

# FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE KOD OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

---

Švabić, Dean

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:581446>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE**

**Dean Švabić**

**FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE KOD  
OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG  
LIGAMENTA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Rijeka, 2020.**

**UNIVERSITY OF RIJEKA**  
**FACULTY OF HEALTH STUDIES**  
**UNDERGRADUATE STUDY OF PHYSIOTHERAPY**

**Dean Švabić**

**PHYSIOTHERAPEUTIC INTERVENTIONS  
IN ACL INJURIES**

FINAL WORK

**Rijeka, 2020.**

## Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

<b>Sastavnica</b>	<b>Fakultet zdravstvenih studija</b>
<b>Studij</b>	Preddiplomski stručni studij Fizioterapija
<b>Vrsta studentskog rada</b>	Završni rad
<b>Ime i prezime studenta</b>	Dean Švabić
<b>JMBAG</b>	0351005123

Podatci o radu studenta:

<b>Naslov rada</b>	<b>FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE KOD OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA</b>
<b>Ime i prezime mentora</b>	Kristijan Zulle, mag physio.
<b>Datum predaje rada</b>	23.10.2020
<b>Identifikacijski br. podneska</b>	1424144544
<b>Datum provjere rada</b>	23.10.2020
<b>Ime datoteke</b>	Apijske_intervencije_kod_ozlijeda_p
<b>Veličina datoteke</b>	1.32M
<b>Broj znakova</b>	61,518
<b>Broj riječi</b>	10,148
<b>Broj stranica</b>	38

Podudarnost studentskog rada:

<b>Podudarnost (%)</b>	0%
------------------------	----

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

<b>Mišljenje mentora</b>	
<b>Datum izdavanja mišljenja</b>	23.10.2020
<b>Rad zadovoljava uvjete izvornosti</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Da
<b>Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)</b>	Rad učinjen sukladno pravilniku o završnim radovima Fzsri-a.

Datum

23.10.2020

Potpis mentora

Kristijan Zulle, mag. physio.

# SADRŽAJ

## SAŽETAK

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. ANATOMIJA KOLJENOG ZGLOBA</b> .....	2
2.1. Kostii.....	2
2.2. Mišićii.....	3
2.3. Ligamenti.....	3
<b>3. OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA</b> .....	5
3.1. Košarka.....	5
3.2. Nogomet .....	6
3.3. Gimnastika.....	8
3.4. Skijanje .....	8
3.5. Prevencija ozljeda prilikom bavljenja sportom .....	9
3.6. Dijagnostika.....	13
3.7. Klinička slika i liječenje .....	16
<b>4. FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE</b> .....	17
4.1. Procjena .....	17
4.2. Kineziterapija.....	18
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	25
<b>POPIS LITERATURE</b> .....	26

## SAŽETAK

Najveći i najsloženiji zglob u ljudskome tijelu jest koljeno, ali je i samim time jedan od zglobova na koji se vrši najveće opterećenje, krenuvši od same tjelesne težine čovjeka do vanjskih sila koje utječu na koljenski zglob prilikom pokretanja, podizanja tereta ili rađenja određene aktivnosti. Građa koljenog zgloba kompleksna je jer mora moći nositi teret, ali i pokretati se u mnogim smjerovima bez nastanka ozljeda. U sastavu koljenog zgloba nalaze se četiri krucijalna ligamenta koji vrše svoju funkciju u parovima i uz kosti i mišiće važni su za očuvanje koljenog zgloba. Fokus postavljamo na ozljede prednjeg križnog ligamenta koje su učestale, a najčešće se pojavljuju u sportovima poput košarke, nogometa, gimnastike i skijanja. Uz rehabilitaciju, pod fizioterapijske intervencije spada i fizioterapijska procjena, testovi i mjerenja te plan i program terapije koja će se provoditi i njezini ciljevi. Dva su faktora relevantna za uspješan oporavak, a to su ciljane i pravilno određene vježbe. Vježbe koje terapeut provodi razne su, ali neke od njih jesu pasivne vježbe, vježbe opsega pokreta, istezanja, otvorenog i zatvorenog kinematičkog lanca, jačanja, izokinetičke vježbe i propioceptivne vježbe.

Cilj ovog rada jest prikazati najčešće ozljede prednjeg križnog ligamenta i fizioterapijske intervencije koje se provode kada dođe do takvih ozljeda.

**Ključne riječi:** kineziterapija kod ozljeda prednjeg križnog ligamenta, ozljede prednjeg križnog ligamenta, prednji križni ligament

## **ABSTRACT**

The biggest and the most complex joint in the human body is the knee but it is also one of the joints that experiences the biggest pressure. Pressure on the knee can range all from the human body weight to exterior forces which are impacted while moving, carrying weight, or during some activity. The structure of the knee joint is complex considering it has to carry weight, but also move in many directions without injuring itself. The composition of the knee joint contains four crucial ligaments which implement their functions in pairs, and next to the bones and muscles, are vital for the conservation of the knee joint. The focus is set on the most common ACL injuries and they are most occurring in sports like basketball, football, gymnastics, and skiing. Next to the rehabilitation, physiotherapeutic interventions encompass evaluation, assessments (tests and measures), and plan and program of the therapy which will be implemented, as well as its goals. Two factors that are relevant for successful recovery are targeted and correctly determined exercises. Exercises that are implemented by the therapist are widely different, but some of them are: passive exercises, ROM exercises, stretching, open and closed kinematic chain exercises, strengthening, isokinetic and proprioceptive exercises. The goal of this work is to present the most common injuries of the ACL and physiotherapy interventions which are used when those injuries occur.

Keywords: ACL, ACL injuries, kinesitherapy in ACL injuries

## 1. UVOD

Najveći i najsloženiji zglob u ljudskome tijelu jest koljeno, ali je i samim time jedan od zglobova na koji se vrši najveće opterećenje, krenuvši od same tjelesne težine čovjeka do vanjskih sila koje utječu na koljenski zglob prilikom pokretanja, podizanja tereta ili rađenja određene aktivnosti. Kako bi koljeno moglo izdržati mnoga opterećenja i utjecaj raznih sila potrebna mu je kompleksna građa koju čine pravilan oblik te položaj kostiju, snažni i razvijeni mišići koji okružuju zglob, ali i čvrsti ligamenti (40).

Križni su ligamenti snažne fibrozne sveze smještene između prostora fose interkondilaris femura i eminencije interkondilaris tibije. Obavijeni su sinovijom, a rotirani su oko svojih osi i međusobno (51).

Prednji križni ligament (lig. cruciatum anterior ili ACL) čvrsta je i elastična traka koja povezuje femur i tibiju, a ključna je sveza koja se opire anteriornoj tibijalnoj translaciji i prekomjernoj rotaciji. ACL jest pod inervacijom stražnjih grana tibijalnog živca (21).

Križni ligamenti važni su zbog doprinosa opsegu pokreta u koljenome zglobu, ali i zbog ograničenja koja sprječavaju ozljede koljenskog zgloba i okolnih struktura. Ukoliko dođe do ozljede križnih ligamenata, posljedice se pokazuju u hodu, održavanju balansa i ravnoteže, asimetriji zdjelice te mnogim drugim problemima koji zbog ove ozljede mogu nastati (9).

Godine 2016. objavljen je rad koji je sakupio 1841 dokumentaciju osoba s ozljedom prednjeg križnog ligamenta, u periodu od početka siječnja 1990. do kraja prosinca 2010. godine. Istraživanje je rađeno u svrhu analize incidencije pojave ozljede prednjeg križnog ligamenta, vrste ozljede prednjeg križnog ligamenta te provedene rehabilitacije. Incidencija ozljede prednjeg križnog ligamenta iznosi 68.6 na 100.000 ljudi godišnje, a veći je postotak ozljeda u muškog spola (69).

Nadalje, provedeno je istraživanje u periodu od 1993. do 2007. godine u kojem su sakupljene informacije 4355 osoba s ozljedom prednjeg križnog ligamenta, a jedan od ciljeva bio je utvrditi kakvog su podrijetla te ozljede. 3181 slučajeva ozljedili su prednji križni ligament prilikom bavljenja nekom sportskom aktivnošću, 406 osoba izjasnilo se kako su ozljedili prednji križni ligament prilikom prometne nesreće, 768 ozljedilo je ACL u svakodnevnim aktivnostima života zbog pada ili sličnih trauma te prilikom nekih drugih aktivnosti poput akrobatskih performansa i treninga, vojnih priprema i slično (48).

Cilj ovog rada jest prikazati najčešće ozljede prednjeg križnog ligamenta i fizioterapijske intervencije koje se provode kada dođe do takvih ozljeda.

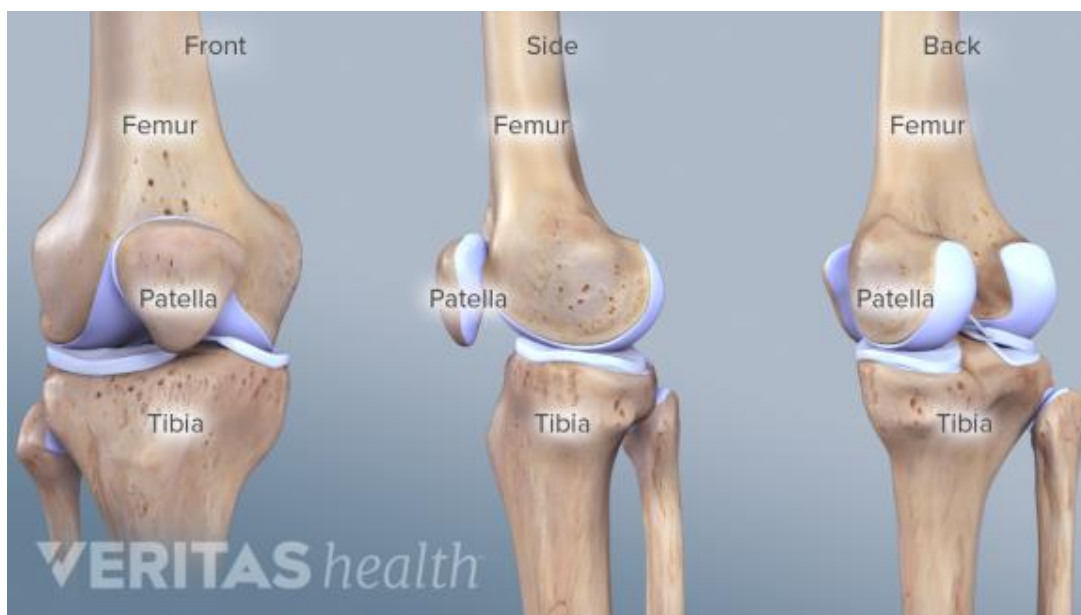


## 2. ANATOMIJA KOLJENOG ZGLOBA

Koljeni zglob najkompleksniji je zglob ljudskoga tijela, smatra se okretnim zglobovom, a konkavno tijelo su mu condylus tibiae i menisci, dok je konveksno condylus femoris. Uzglobljuje distalni kraj femura s proksimalnim krajem tibije te je u njega uložena i patella, najveća sezamska kost. Koljeni je zglob sastavljen od femorotibijalnog i femoropatelnog zgloba (68).

