao sve do svibnja 2015. Uključeni u istraživanje bili su svi članovi ekipe, a ukoliko je netko od igrača otišao iz kluba svejedno je bio uključen u istraživanje do trenutka svog odlaska. Ozljede su klasificirali kao potpune rupture ili parcijalne rupture prednjeg križnog ligamenta. Osim toga su ozljede dijelili na ponavljajuće ili prve ozljede te na izolirane ili popratne ozljede koljena. Vrijeme rehabilitacije zabilježili su na dva način: prvo su pratili vrijeme od ozljede do povratka na trening sa prvom ekipom, a nakon toga su bilježili povratak na teren u utakmici. Nadalje, istraživači su pratili vraćaju li se igrači nakon rehabilitacije u natjecanje iste kvalitete, opada li razina njihove igre ili završavaju svoje karijere. Članovi klupskog medicinskog ili trenerskog osoblja za svakog su igrača podnosili izvještaj o minutaži na treningu i u natjecanju. Također su jednom mjesečno slali informacije o ozljedama i prisutnosti na treninzima istraživačima. Nakon prijavljene ozljede prednjeg križnog ligamenta, istraživači su povratno slali medicinskom osoblju kluba standardni obrazac u kojem su tražili detaljniji prikaz ozljede prednjeg križnog ligamenta. Svi ozljeđeni igrači praćeni su do povratka na teren ili do prekida karijere. Takvi igrači praćeni su zbog mogućnosti ponovne rupture ili popratnih operacija ozljeđenog koljena tijekom faze rehabilitacije, a nakon povratka na trening pomno su praćeni radi procjene spremnosti za potpuni povratak na teren. Utjecaj ozljede prednjeg križnog ligamenta na daljnju karijeru sportaša procijenili su trogodišnjim praćenjem igrača nakon povratka na teren. Zbog vremenskog perioda istraživanja, u ovu analizu uključili su igrače koji su se vratili na teren završno sa 30. studenom 2012. godine. Stopu ozljeđivanja računali su kao broj ozljeda na svakih 1000 sati igre. Stopu povratka na teren računali su kao postotak ozljeđenih igrača koji su se vratili nogometnom treningu ili nogometnom natjecanju. Osim toga, računali su i stopu komplikacija koja je značila broj operiranih sportaša koji je doživio postoperativne probleme sa istim ili suprotnim koljenom. Nad ozljeđenim igračima provodili su trogodišnje praćenje nakon povratka na teren kako bi ustanovili postotak igrača koji su se vratili na prijašnju razinu kvalitete natjecanja. Tijekom razdoblja istraživanja zabilježeno je ukupno 157 ozljeda prednjeg križnog ligamenta na 149 igrača. Ukupno je 6 igrača pretrpilo ponovnu rupturu prednjeg križnog ligamenta, a 2 igrača pretrpila su rupturu prednjeg križnog ligamenta suprotnog koljena. Prosječna stopa incidencija iznosila je 0,066 za svakih 1000 sati igre. Potpuna ruptura dogodila se u većini slučajeva, dok je parcijalna ruptura bila osjetno manje prisutna. Rizik za ozljeđivanje tijekom utakmice bio je 20 puta veći nego tijekom treninga. Prosječna starost igrača koji su pretrpili potpunu rupturu prednjeg križnog ligamenta (140

igrača) iznosila je $24,7 \pm 4,5$ godina, dok je kod igrača koji su pretrpili parcijalnu rupturu prednjeg križnog ligamenta (17 igrača) prosječna starost bila $26,6 \pm 4,5$ godina. Broj zabilježenih ozljeda po sezonama vrtio se između 1-19 ozljeda na utakmicama te 0-7 ozljeda na treninzima. Iako je trend ozljeđivanja po sezonama bio u malom povećanju, utvrđeno je kako takvo povećanje nije statistički značajno. Kod slučajeva kod kojih je bila pristuna potpuna ruptura prednjeg križnog ligamenta, čak 138 od 140 igrača napravilo je rekonstrukciju. Jedan igrač završio je karijeru nakon ozljede, a drugi se oporavio bez operativnog postupka te je nakon 3 mjeseca ostvario povratak u trenažni proces. Što se tiče povratka na teren, gotovo svi igrači (97%) ostvarili su povratak u igru na istoj natjecateljskoj razini. Petorica igrača ostvarili su povratak u trenažni proces, ali nisu nikada više odigrali utakmicu, dvojica igrača završilo je karijeru, a trojica igrača pretrpilo je ponovnu rupturu prednjeg križnog ligamenta. Prosječno vrijeme oporavka i povratka u trenažni proces iznosilo je 201,5 dana, dok je za povratak na teren trebalo 225,0 dana. Ukupno je 9 igrača doživjelo komplikacije prilikom faze rehabilitacije. Dvojica igrača pretrpilo je ponovnu rupturu tijekom rehabilitacije, a trojica prilikom povratka u trenažni proces. Dvojica igrača imalo je popratne operacije koljena tijekom faze rehabilitacije, a dvojica su imala popratne operacije koljena tijekom povratka u trenažni proces. Poslije trogodišnje analize nakon povratka na teren, istraživači su uvidjeli posljedice ozljede prednjeg križnog ligamenta na igračke karijere. Od ukupnog broja ozljeđenih igrača, njih 93 je ostvarilo kriterije za ulazak u ovu trogodišnju analizu. Nakon perioda od 3 godine 81 (87,1%) igrač je i dalje aktivno igrao profesionalni nogomet, 60 (64,5%) na istoj razini, 21 (22,6%) na nižoj razini, dok je 12 igrača završilo svoje karijere. Kod parcijalnih ruptura većina je igrača odradila rehabilitaciju bez operativnog zahvata (15 igrača), a samo dvojica su radila rekonstrukciju posterolateralnog snopa. Jedan od igrača završio je svoju karijeru nakon parcijalne rupture, a ostatak igrača ostvario je povratak u trenažni proces i natjecanje (15 od 16 na istoj razini kvalitete). Prosječno vrijeme oporavka bilo je 59,5 dana do povratka u trenažni proces, dok je vrijeme za povratak na teren iznosilo 75,0 dana. Nakon trogodišnje analize ustanovili su kako deseterica igrača i dalje igraju nogomet, osmorica na istoj razini, dvojica na nižoj te su trojica objavila kraj igračke karijere.

