

# Rehabilitacija nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta

---

**Bizjak, Diana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:582970>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-04**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 014/FIZ/2021**

**Rehabilitacija nakon rekonstrukcije  
prednjeg križnog ligamenta**

**Diana Bizjak, 3119/336**

Varaždin, lipanj 2021. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Fizioterapiju

Završni rad br. 014/FIZ/2021

## Rehabilitacija nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta

**Student**

Diana Bizjak, 3119/336

**Mentor**

Jasminka Potočnjak, mag.physioth

Varaždin, lipanj 2021. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za fizioterapiju		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Fizioterapija		
PRISTUPNIK	Diana Bizjak	MATIČNI BROJ	0336028035
DATUM	29.6.2021.	KOLEGIJ	Fizioterapija u ortopediji
NASLOV RADA	Rehabilitacija nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Rehabilitation after reconstruction anterior cruciate ligament		
MENTOR	Jasminka Potočnjak, mag.physioth.	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Irena Canjuga, predsjednik		
	2. Jasminka Potočnjak, mag.physioth., pred., mentor		
	3. Željka Kopjar, mag.physioth., pred., član		
	4. Nikolina Zaplatić Degač, mag.physioth., pred., zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	014/FIZ/2021
OPIS	<p>Pregledni rad koji opisuje funkciju koljenog zgloba i ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Koljeno je najveći zglob u našem tijelu bez kojeg su nezamislive brojne aktivnosti kao što su hodanje, skakanje, čučanje, klečanje, omogućuje akceleraciju, deceleraciju, odraz i zaustavljanje. Zbog svoje kompleksne građe vrlo je osjetljivo na različite ozljede. Na ozljedu utječu faktori koji se mogu podijeliti na ekstrinzične ili vanjske i intrinzične ili unutarnje. Nakon rekonstrukcije presadak prolazi kroz biološki proces remodelacije. Tijekom tog vremenskog perioda i remodelacije, postoje deficiti kao što su smanjena snaga grafta u odnosu na pravi ligament zbog čega je puno više izložen ozljedi za koju je potrebna manja sila nego uobičajeno, smanjena je propriocepcija, a samim time i odgovor mišića na zahtjev CNS-a te je posljedično smanjena neuromišićna kontrola. Vrlo česte komplikacije su smanjeni ROM, i to ekstenzija koljena. Zbog neadekvatne snage mišića i nepotpune ekstenzije, pacijent ne može napraviti biomehanički pravilan pokret. Uspješan oporavak nakon operacije zahtijeva rehabilitacijski program kako bi se prevenirala daljnja oštećenja i komplikacije te vratila optimalna funkcija koljenog zgloba.</p>
ZADATAK URUČEN	POTPIS MENTORA

## **Zahvala**

Velika zahvalnost mojoj mentorici Jasminki Potočnjak, mag.physioth na pomoći tijekom pisanja i izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem svojim roditeljima te bratu i sestri na strpljenju tijekom pisanja diplomskog rada i velikoj vjeri tijekom studiranja.

Veoma sam zahvalna i svojim mentorima kliničke prakse zbog kojih sam se još više razvijala u području fizioterapije te koji su mi omogućili drugačiju perspektivu rehabilitacije i time olakšali pisanje diplomskog rada.

Također sam vrlo zahvalna na svim poznanstvima koje sam stekla na Sveučilištu Sjever, svojim kolegama s kojima je svaki dan bio predivan te posebno svojim mentorima Miroslavu Jamniću i Ivanu Golubičeku na neizmjernej motivaciji, pozitivnom stavu i pomoći zbog kojeg sam još više uvidjela prave vrijednosti i ljepote fizioterapije.

## SAŽETAK

Koljeno je najveći zglob u našem tijelu. On sudjeluje u brojnim aktivnostima kao što su hodanje, skakanje, čučanje, klečanje i brojne druge. Također nam omogućuje akceleraciju, deceleraciju, odraz i zaustavljanje. Zbog svoje kompleksne građe vrlo je osjetljivo na različite ozljede. Na ozljedu utječu faktori koji se mogu podijeliti na ekstrinzične ili vanjske i intrinzične ili unutarnje. Iz toga se može zaključiti kako je ozljeda prednjeg križnog ligamenta multifaktorska i često puta vrlo složena jer može biti udružena s oštećenjem drugih struktura u koljenu. Pristup liječenju oštećene sveze može biti konzervativan ili operativan. Odabir liječenja ovisi o više čimbenika kao što su dob pacijenta, razina aktivnosti, motivacija, stupanj oštećenja itd. Rekonstrukcija ligamenta preporuča se osobama koje imaju visoki intezitet sportskih aktivnosti, posebice u sportovima gdje postoji puno promjena smjera kretanja i okretanja te visoki stupanj nestabilnosti koljenog zgloba. Nakon rekonstrukcije presadak prolazi kroz biološki proces remodelacije. Tijekom tog vremenskog perioda i remodelacije, postoje deficiti kao što su smanjena snaga grafta u odnosu na pravi ligament, zbog čega je puno više izložen ozljedi za koju je potrebna manja sila nego uobičajeno, smanjena je propriocepcija, a samim time i odgovor mišića na zahtjev CNS-a te je posljedično smanjena neuromišićna kontrola. Vrlo česte komplikacije su smanjeni ROM, i to ekstenzija koljena. Zbog neadekvatne snage mišića i nepotpune ekstenzije, pacijent ne može napraviti biomehanički pravilan pokret. Uspješan oporavak nakon operacije zahtijeva rehabilitacijski program kako bi se prevenirala daljnja oštećenja i komplikacije te vratila optimalna funkcija koljenog zgloba.

**Ključne riječi:** prednji križni ligament, ozljeda, rehabilitacija, kineziterapija

## SUMMARY

The knee is the largest joint in our body. It participates in many activities such as walking, jumping, squatting, kneeling and many others. It also allows us to accelerate, decelerate, take-off, and stop. Due to its complex structure, it is very sensitive to various injuries. Injury is affected by factors that can be divided into extrinsic or external and intrinsic or internal. From this it can be concluded that the injury of the anterior cruciate ligament is multifactorial and often very complex because it can be associated with damage to other structures in the knee. The approach to treating a damaged ligament can be conservative or operative. The choice of treatment depends on several factors such as the patient's age, activity level, motivation, level of damage, etc. Ligament reconstruction is recommended for people who have a high intensity of sports activities, especially in sports where there is a lot of change of direction and high level of knee instability. After reconstruction, the graft undergoes a biological remodeling process. During this time period and remodeling, there are deficits such as reduced graft strength relative to the true ligament making it much more exposed to injury that requires less force than usual, reduced proprioception, and thus muscle response to CNS- and consequently reduced neuromuscular control. Very common complications are reduced ROM, namely knee extension. Due to inadequate muscle strength and incomplete extension, the patient cannot make biomechanically correct movement. Successful recovery after surgery requires a rehabilitation program to prevent further damage and complications and to restore optimal knee joint function.

**Keywords:** anterior cruciate ligament, injury, rehabilitation, kinesitherapy



# POPIS KRATICA

a. = arteria

AM = anteromedijalni snop

CKC = zatvoreni kinetički lanac (engl. closed kinetic chain)

CNS = centralni živčani sustav (engl. central nervous system)

CT = kompjuterizirana tomografija

engl. = engleski

KT = koljenski artrometar

LCA = ligamentum cruciatum anterior

LCL = ligamentum collaterale laterale

LCM = ligamentum collaterale mediale

LCP = ligamentum cruciatum posterior

lig. = ligamentum

m. = musculus

MR = magnetska rezonanca

NMES = neruomuskularna električna stimulacija

npr.=na primjer

OKC = otvoreni kinetički lanac (engl. open kinetic chain)

PL = posterolateralni snop

PROM = pasivni opseg pokreta (engl. passive range of motion)

ROM = opseg pokreta (engl. range of motion)

SAD = Sjedinjene Američke Države

tj.=to jest

# Sadržaj

Sadržaj.....	
1. UVOD .....	1
2. Funkcionalna anatomija koljena .....	2
2.1. Anatomija koljena .....	2
2.2. Kretnje u koljenu .....	5
2.3. Prednji križni ligament .....	8
3. OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Etiologija i mehanizmi nastanka ozljede.....	9
3.2. Razlike u ozljedi LCA između muškaraca i žena .....	10
3.3. Klinička slika i posljedice ozljede.....	13
3.4. Dijagnosticiranje ozljede.....	14
4. LIJEČENJE.....	17
4.1. Operativno liječenje .....	17
4.1.1. Tetive hamstringsa.....	18
4.1.2. Kost-patelarni ligament-kost .....	18
4.1.3. Tetiva m. peroneusa longusa .....	19
4.1.4. Alograft.....	19
5. REHABILITACIJA .....	20
1. Preoperativna rehabilitacija .....	20
2. Akutni oporavak.....	20
3. Mišićna kontrola i koordinacija .....	20
4. Propriocepcija i agilnost .....	20
5. Sport specifični program.....	20
6. Povratak aktivnostima i sportu.....	20
5.1. Preoperativna rehabilitacija.....	21
5.2. Postoperativna rehabilitacija .....	23
5.3. Elektroterapijska procedura.....	31
5.4. Kineziterapija .....	33
6. ZAKLJUČAK .....	42
7. LITERATURA .....	43