### 2.1. Kost

Koljeni se zglob sastoji od bedrene kosti (femura), goljenične kosti (tibije), ivera (patelle) i lisne kosti (fibule). Koljeni zglob povezuje femur, najdužu kost u tijelu s tibijom i time čini femorotibijalni zglob. Vrh tibije građen je od dvije ravne površine koje su prekrivene zglobnim hrskavicama, a na tom prostoru, u obliku slova C, nalaze se apsorbirani šoka koji se nazivaju meniscima. Patella jest kost trokutastog oblika koja je pokretna ovisno o pokretima koljenog zgloba. Glavna joj je funkcija povećanje sile koja je uzrokovana m. quadriceps femorisom koji ekstendira koljeni zglob. Ukoliko dođe do oštećenja patelle, m. quadriceps femoris neće biti u mogućnosti povući tibiju i u potpunosti izravnati koljeno. Fibula se proteže od koljenog do nožnog zgloba i pomaže pri prijenosu težine zajedno s tibijom. Također, pomaže kao spojnica za mišiće poput m. biceps femoris te za lateralni kolateralni ligament (10).



Slika 2.1. Prikaz kostiju koje čine koljeni zglob (Izvor:

<https://embed.widencdn.net/img/veritas/ri81v7gn7v/576x324px/bones-knee-illustration.png?u=at8tiu&use=idsla&k=c>, Datum preuzimanja: 04.07.2020.)

## 2.2. Mišići

Koljeni zglob najkompleksniji je zglob u ljudskome tijelu pa samim time mora biti uključena velika skupina mišića koji će ga pokretati i omogućiti normalno svakodnevno funkcioniranje.

Tablica 2.1. Prikaz mišića i funkcija koje utječu na koljenski zglob (Izvor: Teach Me Anatomy, 2020, <https://teachmeanatomy.info/lower-limb/muscles/leg/>)

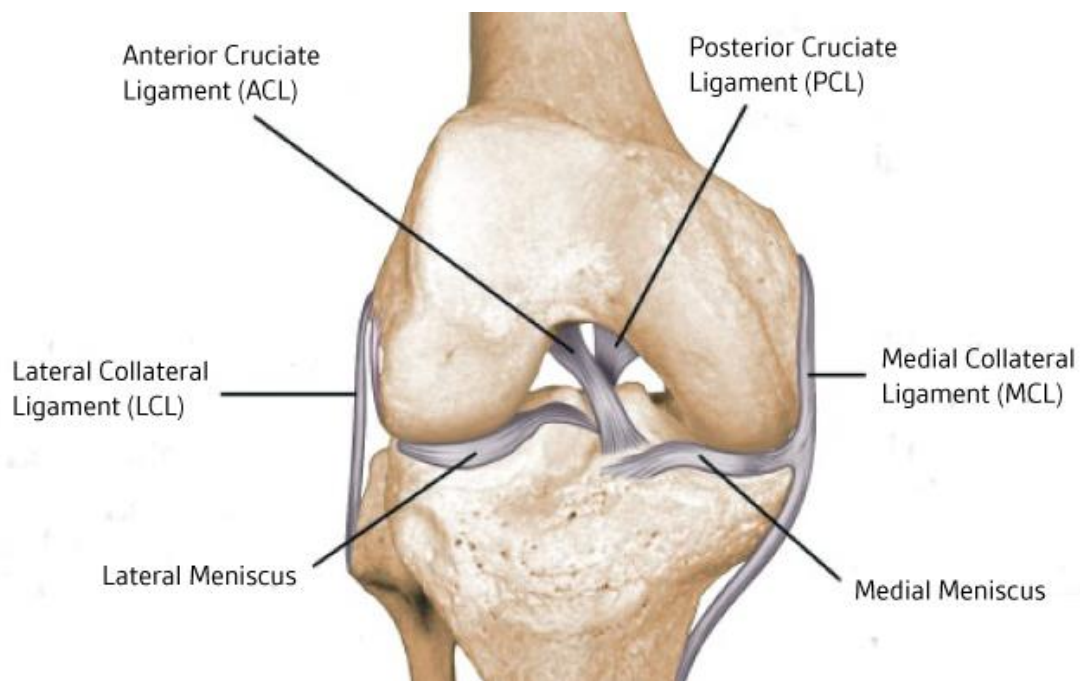
Mišići	Funkcije mišića u koljenskom zglobu
M. sartorius	Fleksija i unutarnja rotacija
M. quadriceps femoris	Ekstenzija i stabilizacija koljena
M. biceps femoris	Fleksija i vanjska rotacija
M. semitendinosus	Fleksija i unutarnja rotacija
M. semimembranosus	Fleksija i unutarnja rotacija
M. gracilis	Fleksija i unutarnja rotacija
M. tensor fasciae latae	Ekstenzija i vanjska rotacija
M. gastrocnemius	Fleksija
M. popliteus	Fleksija i unutarnja rotacija

## 2.3. Ligamenti

U sastavu koljenog zgloba nalaze se četiri krucijalna ligamenta koji vrše svoju funkciju u parovima. Dva se ligamenta nalaze izvan koljenog zgloba, a to su lateralni i medijalni kolateralni ligamenti, a unutar koljenog zgloba to su prednji i stražnji kolateralni ligament. Osim njih, postoji i patelarni ligament koji se nalazi uz patelofemoralni zglob (7).

Lateralni i medijalni kolateralni ligamenti važni su za održavanje stabilnosti koljenog zgloba. Medijalni kolateralni ligament priječi prekomjerni valgus položaj koljena i pruža stabilizaciju prilikom fleksije koljena koja prelazi 60° dok lateralni kolateralni ligament sprječava posteriornu tibijalnu translaciju te vanjsku i varus rotaciju tibije. Zajedno ovi ligamenti sprječavaju hiperekstenziju koljena (23).

Prednji križni ligament proteže se od lateralnog kondila femora do anteriornog interkondila tibije i sprječava posteriorni pomak femura u odnosu na tibiju, a najčešće biva ozlijeđen prilikom hiperekstenzije koljena. Rupturu prednjeg križnog ligamenta uzrokovat će sila koja djeluje anteriorno na poluflektirano koljeno, a najčešće se događa kod skijaša i nogometaša. Stražnji križni ligament proteže se od medijalnog kondila femora do posteriornog interkondila tibije, a prevenira anteriorni pomak femura u odnosu na tibiju. Posteriorni križni ligament otporniji je na ozljede, ali najčešće nastaju kada dođe do traume na tuberositas tibije kada je koljeno u fleksiji. Također, prednji i stražnji križni ligamenti osjetljivi su na lateralne stresove (53).



Slika 2.2. Prikaz ligamenata koljenog zgloba (Izvor: <https://tinyurl.com/y72w46hs>, Datum preuzimanja: 04.07.2020.)

### **3. OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA**

Funkcija je prednjeg križnog ligamenta da sprječava posteriorni pomak femura u odnosu na tibiju, ali i da sprječava hiperekstenziju i hiperfleksiju te u neutralnom položaju da se brine o stabilizaciji i prijenosu težine (54).

Iako koljeni zglob može biti oštećen i od strane unutarnjih faktora, kao što su biološke i anatomske karakteristike kod pojedinaca, češći uzrok ozljeda prednjeg križnog ligamenta jesu neki vanjski uzročnici. Dakako, unutarnji čimbenici poput naglog rasta i razvoja mogu pogodovati nastanku ovakvih ozljeda, češće su to udarci, padovi i slične traume koljenskog zgloba koje uzrokuju rupturu prednjeg križnog ligamenta. U vanjske čimbenike možemo svrstati mjesto gdje se određena aktivnost odvija (nogometno igralište, bazen), vrijeme po kojem se odvija aktivnost (snijeg, led, kiša) ili materijal podloge na kojoj se odvija (umjetna trava, duboki snijeg, asfalt). Dokazano je kako povećanjem koeficijenta trenja podloge i obuču dolazi do povećanja mogućnosti ozljede prednjeg križnog ligamenta (11).

Prednji križni ligament zauzima čak 50% ozljeda koljena u sportaša i smatra se jednom od najtežih ozljeda jer često zahtjeva operativni zahvat i dug period oporavka i rehabilitacije. Računica nalaže da se u SAD-u godišnje potroši oko 1 milijarda dolara samo za rekonstrukciju prednjeg križnog ligamenta. Nadalje, povreda prednjeg križnog ligamenta povećava rizik od nastanka ranog osteoartritis i kronične boli 10 do 20 godina nakon ozljede (37).

Ozljede prednjeg križnog ligamenta uobičajene su kod sportaša, a češće se pojavljuju kod pripadnika muškog spola. Dokazano je i kako se povećava vjerojatnost od ozljede prednjeg križnog ligamenta u ranom pubertetu kada dolazi do porasta visine i tjelesne težine. Taj period se smatra da kod djevojčica nastupa od 12-te godine, a kod dječaka od 14-te godine života. Najčešći sportovi kojima se bave djeca i adolescenti kod kojih dolazi do ozljede prednjeg križnog ligamenta jesu nogomet, košarka, gimnastika i skijanje. Ukoliko dođe do ozljede koja se počne tretirati odmah može doći do daljnjih komplikacija kao što su ozljede hrskavice i meniskusa koljena (77).

#### **3.1. Košarka**

U sportu kao što je košarka vrlo su važne reakcije ravnoteže, izmjena brzih pokreta ruku i nogu te sama brzina kretanja tijela koje se međusobno kombiniraju. Zbog sve većeg broja igrača, u današnje vrijeme važno je isticati se u što bržim kretnjama, promjenama smjera, izmjenom ruku i nogu, ali to sa sobom donosi i moguće ozljede. Ozljeda prednjeg križnog ligamenta spada u dvije najčešće ozljede prilikom bavljenja košarkom, a većina ih je nastala

tijekom treninga ili utakmice, najčešće kada je došlo do kontakta s drugom osobom (npr. sudaranje s drugim igračem) (63).

Istraživanje provedeno 2007. godine na igračima košarke muškog i ženskog spola, ukupno 39 slučajeva povrede prednjeg križnog ligamenta dovelo je do zaključka kako do rupture samog ligamenta dolazi većim stupnjem fleksije kod muškaraca nego kod žena te da su žene 5.3 puta izloženije riziku rupture ACL-a od muškaraca. Većina povreda nastala je pri padu na koljenu zglob u fleksijskom položaju (41).

Poznato je kako nerijetko igrači košarke zbog ovakvih ozljeda moraju riješiti problem operativnim zahvatom te kako je prosjek godina prve ozljede prednjeg križnog ligamenta između 14 i 20 godina. Također, kao jedan od čimbenika zbog kojeg žene imaju veću predispoziciju za ozljedu prednjeg križnog ligamenta jesu fiziološke karakteristike poput niže snage hamstringsa i kvadricepsa. U oba spola čimbenici rizika jesu labavi zglobovi (27).

Koga i suradnici proveli su istraživanje 2010. godine u kojem su sudjelovale igračice rukometa i košarke koje su zadobile ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Promatrajući snimke došli su do zaključka kako je koljeno u prosjeku bilo flektirano oko 23°, a u samom inicijalnom kontaktu s podlogom fleksija se povećala za 24°. Abdukcija je koljena iznosila 0° u samom početku pokreta, a pri inicijalnom kontaktu s podlogom povećala se za 12°, a vanjska rotacija se popela s 5° na 17°. Kao zaključak je postavljeno kako najveći utjecaj na ozljedu ima valgus pokret kombiniran s unutarnjom rotacijom tibije, a k tome se dodaje i mali kut fleksije koljena koji pridonosi nastanku ozljede (39).

### **3.2. Nogomet**

Statistički gledano prema podacima UEFA-e, 87% ozljeda na nogometu vezano je za donje ekstremitete, a prilikom pobliže diseminacije te statistike čak 40% svih ozljeda kod nogometaša otpada na koljenski zglob (1).

Imajući u vidu učestalost tih ozljeda valja napomenuti da iste često podrazumijevaju ozbiljniji period rehabilitacije pa se nogometaši nerijetko povlače s treninga i natjecanja upravo zbog ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Stoga je enormna sfera interesa kondicijskih stručnjaka današnjice upravo etiološko određivanje najučestalijih povreda koje dovode do imobiliziranih igrača (65).