5. Mehanizmi ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta

Ozljede prednjeg križnog ligamenta predstavljaju veliki rizik za sportaševu zdravlje i karijeru. U prijašnjem poglavlju prikazana je rasprostranjenost i učestalost takve ozljede u raznim svjetskim nogometnim ligama. Poznavanje i razumijevanje mehanizama ozljeđivanja, pogotvo beskontaktnih, od presudne je važnosti u poslu trenera kako bi pravovremeno i pravilno reagirali i prevenirali moguće ozljede svojih igrača. Mehanizme ozljeđivanja možemo podijeliti na dvije vrste: kontaktne i beskontaktno. Kontaktne mehanizmi ozljeđivanja dešavaju se tijekom kontakta između dvojice ili više igrača koji djelovanjem svog tijela utječu na igrača koji biva ozljeđen. Takvi kontakti mogu biti direktni (na ozljeđeno koljeno) ili indirektni (bilo koji drugi dio tijela). Beskontaktni mehanizmi dešavaju se bez prisutstva drugog igrača, gdje pozicioniranje različitih dijelova tijela tijekom izvođenja specifičnih nogometnih kretnji može dovesti do ozljede prednjeg križnog ligamenta.

5.1. Video analize mehanizama ozljeđivanja

Walden i sur. (2015) objavili su istraživanje u kojem su video analizom opisali razne situacije u kojima se dešavaju ozljede prednjeg križnog ligamenta u okruđu nogometne igre te su prikazali najčešće mehanizme ozljeđivanja i biomehničke parametre zglobnih tijela tijekom nastanka ozljede. Uzorak ispitanika sastojao se od 3 različite skupine: igrača elitnih klubova koji se natječu u UEFA-inim natjecanjima, igrača Švedske nogometne lige i igrača Norveške nogometne lige. Sve analizirane ozljede dogodile su se tijekom odigravanja natjecateljskih utakmica, a uvrštene su u analizu samo potpune ruptur prednjeg križnog ligamenta potvrđene magnetskom rezonancijom. U analizu također nisu uvršteni igrači koji su pretrpili rerupturu prednjeg križnog ligamenta. Od ukupnih 55 prijavljenih ozljeda, istraživači su uspjeli prikupiti video materijal za 40 ozljeda. Broj kuteva iz kojih je ozljeda snimana varirao je od jednog do čak pet kuteva snimanja, a jednu su snimku isključili iz daljnje analize zbog preslabe rezolucije. Istraživači su za svaku ozljedu izrezali po 2 sekvence video snimaka. Prva je započela 10 sekundi prije ozljede i završavala 2-3 sekunde nakon ozljede kako bi opisali situaciju u igri iz koje je nastala ozljeda, a druga je bila kraća te je započela 1-2 sekunde prije, a završavala 2-3 sekunde nakon ozljede kako bi analizirali biomehničke parametre. Pet stručnjaka analiziralo je video materijale označavajući inicijalni kontakt s podlogom te trenutak ozljede. Nakon toga su konsenzusom došli do grupnog zaključka.

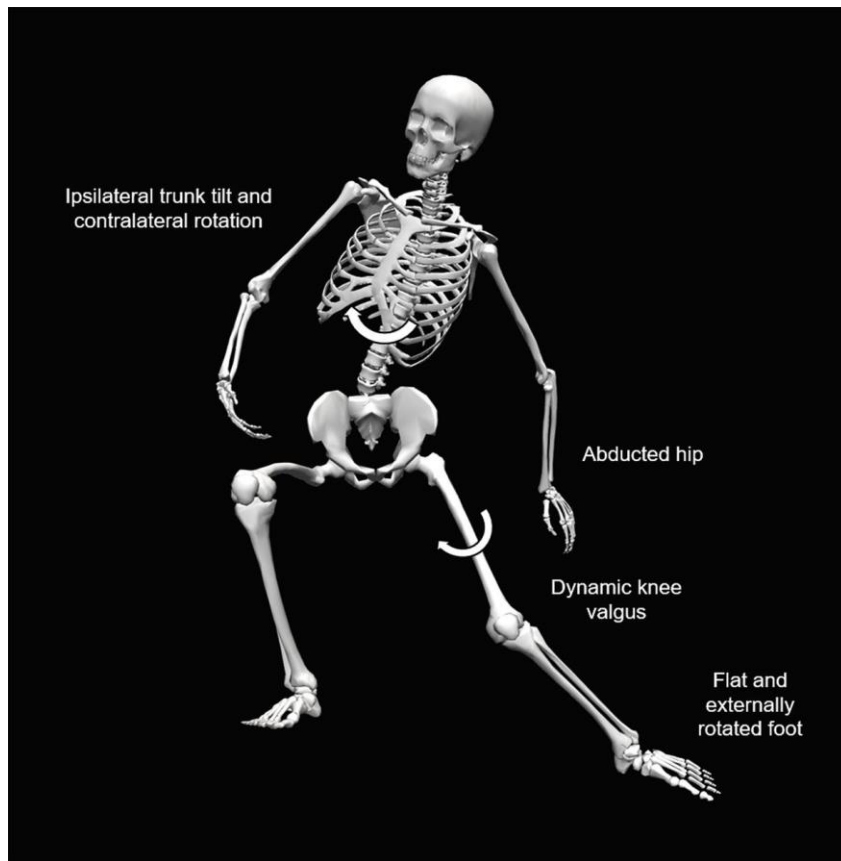
Ozljede su podijelili na beskontaktno, kontaktno indirektno te kontaktno direktno. Tijekom analiziranja beskontaktnih i indirektnih kontaktnih ozljeda, istraživači su bilježili ako je dolazilo do pretjerane abdukcije kuka (više od 20°), valgusa zgloba koljena te ako je gležanj bio u everziji. Naglašeni medijalni pomak koljena koji je bio rezultat abdukcije kuka, unutarnje rotacije kuka, valgusa koljena te vanjske rotacije tibije definirali su kao kolaps valgusa. Ukupno je 39 ozljeda uključeno u analizu, a od toga je 25 spadalo u beskontaktno. Većina se ozljeda pojavila tijekom odigravanja obrambenih akcija igrača i tijekom jednonožnog opterećenja koljena. Beskontaktno ozljede po najučestalijim uzrocima ozljeđivanja klasificirane su u 3 kategorije: presing (11 ozljeda), stjecanje ravnoteže nakon udarca lopte (5 ozljeda), doskok nakon udarca glavom (5 ozljeda). Kod ozljeda tijekom presinga, u 10 od 11 slučajeva mehanizam ozljeđivanja bio je beskontaktno. Također se u većini slučajeva pojavio sličan pokret obrambenog igrača koji je uključivao bočni iskorak i promjenu smjera u pokušaju oduzimanja lopte. Obično se obrambeni igrač kretao velikom horizontalnom brzinom te je u određenom trenutku napravio promjenu smjera od 30° - 90° . Tijekom inicijalnog kontakta s podlogom u većini je slučajeva kut fleksije u zglobu kuka iznosio 40° ili manje (medijan 25°) te 20° ili manje (medijan 5°) u zglobu koljena. U većini slučajeva identificirali su znatnu abdukciju kuka te valgus koljena. Drugi uzrok ozljeđivanja uključivao je ponovno stjecanje ravnoteže nakon udarca lopte. Najčešće se ozljeda dešavala nakon ispucavanja lopte tijekom obrambenih akcija. Igrač se tijekom ozljeđivanja dominantno kretao velikom horizontalnom brzinom te je bio izbačen iz ravnotežnog položaja. Tijekom inicijalnog kontakta s podlogom fleksija u zglobovima kuka i koljena bila je manja od 30° i 20° (medijan kod oba zgloba 10°). Također je identificirana značajna abdukcija u zglobu kuka te valgus koljena u većini slučajeva. Treći uzrok ozljeđivanja uključivao je doskok, uglavnom jednonožni, nakon udarca glavom. Kod jednonožnih doskoka primijetili su kako je u svim situacijama prvi kontakt s podlogom bio prednjim dijelom stopala. Tijekom tog primarnog kontakta kut fleksije u koljenu (medijan 5°) je kod svih slučajeva bio manji od 10° dok je u zglobu kuka bila primjetna veća varijacija (medijan 10°). U jednom slučaju uvidjeli su značajnu abdukciju kuka, dok u 2 valgus koljena. Od ukupnog broja analiziranih ozljeda, 85% pripalo je beskontaktnim te kontaktnim indirektnim ozljedama. Tijekom obrambenih akcija igrača registrirano je 77% ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Većina igrača ozljeđenih tijekom doskoka te nakon udaranja lopte bilo je izbačeno iz ravnoteže, a doskok je u većini slučajeva bio jednonožan. Valgus koljena bio je prisutan