# 1. UVOD

Stabilnost i mehaniku koljena podržavaju brojni ligamenti i hvatišta okolnih mišića [1]. Zbog svoje kompleksne građe vrlo je osjetljiv na različite ozljede. Tako neka istraživanja potvrđuju da se više od polovice svih ozljeda se događa upravo u koljenom zglobovima ovisno o specifičnosti pokreta ili radne aktivnosti koja se izvodi određeno vrijeme [4]. Prednji križni ligament intraartikularna je struktura koja pruža zaštitu koljena pri izvođenju pokreta. Njegova glavna uloga je da spriječi prekomjernu anteriornu translaciju tibije. On također kontrolira i stupanj rotacijske kretnje tibije u odnosu na femur [5]. Kad je koljeno u fleksiji od 90 stupnjeva, također sprječava prednji pomak tibije. Stoga je jedan od najvažnijih pasivnih stabilizatora koljena odgovoran za čak 85 % stabilnosti zgloba [11]. Na ozljedu utječu faktori koji se mogu podijeliti na ekstrinzične ili vanjske i intrinzične ili unutarnje. U vanjske čimbenike ubrajaju se oprema koju sportaš koristi, uvjeti u kojima se neka aktivnost provodi te specifičnosti trenažnog i natjecateljskog procesa [15]. Unutrašnji čimbenici dijele se na fizičke i psihičke [16]. Iz toga se može zaključiti kako je ozljeda prednjeg križnog ligamenta multifaktorska i često puta vrlo složena jer može biti udružena s oštećenjem drugih struktura u koljenu poput medijalnog meniska i medijalnog kolateralnog ligamenta (tzv. zlokobni trijas) [3]. Najnestabilniji položaj za koljeno i najveća učestalost za rupturu LCA je pri zaustavljanju, brzim i naglim promjenama smjera te pri doskoku [19]. U akutnom stanju, 30 do 90 % pacijenata čuje zvuk pucanja u koljenu popraćen snažnom boli. Također prijavljuju kako im je koljeno „pobjeglo“ u stranu. Drugim riječima, javlja se nestabilnost koljenog zgloba zbog parcijalne ili potpune rupture LCA [22,23, 24]. Za dijagnozu LCA potreban je detaljan pregled koji uključuje anamnezu, klinički pregled, specijalne dijagnostičke i specifične kliničke testove [24, 28]. Pristup liječenju oštećene sveze može biti konzervativan ili operativan [24,25,29]. Odabir liječenja ovisi o više čimbenika kao što su dob pacijenta, razina aktivnosti, motivacija, stupanj oštećenja itd. Graftovi koji se koriste za rekonstrukciju su: tetiva m. semitendinosusa, tetiva kvadricepsa, kost-patelarni ligament-kost te alograft. Novi pristup koji se koristi u rekonstrukciji LCA je uzimanje tetive m. peroneus longusa [31]. Uspješan oporavak nakon operacije zahtijeva rehabilitacijski program kako bi se prevenirala daljnja oštećenja i komplikacije te vratila optimalna funkcija koljenog zgloba. Svaki pacijent je individualan te će imati različite preoperativne deficite u odnosu na druge pacijente. Stoga program mora biti individualiziran i prilagođen optimalnom povratku svakodnevnim aktivnostima i sportu.

## 2. Funkcionalna anatomija koljena

### 2.1. Anatomija koljena

Koljeno je najveći zglob u našem tijelu [1]. On sudjeluje u brojnim aktivnostima kao što su hodanje, skakanje, čučanje, klečanje i brojne druge. Također nam omogućuje akceleraciju, deceleraciju, odraz i zaustavljanje [2]. Stabilnost i mehaniku zgloba podržavaju brojne sveze i hvatišta okolnih mišića (slika 2.1) [3]. Zbog svoje kompleksne građe vrlo je osjetljiv na različite ozljede. Tako neka istraživanja potvrđuju da se više od polovice svih ozljeda se događa upravo u koljenom zglobu ovisno o specifičnosti pokreta ili radne aktivnosti koja se izvodi određeno vrijeme [4]. Njegova građa omogućuje određeni stupanj mobilnosti za svakodnevne aktivnosti, ali i podnošenje velikih opterećenja. Zato su od iznimne važnosti aktivni i pasivni stabilizatori zgloba koji održavaju potrebnu stabilnost [3]. Zbog posebnog ustroja zglobnih tijela i sveza, iščašenja su rijetkost [5].

Koljeno je veliki sinovijalni zglob građen od tri kosti: femura, tibije i patele (slika 2.1). Te tri kosti formiraju dva zgloba, tibiofemoralni i patelofemoralni. Tibiofemoralni zglob je glavni nosioc velikih opterećenja i sastoji se od konveksnog i konkavnog zglobnog tijela. Konveksno tijelo čine kondili femura, a konkavno kondili tibije koji se još nazivaju i tibijalni platoi [6]. Na kondilima femura malo prema straga nalaze se koštane ispupčine, epicondylus medialis et lateralis, na koje se vežu tetive okolnih mišića i sveze zgloba. Između platoa proteže se regija zvana eminentia intercondylaris [1]. S obzirom da su kondili femura i tibije individualno različiti u veličini, obliku i orijentaciji, stabilnost koljena varira od osobe do osobe. Patelofemoralni zglob tvori patela-sezamoidna kost koja je uložena u patelarnu tetivu. Na njezinoj posteriornoj strani nalazi se hrskavica koja smanjuje trenje između femura tijekom njenog klizanja (slika 2.1). Patela ima nekoliko bitnih uloga. Jedna od glavnih funkcija je da odmakne patelarni ligament od centra rotacije i time stvori manje opterećenje. Ona daje mehaničku prednost mišiću kvadricepsa za izvođenje ekstenzije koljena jer povećava kut povlačenja tetive kvadricepsa u odnosu na tibiju [6]. Sve sile koje dolaze iz tog mišića, ona centralizira i ravnomjerno raspoređuje na patelarnu tetivu [4]. Također štiti anteriornu stranu zgloba [6].

Oba zgloba obavlja zglobna kapsula. U zglobnoj kapsuli, ali i oko nje, nalazi se niz sluznih vreća koje se nazivaju burze. Burze su zadužene da smanje trenje tijekom različitih pokreta koljena. Između femura i tetive kvadricepsa nalazi se suprapatelarna burza, ujedno i najveća burza u našem tijelu (slika 2.1). Spojena je sa zglobnim prostorom i povećava zglobnu šupljinu.

Sa stražnje strane koljena nalaze se subpoplitealna burza (slika 2.1) ili recessus subpopliteus između m. popliteusa i lateralnog kondila femura te burza između tetive m. semimembranosusa i medijalne glave m. gastrocnemiusa. Na hvatištima obiju glava m. gastrocnemiusa nalaze se bursa subtendinea m. gastrocnemii medialis i bursa subtendinea m. gastrocnemii lateralis [1]. U lateralnoj glavi m. gastrocnemiusa u 10-18 % ljudi još se može naći i sezamoidna košćica fabela [4]. Ostale burze nalaze se oko zglobne kapsule i to su: prepatelarna, superficijalna infrapatelarna i dubinska infrapatelarna burza. Prepatelarna sluzna vreća smještena je između anteriorne strane koljena i kože. Ona dozvoljava nesmetano klizanje kože preko koljena u pokretima fleksije i ekstenzije. Superficijalna infrapatelarna sluzna vreća smanjuje trenje između kože i patelarne tetive, a dubinska infrapatelarna sluzna vreća (slika 2.1) između patelarne tetive i tuberositas tibije. Još neke od burza koje nemaju komunikaciju sa zglobnim prostorom su bursa subtendinea praepatellaris i bursa subcutanea infrapatellaris [1]. Zglobni prostor sadrži i tri sinovijalna nabora-plica synovialis medialis, plica suprapatellaris i plica infrapatellaris [5].

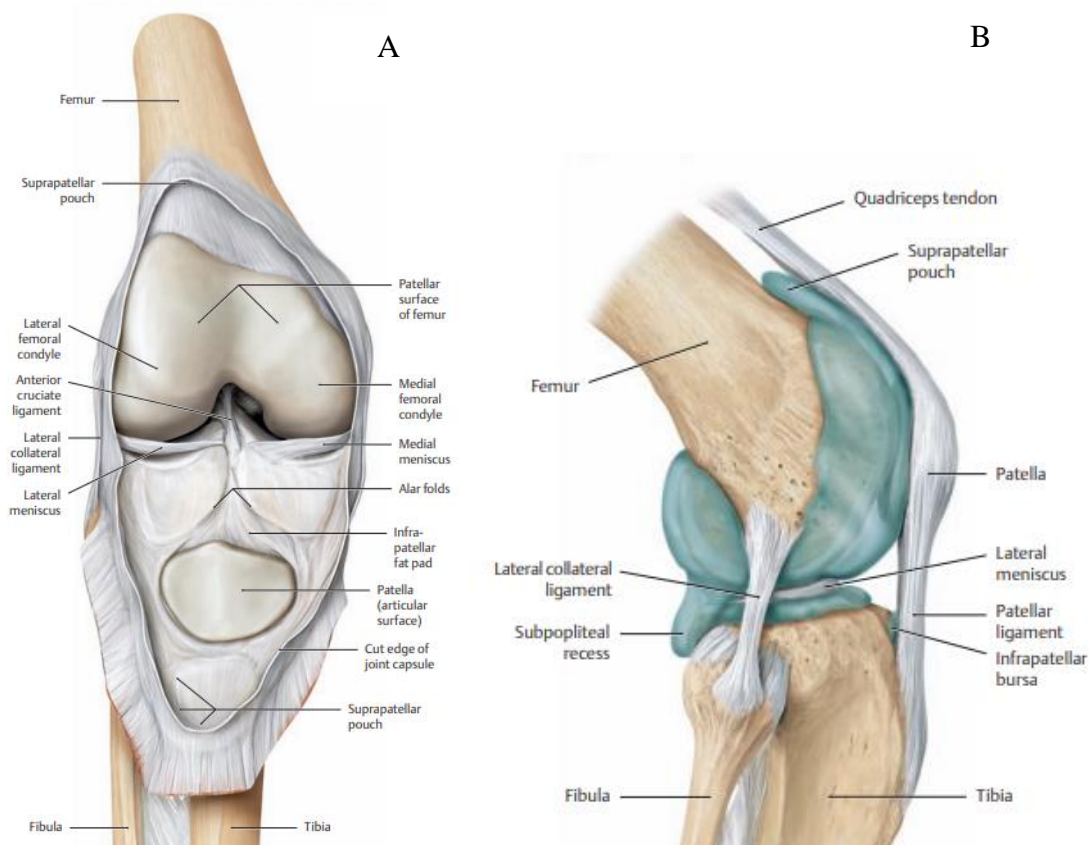
Meniskusi (slika 2.1) su semilunarne ili polumjesečaste tvorbe izgrađeni od vlaknaste hrskavice i učvršćeni za tibijalne platoe [5]. Glavna građevna jedinica je kolagen u koji su uložene hijaline hrskavične stanice [7]. Međusobno ih povezuje ligamentum transversum genus [8]. S obzirom na različitu veličinu, oblik i orijentaciju zglobnih ploha femura i tibije, meniskusi povećavaju njihovu kongruentnost i omogućuju da konkavno tijelo prati konveksno [3, 5]. Stoga su veoma bitni za održavanje stabilnosti, pogotovo rotatorne stabilnosti. Također služe za absorpciju šokova i ravnomjerno širenje opterećenja. Medijalne dvije trećine meniskusa vrlo dobro su prilagođene da pružaju otpor silama kompresije. Veoma su značajni za pokrete translacije. Najveće su debljine na periferiji jer ih zglobna kapsula veže za tibiju [5]. Medijalni menisk također je srastao i direktno povezan s medijalnim kolateralnim ligamentom. Zbog toga je i manje pokretljiv u odnosu na lateralni menisk koji nije srastao pa je zbog veće pomičnosti izložen manjem opterećenju [1]. Gledajući od periferije prema medijalno, njihova debljina se smanjuje. Tako je medijalni dio debljine papira, a unutarnji rubovi su slobodni krajevi (nisu vezani za kost). Krvna opskrba dolazi od aa. genus inferiores i omogućava proces upale, remodelacije i oporavka [8]. Menisk je podijeljen u tri zone: vanjski, srednji i unutarnji. Različita opskrba krvlju svake zone meniska omogućava različitu brzinu regeneracije. Pri tome su krvne žile smještene samo u izvanjskom dijelu koji zahvaća trećinu njegova opsega. To područje naziva se Henschenova parakapsularna vaskularna zona. Vanjski dio najviše prima krvi pa je i mogućnost cijeljenja najbrža, srednji slabije, a unutarnji neznatno [5]. Vanjski dio meniska dobiva mnogo proprioceptivnih informacija kao i o brzini i akceleraciji tijekom pokreta. Uz to, u