Najčešći uzrok ove ozljede u nogometaša jest zbog brze izmjene pokreta nogu, a pridonosi im deceleracija koljenog zgloba i struktura koljenog zgloba prilikom brzih izmjena pokreta. Također, kao važan uzročnik smatra se i iznimno snažan m. quadriceps za kojim m. hamstrings zaostaju, a to može uzrokovati i mnoge druge ozljede, ne samo ozljedu ACL-a (13).

Položaj donjih ekstremiteta i trupa koji je najpodložniji rupturi ACL-a jest fleksija i abdukcija kuka, rana i mala fleksija koljena te abdukcija i vanjska rotacija stopala. Nogometaši koji mogu biti u skupini većeg rizika od nastanka ozljede jesu oni koji zbog određenog razloga ili ozljede nisu neko vrijeme trenirali te dođe do forsiranja tijela ili kod amatera koji dobiju šansu da postanu profesionalni nogometaši pa rade sve što je moguće kako bi zaslužili svoje mjesto u timu i time preforsiraju svoje tijelo i dolazi do ozljede. Najčešće do ozljede dolazi prilikom pada na podlogu ili kontakta s drugim igračem prilikom nepotpune ekstenzije koljena te njegove rotacije (35).

Na pojavnost ozljeda prednjeg križnog ligamenta, prema Rodak (2015), utječe i nekoliko faktora podijeljenih na šest kategorija:

1. Neuromuskularni; omjer snage kvadricepsa i hamstringsa, abdukcijski moment sile, veći valgus u koljenu, kut addukcije u kuku te kontralateralne oscilacije u valgus kutu koljena.
2. Anatomske; duljina natkoljenice, povećani nagib tibijalnih platoa, smanjena veličina interkondilarnog čvora femura te reducirana dubina konkaviteti medijalnog tibijalnog platoa.
3. Hormonalni; veće vrijednosti estrogena za vrijeme menstrualnog ciklusa i veće vrijednosti progesterona kod žena utječu na labavost prednjeg križnog ligamenta.
4. Genetski; obiteljska povijest ozljeda ACL-a.
5. Kognitivni; verbalna i vizualna memorija.
6. Ekstrinzični; vrijeme, podloga, obuča.

Posebnu pozornost treba obratiti prethodno navedenim ekstrinzičnim faktorima budući da je niz studija ustvrdio korelaciju između okolnosti pod kojima se određeni sport igra i učestalih ozljeda pa se sukladno tome očituje manja zastupljenost povreda ACL-a pri igranju nogometa na nižim temperaturama, odnosno veća zastupljenost u slučaju igranja na terenu od umjetne trave (65).

U nogometu se puknuće prednjeg križnog ligamenta smatra jednom od najtežih ozljeda jer zahtjeva dug izostanak s treninga i utakmica, ali može značiti i potpuni kraj karijere. Dakako, kada se igrač i vrati nakon rehabilitacije, veći je rizik da dođe do ponovnog puknuća ACL-a što nije nimalo poželjno. Prosječni period izbjivanja s treninga zbog ozljede prednjeg križnog ligamenta iznosi između 8 i 12 mjeseci (75).

Kod prijašnje ozljede prednjeg križnog ligamenta, važni čimbenici rizika od ponovnog nastanka u roku od prosječno 3.2 godine  $\pm$  1.4 godine jesu ženski spol jer su više izložene i nastanku prvog puknuća prednjeg križnog ligamenta, ozljeda hrskavice te kronična bol u koljenu (70).

### **3.3. Gimnastika**

Gimnastika jest kompleksna sportska aktivnost koja zahtjeva dug period treniranja za usavršavanje pokreta s održavanjem ravnoteže, balansa, a zahtjeva i visoku razinu koordinacije. Često se gimnastikom počinju baviti djeca, a najranije počinju već oko treće godine života. Kao općeniti rizik smatra se pripadnost ženskome spolu i jedan je od čimbenika na koji se ne može utjecati, a u ostale faktore spadaju smanjena napetost zglobova, loša koordinacija brzine, balansa, izdržljivosti i fleksibilnosti, pogrešan doskok, povećana tjelesna težina, ali i kompleksni zadaci koji možda nisu prilagođeni razini pojedinca (8).

Lim i suradnici 2013. su godine proveli istraživanje kako obuča koju koriste 13 gimnastičarki prilikom doskoka na jednu nogu utječe na ozljede prednjeg križnog ligamenta te su utvrdili kako gimnastičarke koje koriste bilo kakav oblik obuče imaju smanjenu maksimalnu addukciju natkoljenice i smanjenu maksimalnu ekstenziju koljena nego one koje uopće ne nose obuču prilikom treninga te nalažu kako gimnastičarke koje nose obuču prilikom treninga imaju smanjenu mogućnost od nastanka ozljede kao što je ruptura prednjeg križnog ligamenta (44). Kod djevojčica je utvrđena i menarha kao čimbenik rizika jer nakon prve mjesečnice uočava se smanjenje stupnja maksimalne fleksije koljena i povećanje maksimalnog kuta abdukcije koljena te povećanje snage kvadricepsa u odnosu na hamstringse prilikom doskoka na jednu nogu (38).

### **3.4. Skijanje**

Oko 50% ozljeda donjih ekstremiteta kod profesionalnih skijaša čine ozljede prednjeg križnog ligamenta. Češće se ozlijede osobe starije dobi te u ovome slučaju, muškarci. Muškarci češće zadobiju bilo kakav oblik ozlijede u skijanju jer se smatra da uzimaju veće rizike od žena. Također, ozljeda nastaje prilikom doskoka na jednu skiju, a noga je u potpunosti ekstenzirana te dolazi do anteriorne translacije tibije u odnosu na femur i prekida prednje križne sveze (17). Heinrich i suradnici iznose tezu u radu iz 2014. godine kako najviše ozljeda nastaje tijekom natjecanja jer skijaši iskorištavaju svoj maksimum i samim time se izlažu većem riziku od nastanka ozljede. Osim doskoka na jednu skiju prilikom potpune ekstenzije noge, kao položaj cijelog ekstremiteta kada dolazi do najčešćeg pucanja prednjeg križnog ligamenta navode

ekstenziju trupa, fleksiju kuka, ekstenziju koljena te dorzifleksiju stopala, ali i asimetriju samoga tijela prilikom doskoka (30).

Važno je naglasiti kako se, posebno kod skijaša, ističu unutarnji i vanjski čimbenici rizika koji utječu na nastanak ozljede. Intrinzični su faktori spol, taktičke i tehničke vještine, dob, sklonost izlaganja rizicima te prijašnje ozljede. Ekstrinzični faktori odnose se na samu podlogu po kojoj se skija, je li više zaleđena ili prekrivena snijegom, skijaška oprema i vremenski uvjeti u kojima osoba skija. Otkrivena je i poveznica između ozljeda i duljine skija koje se koriste prilikom skijanja te je veći postotak ozlijeđenih kod skijaša koji koriste dulje skije (5).

### **3.5. Prevencija nastanka ozljeda prilikom bavljenja sportom**

Prevenirati nastanak ozljede moguće je uporabom pravilne obuće, primjerene za vrstu podloge na kojoj se trenira te prilagođena sportskoj aktivnosti kojom se osoba bavi (47).

Također, potrebno je uvrstiti i programe treninga koji će se fokusirati na učenje pravilne, adekvatne tehnike pada na podlogu u određenim sportovima, gdje će doći do potrebne fleksije koljena, a gdje će se izbjeći valgus koljena. Svakako treba veći fokus staviti i na vježbe istezanja i jačanja hamstringsa, a smanjiti snaženje kvadricepsa jer i neravnomjerna raspodjela snage agonista i antagonista može uzrokovati ozljedu poput rupture prednjeg križnog ligamenta (39). Bavljenje bilo kojim sportom snosi određene rizike i ne može se uvijek prevenirati svaka ozljeda, ali može se donekle smanjiti incidencija. Primjerice, prilikom skijanja moguće je odabrati što korektniju opremu, prilagođenu osobi koja ju koristi, njenoj tjelesnoj težini, razini spremnosti, spolu i slično te samim time na neki način prevenirati ozljede koje mogu nastati. Također, educirati sportaše o riziku prilikom natjecanja i koliko se mogu forsirati, ali ih upoznati i s vlastitim granicama (36).

Od intervencija koje se mogu koristiti u prevenciji, preporučeni su pliometrički trening i trening dinamičke stabilizacije jer dokazano smanjuju rizik nastanka ozljede prednjeg križnog ligamenta. Povećavaju snagu prilikom abdukcije kuka te poboljšavaju neuromuskularnu kontrolu alignmenta donjeg ekstremiteta prilikom sportske aktivnosti (Hewett et al, 2016).

Pliometrički trening temelji se na sprintanju, skakanju, promjeni smjera i brzine određene akcije, a osim poboljšanja navedenih aktivnosti, u pozitivnom porastu jesu i fizička spremnost i izdržaj samog tijela prilikom aktivnosti, balans, udarac lopte kod nogometaša te eksplozivnost i stabilnost zglobova (61).

Pliometrički je trening vrlo popularna forma fizičke aktivnosti koja uključuje skokove, nagle promjene smjera i izmjenu kontrakcija mišića. Cilj je što više koristiti prirodne elastične komponente ljudskog tijela poput mišića i tetiva te refleks istezanja u korist samog sportaša (2).



Prema Schnurrer-Luke Vrbanić et al (2007) naglašavaju kako je dokazano kako nošenje koljenih ortoza nije potvrđeno kao djelotvorno u prevenciji rupture prednje križne sveze, samo pridonosi subjektivno općem boljem osjećanju. Također, strategija se prevencije najprije odnosi na edukaciju trenera i sportaša o samoj ozljedi i rizičnim čimbenicima koji mogu dovesti do iste. Preporučuju se i treninzi na podlogama poput parketa i prirodne trave te se savjetuje izbjegavanje tvrdih podloga kao što su beton ili asfalt. Posebno se educira o sportskoj obući koju bi svaki sportaš tijekom treninga, ali i izvan njega trebao nositi. Što se tiče samog treninga i aktivnosti, sportaše treba naučiti oravilnim tehnikama doskoka i skakanja, zaustavljanja te mijenjanja brzine.

2017. godine Holly J. Silvers-Granelli i suradnici su proveli istraživanje o FIFA 11+ programu prevencije ozljeda koji je predstavljen kao jedan od boljih programa sastavljenih za suzbijanje mogućnosti nastanka ozljeda poput puknuća prednjeg križnog ligamenta. Studija nalaže kako je FIFA 11+ program smanjio stopu incidencije ozljede prednjeg križnog ligamenta za 77% u natjecatelja muškog spola na koledžima (Tablica 3.1.) (72).

Novije studije su ustvrdile smanjeni rizik od ozljeda ACL-a, u iznosu od čak 70%, ukoliko se prije bavljenja sportskom aktivnosti primjene određene vježbe zagrijavanja. PEP program (Prevent Injury and Enhance Performance Program) pokazao se kao najuspješniji u redukciji ozljeda ACL-a u oba slučaja inicijalne ozljede i daljnjih ozljeda nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta. Struktura programa izmjenjuje tradicionalni model zagrijavanja, a njegova učinkovitost podrazumijeva provođenje vježbi (vidi tablicu 3.2.) dva do tri puta tjedno (66). Šest je osnovnih principa koje bi trebalo analizirati prilikom odrađivanja programa prevencije nastanka ozljede prednjeg križnog ligamenta, a to su godine, s programima bi trebalo početi što ranije ukoliko se sportom bave djeca kako bi što više suzbili mogućnost nastanka ozljede u kasnijoj dobi, ali i pri samom početku treniranja sporta koji ima visoku mogućnost od nastanka povrede prednjeg križnog ligamenta, biomehanika tijela, a kao primjer može se uzeti valgus koljena kao važan čimbenik rizika koji često dovodi do ozljede križnih ligamenata. Zatim, usklađenost performansa obje noge prilikom prevencijskog programa, pravilno doziranje, točnije, što češće sudjelovanje u programu prevencije, a program ne bi trebao biti duži od 20-30 minuta i trebao bi se odrađivati više puta tjedno, feedback ili povratna informacija koja se može dobiti verbalno, ali i promatranjem osobe koja trenira. Nadalje, mnoštvo različitih vježbi koje se mijenjaju kroz tri komponente koje se smatraju najvažnijima za prevenciju ozljede prednjeg križnog ligamenta, a to jesu pliometrija, neuromuskularni trening i trening snage (52).