u većini ozljeda te je koljeno bilo relativno ravno prilikom inicijalnog kontakta s podlogom i prilikom trenutka ozljede kod beskontaktnih ozljeda prednjeg križnog ligamenta.

Della Villa i sur. (2020) proveli su istraživanje kojem je cilj bio video analiza ozljeda prednjeg križnog ligamenta u talijanskim nogometnim ligama prvog i drugog ranga. Tijekom razdoblja od 10 godina (2008/09-2018/19), izvlačili su video materijale slučajeva ozljeđenih te su analizirali mehanizme ozljeđivanja, situacije u igri prilikom kojih dolazi do ozljede te biomehaničke parametre prilikom zadobivanja ozljede. Ozljede su identificirali preko javno dostupnih baza podataka te su dodatno provjeravali sa medicinskim osobljem kluba kako bi potvrdili i saznali detalje ozljede. Video materijale rezali su 12-15 sekundi prije ozljede te 3-5 sekundi nakon ozljede kako bi mogli procijeniti situaciju u igri u kojoj se dešava ozljeda te odrediti mehanizam ozljeđivanja. Troje stručnjaka analiziralo je video materijale te su za svaki video ispunili po 2 predodređena obrasca kako bi mogli klasificirati ozljedu po raznim parametrima. Ozljede su po mehanizmu ozljeđivanja mogle biti beskontaktne, kontaktne direktne te kontaktne indirektno. Situacijski obrazac radio se samo kod beskontaktnih te kontaktnih indirektnih ozljeda. Trenutak ozljede definirali su kao trenutak 40 ms (milisekundi) nakon inicijalnog kontakta s podlogom. Nakon što je svaki stručnjak zasebno procijenio svaku ozljedu, sastali su se svi skupa kako bi zajedno došli do zaključka o glavnim mehanizmima ozljeđivanja te situacijskim obrascima ozljeda. Ukoliko je kvaliteta i kut snimanja to dopuštao, napravljena je i kinematička analiza beskontaktnih i kontaktnih indirektnih ozljeda. Međupovezanost različitih segmenata te zglobni kutevi analizirani su kroz sagitalnu i koronarnu ravninu u trenutku inicijalnog kontakta te u trenutku ozljede. Kutevi u sagitalnoj ravnini te pomaci trupa u frontalnoj ravnini procjenjivani su na najbližih 5°. U periodu istraživanja zabilježeno je 148 ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Od toga je 75 ozljeda registrirano u Serie B, a 55 u Serie A. Deset ozljeda registrirano je tijekom internacionalnih natjecanja, 6 ozljeda tijekom talijanskog kupa i 2 ozljede tijekom odigravanja prijateljskih utakmica. Od ukupnog broja ozljeda, 128 bilo je prvotnih, 9 kontralateralnih te 11 ponavljajućih ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Video materijal bio je dostupan u 90% slučajeva (134 ozljede). U većini slučajeva (90% =121) ozljeda je bila posljedica opterećenja na nogu, a u 70% slučajeva to je bilo opterećenje na jednoj nozi. Od ukupnog broja ozljeda 59 ih je kategorizirano kao beskontaktne (44%), 59 kao kontaktne indirektno (44%) te 16 kao kontaktne direktne (12%). Istraživači su analizom beskontaktnih i indirektnih kontaktnih ozljeda primijetili četiri najučestalija situacijska obrasca prilikom kojih dolazi do ozljeđivanja. Presing/duel bio je najučestaliji sa 55