svim fazama pokreta raspoređuju sinovijalnu tekućinu po kondilima pa su ključni i u održavanju zaštite zglobne hrskavice [6].

Na raspon pokreta i stabilnost zgloba utječu sveze. Lig. patellae (slika 2.1) nastavlja se na tetivu mišića kvadricepsa i seže od patele do tuberositas tibije [1,8]. Vlakna m. vastus lateralis i m. rectus femoris tvore retinaculum patellae laterale koji se dalje priključuje u tractus iliotibialis. Vlakna m. vastus medialis tvore retinaculum patellae mediale koji se nalazi distalno i medijalno od patelarnog ligamenta te se veže na tibiju ispred medijalnog kolateralnog ligamenta [1]. Oni pojačavaju prednju stranu zglobne ovojnice i još se nazivaju krilci ivera [8]. Također sprječavaju pomak patele u stranu. Nakon frakture patele oni pomažu tetivi m. kvadricepsa femorisa u djelomičnoj ekstenziji koljenog zgloba [9]. Lig. collaterale tibiale ili medijalni kolateralni ligament ima dva dijela: dubinski i površinski. Dubinski je srastao s medijalnim meniskom i ugrađen je u zglobnu čahuru. Površinski dio je dugačak i poput čvrste tetive pa se još smatra dijelom promijenjene tetive m. adductora magnusa [5]. Djelomično prekriva pes anserinus i ukrižuje dio tetive mišića m. semimembranosusa [1]. Zato mu funkcijski pomažu mišići koji se hvataju za pes anserinus (m. sartorius, m. gracilis, m. semimembranosus) te tetiva semitendinoznog mišića. Lig. colateralle fibulare ili lateralni kolateralni ligament (slika 2.1) polazi od lateralnog epikondila femura i hvata se za glavu fibule. Smatra se zakržljalom tetivom m. peroneus longusa ili čak zakržljalom nastavkom fibule [5]. Na stražnjoj strani koljena kao lateralni nastavak tetive semimembranosusa nalazi se lig. popliteum obliquum. Lig. popliteum arcuatum usmjeren je od vrha glave fibule pa ukrižuje tetivu popliteusa te se nastavlja u zglobnu čahuru [1]. Ima oblik slova Y [8].

Ukrižene sveze su kratke i čvrste [5]. Smještene su unutar zgloba i osiguravaju stalan doticaj zglobnih ploha tako da je jedna od njih uvijek napeta bez obzira u kojem je položaju koljeno [1]. Zbog toga one služe vođenju zgloba [3]. Lig. cruciatum anterius (slika 2.1) ili prednja ukrižena sveza, polazi sa stražnjeg dijela lateralnog kondila femura. Usmjeren je prema naprijed, dolje i medijalno te se hvata na području između anteriornih hvatišta obaju meniska, ispred eminentie intercondylaris [1]. Prednja ukrižena sveza sprječava stražnji pomak femura na tibiji i hiperekstenziju zgloba. Kad je koljeno u fleksiji od 90 stupnjeva, sprječava prednji pomak tibije [2]. Prilikom unutarnje rotacije napeta je čitava sveza, a prilikom vanjske cijela je labava [5]. Lig. cruciatum posterius ili stražnja ukrižena sveza, polazi od lateralne plohe medijalnog kondila femura. Nakon toga ukrižuje prednju ukriženu svezu te se konačno hvata u udubini iza izbočine eminentia intercondylaris. Čvršća je od lig. cruciatum anterius. Svaka je sveza još uvrnuta i oko svoje osi [1,5]. Pri ispružanju noge i vanjskoj rotaciji napinje se stražnji dio sveze, a pri savijanju

prednji. Pri unutarnjoj rotaciji napinje se cijela sveza [5]. Stražnja sveza onemogućuje anteriorni pomak femura na tibiji ili posteriorni pomak tibije na femuru te hiperfleksiju zgloba [9]. Ispred ukriženih sveza nalaze se masni jastučići koji ispunjavaju zglobni prostor i sprječavaju uklještenje zglobne ovojnice tijekom ekstenzije i pomaka patele superiorno [1, 6].



Slika 2.1, Prikaz anteriorne (A) i lateralne (B) strane desnog koljena (Izvor: Schuenke M. i sur., Atlas of anatomy, general anatomy and musculoskeletal system) [53]

## 2.2. Kretnje u koljenu

Ukrižene i pobočne sveze, lig. cruciatum anterius et posterius i lig. colateralle mediale et laterale osiguravaju koljenu stabilnost i dobru mehaniku [3]. Uz to, sveze koje okružuju koljeno određuju koliki raspon pokreta će dosegnuti zglob [6]. Tijekom izvođenja kretnji pobočne i ukrižene sveze te meniskusi funkcionalno djeluju kao cjelina [3]. Kolateralne sveze onemogućuju da se izvede abdukcija i adukcija potkoljenice kad je koljeno ekstenzirano [1]. Čvrste ukrižene sveze osiguravaju stalan doticaj između zglobnih tijela jer je uvijek jedan dio sveza napet s obzirom u kojem je položaju koljeno [5]. Zglobni menisci povećavaju dodirne plohe kondila femura i tibije i ispravljaju inkongruenciju zglobnih površina prilikom izvođenja pokreta [6]. Tako se u ekstenziji pomiču naprijed, a pri fleksiji natrag [5]. Pri unutarnjoj rotaciji



lateralni menisk pomiče se nazad, a pri vanjskoj rotaciji medijalni menisk je taj koji je straga. Također pri vanjskoj rotaciji medijalni menisk se najviše pomiče i ima najveću napetost dok je pri unutarnjoj rasterećen [1].

Mehanički koljeno je kutni i obrtni zglob koji se još naziva i trochogynghlymus [1]. Ima dvije glavne osi gibanja: poprječnu i uzdužnu. Oko poprječne osi u zglobu moguća je fleksija i ekstenzija, a oko uzdužne rotacije prema unutra i prema van. Kretnje oko osi uvjetovane su položajem kondila femura pa su različite u medijalnoj i lateralnoj polovici zgloba. S obzirom da su zavijeni od sprijeda unatrag omogućuju fleksiju i ekstenziju, a rotaciju omogućuje medijalni kondil koji je zavijen oko interkondilarne jame. Medijalnu polovicu zgloba čini medijalni, a lateralnu polovicu lateralni meniskofemoralni i meniskotibijalni dio zgloba. Medijalni meniskofemoralni dio grade medijalni kondil i gornja strana medijalnog meniska. Omogućene su sve kretnje: fleksija, ekstenzija i obje rotacije. Medijalni meniskotibijalni dio zgloba čine donja polovica medijalnog meniska i zglobna površine tibije. Ovdje se odvijaju kompenzacijski pokreti rotacije tibije kad se od koljena traži samo fleksija ili samo ekstenzija. Lateralni meniskofemoralni dio čine lateralni kondil i gornja strana lateralnog meniska te su moguće samo kretnje savijanja i ispružanja noge. Lateralni meniskotibijalni dio građen je od donje strane lateralnog meniska i lateralne zglobne površine tibije te omogućava rotaciju samo ako se tibija rotira oko vanjskog dijela meniska [5]. Aktivna ekstenzija moguća je do 0 stupnjeva, pasivna hiperekstenzija do 15 stupnjeva, a patološka više od 15 stupnjeva [3]. U djece i mladih osoba moguće je izvesti za 5 stupnjeva veću ekstenziju. U novorođenčadi nije moguća puna ekstenzija jer je tibija u retroverziji [10]. Aktivna fleksija može se izvesti od 0 do 135 stupnjeva, a pasivno se može povećati do 160 stupnjeva. Prostor od 135 do 160 stupnjeva naziva se mrtvi mišićni prostor [3]. Rotacija u flektiranom koljenu od 90 stupnjeva moguća je prema unutra za 10 stupnjeva, a prema van za 40 stupnjeva [1,3]. Razlog zašto je ovo moguće samo kad je koljeno flektirano je zato što su pri uspravnom stavu napeti kolateralni ligamenti dok pri fleksiji olabave. Njihove pokrete nadopunjuju prednja i stražnja ukrižena sveza. Zbog svojih kosih vlakana u svakom je položaju jedna od njih napeta te preuzima vođenje zgloba ukoliko su kolateralni ligamenti oslabili. One graničavaju rotaciju prema unutra pri čemu se napinju i stražnja vlakna lig. collaterale tibiale dok rotaciju prema van primarno ograničava lig. colateralle tibiale, a pomaže mu lig. colateralle fibulare [1].