Tablica 3.1. Program *FIFA11+* (Izvor: Gotal, Kirinić, 2015)

PROGRAM	VJEŽBE	OPTEREĆENJE
<p>Jačanje trupa, neuromuskulturna kontrola i balans, ekscentrične vježbe posterioarne strane natkoljenice, vježbe agilnosti i vježbe pilometrije</p>	<p><b>TRČANJE</b></p> <p>1) trčanje do čunja i natrag s ubrzanjem intenziteta 2x</p> <p>2) kruženje kukom unutra, trčanje nazad 2x</p> <p>3) kruženje kukom van, trčanje nazad 2x</p> <p>4) kruženje oko partnera, trčanje nazad 2x</p> <p>5) skakanje i kontakt ramenom u paru 2x</p> <p>6) sprint naprijed nazad 2x</p> <p><b>JAKOST, PILOMETRIJA, BALANS</b></p> <p>1) Izdržaj (ruke na podlakticama/podizanje/izdržaj s podignutom nogom) 3x40-60</p> <p>2) Izdržaj (ruke na podlakticama/pružena noga/zgrčena noga/otpor nogom) 3x40-60</p> <p>3) Izdržaj u kleku s partnerom</p> <p>4) Izdržaj na nozi s loptom u rukama 2x30</p> <p>5) čučnjevi samostalno i s partnerom</p> <p>6) skokovi: naprijed-nazad/lijevo-desno 2x30</p> <p><b>TRČANJE POJAČANOG INTENZITETA</b></p> <p>1) 40m s 80% intenziteta, trčanje do kraja terena i natrag 2x</p> <p>2) zalet 6-8x, trčanje s visokim odrazom</p> <p>3) trčanje, iskorak u stranu s izmjenom pravca, sprint 7-9 koraka s 90% intenziteta, ponovno u suprotnu stranu</p>	<p>8 min trčanja, 10 min jakosti, pliometrije i ravnoteže</p> <p>2 min</p> <p>ukupno 20 min</p>

Tablica 3.2. PEP program (Izvor: Gotal, Kirinić, 2015)

PROGRAM	VJEŽBE	OPTEREĆENJE
<p>Pep program (prevent injury, enhance preformance) za cilj postavlja prevenciju ozljeda i maksimalizaciju efikasnosti kroz izmjenično zagrijavanje, istezanje, pliometrijske vježbe agilnosti i jačanje pri čemu se postiže jakost i koordinacija muskulature stabilizatora koljenog zgloba.</p>	<p><b>ZAGRIJAVANJE</b> 1) trčanje između linija 30s 2) bočne kretnje 30s 3) trčanje unazad 30s</p> <p><b>JAČANJE</b> 1) kretnje s iskoracima 3x10 2) ruska loža 3x10 3) Uzdizanje na prste jedne noge 2x30</p> <p><b>PLIOMETRIJA</b> 1) skokovi preko čunja 20x naprijed-nazad 2) skokovi preko čunja 20x lijevo-desno 3) skokovi preko čunja 20x jedna noga 4) skokovi s odbijanjem lopte glavom 5) poskoci u raskoraku 20x</p> <p><b>AGILNOST</b> 1) trčanje do čunja s zaustavljanjem 2) dijagonalno pretrčavanje s pivotiranjem 3) poskoci s izmjenom noge oslonca</p> <p><b>ISTEZANJE</b> 1) Istezanje lista 30s 2) istezanje kvadricepsa 30s 3) istezanje posteriorne strane natkoljenice 30s 4) istezanje posteriorne strane bedra 20s 5) istezanje kukova 30s</p>	<p>3x tjedno</p>

Ozljede križnih ligamenata češće dolaze u kombinaciji s ozljedama drugih struktura koljena poput medijalnog meniskusa te medijalnog kolateralnog ligamenta, ali mogu nastati i izolirano

iako je puno rjeđi slučaj. Izolirana ozljeda može nastati pri snažnoj i nagloj prevelikoj ekstenziji koljena ili kada osoba zadobije direktan udarac u semiflektirano koljeno te femur klizne po tibiji prema natrag te tada dolazi do otrgnuća donjeg ili gornjeg hvatišta (22).

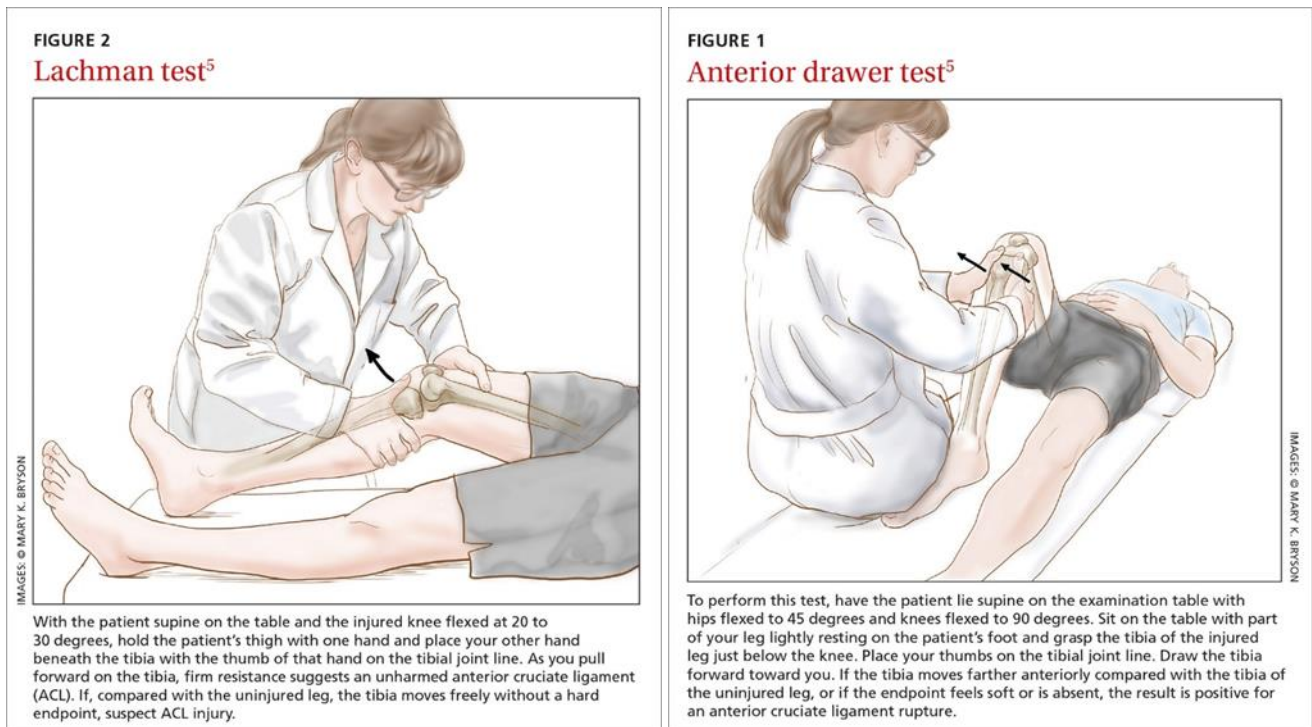
Prilikom prvog pregleda pacijenta liječnik će obaviti punkciju koljenskog zgloba kako bi evakuirao hematom te ukoliko se njome dobije krv, a klinički testovi jesu pozitivni, gotovo sigurno se radi o ozljedi prednjeg križnog ligamenta nakon kojeg slijede testovi i cjelokupna dijagnostika (16).

### **3.6. Dijagnostika**

Dijagnoza poput rupture ACL-a uspostavlja se nakon detaljno odrađene anamneze i kliničkog pregleda. Ukoliko je slučaj nejasan radi se MR (magnetska rezonanca) koja dijagnosticira stanje rupture prednjeg križnog ligamenta te može služiti i kao dijagnostička metoda i kao terapijska metoda. Klinički pregled temelji se na testovima koji utvrđuju stabilnost koljena, a najboljim se smatraju „Lachmanov test“ i „test prednje ladice“ (6).

„Lachmanov test“ smatra se zlatnim standardom među testovima za dijagnosticiranje rupture prednjeg križnog ligamenta, a izvodi se na način da je pacijent u supiniranom položaju te su mu donji ekstremiteti u laganoj eksternoj rotaciji, koljena u fleksiji koja iznosi oko 30°. Fizioterapeut mora stabilizirati distalni dio natkoljenice te drugom rukom snažno povući proksimalni dio tibije u smjeru prema naprijed. Test je pozitivan ukoliko nedostaje čvrstoće i osjeta prilikom povlačenja tibije (32).

„Test prednje ladice“ izvodi se, ne samo kod sumnje na rupturu, već i na samu labavost i oslabljenost ligamenata koljenog zgloba. Izvodi se na način da je pacijent u supiniranom položaju, koljena su pod pravim kutem (fleksija 90°), a stopalo je u srednjem položaju oslonjeno na podlogu. Terapeut palčevima uhvati prednju stranu koljena, a ostatkom prstiju stražnju stranu koljena te nastoji polako privući tibiju naprijed uz palpaciju prednje strane koljena prilikom pokreta. Test je pozitivan ukoliko se kondili tibije pomaknu za više od 6mm prema naprijed u odnosu na femur, ali mana ovome testu jest ukoliko postoji labavost stražnjih križnih ligamenata test može biti lažno pozitivan (Slika 3.1.) (12).



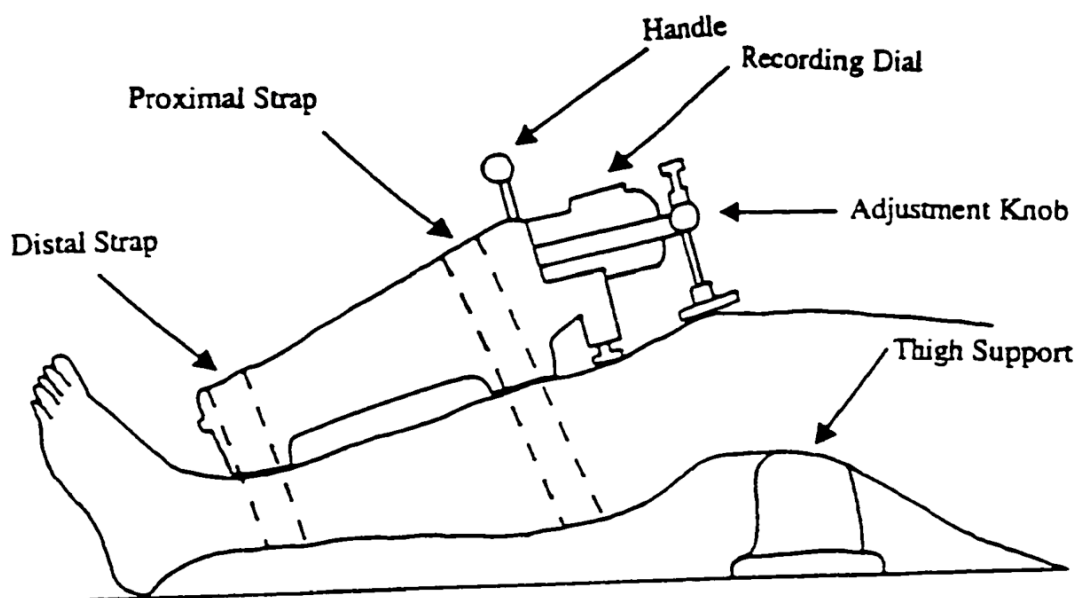
Slika 3.1. Prikaz izvedbe Lachmanovog testa i testa prednje ladice kod sumnje na rupturu prednjeg križnog ligamenta (Izvor: <https://tinyurl.com/y3r7paua>, <https://tinyurl.com/y3a966ex>, Datum preuzimanja: 10.07.2020.)