slučajeva ozljede, nakon toga najčešće se ozljeda dešavala u trenutku kada je igrač napadnut, ukupno 24 puta. Na trećem mjestu po učestalosti ozljede prednjeg križnog ligamenta bila je situacija ponovnog uspostavljanja ravnoteže nakon udarca lopte, dogodila se ukupno 19 puta. Naposljetku, doskok nakon skoka bila je situacija u kojoj se ozljeda dogodila 8 puta tijekom promatranog razbolja. Ostalih 12 slučajeva istraživači nisu mogli smjestiti ni u jednu navedenu kategoriju. Tijekom presinga, koji spada u obrambene akcije, ozljede su se najčešće dešavale bez kontakta suparničkog igrača i to prilikom promjene smjere i deceleracije. Ozljede koje su se događale kad je igrač napadnut većinom su bile kategorizirane kao indirektnne kontaktne ozljede jer su bile posljedica pomaka drugih dijelova tijela, a ne direktnog udarca u koljeno. Ozljeda prilikom doskoka nakon skoka u većini se slučajeva dešavala nakon udarca glavom, dok je u 2 slučaja ozljeđen golman koji je hvatao loptu. U većem broju slučajeva ozljeda se dešavala nakon jednonožnog doskoka (5), a manje puta nakon sunožnog doskoka (3). Biomehaničkom analizom utvrđeno je kako je veća varijacija postojala u trenutku inicijalnog kontakta među različitim segmentima tijela nego kod trenutka ozljede. U sagitalnoj ravnini pri inicijalnom kontaktu s podlogom trup je bio uspravan (0°), dešavao se pregib u zglobu kuka (35°) te mali pregib zgloba koljena ($17,5^\circ$), dok se u gležnju dešavala plantarna fleksija. U polovini slučajeva primarni kontakt s podlogom dogodio se udarcem petom. Promatrajući tijelo u koronarnoj ravnini primjetan je bio: blagi otklom trupa u stranu ozljeđenog koljena (5°) u neutralnoj poziciji (34%) ili u rotaciji prema neozljeđenoj nozi (53%), abdukcija u zglobu kuka (88%), valgus koljena (27%) ili neutralna pozicija (63%) i vanjska rotacija stopala (59%). Tijekom trenutka ozljede u sagitalnoj ravnini pozicija je bila sljedeća : uspravan trup (0°), fleksija kuka ($37,5^\circ$), veća fleksija koljena (40°) i neutralni gležanj (0°) sa cijelim stopalom na podlozi. U frontalnoj ravnini pozicija je bila sljedeća : trup i dalje otklonjen prema ozljeđenom koljenu (5°), veća rotacija prema neozljeđenoj nozi (83%), abdukcija kuka (72%) i valgus koljena (81%) sa vanjskom rotacijom stopala (66%). Tijekom vremena od prvog kontakta s podlogom do trenutka ozljede, čest je slučaj bio opterećenje koljena u valgus poziciji te unutarnja rotacija u zglobu kuka i/ili adukcija. Kod indirektnih kontaktnih ozljeda u većem broju slučajeva kontakt se dešavao prije, a ne tijekom ozljede i narušavao je ravnotežu igrača. Taj kontakt je dominantno bio u području trupa. Tijekom faze inicijalnog kontakta do trenutka ozljede, istraživači su primjetili veliki pomak i stvaranje sile u zglobu koljena dok u ostalim zglobnim strukturama nisu primjetili velike pomake prilikom

ozljeđivanja. U slici 9. prikazano je intersegmentalno pozicioniranje igrača koje je u najvećem broju slučajeva predstavljalo uzrok ozljede prednjeg križnog ligamenta.



Slika 9. Prikaz intersegmentalog pozicioniranja pri ozljedi prednjeg križnog ligamenta (Della Villa i sur., 2020)

Rekik i sur. (2023) proveli su istraživanje o mehanizmima ozljeđivanja u katarskoj nogometnoj ligi u razdoblju od sezone 2013/14 do 2018/19. Potvrdili su 15 ozljeda putem magnetske rezonancije tijekom promatranog razdoblja. Od toga 9 je bilo ozljeda desnog, a 6 lijevog koljena. 13 ozljeda registrirano je tijekom odigravanja ligaških utakmica, a dvije ozljede registrirane su tijekom odigravanja kupa. Osam ozljeda klasificirali su kao beskontaktne, 4 kao indirektne kontaktne te 3 direktne kontaktne. Najčešće su se ozljede dešavale prilikom obrambenih akcija (11 od 15). Opterećenje je u 10/15 slučajeva bilo jednonožno. Valgus koljena primijećen je prilikom 10 ozljeda, mala fleksija u zglobu koljena zabilježena je u 13 slučajeva. Najčešće situacije prilikom kojih je dolazilo do ozljeda prednjeg križnog ligamenta bile su: presing (6), ulazak u duel s drugim

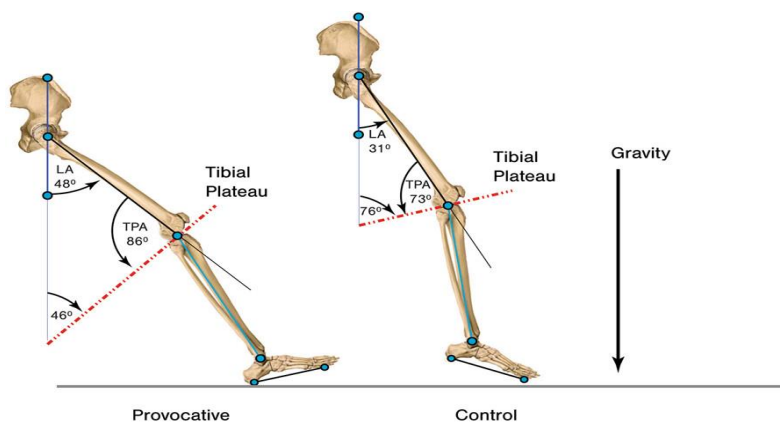
igračem (4), presjecanje lopte (3) i građenje lopte (2). Ni u jednom slučaju ozljede nije zabilježena situacija doskoka nakon udarca glavom što je u prijašnjim istraživanjima bila jedna od frekventnijih situacija.

5.2. Beskontaktni mehanizmi ozljeđivanja

Boden i Sheehan (2021) u svom istraživanju bavili su se temom beskontaktnih mehanizama ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta. U prvom koraku proveli su upitnik kojim su ispitali 100 igrača sa prijašnjom ozljedom prednjeg križnog ligamenta te su napravili deskriptivnu video analizu ozljeda. Otkrili su kako 70% ozljeda prednjeg križnog ligamenta u tom uzorku ispitanika spada u ozljede bez kontakta ili sa veoma malo kontakta što su također svrstali u beskontaktnu ozljedu. Najčešće su igrači u trenutku ozljeđivanja vršili obrambeni pressing na drugog igrača ili su vodili loptu u napadačkoj akciji. Ozljeda se dešavala neposredno nakon kontakta stopala sa podlogom pri čemu je koljeno bilo u skoro potpuno opruženoj poziciji. Ozljedi su generalno prethodile akcije iznenadne deceleracije ili jednonožnog doskoka. Promatrajući ozljede i prijašnja istraživanja, zaključili su kako valgus i unutarnja rotacija koljena nisu uzrok, već posljedica ozljede prednjeg križnog ligamenta. Drugim korakom napravili su 2D video analizu koja im je trebala pomoći u razmišljanju beskontaktnih mehanizama ozljeđivanja. Koristeći se video programima, analizirali su zglobne kuteve i poziciju trupa prilikom inicijalnog kontakta s podlogom te sve do 1700 ms nakon inicijalnog kontakta. Nakon toga, uspoređivali su pozicioniranje različitih segmenata tijela prilikom situacija ozljeđivanja sportaša i kod kontrolne grupe neozljeđenih sportaša koji su se nalazili u istim ili sličnim situacijama. U sagitalnoj ravnini analizirali su kuteve kuka, koljena i gležnja dok su u koronarnoj ravnini analizirali poziciju i kuteve trupa, kuka i koljena prilikom inicijalnog kontakta sa podlogom te 4 isječka nakon tog kontakta. Ozljeđeni sportaši promatrani u sagitalnoj ravnini ostvarivali su inicijalni kontakt s podlogom punim stopalom ili na stražnjem dijelu stopala, dok je kontrolna grupa neozljeđenih ostvarivala taj primarni kontakt prednjim dijelom stopala. Plantarna fleksija prilikom inicijalnog kontakta kod ozljeđenih igrača bila je vrlo mala (11°) u usporedbi sa kontrolnom grupom (23°). Promjena u kutu gležnja prilikom i nakon inicijalnog kontakta s podlogom bila je gotovo pa i neprimjetna (4°) kod ozljeđenih igrača dok je u kontrolnoj grupi primijećena značajna promjena (44°). Zbog navedenih razloga, ozljeđeni su igrači dolazili do pozicije punog stopala na zemlji 50% ranije nego kontrolna grupa što im je