Uz fleksiju i ekstenziju postoji aksijalna rotacija tibije. Zato je pri zadnjih 10 do 15 stupnjeva ekstenzije ključan m. vastus medialis. On uz ispružanje u završnoj fazi izvodi vanjsku rotaciju tibije čime osigurava stabilan i učvršćen položaj zgloba. Ovaj mišić se smatra filogenetski

najmlađom glavom kvadricepsa jer se razvio s čovjekovim uspravljanjem. To objašnjava zašto zbog inaktivnosti on prvi atrofira te zašto pri ozljedi koljeno zauzima savinuti obrambeni položaj od 10 do 15 stupnjeva [3]. Pri ispruženom koljenu aktiviraju se i određene sveze. Napinju se obje kolateralne sveze i prednja vlakna prednjeg križnog ligamenta. Prije završetka pokreta ekstenzije u fazi rotacije zadnjih 5 stupnjeva također se napinje prednja ukrižena sveza te joj pripomažu klizanja medijalnog kondila femura i djelovanje iliotibijalnog traktusa [1,5].

Gledajući u odnosu na horizontalnu os, fiziološki valgus iznosi 6 stupnjeva, a u odnosu na vertikalnu os 9 stupnjeva. Naravno, on može varirati ovisno o spolu jer žene imaju širu zdjelicu pa je i nagib femura u odnosu na vertikalnu veći. Pri stajanju u zdrave osobe, težina je ravnomjerno raspoređena na oba koljena pa promatrajući osobu možemo uočiti mehaničku os u frontalnoj ravnini koja prolazi kroz zglob kuka, koljena i nožnog zgloba. Stojeći na jednoj nozi, kako bi se održala ravnoteža i stabilnost, potrebno je veće naprezanje koljena koje je posljedica stvaranja protuteže između sile gravitacije i djelovanja miškulature. Tako se aktiviraju m. gluteus maximus, m. tensor fasciae latae i tractus iliotibialis. Upravo ta protuteža osigurava da je opterećenje pravilno raspoređeno, a svaka promjena smjera djelovanja rezultirajuće sile dovodi do asimetričnog naprezanja i dugotrajno može dovesti do ozljede. Vrlo dobar primjer je rezultirajuća sila koja povećava pritisak patele na femur povećanjem fleksije koljena. Posljedično se mogu razviti degenerativne promjene na hrskavici femoropatelnog zgloba u osoba koje dugotrajno hodaju uz i niz strminu, kleče ili sjede s flektiranim koljenima [3].

Stabilnost koljena održava stalnu ravnotežu nasuprot različitim silama koje djeluju na zglob pri mnogim aktivnostima i kretanjama. Ona se može podijeliti na statičku i dinamičku. Statičku stabilnost osiguravaju kosti i nekontraktilna tkiva poput ligamenata. Stoga ozljedom prednjeg križnog ligamenta značajno se gubi i statička stabilnost koljena. S druge strane, dinamička stabilnost je sposobnost koljenog zgloba da ostane u ravnoteži tijekom brze promjene opterećenja koja se događa uslijed izvođenja aktivnosti. Ona ovisi o vrsti zgloba, ograničenjima mekih tkiva, aktivaciji mišića i intezitetu opterećenja koji je primijenjen. Kad je veliko opterećenje stavljeno na ligamente i meka tkiva kao što je to u sportskim aktivnostima koje zahtijevaju agilnost i brzinu, određene mišićne skupine djeluju kao pokretači, a drugi kao stabilizatori da bi očuvali naprezanja pasivnih tkiva u dopuštenim granicama [11].

### 2.3. Prednji križni ligament

Prednji križni ligament ili LCA intraartikularna je struktura izgrađena od stanica fibroblasta. Proteini koji čine građevni materijal tog vlakna su kolagen i elastin. Elastin, kako mu ime govori, omogućava strukturi svojstvo elastičnosti. Kolagen, najzastupljeniji protein u našem tijelu, daje ligamentu sposobnost da pruža otpor tenzijskim silama i silama smicanja [7]. Njegova prosječna duljina je oko 32 mm, a širina može varirati između 7 i 17 mm. Nalazi magnetske rezonance pokazali su kako se duljina sveze mijenja ovisno o položaju koljena. Tako je najveći raspon sveze postignut u 90 stupnjeva fleksije i iznosi oko 35.6 mm, a najmanji u hiperekstenziji duljine oko 31.75 mm [12].

LCA polazi s medijalne strane lateralnog kondila femura. Njegova vlakna su usmjerena koso i to na način da idu od straga i lateralno prema naprijed i medijalno te završavaju na anteriornom interkondilarnom području tibije [1]. Polazište i hvatište ovalnog je ili semicirkularnog oblika. Ligament je podijeljen u dva snopa vlakana s obzirom na njihovu inserciju na tibiji: anteromedijalni i posterolateralni koje odvaja septum izgrađen od vezivnog tkiva [13]. Neka istraživanja potvrđuju podjelu sveze i u tri snopa vlakana [12]. Anteromedijalni snop napet je u fleksiji, a opušten u ekstenziji. Nasuprot tome, posterolateralni snop napet je u ekstenziji, a opušten u fleksiji. Kako se fleksija koljena povećava i dolazi do 90 stupnjeva, snopovi se međusobno ukrižuju [10]. Njegova glavna uloga je da spriječi prekomjernu anteriornu translaciju tibije. On također kontrolira i stupanj rotacijske kretnje tibije u odnosu na femur [5]. Kad je koljeno u fleksiji od 90 stupnjeva, sprječava prednji pomak tibije. Stoga je jedan od najvažnijih pasivnih stabilizatora koljena odgovoran za čak 85 % stabilnosti zgloba [11].

Sveza sadrži 4 različite vrste mehanoreceptora: Ruffinijeva i Paccinijeva tjelešca, Golgijev tetivni organ i slobodni živčani ogranci [9]. Ruffinijeva tjelešca osjetljiva su na rastezanje i akceleraciju, Paccinijeva na pritisak i pokret, a Golgijev tetivni organ registrira promjene u napetosti/tonusu [11]. Slobodni živčani završeci tibijalnog živca koji inerviraju LCA signaliziraju osjećaj boli. Ovi receptori ujedno su uključeni i u propioceptivni aferentni put. Drugim riječima, imaju veliku ulogu o svjesnom i nesvjesnom osjetu položaja i pokreta zgloba u prostoru te o neuromišićnoj kontroli [14].

### **3. OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA**

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta je multifaktorska i često puta vrlo složena jer može biti udružena s oštećenjem drugih struktura u koljenu poput medijalnog meniska i medijalnog kolateralnog ligamenta (tzv. zlokobni trijas) [3]. Vrlo nestabilan položaj za koljeno te najveća učestalost za rupturu LCA je pri zaustavljanju, brzim i naglim promjenama smjera kretanja te pri doskoku [19].

#### **3.1. Etiologija i mehanizmi nastanka ozljede**

Na ozljedu utječu faktori koji se mogu podijeliti na ekstrinzične ili vanjske i intrinzične ili unutarnje. U vanjske čimbenike ubrajaju se oprema koju sportaš koristi, uvjeti u kojima se neka aktivnost provodi te specifičnosti trenažnog i natjecateljskog procesa [15]. Unutrašnji čimbenici dijele se na fizičke i psihičke [16]. Neki od fizičkih čimbenika mogu biti: anatomske (duljina femura i tibije, smanjena eminentia intercondylaris, povećani nagib platoa tibije, smanjeni konkavitet udubine medijalnog tibijalnog platoa), neuromuskularni (omjer jakosti kvadricepsa i hamstringsa, povećani adukcijski kut u kuku, povećani valgus koljena), genetski (pojavnost u obitelji), hormonalni (pri višim vrijednostima estrogena i progesterona LCA pokazuje veću labavost), kognitivni (vizualna i verbalna memorija), emocionalni (motivacija, spremnost prihvaćanja rizika) [17]. Kao zona visokog rizika pokazala se smanjena EMG preaktivnost m. semitendinosusa i visoka EMG preaktivnost m. vastusa lateralis [18]. Kod takvih sportaša zahtijevaju se veći preventivni napori. Indeks tjelesne mase također se pokazao kao jedan od faktora na incidenciju ozljede. Osobe s povećanim indeksom tjelesne mase pokazuju i veću pojavnost rupture prednje ukrížene sveze. Iz toga se može zaključiti kako je ozljeda prednjeg križnog ligamenta multifaktorska i često puta vrlo složena jer može biti udružena s oštećenjem drugih struktura u koljenu poput medijalnog meniska i medijalnog kolateralnog ligamenta (tzv. zlokobni trijas) [3]. Izolirana ozljeda je puno rjeđa te nastaje tijekom nagle hiperekstenzije ili snažnim udarcem u kondile femura gdje je sila usmjerena posteriorno u odnosu na flektirano koljeno. Tada je femur smješten posteriorno u odnosu na tibiju što rezultira otrgnućem hvatišta LCA [3]. Ponekad s hvatištem može biti otrgnut i dio kosti (avulzijska fraktura). Sama učestalost ozljede varira ovisno o dobi i spolu jer na nju mogu utjecati razina hormona, genetska predispozicija, ali i različiti biomehanički čimbenici [17]. Tako je dokazano da ozljeda najčešće nastaje nekontaktnim mehanizmima. Najnestabilniji položaj za koljeno i najveća učestalost za rupturu LCA je pri zaustavljanju, brzim i naglim promjenama smjera te pri doskoku. Tijekom doskoka stopalo je u jednom trenutku čvrsto fiksirano za podlogu, koljeno odlazi u valgus

položaj, kuk u unutarnju rotaciju, a kvadriceps vrši ekscentričnu kontrakciju čime se stvara pozicija pogodna za rupturu. Jednako tako, tijekom naglih promjena smjera, koljeno često zauzima valgus položaj s fiksiranim stopalom [19]. Prevelika aktivacija kvadricepsa u gotovo potpunoj ekstenziji stvara veliki stres na svezu. Sila koja djeluje na izvođenje prednje translacije tibije ujedno je i najpogodnija za razvoj ozljede. Opterećenje se može smanjiti ukoliko se jedna ekscentrična kontrakcija zamijeni s više manjih pokreta u fleksiji jer hamstringsi povlače tibiju straga i time stvaraju bolji zaštitni obrazac za LCA [17]. Rizični čimbenici mogu se djelomično ukloniti vježbama jačanja i pravovremene aktivacije mišića. Snaženjem hamstringsa postiže se bolja kontrola koljena jer djeluju antagonistički u odnosu na dominantni kvadriceps. Jačanjem gluteusa daje se veća stabilnost koljenu i sprječava se prekomjerni valgus položaj koji je rizik za ozljedu. Snaženjem listova i okolnih potkoljениčnih mišića osigurava se stabilnost skočnog zgloba pri apsorpciji sila tijekom kretanja i prilikom zaustavljanja, a njegov pravilan položaj utječe na stabilnost cijelog kinetičkog lanca, pa tako i koljenog zgloba. Uz jačanje mišićnih grupa, iznimno je važna i aktivacija mišića u točno određenom trenutku. Uz snagu i fleksibilnost, moraju imati dobru neuromišićnu koordinaciju. Kako se napor i opterećenje povećava, izostajanjem aktivacije mišića u pravom trenutku može doći do ozljede. Zato se u preventivski i rehabilitacijski program uvode vježbe za povećanje neuromuskularne kontrole kao što su funkcionalni i pliometrijski treninzi, vježbe propriocepcije, koordinacije i ravnoteže te učenje pravilnih obrazaca pokreta tijekom specifičnih aktivnosti i sportova poput pravilnog načina doskoka [20].