„Test lateralnog pivotiranja“ ne smatra se vrlo pouzdanom metodom jer zavisi od terapeuta koji provodi test pošto se promatra i palpira instabilitet rotacije koljena. Visoka je kompleksnost ovog testa jer se sastoji od 3 pokreta koji zauzimaju 6° slobode, a to su unutarnja i vanjska rotacije tibije, varus-valgus rotacija i anteriorna i posteriorna translacija. Test se izvodi na način da se koljeno ekstendira, a tibiju se postavi u unutarnju rotaciju. Terapeut promatra i palpira unutarnju silu lateralne strane koljena, a drugom rukom pridržava stopalo i flektira zahvaćeno koljeno. Pozitivnost testa određuje se palpiranjem i opservacijom instabiliteta. Test je pozitivan ukoliko postoji pomak tibije u odnosu na femur (Hoshino et al, 2012).

U dijagnostici se koristi i test pod nazivom „Znak poluge“ (Lever sign) ili Lelli-jev test u kojem terapeut postavlja svoju šaku ispod m. triceps surae, stvara točku oslonca poluge te drugom rukom stvara pritisnu silu prema dolje na distalni dio femura. Ukoliko je došlo do oštećenja prednjeg križnog ligamenta, peta se ne podiže već se vidi pomak tibije (42).

Osim testova koje provodi terapeut, puknuće prednjeg križnog ligamenta može se utvrditi i metodama poput magnetske rezonance ili, u novije vrijeme, KT-1000 artrometrom. MRI se smatra pouzdanom metodom za utvrđivanje rupture prednjeg križnog ligamenta te meniska. Mnoga su istraživanja pokazala kako je od ostalih metoda ova najučinkovitija sa čak 85% uspješnosti postavljanja pravilne dijagnoze, a od ostalih 15% više se pokazalo lažno pozitivnih nego lažno negativnih rezultata (15).

KT-1000 artrometar koristi se na način da se postavi na anteriorni dio noge te se stegne pomoću Velcro remenčića. U sklopu artrometra nalaze se dva senzorna bloka, od kojih je jedan u doticaju s patellom, a drugi s tibijalnim tuberkulom. Mjerni instrument detektira pomake između dva senzorna bloka u milimetrima. Testiranje započinje kada je pacijent u supiniranom položaju na tvrdom ležaju, a počinje se od 90° fleksije koljena te teče tako što pacijent polako ekstendira nogu. Instabilitet se najbolje uočava između 20 i 40° fleksije (62).



Slika 3.2. Prikaz smještenosti aparata KT-1000 artrometra na ekstremitet (Izvor: <https://tinyurl.com/yyfra7xk>, Datum preuzimanja: 15.07.2020.)

Rose i Gold su 1996. proveli istraživanje u kojem su usporedili točnost između kliničkih testova koji se koriste za dijagnosticiranje rupture prednjeg križnog ligamenta i magnetne rezonance. Došli su do zaključka kako nema značajne razlike između ove dvije metode, ali da je kod

povrede meniskusa ipak MRI bolja metoda utvrđivanja, ali oba načina utvrđivanja pokazali su se jednako točnima (67).

U usporedbi Lachmannovog testa i testa lateralnog pivotiranja rezultati su pokazali kako je Lachmannov test najsenzitivniji, dok je test lateralnog pivotiranja najspecifičniji test za utvrđivanje rupture prednjeg križnog ligamenta (60).

### **3.7. Klinička slika i liječenje**

Prilikom ozljede prisutna je jaka bol praćena otjecanjem zgloba i smanjenjem pokretljivosti. Prvo što je potrebno napraviti ukoliko dođe do ozljede jest iskoristiti led za smanjenje bolnosti i učiniti kompresiju elastičnim zavojem što će pomoći smanjenju otečenosti (Buntić, 2014).

Osim izrazite bolnosti, pokreti su ograničeni i osjeća se nestabilnost koljena prilikom izvođenja bilo kakve aktivnosti (79).

Što se samog liječenja tiče, ono može biti operativno ili neoperativno. Operativno liječenje preporučuje se kod potpunog puknuća prednjeg križnog ligamenta, potpune instabilnosti, a sastoji se od rekonstrukcije ligamenta i postoperativne rehabilitacije. Neoperativno ili konzervativno liječenje preporučuje se kod djelomične, nepotpune ruptуре ili labavosti ligamenta (4).

Vrsta kirurškog zahvata koja se najčešće koristi kada dođe do ozljede prednjeg križnog ligamenta jest artroskopija kojom se izvode unutarzglobni i izvanzglobni zahvati. Izvodi se putem malih rezova kroz koje prolaze artroskop i odgovarajući instrumenti potrebni za izvedbu zahvata. Oštećenja okolnih tkiva i stvaranje trauma u operiranom području minimalizirane su, a i sam je oporavak nakon ovakve vrste zahvata lakši, kvalitetniji i brži (6).

Neoperativni se tretmani temelje na liječenju po fazama. Akutnu fazu predstavljaju nastale otekline, moguće hemartroze, gubitak pokreta, slabost ekstremiteta i reakcija inhibicije muskulature kvadricepsa femorisa na koje se tijekom te faze pokušava i utjecati prilagođenim vježbama i modalitetima istih te fizikalnim procedurama poput krioterapije. Nakon što je pacijent postigao potpuni opseg pokreta, oporavio snagu ekstremiteta i reakcije, nastavlja se na neuromuskularni trening gdje se koriste dinamičnije vježbe, rad na balansu i proprioceptiji, kardiovaskularnom i neuromuskularnom poboljšanju. Ukoliko je osoba savladala sve vježbe, potpuno je sigurna i stabilna te nema naznaka disbalansa i drugih imperfekcija, slijedi finalna faza, a to je povratak sportu ili normalnim aktivnostima kojima se sama osoba bavi. Ako je riječ o sportašu, prvo se provjeravaju pokreti koji se koriste u sportu i nastoji se dodatno educirati

osobu kako prevenirati ponovnu ozljedu te se promatra sigurnost i stabilitet izvođenja radnji (59).

Iako konzervativno liječenje u očima mnogih ima više pozitivnih nego negativnih strana, postoji veći rizik od nastanka ponovne ozljede te degenerativnih bolesti u budućnosti nego kod ozljeda koje su sanirane prvo putem operativnog zahvata, ali isto tako osobe liječene konzervativnim putem iskazuju veće zadovoljstvo općim stanjem unatoč tom saznanju (25).

## **4. FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE**

Fizioterapijske intervencije kod ozljeda prednje križne sveze dijele se na preoperativnu i postoperativnu rehabilitaciju. Također, uz rehabilitacije, pod fizioterapijske intervencije spada i fizioterapijska procjena, a to jesu subjektivna i objektivna procjena, testovi i mjerenja te plan i program terapije koja će se provoditi i njezini ciljevi. Dva su faktora relevantna za uspješan oporavak, a to su ciljane i pravilno određene vježbe, točnije program rehabilitacije te motivacija pacijenta i koliko on brzo i kvalitetno želi doživjeti oporavak (28).

Prema Buntić (2014) mnogo je ciljeva koje treba ostvariti prije povratka u sportske aktivnosti, ukoliko se radi o sportašima ili u aktivnosti svakodnevnog života. Očekuje se da će kroz program rehabilitacije, koji okvirno traje 12 tjedana pacijentu biti otklonjen otok, suzbijena bol, sprječena atrofija i atonija mišića te da će se ojačati mišići koji okružuju i stabiliziraju koljeno pa će se cjelokupno psiho-fizičko stanje pacijenta vratiti na razinu prije nastanka same ozljede.

### **4.1. Procjena**

Prilikom nastanka ozljede kao što je ruptura prednjeg križnog ligamenta, osoba u trenutku ozljede čuje škljocaj, osjeti intenzivnu bol, pojavljuje se otekline vidljiva golim okom te se javlja smanjena pokretljivost koljena zbog koje se najčešće i pacijent javlja u kliniku gdje se obavlja daljnja inspekcija. Prvo se intervjuira pacijenta o osnovnim životnim navikama i aktivnostima te kada je i kako došlo do ozljede i pacijent tada opisuje i svoje simptome te čime se bavi i slično. Nadalje, opservira se koljeno, palpira, provedu se testovi poput Lachmanovog testa ili testa prednje ladice kako bi se utvrdila sumnja na ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Također, da se potvrdi sumnja, često se pacijenta pošalje i na obavljanje magnetne rezonance kako bi bili u potpunosti sigurni o čemu se radi i koliki je stupanj ozljede. Kada se utvrdi stupanj ozljede, potrebno je pričati s pacijentom i predstaviti mu najbolje opcije. Osobama do 40 godina starosti preporuča se operativni zahvat ukoliko im je potreban brži oporavak te poslije zahvata



slijedi rehabilitacija u trajanju nekoliko mjeseci i povratak svakodnevnim aktivnostima, dok se starijima češće preporuča konzervativno liječenje (29).

Dakle, subjektivna se procjena temelji na razgovoru s pacijentom, čime se on bavi i što se točno dogodilo u trenutku nastanka ozljede, dok se objektivna procjena temelji na palpaciji, opservaciji i provođenjem testova i mjerenja. Osim testova koji služe kao uspostava dijagnoze rupture prednjeg križnog ligamenta, koriste se i mjere obujma donjih ekstremiteta kako bi se utvrdilo je li došlo do nastanka edema ili promjene trofike mišića te goniometar u svrhu određivanja mogućeg opsega pokreta (46).

U daljnjem opisivanju fizioterapijskih intervencija koje se koriste biti će iskorišten protokol prema Maravić, Ciliga (2016) jer se uglavnom provode jednaki oblici terapije nakon ruptore prednjeg križnog ligamenta.

## **4.2. Kineziterapija**

**Pasivne vježbe** nemaju ni približan učinak kao aktivne vježbe. Program rehabilitacije nakon puknuća prednjeg križnog ligamenta gotovo uvijek započinje pasivnim pokretom. Postoje pozitivne posljedice koje proizlaze iz njih poput održavanja fiziološke duljine mišića, održavanja i povećanja opsega pokreta u zglobovima, poboljšanja tonusa i cirkulacije limfe i krvi te povećanja proprioceptije.

**Vježbe opsega pokreta**, osim pasivno, mogu se provoditi i aktivno-potpomognuto te aktivno. Ističe se vraćanje potpune ekstenzije koljenog zgloba i potpuni opseg pokreta. U početku rehabilitacije provode se pasivne vježbe za povećanje opsega pokreta, a kasnije se pokušava povećati za 10° po tjednu. Ukoliko dođe do otoka, vježbe se izvode manjim intenzitetom i opterećenjem, a može pomoći i primjena kriobloga (34).

Vježbe opsega pokreta korištene u prvom tjednu rehabilitacije jesu ekstenzija koljena od 90° do 40°, izmjena dorzifleksije i plantarne fleksije u nožnom zglobu, „leg raises“ u 3 smjer (76).