uvelike smanjivalo vrijeme amortizacije sile. Kod ozljeđenih igrača primjetili su manji (18°) pregib u koljenu nego kod kontrolne grupe (22°). Suprotno tome, u zglobu kuka kod ozljeđenih igrača registrirana je značajno veća (50°) fleksija nego kod kontrolne grupe (26°) prilikom inicijalnog kontakta. Kod ozljeđenih igrača također je primijećena pozicija trupa značajno iza baze oslonca (stopala). Saznalo se kako sportaši doskokom na relativno ravno stopalo stvaraju velike sile na koljeno koje su potaknute rotacijom trupa i bedra, što utječe na posteriornu translaciju femura u odnosu na tibiju. Što se tiče koronarne ravnine, prilikom inicijalnog kontakta nije uočena statistički značajna razlika u valgus poziciji koljena između ozljeđenih sportaša i kontrolne grupe. Tek nakon trećeg isječka (67 ms poslije inicijalnog kontakta) uviđene su statistički značajne razlike između dvije grupe, a prema podacima istraživača ozljeda prednjeg križnog ligamenta dešava se negdje između 17-50 ms nakon kontakta igrača s podlogom. U trupu nije bilo primjetnih zabilježenih razlika između dvije grupe. Istraživači su prema pozicioniranju različitih segmenata tijela u specifičnim analiziranim situacijama na terenu podijelili takve kretnje u 2 kategorije: sigurna pozicija i provocirajuća pozicija. Naravno, provocirajuća je bila opasna pozicija koja je potencirala rizik za ozljeđivanje prednjeg križnog ligamenta. Ona je uključivala malu fleksiju koljena, veliku fleksiju u zglobu kuka te malu plantarnu fleksiju uz neutralnu do blagu valgus poziciju prilikom inicijalnog kontakta. Takva pozicija nije podupirala teoriju da je valgus pozicija primarni okidač za ozljedu prednjeg križnog ligamenta, već da može biti sekundarni razlog za smanjenje praga za beskontaktnu ozljedu. Istraživači su zaključili kako je primarni faktor za beskontaktnu ozljedu prednjeg križnog ligamenta aksijalna sila koja vrši kompresiju na zglob koljena. Prilikom inicijalnog kontakta kod sigurne pozicije, prednji dio stopala prvi vrši kontakt s podlogom što omogućuje mišićima stražnje strane potkoljenice da amortiziraju sile reakcije tla. Osim toga, gastrocnemius svojom kontrakcijom pokreće pokret pregibanja u koljenu. Dakle, tijekom doskoka u sigurnoj poziciji tijelo amortizira i smanjuje utjecaj sile reakcije tla tako što se radi pregib gležnja i koljena. Suprotno tome, tijekom provocirajuće pozicije doskače se ravnim ili gotovo stopalom sa malim pregibom u koljenu što značajno smanjuje efikasnost tijela da amortizira sile koje djeluju na zglobna tijela. Također, smanjeno vrijeme dok stopalo ne dođe u spuštenu poziciju punim obujmom povećava sile koje djeluju na koljeno jer skraćuje vrijeme za aktivaciju mišića koji služe kao strukture koje amortiziraju te sile. Sile reakcije tla znaju biti veoma snažne, maksimalne zabilježene nakon jednonožnog doskoka dosegle su 2-18 puta težine ljudskog tijela. Dakle, ukoliko se amortizacija sile ne radi optimalnim pozicioniranjem različitih segmenata tijela te aktivacijom

mišića stražnje strane potkoljenice, lako dolazi do prenaprezanja koljena te puknuća prednjeg križnog ligamenta. Tijekom ostvarivanja kontakta s prednjim dijelom stopala, gastrocnemius vrši ekscentričnu kontrakciju te se opire dorzalnoj fleksiji i smanjuje utjecaj sile reakcije tla. Sljedeće su istraživači analizirali kako postura tijela tijekom doskoka utječe na tibiofemoralne odnose i beskontaktnu ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Na 25 ispitanika provedena je magnetska rezonancija u sigurnoj i provocirajućoj poziciji za ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Analizirali su kuteve između posteriornog tibijalnog nagiba i distalnog dijela femura te promatrali kako taj odnos utječe na stvaranje sile u zglobu koljena. Primijetili su kako u provocirajućoj poziciji stražnji nagib tibije ima puno veću vertikalnost u odnosu na sigurnu poziciju. U takvoj nesigurnoj poziciji tijekom aksijalne kompresivne sile lateralni femoralni kondil klizao je prema natrag zbog konveksnosti lateralnog dijela nagiba tibije. Analiza magnetskih rezonancija otkrila je kako je u provocirajućoj poziciji kontakt između lateralnog dijela platoa tibije i lateralnog femoralnog kondila ostvaren preko prednjeg dijela femoralnog kondila koji je ravniji te stoga podložan klizanju preko lateralnog konveksnijeg dijela tibije. Suprotno tome, tijekom doskoka u sigurnoj poziciji kontakt je ostvaren stražnjim dijelom lateralnog femoralnog kondila koji je okrugliji te stoga ne potencira klizanje, već kotrljanje (fleksiju koljena). Medijalni dio stabilniji je zbog konkavne površine platoa tibije. Takav odnos između lateralnog i medijalnog dijela uzrokuje moment unutarnje rotacije na prednji križni ligament prilikom beskontaktno ozljede zbog klizanja lateralnog dijela te kotrljanja medijalnog dijela.