### **3.2. Razlike u ozljedi LCA između muškaraca i žena**

Istraživanja provedena u SAD navode kako od 200 000 ljudi godišnje koji imaju ozljedu LCA, 38 000 čine žene. Neke studije pokazuju kako je ozljeda više povezana uz sport-specifične aktivnosti nego uz spol. Ipak, promatrajući izvedbu u istim sportovima, incidencija je u žena dva do osam puta veća. Već 1990-ih godina je dokazano, pručavajući muškarce i žene i njihovu izvedbu u istim sportovima, kako je incidencija nekontaktne ozljede LCA veća u ženskih sportašica. Tako u nogometu mogućnost ozljede je 2.67 puta veća, u košarci 3.05, u hrvanju 4.05 te u skijanju 1.00. Posebna pažnja treba se posvetiti ženskim sportašicama u sportovima u kojima postoje brze promjene smjera, akceleracije, deceleracije i doskoka. Od neophodne je važnosti uključiti ih u kvalitetan preventivski program kako bi se smanjila prevalencija ozljede. Brojni rizični faktori utječu na razvoj ozljede, a neki od njih su: genetski, faktori okoline, anatomske, hormonalne, neuromuskularne i biomehaničke. Druga podjela je na intrinzične i ekstrinzične

faktore. Intrinzični čimbenici su individualni, psihički i socijalni te nisu uvijek u mogućnosti kontrole. Ekstrinzični faktori se mogu daleko više kontrolirati i promjenjive su prirode. Oni uključuju: vrstu sporta, kondicijsko stanje sportaša, iskustvo, snagu, sposobnosti, tehnike izvođenja aktivnosti i dr. Od genetskih faktora smatra se kako širina interkondilarne jame utječe na razvoj ozljede, međutim još uvijek postoje kontroverze između studija. U posljednje vrijeme navodi se znatna povezanost između COL1A1 i COL5A1 te rupture LCA u ženskih sportašica, a posebno CC genotipa-COL5A1 BstUI koji utječe na duljinu fragmenta LCA. U faktore okoliša ubrajaju se: podloga na kojoj se izvode trenažni procesi, obuća i otpor obuće na sile podloge te steznici za koljeno [17].

Suha površina tla stvara veće trenje između potplata tenisice i podloge u odnosu na vlažnu zemlju. Studije provedene u SAD tvrde kako je incidencija LCA veća ako se aktivnosti izvode na suhim u odnosu na vlažne površine tla. Istraživanja i dalje nisu u suglasnosti je li rizičniji faktor za ozljedu umjetna ili prava trava. Studije su se provodile i na ispitivanju materijala podloge u dvorani i incidenciji ozljede. Iako u muškaraca nije bilo znatne razlike, kod ženskih sportašica učestalija je ozljeda na umjetnim unutarnjim podovima nego podovima od prirodnog drveta. Među muškim sportašima ustanovljeno je kako obuća igra znatnu ulogu. Kvalitetan primjer je u nogometu gdje su dugački čepovi za kopačke povećavali šansu za ozljedu LCA. Iako istraživanje nije napravljeno među ženama, preporuča se da svi sportaši koriste dizajn kopačke u kojoj su čepovi manje veličine te ih ima manje jer dugački proizvode velik torzijski otpor neovisno o podlozi na kojoj se igra te na taj način i ozljede koljena i gležnja [17].

Smatra se kako je jedan od ključnih faktora u incidenciji ozljede između muških i ženskih sportaša upravo razlika u anatomskim strukturama. Rast femura i tibije za vrijeme adolescencije povećava obrtni moment na koljeno čime se proporcionalno povećava i njegova nestabilnost. U muškaraca ta se nestabilnost djelomično stabilizira mišićnom masom i ukočenosti. Kod žena, zbog manje mišićne mase, povećava se učestalost rupture LCA. Istraživanja su još uvijek kontradiktorna o tome jesu li Q-kut i valgus položaj koljena snažni indikatori za mogućnost ozljede. Žene imaju veći Q-kut u odnosu na muškarce i time veći stres na medijalni dio koljena. Drugim riječima, sila lateralnog povlačenja patele na medijalnu stranu koljena koju izvodi m. rectus femoris je veća. Također imaju širu zdjelicu i anteverziju vrata femura [17]. Širina interkondilarne jame pokazala se kao vrlo snažan indikator [17, 21]. Što je osoba veće visine, širina interkondilarne jame je veća. Žene zbog manje visine, rizičnija su skupina za ozljedu od muškaraca. Promatrajući samo žene kao predmet istraživanja, one koje su imale uži prostor (manje od 13 mm) imale su 16.8 puta veću šansu za oštećenje LCA. Uz to, ozljede oba snopa

LCA bile su veće kod užeg prostora dok je kod širih bila češća učestalost ozljede jednog snopa. S užim prostorom interkondilarne jame i sama ozljeda je bila većeg stupnja oštećenja [17]. Uz uzak prostor povezuje se i manja duljina ligamenta [17,21]. Manja duljina prednje ukrižene sveze smanjuje i njena mehanička svojstva tijekom aktivnosti gdje je primijenjena velika sila. Stoga pokreti skoka, doskoka i brzih promjena smjera koji zahtijevaju ekstenziju koljena dovode do kolizije ligamenata. Istraživanja na području indeksa tjelesne mase nisu pokazala statistički značajne razlike među muškim i ženskim sportašima. U žena iako postoji veći laksitet ligamenata, nema znatnog utjecaja na incidenciju nekontaktne ozljede LCA [17].

Od hormonalnih učinaka, estrogen ima vrlo važnu ulogu; receptori za estrogen i progesteron smješteni su u fibroblastima LCA. Te stanice proizvode kolagen koji je ključan za podnošenje opterećenja LCA. Estrogen inhibira proizvodnju kolagena od strane LCA fibroblasta, a time smanjuje neuromuskularnu aktivnost koljena, podnošenje opterećenja prednjeg križnog ligamenta i povećava laksitet zgloba. Laksitet ligamenta nije se dokazao kao indikator kod bilateralne ruptуре LCA. Međutim, povezanost laksiteta i incidencije ozljede i dalje nije dovoljno istražena [17]. Drugi hormon koji utječe na laksitet kod trudnica je relaksin, a također se izlučuje u žena koje nisu trudne za vrijeme luteinske faze ciklusa [21]. Nikako se ne smiju izostaviti neuromuskularni faktori. Naime, tijekom adolescencije kod dječaka neuromuskularni razvoj prati zamah u rastu tijela. No, to se nije pokazalo i kod djevojčica što znatno utječe na ozljedu. Dinamička stabilizacija koju pružaju kvadriceps, hamstringsi i gastrocnemius je ključna u zaštiti koljena od vanjskih sila u svakodnevnim i sportskim aktivnostima. Hamstringsi su veoma važni čuvari prednje ukrižene sveze sprječavajući anteriornu translaciju tibije. Nadalje, u žena se javila veća aktivacija kvadricepsa i gastrocnemiusa u odnosu na hamstringse i gluteuse pri doksoku (u odnosu na muškarce koji više aktiviraju vanjske rotatore kuka). Na taj način povećava se kolaps koljena u valgus položaj, djelovanje većih abdukcijских i adukcijskih momenata na zglob i anteriorna translacija tibije koje dovode do ruptуре [17]. Istraživanja još ne mogu sa sigurnošću dokazati je li uzrok tome drugačiji trenažni proces u muških i ženskih sportaša ili je to urođena razlika u neuromuskularnoj funkciji [21]. Promatrajući biomehaniku, nekontaktne ozljede LCA najčešće se javljaju u pivotiranju, cuttingu i doskoku pri čemu je koljeno u blagoj fleksiji ili pri hiperekstenziji na jednoj nozi. Tijekom cuttinga žene imaju više ekstenzirano koljeno u odnosu na muškarce što povećava silu djelovanja kvadricepsa i valgus položaj koljena u odnosu na glutealne mišiće i hamstringse. Ovo se naravno može prevenirati edukacijom sportašica da izvode veću fleksiju koljena tijekom određenih pokreta [17].

Abdominalni mišići, ekstenzori leđa te mišići zdjeličnog dna čine core koji doprinosi stabilizaciji lumbo-pelvične regije. Iako su istraživanja još uvijek kontroverzna utječe li core i njegova nestabilnost na LCA, svakako potvrđuju da slabi abduktori i vanjski rotatori kuka povećavaju incidenciju. Pronacija stopala uzrokuje unutarnju rotaciju tibije i stavlja veći stres na prednji križni ligament. Poslije puberteta, žene su općenito fleksibilnije u odnosu na muškarce i taj laksitet može dovesti do pada svoda stopala. Tijekom sportskih aktivnosti, također se dokazalo kako sportašice imaju veću everziju stopala čime povećavaju unutarnju rotaciju i valgus stres koljena [17].