**Krioterapija**, u početku se rehabilitacije koristi u svrhu smanjenja boli i oteknuća, prije same aktivnosti ili tijekom ukoliko se pojavi bolnost.

**Vježbe istezanja** smatraju se oblikom vježbi u svrhu povećanja opsega pokreta, a naglasci su na istezanju m. gastrocnemiusa i m. hamstrings. Također, osim navedenih mišića istežu se i m. quadriceps femoris te iliotibijalni trakt (34).

Prema Nyland et al (2010), osim istezanja navedenih mišića, preporučuju istezanje i m. piriformis jer svi ti mišići pomažu izvođenju aktivnosti poput brzog hodanja, trčanja ili skakanja. Skraćenost mišića donjih ekstremiteta može dovesti do pojave kompenzacija ili nemogućnosti i ograničenosti izvođenja navedenih aktivnosti. Kao primjer istezanja lijevog

kvadricepsa i desnog hamstringsa može se uzeti pronirani položaj pacijenta. Lijeva noga pacijenta nalazi se na krevetu u flektiranome položaju, dok se desna noga nalazi na tlu. Pacijent elastičnom trakom povlači lijevo stopalo prema sebi i na taj način isteže kvadriceps, a automatski se isteže i hamstrings noge koja se nalazi na tlu (Slika 5.1.).



Slika 4.1. Prikaz istezanja m. quadriceps femoris i mm. hamstrings (Izvor: <https://tinyurl.com/yxhdd4fa>)

Terapeut mora biti kvalificiran za obavljanje određene terapije te iskoristiti svo moguće znanje kako bi poboljšao kvalitetu života pacijenta te da on što prije dođe u stanje prije nastanka same ozljede.

**Edukacija** se pacijenta u prvim danima temelji na učenju tehnikama samopomoći i postavljanju kriobloga. Savjetuje se pacijenta da postavlja ledene obloge i kod kuće kada primijenjuje tehnike samomasaže ili pasivne ili aktivno-potpomognute vježbe (80).

**Samomasažu** pacijenti provode koristeći „foam roller“ te se ona pokazala efektivnim oblikom terapije na samome početku zbog poboljšanja cirkulacije krvi i limfe. Nadalje, samomasaža „foam rollerom“ pokazala je pozitivnu korelaciju s relaksacijom mišića i povećanjem opsega pokreta (80).

Pasivno se razgibavanje, osim navedenim tehnikama, može provoditi i aparatom pod nazivom kinetek. **Kinetek** je mehanizam za kontinuirano pasivno razgibavanje na kojem terapeut mijenja brzinu i stupanj pokreta, ovisno o mogućnostima i stanju samoga pacijenta (55).

U ovoj se fazi primijenjuje i **koljena ortoza** kako bi se smanjio rizik od daljnje ozljede i ograničio pokret do 90° fleksije u koljenu. Preporuča se nošenje ortoze prilikom hoda sa štakama kako bi ozljeđeno koljeno bilo u zaključanom položaju ili ograničeno od kretnji prevelikog opsega pokreta (19).

Prema Bašćevan et al (2010) od fizikalnih se procedura koriste terapija laserom, magnetoterapija, terapija ultrazvukom te elektrostimulacija.

**Elektrostimulacija** preporuča se nakon rupture prednjeg križnog ligamenta u svrhu sprječavanja atrofije mišića te povećanja snage i aktivacije m. quadriceps femoris (43).

Osim navedenih fizikalnih procedura, preporuča se i korištenje **TENS**-a koji dodatno smanjuje bolnost i pruža osjećaj ugone na mjestu ozljede (20).

**Biofeedback** spominje se u mnogim literaturama, ali nije u potpunosti dokazano njegovo djelovanje. Koristi se u svrhe prevazilaženja nadjačavanja i inhibicije od strane mozga/leđne moždine koji mogu prevenirati aktivaciju zahvaćenih motoneurona (57).

Kako je spomenuto, nakon rupture prednjeg križnog ligamenta, ortoza se na koljeno postavlja kako bi ga stabiliziralo i sačuvalo od daljnjih ozljeda, pogotovo prilikom hoda na štakama. U prvoj se fazi radi na uspostavljanju motoričke kontrole i edukaciji hoda sa štakama.

**Hod se sa štakama**, prema Grle, Grle (2019) provodi krajem drugog tjedna i ulaskom u treći i četvrti tjedan rehabilitacije. U početku, cilj je samo održavati ravnotežu i prilagoditi štace visini osobe, napreduje se hodaњem po ravnoj, glatkoј površini bez prepreka pa sve do grube površine s preprekama, hoda unatrag i po stepenicama.

Vježbe snaženja mogu biti izometričke (statičke) ili izokinetičke i izotoničke (dinamičke).

Osim pasivnih vježbi i edukacije hoda na štakama, provode se **izometričke vježbe**. Prva je varijanta kontrakcija samog mišića, a slijedi relaksacija. U drugoj se varijanti ekstenzirana noga podiže od podloge, dok se u trećoj kombinira kontrakcija i odizanje ekstenzirane noge od podloge i odmicanje od kuka. Svaka od ovih vježbi ponavlja se između 10 i 20 puta, sve ovisi o individui i koliko je ona za što sposobna (49).

Od **izokinetičkih vježbi**, često je korištena izokinetička ekstenzija koljena i aktivnosti koje uključuju rađenje čučnjeva. Izokinetička se ekstenzija koljena radi u svrhu osvješćivanja kokontrakcije s mm. hamstrings i potiče osnaživanje mišića bedara bez pružanja negativnog utjecaja na stabilnost koljena. Izokinetičke vježbe smatraju se zahtjevnijima i s njima se počinje u sredini rehabilitacije, točnije, između šestog i osmog tjedna terapije. Postoje različiti modaliteti prema kojima se izvode dinamičke vježbe, što znači da se može utjecati na intenzitet, brzinu i opterećenje određene vježbe pa se sve primijenjuju individualno, ovisno o napretku (78).

S druge strane, Toutoungi et al (2000) navode kako je kod puknuća prednje ukrižene sveze sigurnije provoditi čučnjeve nego izokinetičke i izometričke ekstenzorne vježbe za jačanje m. quadriceps femoris, dok je za mm. hamstrings poželjno provoditi izokinetičke i izometričke vježbe. Potvrđuju svoje navode mjerenjima koje su proveli, koja su dokazala kako izokinetičke i izometričke ekstenzorne vježbe za jačanje kvadricepsa povećavaju silu na koljeni zglob pa iako može doći do pozitivnih rezultata, veliki je broj i onih negativnih gdje dolazi do povratka na raniju fazu rehabilitacije.

Osim izometričkih i izokinetičkih vježbi, mogu se provoditi i vježbe otvorenog i zatvorenog kinematičkog lanca.

**Vježbe kinematičkih lanaca** kod ozljede prednjeg križnog ligamenta fokus imaju na kinematički lanac donjih ekstremiteta koji podrazumijevaju kuk, koljeno i nožni zglob. Kinematički lanac koji uključuje 3 velika zgloba donjih ekstremiteta poboljšava sveukupno funkcioniranje i može dovesti do bržeg oporavka za razliku od izoliranih vježbi za pojedine mišiće ili zglobove. Vježbe zatvorenog kinematičkog lanca dokazano su najbolje za oporavak nakon rupture prednjeg križnog ligamenta. Kinematički se lanac smatra zatvorenim kada su proksimalni i distalni dio vezani za objekt koji se ne pomiče, a to stvara mehanizam u kojem pokret jednog zgloba pokreće i ostale zglobove kinematičkog lanca. Zatvorenim se kinematičkim lancem, primjerice, smatraju podizanje iz čučnja ili pritisci nogom („leg press“). S druge strane, otvorenim se kinematičkim lancem smatraju vježbe u kojima se stopalo slobodno pomiče, poput ekstenzije noge u sjedećem položaju. Dakle, otvoreni kinematički lanac postoji kada se jedan zglob aktivno i slobodno pomiče, a primjer tome može biti faza zamaha prilikom hoda (58).

Vježbe zatvorenog kinematičkog lanca važne su u jačanju m. quadriceps femoris i m. gastrocnemius te mm. hamstrings. Takve vježbe uključuju anteriorne i lateralne vježbe kod kojih pacijent s jednim donjim ekstremitetom stoji na povišenju te naizmjenično izvodi fleksiju i ekstenziju i jednonožne vježbe ravnoteže (34).

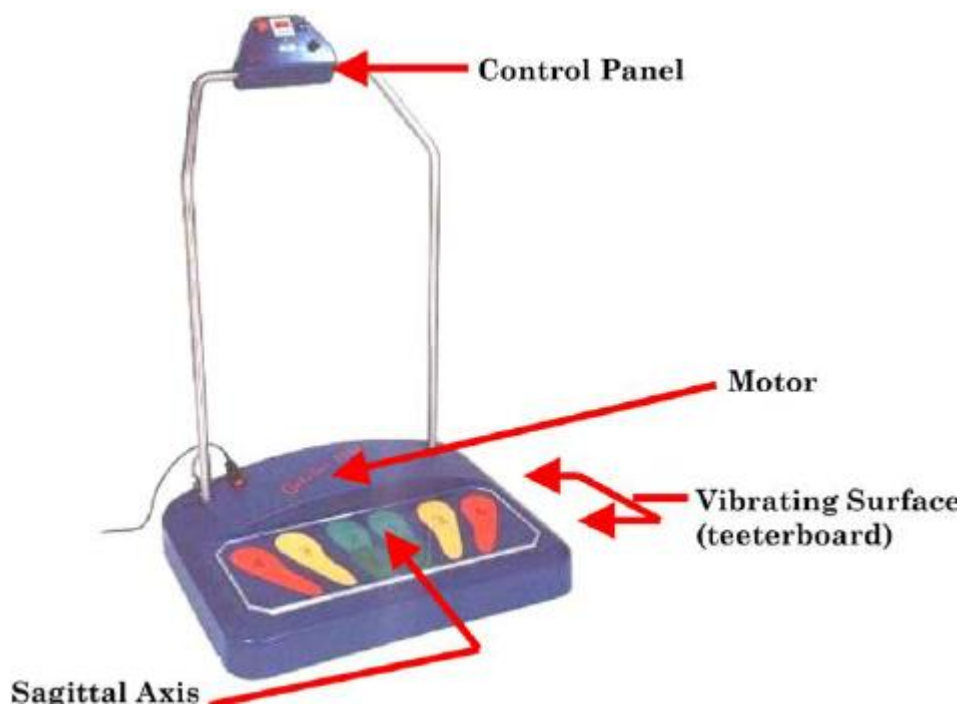
Kontrastno ovome radu jest rad Fitzgerald iz 1997. godine u kojem izriče kako se ne može utvrditi jesu li vježbe kinematičkih lanaca uistinu najbolje za rehabilitaciju nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta te smatra da su najbolje vježbe one u kojima individualac može dati najbolje od sebe i iskoristiti sve svoje potencijale i minimalizirati mogućnost od ponovnog nastanka ozljede. Također, navodi pozitivne učinke vježbi otvorenog i zatvorenog kinematičkog lanca poput smanjenja mogućnosti kompresije patelofemoralnog zgloba te ekscesivnog naprezanja tkiva.

Vježbe otvorenog kinematičkog lanca provode se u svrhu jačanja kvadricepsa, a pri određenim se vježbama uključuju i aduktori, abduktori te fleksori i ekstenzori kuka. Takve se vježbe mogu provoditi i pomoću sprava, a jedna od tih jest i sprava za jačanje kuka u više smjerova (Slika 5.2.) (34).