Slika 10. Prikaz posteriornog nagiba tibije prilikom provocirajuće i sigurne pozicije doskoka (Boden i Sheehan, 2021)

Boden i Sheehan (2021) zaključili su kako je glavni mehanizam za beskontaktnu ozljedu prednjeg križnog ligamenta aksijalna kompresivna sila koja je rezultat loše biomehaničke pozicije tijela prilikom jednonožnog doskoka. Međutim, složili su se kako uloga sile koju stvara kvadriiceps uz valgus koljena stvara dodatni pritisak na koljeno te smanjuje prag tolerancije prednjeg križnog ligamenta. Tijekom nesigurnog doskoka pozicija trupa igrača je posteriorno u odnosu na bazu oslonca. Zbog takve pozicije igrači pomoću aktivacije kvadriicepsa i pregibača kukova pokušavaju pomaknuti trup i natkoljenice prema naprijed. Dakle, velika koncentrična akcija kvadriicepsa smanjuje silu potrebnu za rupturu prednjeg križnog ligamenta tako što povećava aksijalnu kompresivnu silu koja djeluje na koljeno i sekundarno stvara slabiju silu koja tibiju gura prema naprijed. Osim aktivacije kvadriicepsa, abdukcija koljena također smanjuje prag tolerancije prednjeg križnog ligamenta na rupturu. Tijekom inicijalnog kontakta istraživači nisu primijetili razliku u valgus poziciji između ozljeđenih i neozljeđenih igrača. Valgus koljena dešavao se u 50% ozljeđenih slučajeva, što govori o tome kako to ipak nije primarni mehanizam ozljeđivanja. Nadalje, valgus je imao ulogu u povećavanju sila koje djeluju na prednji križni ligament, ali ipak je u prisutstvu zdravog medijalnog kolateralnog ligamenta taj utjecaj bio nedovoljan za rupturu prednjeg križnog ligamenta. Iako valgus koljena i aktivacija kvadriicepsa povećavaju rizik ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta, nisu primarni mehanizmi koji utječu na razvoj ove ozljede. Primarni mehanizam ozljeđivanja je aksijalno opterećenje zgloba koljena.

Dai i sur. (2014) istraživali su beskontaktnu mehanizme ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta. Oni su, suprotno mišljenju Bodena i Sheehana (2021), tvrdili kako je primarni mehanizam beskontaktnih ozljeda prednjeg križnog ligamenta anteriorna sila na tibiju. Ona je razlika između sile koju stvara kvadriiceps u odnosu na stražnju ložu. Veličina te sile ovisi o stražnjoj sili reakcije tla i kutu fleksije koljena tijekom izvođenja pokreta. Tijekom doskoka posteriorna sila reakcije tla uzrokuje fleksiju u koljenu, a zatim kvadriiceps stvara silu suprotnog smjera kako bi izravnao koljeno. Tijekom stvaranja te sile kvadriiceps djeluje na proksimalni dio tibije tako što ju gura prema naprijed, a to je primarni mehanizam opterećenja i ozljede prednjeg križnog ligamenta. Kut fleksije u koljenu utječe na pritisak prednjeg križnog ligamenta. Što je fleksija u koljenu veća to je manji pritisak na prednji križni ligament jer se onda nalazi u skraćenoj poziciji, a što je fleksija manja to je veća izduženost prednjeg križnog ligamenta što stvara dodatni pritisak i napetost. Najveća dužina prednjeg križnog ligamenta primijećena je u trenutku blizu potpune ekstenzije koljena. Dakle, doskok sa većom fleksijom koljena smanjuje napetost i izduženost prednjeg križnog ligamenta.

Također su, prema Kim i sur. (2014), istražili poziciju femura i tibije u trenutku ozljede. Rezultati su, putem magnetske rezonancije, pokazali kako je anteriorni pomak tibije bio 22 mm, prosječni kut fleksije u koljenu iznosio je 12°, a valgus koljena 5°. Time su pokazali utjecaj male fleksije koljena na sile koje djeluju na tibiju. Kao drugi mehanizam ozljeđivanja naveli su opterećenje tibije preko uzdužne osi pritiskom na stražnji nagib platoa tibije. Pritiskom femura na tibiju stvara se sila koja gura tibiju prema naprijed i tako stvara napetost prednjeg križnog ligamenta. Ovaj mehanizam prisutan je prilikom vertikalnih akcija koje su prisutne u nogometnoj igri prilikom doskoka. Što se tiče pozicije valgusa, varusa i unutrašnje rotacije, istraživači su se složili kako te pozicije utječu na povećano opterećenje prednjeg križnog ligamenta, ali nisu primarni mehanizmi ozljeđivanja te su opasne samo uz prisutstvo prednje sile na tibiju. Također su saznali kako se dužina prednjeg križnog ligamenta ne mijenja tijekom valgus pozicije koljena ako je prisutna fleksija u zglobu koljena. Osim toga, prikazali su da je medijalni kolateralni ligament primarna struktura koja se odupire valgusu koljena te sami valgus koljena ne može oštetiti prednji križni ligament dok je medijalni kolateralni ligament čitav. Budući da samo 6% igrača doživi rupturu medijalnog kolateralnog ligamenta uz rupturu prednjeg križnog ligamenta, istraživači su zaključili kako valgus koljena nije mehanizam ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta.

5.3. Utjecaj mišića na stvaranje sile u koljenu

Maniar i sur. (2018) proveli su istraživanje na skupini od 8 rekreativaca. Tema je bila utjecaj mišića na proizvodnju sile u zglobu koljena tijekom izvođenja sport-specifičnih situacija. Napravili su elektromiografiju uz mjerenje sile na tenziometrijskim platformama. Zadatak je bio napraviti 2 jednonožna skoka od 1,35 m dominantnom nogom te nakon toga nasumična promjena smjera od približno 45° u lijevu ili desnu stranu ovisno o svjetlosnom signalu. Koristili su skokove umjesto trčanja radi bolje kontrole pokreta i pozicioniranja stopala tijekom izvođenja zadatka. Svjetlosni signal dolazio je otprilike 450ms prije kontakta s podlogom, a brzina kretanja tijekom izvođenja zadatka i kutovi promjena smjera bili su u skladu sa karakterističnim situacijama za ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Promatrane varijable bile su utjecaj raznih mišića donjih ekstremiteta na stvaranje sile u zglobu koljena u svim ravninama. U sagitalnoj ravnini na koljeno su mišići

utjecali anterioposteriorno. Anteriorno su djelovali quadriceps femoris te gastrocnemius, dok su posteriorno djelovali soleus, biceps femoris, semitendinosus i semimembranosus. Tijekom inicijalnog kontakta, najveća je anteriorna sila te se tijekom faze amortizacije smanjuje do 46% faze amortizacije kada prelazi većinski u posteriornu silu zbog smanjenog djelovanja gastrocnemiusa i povećane aktivacije soleusa i stražnje lože. U frontalnoj ravnini promatrali su valgus/varus poziciju koljena. Tijekom faze amortizacije 72% vremena bila je prisutna varus pozicija da bi tijekom ostatka navedene faze bila prisutna valgus pozicija koljena. Tijekom faze amortizacije, najveću mogućnost djelovanja protiv valgus pozicije pokazali su mišići glutealne regije. Gluteus medius stvarao je najveći otpor tom položaju, dok su manju ulogu preuzeli piriformis te gluteus maximus i minimus. Valgus poziciji doprinosila je aktivacija vastusa (lateralis i medialis), soleusa i neznatno, duge glave biceps femorisa. Što se tiče transverzalne ravnine, najveću ulogu u vanjskoj rotaciji tibije preuzeli su mišići vastusi te soleus. Unutarnjoj rotaciji su manjim dijelom doprinosili gluteus maximus i medius.