### **3.3. Klinička slika i posljedice ozljede**

U akutnom stanju, 30 do 90 % pacijenata čuje zvuk pucanja u koljenu popraćen snažnom boli. Također prijavljuju kako im je koljeno „pobjeglo“ u stranu. Drugim riječima, javlja se nestabilnost koljenog zgloba zbog parcijalne ili potpune rupture LCA [22,23, 24]. Nestabilnost se jako očituje tijekom pokušaja opterećivanja noge, pa tako većina nije sposobna stajati ili hodati na ozlijeđenoj nozi [9]. Međutim, popuštanje koljena nije samo simptom LCA, već može biti pokazatelj patelofemoralnog instabiliteta, patologije meniskusa i bolne inhibicije kvadricepsa [24]. Posljedično se javlja nemogućnost nastavka aktivnosti. Zbog rupture vlakana dolazi do velikog krvarenja te se odmah nakon ozljede pojavljuje otok koji se unutar dva sata od nastanka povećava [23, 24]. Tijekom idućih nekoliko sati intenzitet boli se povećava što dodatno smanjuje funkciju koljena [23]. Iako postoji ograničen opseg pokreta i osjećaj labavosti koljenog zgloba, neke osobe imat će manje bolove, oteklinu i ograničenje tijekom prijenosa opterećenja te će hodati ili čak trčati iako je ozljeda ozbiljna. Ostali simptomi su bol na pritisak i nemogućnost savijanja i ispravljanja potkoljenice tzv. blokiran zglob [24]. Uz rupturu LCA, vrlo često se javlja i udružena ozljeda medijalnog kolateralnog ligamenta i medijalnog meniskusa. Tada su simptomi puno izraženiji nego kod izolirane ozljede LCA. Potpune ruptуре obuhvaćaju kompletni prekid vlakana dok parcijalne uključuju samo anteromedijalni ili posterolateralni snop [3]. Osobe s prekidom AM snopa imaju anteriornu nestabilnost dok one rupturom PL snopa rotacijsku. Od izoliranih ozljeda LCA, parcijalna čini 5 do 28 % [12]. Promjene prednje ukrižene sveze mijenjaju kinematiku koljena jer je prijenos opterećenja ravnomjeran samo ako je zglob mehanički stabilan. Ozljedom kapsuloligamentarnih struktura gubi se statička i dinamička stabilnost zgloba. Pritom slabe proprioceptivni aferentni signali iz mehanoreceptora koji su smješteni u zglobnoj čahuri i ligamentima jer se stimuliraju napetošću koju izaziva određeni pokret. To se događa tijekom izravnog oštećenja mehanoreceptora uslijed oštećenja zglobne čahure ili rupture ligamenta. Novonastali signal putuje u središnji živčani sustav gdje se i



obrađuje. Posljedično se razvija svjesna i podsvjesna neuromišićna kontrola mišićne mase oko ozlijeđenog zgloba kako bi se očuvao integritet ligamenata. Upravo taj smanjeni proprioceptijski signal dovodi do slabijeg osjeta položaja i pokreta u zglobu, smanjenja neuromišićne kontrole, funkcijske nestabilnosti i nemogućnosti održavanja ravnoteže [25].

Novo reprogramiranje lokomotornog sustava nakon ozljede LCA dovodi do smanjenja snage i mišićne atrofije te do adaptacije hoda. U usporedbi sa zdravom populacijom, osobe s nekadašnjom ozljedom pokazuju smanjenu varijabilnost hoda. Uzrok tome je što pacijent ima veći oprez i kompenzacijski obrazac izbjegavajući suvišne pokrete kako bi održao stabilnost koji se očituju kao krutost prilikom njihovog izvođenja. Tijekom izvođenja pokreta postoji smanjena mišićna snaga m. gastrocnemiusa i kvadricepsa, posebice m. vastusa medialis koji je zadužen za zadnjih 10-15 stupnjeva ekstenzije. Istraživanja biomehaničkih promjena pokazala su kako LCA deficitarna koljena pokazuju veće stupnjeve fleksije tijekom faze oslonca u hodu u usporedbi s zdravima. Uočena je povećana anteriorna tibijalna translacija i vanjska rotacija kod oštećenja LCA. Pri hodu po stepenicama javlja se veći stupanj fleksije nego kod zdravih ispitanika, ali i pri spuštanju jer nova neuromišićna organizacija izbjegava punu ekstenziju. Također postoji preuranjena aktivacija i smanjena snaga hamstringsa. Treba posebno obratiti i pozornost na to da druge mišićne grupe preuzimaju dodatan napor kako bi nadomjestili atrofiju i smanjenu snagu kvadricepsa tijekom nove posturalne adaptacije. Kod potpune rupture ligamenta, stvara se i veće naprezanje MCL u 30-90 stupnjeva fleksije. Međutim istraživanja pokazuju promjene tibiofemoralne kinematike, ali ne i meniskusa. U punoj ekstenziji i tijekom izvođenja 15 stupnjeva fleksije povećano je opterećenje na posterolateralne strukture koljena [26]. Navedeni deficiti i promjenjena kinematika koljena povećavaju rizik za kasniji razvoj osteoartritisa [27].

### **3.4. Dijagnosticiranje ozljede**

Za dijagnozu LCA potreban je detaljan pregled koji uključuje anamnezu, klinički pregled, specijalne dijagnostičke i specifične kliničke testove [24, 28]. Radiografija i magnetska rezonanca imaju važnu ulogu u određivanju ozljede. S obzirom da su anamneza i klinički pregled preduvjet za daljnje testove i dijagnostičku obradu, pregled bi trebao biti sistematičan i potpun, a ispitivač treba imati određenu razinu znanja i iskustva. Tijekom prikupljanja podataka ispituje o mehanizmu ozljede uz praćene simptome koje je sportaš osjetio. Poželjno je odraditi pregled odmah po nastanku ozljede, prije nego što se razviju visoki intenzitet boli i oticanje. Brzina provedbe pregleda nema toliku važnost ukoliko je u pitanju kronično stanje koljena. Osobe često

prijavljuju kako su čule zvuk trganja u trenutku rupture LCA. Moguće je i izvijanje koljena popraćeno brzim nastankom hemartroze. Hemartroza se razvija ako je oštećena a. media genus. Međutim, njezino odsustvo ne znači da LCA nije oštećen. Primjer toga je otrgnuće LCA od femoralnog hvatišta pa je arterija pošteđena. Tijekom pregleda obavezno se radi inspekcija i palpacija kontralateralnog koljena koje služi za usporedbu, ali i pomaže pacijentu da se opusti i stekne povjerenje. Stoga se preporučuje prvo ispitati zdravo koljeno [24]. U prvom susretu svakako se trebaju zabilježiti: abrazije, neurovaskularni pregled, otekline, stupanj ograničenosti opsega pokreta. Inspekcijom se nastoji utvrditi postojanje izljeva koji u nekim slučajevima može nastati tek nakon 12-24 sata, zatim uočavanje ekhimoza, antalgicnog hoda, atrofije. Pacijenti izbjegavaju aktivaciju kvadricepsa pri hodu kako bi spriječili anteriornu tibijalnu translaciju. U udruženoj ozljedi LCA-LCM edem se javlja na medijalnoj strani koljena. Također se pregledavaju i druge strukture u koljenu. Provjerava se postoji li oštećenje patele, meniskusa, medijalnog i lateralnog kolateralnog ligamenta, stražnjeg križnog ligamenta, stanje zglobne čahure i posterolateralni kut koljena. Palpacijom se javlja osjetljivost zahvaćenog i okolnog područja. Kretnje mogu biti ograničene zbog spazma hamstringsa, boli, patologije meniskusa i dr. [29] U klinički pregled uključeni su i specifični testovi. Testovi koju uključuju procjenu LCA su Lachman test, test prednje ladice i pivot-shift test [24,28,29]. Točnost testova također ovisi o opuštenosti i suradnji pacijenta. U akutnim slučajevima, može se dogoditi da tijekom provođenja testova pacijenti čuvaju koljeno. Uzrok tome su bol, hemartroza i smanjene kretnje zgloba [24].

Lachman test smatra se najsenzitivnijim testom u akutnom stanju. Provodi se tako da je pacijent u supiniranom položaju sa zahvaćenim koljenom na 20-30 stupnjeva fleksije. Kako bi se održao taj stupanj fleksije, poželjno je ispod koljena staviti jastučić. Femur se fiksira i vrši se anteriorna translacija na proksimalni dio tibije gdje se gleda krajnja točka dosega translacije u usporedbi s neoštećenim koljenom te krajnji osjet (mekan ili tvrd). Lachman test je pozitivan ukoliko je povećana anteriorna translacija u odnosu na zdravo koljeno [24]. Patološka translacija je veća od 3 mm. Prema tome stupanj ozljede bi bio: I (1-4 mm), II (5-10 mm), III (više od 10 mm) [29]. Test prednje ladice smatra se manje povjerljivim u odnosu na Lachman zbog spazma hamstringsa, potpore meniskusa, kinematičke kondilarne restrikcije, efuzija itd. Provodi se tako da je pacijent u ležećem položaju s ozlijeđenim koljenom na 90 stupnjeva fleksije. Ispitivač sjedi na stopalu ozlijeđene noge kako bi stabilizirao ud. Proksimalni dio tibije se hvata i povlači anteriorno. Stupanj ozljede prati stupanj pomaka tibije u skladu sa standardom AMA (American Medical Association). Tako prvi stupanj označava pomak tibije 3-5 mm, drugi 6-10 mm, a treći više od 10 mm u usporedbi sa zdravim koljenom [24]. Poželjno je prije ovog testa prethodno provjeriti postoji li patologija stražnjeg križnog ligamenta jer test prednje ladice može biti lažno