Slika 4.2. „Multi hip“ sprava za jačanje mišića kukova u više smjerova (Izvor: <https://tinyurl.com/y5evyv5h>)

**Vježbe jačanja** većinom svoj fokus imaju na jačanje m. quadricepsa i njegovog antagonista mm. hamstrings. Najpoznatija neuromuskularna deficijencija jest u vidu slabljenja kvadricepsa. Ekscentrične vježbe koriste se u svrhu istezanja i jačanja mišića i pomažu u povećanju mišićne snage i mase te to rade efektivnije u usporedbi sa standardnim koncentričnim treningom. Također, u pacijenata su se ekscentrične vježbe pokazale pozitivnima u vidu povećanja snage nakon progresije i povećanja intenziteta (57). U vježbe jačanja spadaju i ranije navedene vježbe. **Vibracijski trening** novija je metoda u rehabilitaciji, a podrazumijeva vibraciju cijeloga tijela (WBV) u kombinaciji s određenim otporom, a koristi se u svrhe povećanja neuromuskularne performanse i povećanja snage i jakosti mišića. Program se rehabilitacije u korelaciji s vibracijskim treningom bazira na krioterapiji, mobilizacijskim vježbama, propioceptivnom treningu, istezanju, vježbama jačanja, funkcionalnom treningu i vježbama balansa. Uobičajeni trening koji u sebi sadrži vibracijski trening započinje fazom zagrijavanja mišića (npr. vožnjom ergonomskeg bicikla). Nakon zagrijavanja prelazi se na istezanje mišića, a zatim na vibracijsku platformu na kojoj pacijent izvodi zadane vježbe. Vibracijski se trening izvodi na spravi pod nazivom Galileo 2000 WBV (3).



Slika 4.3. Prikaz vibracijske sprave Galileo 2000 WBV (Izvor: <https://tinyurl.com/y5locvkn>)

**Proprioceptivne vježbe** važne su za poticanje neuromuskularne funkcije i koordinacije svih zglobova ekstremiteta. U vježbanju se koriste balans daske, proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF), dinamički skokovi na jednoj nozi, balističko istežanje hamstringsa, vježbe na mini trampolinu, vježbe na različitim spravama i slične. Progresija se rehabilitacije očituje u postavljanju pacijenta na sve nestabilnije površine i koordinirajući balans, ravnotežu i propriocepciju u cjelokupni tretman. Također, možemo i koristiti podloge pod sve strmijim kutem kako bi dosegli još veću progresiju. U istraživanju Cooper i Taylor (2007) izmjerili su, u periodu od 12 tjedana rehabilitacije, veći napredak u grupi koja je koristila proprioceptivne vježbe u odnosu na onu koja je koristila samo jednostavnije izometričke vježbe.

Roberts et al (2004) istražili su i efektivnost vožnje bicikla ergonometra i dokazali su kako se tom spravom više aktivira kvadriceps, nego njegov antagonist hamstrings pa preporučuju vježbu kao način zagrijavanja, a ne samoga vježbanja jer može dovesti do disbalansa između kvadricepsa i hamstringsa.

Proprioceptivni se trening najčešće sastoji od vježbi balansa, agilnosti, promjena brzine i smjera, a progresija se postiže povećanjem težine vježbi u vidu intenziteta, brzine, broja ponavljanja, stavljanja poveza na oči ili zatvaranja očiju prilikom izvođenja vježbe i sličnih pothvata (45).

**Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF)** iskorištava statičku aktivaciju istegnutog mišića kako bi postigli optimalnu relaksaciju mišića. Prema Minshull et al (2013), korištenjem tehnika PNF-a unutar 10 tjedana poboljšava se fleksibilnost kuka, funkcionalnost mišića, mišićna snaga i jakost. Također, jedna od tehnika koja je pokazala najbolju učinkovitost jest 'contract-relax' agonistička kontrakcija jer minimizira intruziju pojave inhibicije, miotatskog refleksa i neuralne aktivnosti.

Contract-relax (napni-opusti) metoda uključuje statičko istezanje koje izvodi terapeut popraćeno s izometričkom kontrakcijom pacijenta. Cilj je relaksacija antagonista, povećanje mobilnosti zglobova te prevencija mišićnih ozljeda (56).

Ukratko opisan cjelokupni protokol koji ovisi o težini ozljede može trajati između 6 i 52 tjedna prema DeMaio et al (1992), a uključuje gore navedene programe. Prvi se period sastoji od smanjenja otekline i boli, povratka punog opsega pokreta, edukacije o hodu na štakama, izvođenja pasivnih vježbi uz pomoć terapeuta ili Kineteka. Nadalje, cilj je ojačati i istegnuti skraćene i oslabljene mišiće. U zadnjem periodu teži se ka progresiji svih vježbi, uključujući i treninge propriocepcije, balansa i ravnoteže, ovisno o mogućnostima pacijenta i što pacijent želi postići. Ukoliko se radi o sportašima, cilj je povratak sportu, a ostalim pacijentima povratak aktivnostima svakodnevnoga života.

## 5. ZAKLJUČAK

Koljeni je zglob poznat po svojoj izdržljivosti i kompleksnoj strukturi zbog svakidašnjih opterećenja koja su masivna, ali i podnošljiva. Mnogi se mišići, ligamenti, kosti i ostale strukture vezuju za koljenski zglob kako bi ga pomicale u željenim aktivnostima, ali i stabilizirale, kako ne bi došlo do ozljeda. Ponekad može doći do ozljeda tih tkiva, a primaran fokus jest na ozljedama prednjeg križnog ligamenta. Ovisno o stupnju ozljede intervenirati se može operativno i neoperativno, točnije konzervativno. Fizioterapeuti uključeni su od samoga početka ozljede, u vidu uzimanja subjektivne procjene intervjuiranjem pacijenta, objektivne procjene koju vrše opservacijom, palpacijom, korištenjem mjerenja i testova koji pomažu utvrditi do kakve je ozljede došlo. Neke od testova koji se mogu provoditi jesu Lachmannov test i test prednje ladice. Nadalje, fizioterapeut prema protokolu nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta u suradnji s pacijentom stvara plan i program rehabilitacije ovisno o ciljevima i mogućnostima pacijenta. Ovisno o fazi rehabilitacije provode se vježbe koje su za nju primjerene. Primjerice, u početku se nastoji povratiti opseg pokreta kakav je pacijent imao prije same ozljede, nastoji se istegnuti skraćene mišiće te ojačati oslabjele mišiće. Nadalje, educira se pacijenta o hodu na štakama koje je poželjno koristiti dok se ne vrati sigurnost, snaga i jakost mišića. Daljnji fokus je na provođenju progresivnih vježbi koje će dovesti pacijenta u prvobitno stanje prije ozljede, a progresija se može uvesti u vježbe jačanja mišića, proprioceptivne vježbe, vježbe za poboljšanje balansa te pliometrički trening. Neke od tehnika koje se mogu provoditi tijekom rehabilitacije pacijenta jesu proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF), točnije „contract-relax“ tehnika te vibracijske tehnike kao novija metoda uključena u fizioterapiju. Osim kineziterapije, važne su i fizikalne procedure poput magnetoterapije, hidroterapije, TENS-a, masaže te terapije laserom koje služe za smanjenje otekline i bolnosti te za relaksaciju mišića i poboljšanje cirkulacije.

Naglasak je posebno postavljen na prevenciju nastanka samih ozljeda koja se može provoditi edukacijom i učenjem pravilnih tehnika uklopljenih u sam trening sportaša. Edukacija se temelji na upoznavanju sportaša s biomehanikom same ozljede prednjeg križnog ligamenta te na korištenju pravilne sportske obuće u vrijeme treninga, ali i izvan njega. Šest je temeljnih preventivnih mjera koje obuhvaćaju što raniji početak edukacije o prevenciji, usklađenost performansa obje noge, pravilno doziranje, što češće sudjelovanje u programu prevencije, povratna informacija od strane sportaša, ali i trenera koji informacije zadobiva opservacijom.



## POPIS LITERATURE

1. Bašćevan, S., Trošt Bobić, T., Kirin, B. (2010). Oporavak mišića nakon operacije prednje ukrižene sveze koljena metodom po Keneth-Jonesu. *Hrvatski športsko-medicinski vjesnik* 25, 92-101.
2. Bedoya, A.A., Miltenberger, M.R., Lopez, R.M. (2015). Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29(8), 2351-2360.
3. Berschin, G., Sommer, B., Behrens, A., Sommer, H. (2014). Whole Body Vibration Exercise Protocol versus a Standard Exercise Protocol after ACL Reconstruction: A Clinical Randomized Controlled Trial with Short Term Follow-Up. *Journal of Sports Science & Medicine* 13(3), 580-589.
4. Bogunović, Lj., Matava, M.J. (2013). Operative and Nonoperative Treatment Options for ACL Tears in the Adult Patient: A Conceptual Review. *The Physician and Sportsmedicine* 41(4), 33-40.
5. Bratanić, K. (2018). Ozljeđa koljenskog zgloba u alpskom skijanju. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet.
6. Buntić, S. (2014). Rehabilitacija nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta. Završni rad. Split: Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Preddiplomski studij fizioterapije.
7. Butler, D.L., Kay, M.D., Stouffer, D.C. (1986). Comparison of Material Properties in Fascicle-bone Units from Human Patellar Tendon and Knee Ligaments. *J. Biomechanics* 19(6), 423-432.
8. Caine, D., Nassar, L. (2005). Gymnastics Injuries. Epidemiology of Pediatric Sports Injuries. Individual Sports. *Med Sport Sci. Basel* 48, 18-58
9. Chaudhari, A.M., Dyrby, C.O., Andriacchi, T.P. (2005). The Importance of the ACL for the Function of the Knee: Relevance to Future Developments in Total Knee Arthroplasty. *Total Knee Arthroplasty*, 121-125.
10. Chung, A. (2019). Knee Anatomy, Function and Common Problems. Health Pages/Anatomy & Function
11. Cicvarić, J. (2018). Analiza biomehanike koljena u sportskim kretanjama. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje.

12. Coce, P. (2014). Rehabilitacija bolesnika nakon ligamentoplastike prednje križne sveze koljena – st graft. Završni rad, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Preddiplomski sveučilišni studij fizioterapije, Split.
13. Cochrane, J.L., Lloyd, D.G., Buttfield, A., Seward, H., McGivern, J. (2006). Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport* 10, 96-104.
14. Cooper, R.L., Taylor, N.F. (2007). A Systematic Review of the Effect Of Proprioceptive and Balance Exercises on People With an Injured Or Reconstructed Anterior Cruciate Ligament. *Research in Sports Medicine* 13(2).
15. Crawford, R., Walley, G., Bridgman, S., Maffulli, N. (2007). Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears: a systematic review. *British Medical Bulletin* 84(1), 5-23.
16. Čulin, P. (2016). Kontroverze u rehabilitaciji koljena nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta. Završni rad. Split: Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Preddiplomski stručni studij fizioterapije.
17. Davey, A., Endres, N.K., Johnson, R.J., Shealy, J.E. (2019). Alpine Skiing Injuries. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* 11(1), 18-26.
18. DeMaio, M., Mangine, R.E., Noyes, F.R., Barber, S.D. (1992). Advanced muscle training after ACL reconstruction: weeks 6 to 52. *Orthopedics* 15(6), 757-767.
19. DeVita, P., Hortobagyi, T. (2001). Functional Knee Brace Alters Predicted Knee Muscle and Joint Forces in People with ACL Reconstruction during Walking. *Journal of Applied Biomechanics* 17(4), 297-311.
20. Dolan, M.G., Mendel, F.C. (2004). Clinical Application of Electrotherapy. *International Journal of Athletic Therapy and Training* 9(5), 11-16.
21. Duthon, V.B., Barea, C., Abrassart, S., Fasel, J.H., Fritschy, D., Menetrey, J. (2019). Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14(3), 204-213.
22. Erceg, M. (2006). Ortopedija: za studente medicine. Medicinski fakultet, Split.
23. Eun Park, S., DeFrate, L.E., Suggs, J.F., Gill, T.J., Rubash, H.E., Li, G. (2005). The change in length of the medial and lateral collateral ligaments during in vivo knee flexion. *The Knee* 12, 377-382.