6. Preventivni programi ozljede prednjeg križnog ligamenta

6.1. FIFA 11+ program

Silvers-Granelli i sur. (2017) proveli su istraživanje pomoću kojega su evaluirali efikasnost preventivnog programa "FIFA 11+" u sprječavanju ozljede prednjeg križnog ligamenta. Uzorak ispitanika sastojao se od nogometaša prve i druge divizije NCAA (Nacionalna sveučilišna sportska organizacija) natjecanja. Od 299 ekipa koje su ispunile kriterije za uključivanje u istraživanje, 65 ekipa pristalo je na provedbu ovog istraživanja. Ispitanici uključeni u istraživanje bili su u rasponu od 18-25 godina. Od ukupnog broja ekipa, 34 ekipe spadale su u kontrolnu grupu, a 27 ekipa u intervencijsku grupu. Četiri ekipe otpale su iz daljnjeg istraživanja. Ekipe koje su spadale u intervencijsku grupu upoznate su sa programom "FIFA 11+" putem video uradaka i literature koja ga je detaljno objašnjavala. Program se sastojao od 15-20 minuta dinamičnog zagrijavanja koje se izvodi prije utakmica ili treninga, 2-3 puta tjedno tijekom cijele sezone. Program je uključivao vježbe snage, propriocepcije, pliometrije te agilnosti i nije se izvodio specifično za prevenciju ozljeda prednjeg križnog ligamenta, već svih ozljeda povezanih s nogometnom igrom. Svaka uključena ekipa podnosila je tjedne izvještaje o stanju igrača putem interneta. Na kraju sezone istraživači su dodatno potvrdili dobivene informacije sa trenerskim timom svake ekipe. Tijekom promatrane sezone, zabilježeno je 1305 odrađenih programa "FIFA 11+" u intervencijskoj grupi. Od toga je 900 bilo prije treninga, a 405 prije utakmica, a u prosjeku je svaka ekipa tjedno odradila preventivsko zagrijavanje "FIFA 11+" 2,19 puta. U kontrolnoj grupi bilo je 850, dok je u intervencijskoj grupi bilo ukupno 675 nogometaša. Ukupno je zabilježeno 19 ozljeda prednjeg križnog ligamenta, od čega je 16 zabilježeno u kontrolnoj skupini, a samo 3 u intervencijskoj. Veći postotak ozljeđenih igrača kontaktnim i beskontaktnim mehanizmima zabilježen je u kontrolnoj skupini. Kod beskontaktnih ozljeda 10 od 12 igrača pripadalo je kontrolnoj skupini, što je predstavljalo pad od 75% manje ozljeda prilikom utilizacije "FIFA 11+" programa kod intervencijske skupine. U prvoj i drugoj diviziji sveučilišne nogometne lige uočena je razlika učestalosti ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta između intervencijske i kontrolne skupine. U prvoj diviziji je ukupno zabilježeno 9 ozljeda, od toga 7 iz kontrolne skupine. U drugoj je također zabilježen većinski broj ozljeda u kontrolnoj skupini, 9 od ukupnih 10 ozljeda.

Arundeli i sur. (2021) u svom preglednom radu dotaknuli su se “FIFA 11+” programa. Iako se slažu da je ovaj preventivni program efikasan, mišljenja su kako ga je potrebno nadograditi zahtjevnijim vježbama, većim brojem varijacija te progresivnijim vježbama. Također su pregledom literature zaključili kako veća frekvencija izvođenja ovog programa dovodi do pozitivnih rezultata u vidu smanjenja broja ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Kod igrača koji su implementirali program FIFA 11+ 1,5 puta tjedno u odnosu na igrače koji su ga implementirali 0,7 puta tjedno u svoj raspored, uvideno je smanjenje rizika ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta od 35%.

7. Zaključak

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta primarno je prijetnja zdravlju sportaša, a sekundarno razvoju i opstanku njihove karijere. U pregledu dosadašnje literature, prikazana je rasprostranjenost te ozljede u svijetu nogometa. Problem je što se pojavljuje na svim razinama sportskih natjecanja, neovisno o njihovoj kvaliteti, razvoju, ulaganju u preventivne programe itd.

Iako su kontaktne ozljede praktično neizbježne u sportu kao što je nogomet, veliki postotak beskontaktnih ozljeda zabrinjavajući je faktor u trenerskom poslu. Postotak igrača koji ostvare povratak na teren je velik, iako je povećan njihov rizik za ponovnu rupturu ligamenta te je proces povratka dugotrajan i ne garantira povratak na stanje prije ozljede. Nije rijedak slučaj odluka o završetku karijere ili igranje u natjecanju slabije kvalitete nakon ozljeđivanja.

Proveden je velik broj istraživanja na temu mehanizama beskontaktnih ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Teorije su različite, ali glavni zaključci su da djelovanjem različitih sila u više ravnina na zglob koljena uzrokuje pojavu ozljede prednjeg križnog ligamenta. Glavna funkcija prednjeg križnog ligamenta je sprječavanje anteriornog pomaka tibije u odnosu na femur. Kada se sile koje djeluju na pomak tibije anteriorno povećavaju, povećava se i pritisak na prednji križni ligament. Takva se sila smatra glavnim mehanizmom ozljeđivanja prednjeg križnog ligamenta. Osim toga spominju se i aksijalna kompresivna sila na plato tibije kao mehanizam ozljeđivanja te valgus i unutarnja rotacija tibije koji stvaraju dodatni pritisak na prednji križni ligament. Na ovu ozljedu utječe više faktora: slaba usvojenost tehnike doskoka, deceleracije ili promjene smjera (loše biomehaničko pozicioniranje različitih segmenata tijela), djelovanje različitih mišićnih skupina u stvaranju sila u zglobu koljena, kontakt neposredno prije ozljede (izbacivanje iz ravnotežnog položaja).

Proučavanjem i razumijevanjem beskontaktnih mehanizama zaslužnih za ozljedu prednjeg križnog ligamenta treneri dobivaju mogućnost prevencije ozljede. Jačanjem i optimiziranjem funkcije mišića prilikom obavljanja sport-specifičnih zadataka smanjuje se mogućnost pojave ove teške ozljede. Također se podrazumijeva učenje pravilne tehnike izvođenja zadataka koji su rizični za nastanak ozljede prednjeg križnog ligamenta kao što su: jednonožni doskoci, promjene smjera i deceleracije. Veoma je bitno pravilno pozicioniranje različitih segmenata tijela kako bi se umanjilo opterećenje na prednji križni ligament.