pozitivan ako postoji posteriorna translacija tibije zbog njegovog oštećenja [29]. Pivot-shift test ispituje anterolateralnu rotacijsku stabilnost [24,28,29]. Često ga je teško izvesti kod pacijenta zbog čuvanja koljena. Početni položaj za test je unutarnja rotacija tibije na koji se zatim aplicira valgus stres. Koljeno se dovodi iz pune ekstenzije u 30 stupnjeva fleksije [24]. Pozitivan test je redukcija tibije iz anterolateralnog subluksiranog položaja. Posteriorno povlačenje IT trake potpomaže redukciji anteriorno subluksirane tibije jer prolazi iza centra rotacije koljena za vrijeme fleksije. Test se ocjenjuje prema idućim kriterijima: 0 (nema), 1+ (klizanje), 2+ (preskok), 3+ (prolazno zaključavanje). Senzitivnost se povećava abdukcijom kuka i vanjskom rotacijom tibije. Test može biti lažno pozitivan ukoliko postoji deficit LCM ili su meniskusi pomaknuti iz svog fiziološkog položaja [29]. Radiografija se primjenjuje u početnoj procjeni čim postoji sumnja na ozljedu LCA. Nalazi služe i kao pokazatelj tibijalnih avulzija, malpozicija, postojećih fraktura, dislokacija i degenerativnih promjena [24]. Koriste se za procjenu koštane zrelosti i lokalizacije patele u osobe s rupturom prednje ukrižene sveze. Anteroposteriorni pogled obuhvaća evaluaciju abnormalnosti mekih struktura i suženje zglobnog prostora. Second fraktura (lateralna tibijalna kapsularna avulzijska fraktura) može se javiti sekundarno zbog unutarnje rotacije zajedno s anteroposteriornom translacijom i javlja se u 7% LCA ozljeda. Kronična stanja pokazuju šiljaste tibijalne eminencije i degenerativnu bolest zgloba sa suženjem zglobnog prostora zahvaljujući osteofitima. Magnetska rezonanca bez kontrasta preporučuje se nakon što su učinjene rutinske radiografske snimke, a anamneza i klinički pregled upućuju na moguću rupturu ligamenta. MR ima visoku točnost (78-97%), senzitivnost i specifičnost (90-95%) u otkrivanju rupture LCA [29]. Ona također pomaže da se otkriju i druge popratne ozljede koje nisu otkrivene kliničkim pregledom kao što su nagnječenja kostiju, ozljede meniska i drugih okolnih ligamenata u koljenu. Snimanje omogućava preoperativnu evaluaciju intraartikularnih i ekstraartikularnih struktura [24]. Moguće je vidjeti edem kosti u akutnoj ozljedi i to najčešće na posterolateralnom dijelu tibijalnog platoa ili anterolateralnom dijelu femoralnog kondila. Vrlo je korisna i za popratna oštećenja (hrskavica, menisk, kolateralni ligament). Poželjno je preoperativno napraviti AP i lateralnu RTG snimku u stojećem položaju kako bi se isključile moguće frakture nastale tijekom ozljede. MR omogućava funkcionalni pregled oba snopa u različitim ravninama i pripremu za operativno liječenje mjerenjem veličine hvatišta ligamenta, kuta i duljine ligamenta te patelarne tetive i tetive kvadricepsa za umetanje grafta. Svako stanje je individualno i različito te ova metoda olakšava donošenje intraoperativne odluke najprikladnije za LCA kao i za veličinu i odabir grafta. Scintigrafija kostiju tehnecijem koristi se kod kroničnih stanja te se povećana koštano-metabolička aktivnost u medijalnom, lateralnom i posteriornom kompartmentu smanjuje nakon LCA rekonstrukcije [29].

## 4. LIJEČENJE

Pristup liječenju oštećene sveze može biti konzervativan ili operativan [24,25,29]. Odabir liječenja ovisi o više čimbenika kao što su dob pacijenta, razina aktivnosti, motivacija, stupanj oštećenja itd. Rekonstrukcija ligamenta preporuča se osobama koje imaju visoki intezitet sportskih aktivnosti, posebice u sportovima gdje postoji puno promjena smjera kretanja i okretanja te visoki stupanj nestabilnosti koljenog zgloba [24]. Unatoč tome, postoje određeni pacijenti (engl. coopersi) koji se mogu vratiti sportu do određene razine bez pojave funkcionalne nestabilnosti te se podvrgavaju konzervativnom liječenju [30]. Istraživanja pokazuju kako pacijenti u dobi od 10 do 13 godina imaju bolji uspjeh ukoliko se podvrgnu operativnom pristupu [31]. Ako uz oštećenje LCA postoji oštećenje drugih struktura, izvodi se kirurško liječenje [25]. Studije pokazuju kako skupina kojoj je učinjena rekonstrukcija pokazuju veći stupanj zadovoljstva, dulje ostaju u sportskoj aktivnosti te imaju niži stupanj problema povezanih s koljenom (npr. na radnom mjestu) u odnosu na neoperativnu skupinu [24,25]. Međutim, treba uzeti u obzir kako vrsta sporta i patologija meniskusa imaju ključnu ulogu na ishod neoperativnih pacijenata. Rizik za razvoj posljedičnog osteoartritisa ne pokazuje statističku značajnu razliku između promatranih skupina. Liječenje ozljede prednjeg križnog ligamenta uz medijalni kolateralni ili stražnji križni ligament može se provesti prvo fazom konzervativnog liječenja nakon kojeg slijedi rekonstrukcija [32].

### 4.1. Operativno liječenje

Preoperativno planiranje uključuje prikladan odabir grafta individualno o stanju osobe i njenim aktivnostima. Graftovi koji se koriste za rekonstrukciju su: tetiva m. semitendinosusa, tetiva kvadricepsa, kost-patelarni ligament-kost te alograft. Novi pristup koji se koristi u rekonstrukciji LCA je uzimanje tetive m. peroneus longusa. Ukoliko se planira operativni pristup, preporuča se da se rekonstrukcija LCA izvede nakon što se smanji oteklina koljena, postigne se normalan raspon pokreta te gotovo potpuno normalan hod i mišićna snaga. Kašnjenje operativnog liječenja u odnosu na vrijeme ozljede postoji i kad je deficit mišićne snage m. kvadricepsa veći od 20%. Razlog tome je što pacijent posljedično ima značajno postoperativno smanjenje snage. Nadalje, istraživanja pokazuju kako je artrofibroza značajno manja ukoliko je rekonstrukcija odgođena tri tjedna. Koja će se tehnika rekonstrukcije primjenjivati, tehnika jednog snopa (engl. single bundle) ili dva snopa (engl. double bundle), ovisi o aktivnosti pacijenta te intraartikularnim mjerama (širina interkondilarnog usjeka, veličina LCA).

Kontraindikacije za tehniku rekonstrukcije dva snopa predstavljaju indikacije za tehniku jednog snopa. To su: ukupna duljina mjesta hvatišta tibije manja od 14 mm, edem kosti, ozbiljne artrotske promjene (treći stupanj ili veći), interkondilarni usjek koji je previše uzak (širina manja od 14 mm) ili previše plitak (visina manja od 14 mm), otvorene ploče rasta (djeca) te relativne kontraindikacije. Kirurški pristup u novije vrijeme izvodi se artroskopski uvođenjem posebnih instrumenata. Na taj način ne presjecaju se proprioceptori kao kod artrotomije što smanjuje bol nakon operacije i ubrzava proces oporavka. Rizični čimbenici za neuspjeh operacije su: veći intezitet aktivnosti, uporaba alografta za presadak te povećan stražnji nagib na lateralnom dijelu tibije te mlađa dob [25]. U mlađu dob ubrajaju se koštano nezrele osobe (dječaci:13.-14. godina, djevojčice:12.-13. godina) te se njima izvodi operacija u epifiznom području kako bi se izbjegla ploča rasta [31].

#### **4.1.1. Tetine hamstringsa**

Koriste se tetive m. semitendinosusa i m. gracilisa presavijene dvaput kako bi se dobio četverostruki presadak. Njegova prednost je u tome što je slične snage kao i LCA. Može podnijeti veliko opterećenje, ali sporije cijeli. Također, njegova veličina se teško kontrolira i s obzirom da se uzima tetiva mišića, dolazi do rezidualne slabosti mišića zadnje lože. Upravo iz tog razloga, ne preporuča se sportašima koji se u svojim disciplinama primarno i čvrsto oslanjaju na hamstringse. Zbog ovog razloga, ortopedi preporučuju takvim sportašima rekonstrukciju pomoću patelarnog grafta ili tetive m. peroneusa longusa. Istraživanja pokazuju kako graft hamstringsa ima veći rizik rerupture u odnosu na patelarni presadak i veću valgus nestabilnost, ali klinički ishodi ne pokazuju razliku [25].

#### **4.1.2. Kost-patelarni ligament-kost**

Autograft u kojem se uzima dio patele-srednja trećina patelarnog ligamenta-dio tibije slične je čvrstoće kao i LCA. Prednost je i cijeljenje kosti u femoralnim i tibijalnim tunelima. Upravo zbog mogućnosti cijeljenja kost-o-kost i inkorporacije grafta i tunela, moguće je brže se vratiti sportskoj aktivnosti. Stoga ga novije studije smatraju zasad najboljim graftom i preporučaju profesionalnim sportašima radi bržeg oporavka. S druge strane, fiksne je veličine i slabiji u odnosu na izvornu svezu te je sam operativni pristup invazivan i s velikom incizijom. Stoga nije preporučljivo da se koristi tijekom rekonstrukcije oba snopa. Pri ovom pristupu, povećana je mogućnost frakture patele i boli na anteriornoj strani koljena [25]. Studije također pokazuju kako

ima prednost zbog mogućnosti rigidne fiksacije koštanih krajeva, ali kod nekih pacijenata nastaje bol koljenog zgloba (primjerice pri klečanju) [9].

#### **4.1.3. Tetiva m. peroneusa longusa**

Sve češće se pri rekonstrukciji jednog snopa LCA koristi tetiva m. peroneusa longusa kao autograft. Studije su istraživale postoji li razlika u oporavku i funkcionalnim mogućnostima pacijenata u odnosu na graft tetivama hamstringsa. Rezultati su pokazali kako nije bilo razlike u tenzijskog snazi između obje skupine. Međutim, graft m. peroneusa longusa pokazao se većim i to za 0.6 mm. Neke studije navode kako pacijenti pokazuju jednako dobre funkcionalne mogućnosti kao i osobe s graftom hamstringsa godinu dana nakon operacije te je pronađena manja mišićna hipotrofija. Evaluacija funkcionalnih mogućnosti gležnja pokazala se zasad vrlo uspješnom [32].