24. Fitzgerald, G.K. (1997). Open Versus Closed Kinetic Chain Exercise: Issues in Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery. *Physical Therapy* 77(12), 1747-1754.
25. Gföller, P., Abermann, E., Runer, A., Hoser, C., Pflüglmayer, M., Wierer, G., Fink, C. (2018). Non-operative treatment of ACL injury is associated with opposing subjective and objective outcomes over 20 years of follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 27, 2665-2671.
26. Gotal, S., Kirinić, R.T. (2015). Programi treninga za prevenciju ozljede prednjeg križnog ligamenta kod nogometašica. *Zbornik radova: 24. Ljetna škola*. Hrvatski kineziološki savez. URL: [https://www.hrks.hr/skola\\_24.htm](https://www.hrks.hr/skola_24.htm) [pristup: 14.09.2020.]
27. Gray, J., Taunton, J.E., McKenzie, D.C., Clement, D.B., McConkey, J.P., Davidson, R.G. (1985). A Survey of Injuries to the Anterior Cruciate Ligament of the Knee in Female Basketball Players. *Int. J. Sports Med.* 6, 314-316.
28. Grindem, H., Risberg, M.A., Eitzen, I. (2015). Two factors that may underpin outstanding outcomes after ACL rehabilitation. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1425–1425.
29. Grle, I., Grle, M. (2019). Rehabilitacija pacijenata nakon rekonstrukcije prednje križne sveze. *Zdravstveni glasnik* 5(1), 78-84.
30. Heinrich, D., van der Bogert, A.J., Nachbauer, W. (2014). Relationship between jump landing kinematics and peak ACL force during a jump in downhill skiing: A simulation study. *Scand J Med Sci Sports* 24, 180-187.
31. Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R., Paterno, M.V., Quatman, C.E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research* 34(11), 1843-1855.
32. Horvat, M. (2016). Artroskopski pristup rješavanju ozljeda koljenskog zgloba u sportskoj traumatologiji. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet.
33. Hoshino, Y., Araujo, P., Irrgang, J.J., Fu, F.H., Musahl, V. (2012). An image analysis method to quantify the lateral pivot shift test. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 20, 703-707.
34. Ivančević, M. (2018). Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta koljena. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet.
35. Johnston, J.T., Mandelbaum, B.R., Schub, D., Rodeo, S.A., Matava, M.J., Silvers, H.J., Cole, B.J., ElAttrache, N.S., McAdams, T.R., Brophy, R.H. (2018). Video Analysis of

- Anterior Cruciate Ligament Tears in Professional American Football Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 20(10), 1-7.
36. Jordan, M.J., Aagaard, P., Herzog, W. (2017). Anterior cruciate ligament injury/reinjury in alpine ski racing: a narrative review. *Open Access J Sports Med* 8, 71-83.
  37. Joseph, A.M., Collins, C.L., Henke, N.M., Yard, E.E., Fields, S.K., Dawn Comstock, R. (2013). A Multisport Epidemiologic Comparison of Anterior Cruciate Ligament Injuries in High School Athletics. *J Athl Train* 48(6), 810-817.
  38. Kim, K., Lim, B. (2014). Effects of menarcheal age on the anterior cruciate ligament injury risk factors during single-legged drop landing in female artistic elite gymnasts. *Arch Orthop Trauma Surg* 134, 1565-1571.
  39. Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R., Krosshaug, T. (2010). Mechanism for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations From Female Team Handball and Basketball. *Am J Sports Med* 38(11), 2218-2225.
  40. Križan, M. (2018). Funkcionalna anatomija koljenog zgloba. Završni rad. Varaždin: Sveučilište Sjever.
  41. Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B.P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J.R., Hewett, T.E., Bahr, R. (2007). Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury in Basketball, Video analysis of 39 Cases. *The American Journal of Sports Medicine* 35(3), 359-367.
  42. Lelli, A., Di Turi, R.P., Spenciner, D.B., Dòmini, M. (2016). The "Lever Sign": a new clinical test for the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24(9), 2794-2797.
  43. Lepley, L.K., Woyts, E.M., Palmieri-Smith, R.M. (2015). Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *The Knee* 22(3), 270-277.
  44. Lim, B., Ryu, Y., Kim, K. (2013). Effects of Gymnasts Shoes on Risk Factors of Anterior Cruciate Ligament Injuries during Drop Landing in Female Gymnasts. *Korean Journal of Sport Biomechanics* 23(3), 219-223.
  45. Liu-Ambrose, T., Taunton, J.E., MacIntyre, D., McConkey, P., Khan, K.M. (2003). The effects of proprioceptive or strenght training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 13(2), 115-123.

46. Matijević, A. (2016). Fizioterapijske vježbe nakon rekonstrukcije prednje ukrižene sveze – prikaz slučaja. Završni rad. Vukovar: Veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru, Studij fizioterapije.
47. Mayr, H.O., Zaffagini, S. (2016). Prevention of Injuries and Overuse in Sports. Springer.
48. Mei, Y., Ao, Y., Wang, J., Ma, Y., Zhang, X., Wang, J., Zhu, J. (2013). Clinical characteristics of 4355 patients with anterior cruciate ligament injury. *Chinese Medical Journal* 126(23), 4487-4492.
49. Millet, P.J. (2014). ACL Reconstruction Rehabilitation Protocol. *Sports Medicine and Orthopaedic Surgery*.
50. Minshull, C., Eston, R., Bailey, A., Rees, D., Gleeson, N. (2013). The differential effects of PNF versus passive stretch conditioning on neuromuscular performance. *European Journal of Sport Science* 14(3), 233-241.
51. Muftić, M., Gavrankapetanović, I., Bećibergović, S. (2012). Rehabilitacija nakon artroskopskih operacija koljena. Fondacija „Medicinsko Humano Društvo“ MHS, Sarajevo.
52. Nessler, T., Denney, L., Sampley, J. (2017). ACL Injury Prevention: What Does Research Tell Us? *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 10(3), 281–288.
53. Netter, F.H. (2019). Atlas of Human Anatomy. Elsevier, 127-128.
54. Norwood, L.A., Cross, M.J. (1979). Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *The American Journal of Sports Medicine* 7(1), 23-26.
55. Nožica Radulović, T., Lazović, M., Talić, G., Ristić, S. (2016). Kvalitet života pacijenata nakon implantacije totalne endoproteze koljena i medicinske rehabilitacije. *Biomedicinska istraživanja* 7(1), 41-50.
56. Olivo, S.A., Magee, D.J. (2006). Electromyographic assessment of the activity of the masticatory using the agonist contract–antagonist relax technique (AC) and contract–relax technique (CR). *Manual Therapy* 11(2), 136-145.
57. Palmieri-Smith, R.M., Thomas, A.C., Wojtys, E.M. (2008). Maximizing Quadriceps Strength After ACL Reconstruction. *Clinics in Sports Medicine* 27(3), 405-424.
58. Palmtier, R.A., An, K.N., Scott, S.G., Chao, E.Y.S. (1991). Kinetic Chain Exercise in Knee Rehabilitation. *Sports Medicine* 11(6), 402-413.
59. Paterno, M.V. (2017). Non-operative Care of the Patient with an ACL-Deficient Knee. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 10(3), 322–327.

60. Prins, M. (2006). The Lachman test is the most sensitive and the pivot shift the most specific test for the diagnosis of ACL rupture. *Australian Journal of Physiotherapy* 52, 66.
61. Ramírez-Campillo, R., Gallardo, F., Henriquez-Olguín, C., Meylan, CMP. Martínez, C., Álvarez, C., Caniuqueo, A., Cadore, EL., Izquierdo, M. (2015). Effect of Vertical, Horizontal, and Combined Plyometric Training on Explosive, Balance, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29(7), 1784-1795.
62. Rangger, C., Daniel, D.M., Stone, M.L., Kaufman, K. (1993). Diagnosis of an ACL disruption with KT-1000 arthrometer measurements. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy* 1, 60-66.
63. Rezo, D. (2016). Specifične ozljede u košarci te fizioterapijski postupci prevencija i rehabilitacije. Završni rad. Zagreb: Zdravstveno veleučilište.
64. Roberts, D., Ageberg, E., Andersson, G., Fridén, T. (2004). Effects of short-term cycling on knee joint proprioception in ACL-deficient patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 12(5), 357-363.
65. Rođak, V. (2015). Mehanizmi nastanka ozljede i rehabilitacija nakon rupture prednje ukrižene sveze u nogometaša. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet.
66. Roe, J., Pinczewski, L. (2018). ACL injury prevention programs. Justinroe: URL: <https://tinyurl.com/y4ttjajq> [pristup: 14.09.2020.]
67. Rose, N.E., Gold, S.M. (1996). A Comparison of Accuracy Between and Magnetic Resonance Imaging Meniscal and Anterior Cruciate Clinical Examination in the Diagnosis of Ligament Tears. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 12(4), 398-405.
68. Rotim, K., Blažević, D., Božić, B., Čengić, T., Ćorluka, S., Gajski, D., Rotim, A., Sajko, T., Sesar, N., Subašić, A., Škoro, I. (2017): Anatomija, Zdravstveno veleučilište Zagreb.
69. Sanders, T.L., Kremers, H.M., Bryan, A.J., Larson, D.R., Dahm, D.L., Levy, B.A., Stuart, M.J., Krych, A.J. (2016). Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction. *AJSM* 44(6), 1502-1507.
70. Sandon, A., Werner, S., Forssblad, M. (2014). Factors associated with returning to football after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(9)

71. Shnurrer-Luke Vrbanić, T., Ravlić-Gulan, J., Baričić, M. (2007). Prevencija nekontaktnih ozljeda prednje ukrižene sveze u sportašica. *Medicina* 43, 210-214.
72. 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.
73. Teach Me Anatomy (2020). The Knee Joint, URL: <https://teachmeanatomy.info/lower-limb/muscles/leg/>, [pristup: 04.07.2020.]
74. Toutoungi, D.E., Lu, T.W., Leardini, A., Catani, F., O'Connor, J.J. (2000). Cruciate ligament forces in the human knee during rehabilitation exercises. *Clinical Biomechanics* 15, 176-187.
75. Walden, M., Hägglund, M., Magnusson, H., Ekstrand, J. (2010). Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19, 11-19.
76. Wilk, K.E., Arrigo, C.A. (2017). Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee: Twelve Steps for Successful Progression and Return to Play. *Clinics in Sports Medicine* 36(1), 189-232.
77. Wolf, S.F. (2019). ACL Injuries in Young Athletes. *Council on Sports Medicine and Fitness*. American Academy of Pediatrics, URL: <https://tinyurl.com/ydeypdvv> [pristup: 06.09.2020.]
78. Yanagawa, T., Shelburne, K., Serpas, F., Pandy, M. (2002). Effect of hamstrings muscle action on stability of the ACL-deficient knee in isokinetic extension exercise. *Clinical Biomechanics* 17(9-10), 705-712.
79. Yang, C., Tashiro, Y., Lynch, A., Fu, F., Anderst, W. (2017). Kinematics and arthrokinematics in the chronic ACL-deficient knee are altered even in the absence of instability symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 26(5), 1406-1413.
80. Zalta, J. (2008). Massage Therapy Protocol for Post–Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patellofemoral Pain Syndrome: A Case Report. *International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork* 1(2), 11-21.