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta smatra se jednom od najtežih ozljeda u nogometaša. Proučavanjem i prikupljanjem literature o ovoj temi, kondicijski treneri trebali bi implementirati svoja saznanja u praksu. Takva implementacija znanja trebala bi smanjiti rizik za ozljeđivanje kod profesionalnih nogometaša, a trebala bi se sastojati od multi-faktorijalnog preventivnog programa. Takav program trebao bi sadržavati vježbe jačanja mišića koji se opiru anteriornoj translaciji tibije, vježbe pliometrije, propiocepcije te vježbe za savladavanje pravilne tehnike i pozicioniranja tijela prilikom rizičnih motoričnih zadataka za pojavu ozljede prednjeg križnog ligamenta.

8. Literatura

1. Abulhasan, J. F., & Grey, M. J. (2017). Anatomy and physiology of knee stability. *Journal of Functional Morphology and kinesiology*, 2(4), 34.
2. Acevedo, R. J., Rivera-Vega, A., Miranda, G., & Micheo, W. (2014). Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. *Current sports medicine reports*, 13(3), 186-191.
3. Allen, T., Taberner, M., Zhilkin, M., & Rhodes, D. (2023). Running more than before? The evolution of running load demands in the English Premier League. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17479541231164507.
4. Anderson, T. B., & Vilella, R. C. (2020). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Posterior Thigh.
5. Arundale, A. J., Silvers-Granelli, H. J., & Myklebust, G. (2022). ACL injury prevention: Where have we come from and where are we going?. *Journal of Orthopaedic Research®*, 40(1), 43-54.
6. Avalos, R. M., Torres-González, E. M., Padilla-Medina, J. R., & Monllau, J. C. (2023). ACL ANATOMY: IS THERE STILL SOMETHING TO LEARN?. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*.
7. Boden, B. P., & Sheehan, F. T. (2022). Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. *Journal of Orthopaedic Research®*, 40(3), 531-540.
8. Cox, C. F., & Hubbard, J. B. (2018). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Lateral Meniscus.
9. Dai, B., Mao, D., Garrett, W. E., & Yu, B. (2014). Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 299-306.
10. Della Villa, F., Buckthorpe, M., Grassi, A., Nabiuzzi, A., Tosarelli, F., Zaffagnini, S., & Della Villa, S. (2020). Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *British journal of sports medicine*, 54(23), 1423-1432.
11. Farrell, C., Shamrock, A. G., & Kiel, J. (2022). Anatomy, bony pelvis and lower limb, medial meniscus. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
12. Grassi, A., Macchiarola, L., Filippini, M., Lucidi, G. A., Della Villa, F., & Zaffagnini, S. (2020). Epidemiology of anterior cruciate ligament injury in Italian first division soccer players. *Sports Health*, 12(3), 279-288.
13. Khan, A., & Arain, A. (2019). Anatomy, bony pelvis and lower limb, anterior thigh muscles.
14. Kim, S. Y., Spritzer, C. E., Utturkar, G. M., Toth, A. P., Garrett, W. E., & DeFrate, L. E. (2014, March). Knee kinematics during non-contact ACL injury as determined from location of bone bruises. In *Orthopaedic Research Society 2014 Annual Meeting*.

15. Maniar, N., Schache, A. G., Sritharan, P., & Opar, D. A. (2018). Non-knee-spanning muscles contribute to tibiofemoral shear as well as valgus and rotational joint reaction moments during unanticipated sidestep cutting. *Scientific reports*, 8(1), 2501.
16. Mazza, D., Viglietta, E., Monaco, E., Iorio, R., Marzilli, F., Princi, G., Massafra, C., & Ferretti, A. (2022). Impact of anterior cruciate ligament injury on European professional soccer players. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 10(2), 23259671221076865.
17. Mısır, A., Albayrak, K., & Kürk, M. B. (2022). Epidemiologic characteristics of anterior cruciate ligament injury in 10 consecutive seasons of Turkish Division-1 professional football league. *Spor Hekimliği Dergisi*, 57(3), 155-160.
18. Mostafa, E., Graefe, S. B., & Varacallo, M. (2022). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Leg Posterior Compartment. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
19. Nitta, C. T., Baldan, A. R., Costa, L. P. D. B., Cohen, M., Pagura, J. R., & Arliani, G. G. (2021). Epidemiology of anterior cruciate ligament injury in soccer players in the brazilian championship. *Acta Ortopédica Brasileira*, 29, 45-48.
20. Ramage, J. L., & Varacallo, M. (2018). Anatomy, bony pelvis and lower limb, medial thigh muscles.
21. Rekik, R., Bahr, R., Cruz, F., Read, P., Whiteley, R., D'hooghe, P., ... & Chamari, K. (2023). Mechanisms of ACL injuries in men's football: A systematic video analysis over six seasons in the Qatari professional league. *Biology of Sport*, 40(2), 575-586.
22. Requejo-Herrero, P., Pineda-Galan, C., & Medina-Porqueres, I. (2023). Anterior cruciate ligament ruptures in Spanish soccer first division: An epidemiological retrospective study. *The Knee*, 41, 48-57.
23. Schiffner, E., Latz, D., Grassmann, J. P., Schek, A., Thelen, S., Windolf, J., ... & Jungbluth, P. (2018). Anterior cruciate ligament ruptures in German elite soccer players: epidemiology, mechanisms, and return to play. *The Knee*, 25(2), 219-225.
24. Silvers-Granelli, H. J., Bizzini, M., Arundale, A., Mandelbaum, B. R., & Snyder-Mackler, L. (2017). Does the FIFA 11+ injury prevention program reduce the incidence of ACL injury in male soccer players?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 475, 2447-2455.
25. Šentija, D. Osnove funkcionalne anatomije
26. Vailanti, E., Scita, G., Ceccarelli, F., & Pogliacomi, F. (2017). Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 88(Suppl 2), 6.
27. Waldén, M., Hägglund, M., Magnusson, H., & Ekstrand, J. (2016). ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *British journal of sports medicine*, 50(12), 744-750.
28. Waldén, M., Krosshaug, T., Bjørneboe, J., Andersen, T. E., Faul, O., & Hägglund, M. (2015). Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *British journal of sports medicine*, 49(22), 1452-1460.

29. Zhang, L., Liu, G., Han, B., Wang, Z., Yan, Y., Ma, J., & Wei, P. (2020). Knee joint biomechanics in physiological conditions and how pathologies can affect it: a systematic review. *Applied bionics and biomechanics*, 2020.