#### **4.1.4. Alograft**

Alograft je presadak koji se koristi od donora, tkivo kavedera koje je strukturno slično pacijentu, te se prethodno obrađuje. Alograft pruža najveću fleksibilnost te je dostupan u različitim veličinama [25]. Postoji nekoliko vrsta, a glavna podjela je na mekotkivni i kost-tetiva-kost alograft. U kost-tetiva-kost presatke ubrajaju se patelarna tetiva, Ahilova tetiva i tetiva kvadricepsa. Od mekotkivnih presadaka koriste se tetive hamstringsa, m. tibialis anteriora i posteriora, peronealne tetive te tractus iliotibialis. Ovisno o vrsti alografta, postoji razlika u snazi i čvrstoći. Tako graftovi tibialisa imaju najmanju, a graftovi tetive kvadricepsa najveću šansu za neuspjeh. Neke studije pokazuju kako je bitna i dob donora [33]. Stariji donori pokazuju manju tenzijsku snagu pa se preporučuje uzimanje graftova od donora mlađih od 40 godina, pogotovo kod mlađih pacijenata [34]. Neke istraživanja navode kako pruža najveću fleksibilnost te je dostupan u različitim veličinama. Ima visoki rizik za ponovnu pojavu rupture, pogotovo u mlađih pacijenata. Istraživanja pokazuju kako je potrebno dulje vrijeme cijeljenja u odnosu na druge graftove, kasnije vraćanje sportskoj aktivnosti (najmanje 9-12 mjeseci) te postoji teoretska komplikacija zbog odbacivanja domaćina ili transmisije određenih bolesti. Zato je bitno da je graft svježe smrznut i bez iradijacije prije operativnog pristupa [25].

## 5. REHABILITACIJA

Uspješan oporavak nakon operacije zahtijeva rehabilitacijski program kako bi se prevenirala daljnja oštećenja i komplikacije te vratila optimalna funkcija koljenog zgloba. Rehabilitacija je podijeljena u nekoliko stadija i ovisi o nekoliko čimbenika. Duljina pojedinog stadija ovisi individualno o pacijentu te je rehabilitacija temeljena na ciljevima pojedine faze mnogo bolja od rehabilitacije temeljene na vremenskom intervalu. Međutim, to ne uključuje faze cijeljenja tkiva koje se svakako moraju poštivati. Remodelacija grafta LCA u ligament prolazi kroz biološki proces u trajanju oko 12 mjeseci. Tijekom tog vremenskog perioda i remodelacije, postoje deficiti kao što su smanjena snaga grafta u odnosu na pravi ligament zbog čega je puno više izložen ozljedi za koju je potrebna manja sila nego uobičajeno, smanjena je propriocepcija, a samim time i odgovor mišića na zahtjev CNS-a te je posljedično smanjena neuromišićna kontrola. Vrlo česte komplikacije su smanjeni ROM, i to ekstenzija koljena. Gubitak ekstenzije dovodi do anteriorne boli i smanjene snage kvadricepsa (posebice m. vastus medialis koji zadužen za posljednjih 15 stupnjeva ekstenzije). Zbog neadekvatne snage mišića i nepotpune ekstenzije, pacijent ne može napraviti biomehanički pravilan pokret te se on u hodu i trčanju očituje kao šepanje. Stoga program rehabilitacije mora poštivati neuromuskularne deficite jednako kao i faze cijeljenja tkiva. Različite studije predlažu različite programe, a jedan od njih je podjela rehabilitacije u 6 stadija [35]:

1. Preoperativna rehabilitacija
2. Akutni oporavak
3. Mišićna kontrola i koordinacija
4. Propriocepcija i agilnost
5. Sport specifični program
6. Povratak aktivnostima i sportu

Progresija u iduću fazu moguća je samo ukoliko su ostvareni svi ciljevi i kriteriji prethodne faze.

## 5.1. Preoperativna rehabilitacija

Istraživanja dokazuju da je važno vrijeme od ozljede u kojem se izvede rekonstrukcija i ima značajan utjecaj na pojavu postoperativne krutosti zgloba. Najveća incidencija ukočenosti koljena je, ako je ono bolno, ima smanjeni ROM te nije otklonjen edem. Stoga su povećana bol, progresivno smanjivanje opsega pokreta i vidljiv edem dulje od 48 do 72 sata indikacije za komunikaciju s liječnikom. Ovaj rizik je manji ako se operacija izvede nakon što prođe akutna faza upale [36]. Istraživanja dokazuju da operirano koljeno ima značajni pad u snazi, odgovoru mišića na zapovijed iz CNS, proprioceptiji i obrascu hoda [35, 36]. Također je dokazano kako deficiti u proprioceptiji i snazi zahvaćaju i suprotno, zdravo koljeno [39]. Jedan od glavnih problema nakon pojave ozljede je nestabilnost koljena koja dovodi do njegovog oštećenja, a dugoročno može biti uzrok degenerativnih promjena. Fizioterapija i kineziterapija pokazale su se vrlo učinkovite u smanjenju ponovne ozljede i nestabilnosti koljena (engl. giwing way). Vrlo je bitno jačati i zdravu nogu jer će ona služiti za usporedbu stanja i napretka pacijenta nakon učinjene rekonstrukcije [37]. Upravo zato se izvodi faza preoperativne rehabilitacije čiji su ciljevi (tablica 5.1.1.) vratiti puni opseg pokreta, smanjiti bol, povećati mišićnu funkciju, izdržljivost i snagu, prevenirati epizode nestabilnosti koljena te postići normalan ili približno normalan ciklus hoda [35, 36, 37]. Svaki pacijent je individualan te će imati različite preoperativne deficite u odnosu na druge pacijente. Stoga program mora biti individualiziran i prilagođen optimalnom povratku svakodnevnim aktivnostima i sportu. Protokol rehabilitacije se mijenja ukoliko postoje i pridružene ozljede kao što su oštećenje meniska i ligamenata, edem kosti, mikrofrakture, oštećenje hrskavice itd. [37]

Ciljevi:	Kontrola boli i otekline
	Puni opseg pokreta
	Mišićna snaga dovoljna za povratak normalnog ciklusa hoda
	Psihička priprema pacijenta za operaciju

Tablica 5.1.1., Ciljevi preoperativne rehabilitacije (Izvor: I.K. Evans i sur., ACL reconstruction rehabilitation protocol) [36]



Odmah po nastanku ozljede nastoji se kontrolirati tijek akutne faze upale te daljnja oštećenja zgloba. Zato se primjenjuje RICE metoda: odmor, led, kompresija, elevacija (engl.: rest, ice, compression, elevation) unutar prvih 48-72 sata. Led se primjenjuje svakih dva sata po dvadeset minuta dok se oteklina ne smanji. Ne primjenjuje se izravnim kontaktom na kožu već umotan u ručnik ili neku drugu tkaninu [38]. Elastična bandaža koristi se za kompresiju tijekom dana, a tijekom noći se skida (tablica 5.2.1.). Odmor i elevacija noge koristi silu gravitacije u procesu redukcije edema. Kako bi se koljeno što bolje pripremilo za operaciju, koriste se neke smjernice u procesu preoperativnog tretmana. U akutnoj fazi preporučaju se ortoza i štake dok pacijent ne vrati dovoljnu mišićnu kontrolu i snagu [36, 39]. Pacijentu je dozvoljeno opterećivati nogu u dogovoru s liječnikom i fizioterapeutom. Neopohodna je kontrola boli i razvoja edema (tablica 5.1.1.). Stoga se primjenjuje krioterapija uz nesteroidne protuupalne lijekove. Krioterapija, ovisno o veličini edema, primjenjuje se 6-8 puta po 15-20 minuta (tablica 5.2.1.). Medikamentozna terapija koristi se 7-10 dana od nastanka ozljede [36]. U otklanjanju hematoma koristi se manualna terapija kao što je manualna limfna drenaža s nogom u elevaciji iznad razine srca. Efikasnost tretmana povećava krioterapija udružena s kompresijom. Od ostalih tehnika manualne terapije primjenjuje se mobilizacija patele kranio-kaudalno te medio-lateralno. Mobilnost patele u svim smjerovima znatno utječe na fleksiju i ekstenziju koljena te na pravilnu aktivaciju kvadricepsa. Ukoliko je klinički potrebno izvode se mekotkivna masaža i taktilna desenzitizacija [40]. Nastoji se što prije vratiti ROM (tablica 5.1.1.) te se odmah započinje s izometričkim vježbama kvadricepsa (tablica 5.2.1.). Vježbe jačanja i istezanja pokazale su se kao učinkoviti faktori u vraćanju normalnog pokreta [36, 37]. Bol i edem uzroci su smanjenje snage mišića u okolini zahvaćenog zgloba. Što je snaga (tablica 5.1.1.) i izdržljivost prije rekonstrukcije veća, brži je postoperativni oporavak [39]. Vrlo je važno vratiti punu ekstenziju, u početku pasivno i potpomognuto, a kasnije kada pacijent opet nauči aktivirati kvadriceps-aktivno [41]. Kad pacijent postane sposoban izvesti 100 stupnjeva fleksije, može se započeti sa stvaranjem mišićne snage i kardiovaskularnim treningom. U tu svrhu koristi se stacionarni bicikl (tablica 5.2.1.), plivanje te određene sprave (engl. leg press machine, leg curl machine). Ovaj program se nastavlja dok osoba ne vrati puni opseg pokreta i dovoljnu kontrolu mišića da može hodati bez pojave šepanja [42,43].

	Smanjiti deficite vezane uz bol i ograničeni opseg pokreta
	Krioterapija i kompresija za analgeziju i

Smjernice za preoperativni program rehabilitacije	zmanjenje efuzija
	Izometričko jačanje mišićnih grupa, posebice kvadricepsa, uz korištenje biofeedback-a i vježbi za povećanje opsega pokreta
	Nakon što se dobije optimalan opseg pokreta, preporuča se stacionarni bicikl
	Nakon što nema edema, a vraćen je ROM, počinje se s vraćanjem mišićne snage (povećanjem broja ponavljanja, kompleksnosti vježbi i otpora) te kontrolirane pliometrične vježbe (balansna ploča, progresija-čučanj na balansnoj ploči)
	Trčanje i skakački sportovi nisu dozvoljeni zbog instabiliteta koljena

Tablica 5.2.1., Smjernice za program preoperativne rehabilitacije (Izvor: L.Pinczewski i sur., ACL rehabilitation protocol ) [35]

## 5.2. Postoperativna rehabilitacija

Postoperativna rehabilitacija od iznimne je važnosti za pacijenta u njegovom daljnjem oporavku. Individualizirana je prema potrebama pacijenta te podijeljena u nekoliko stadija.

Faza 1: 0-2 tjedna postoperativno	
Ciljevi rehabilitacije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zaštiti graft</li> <li>• Smanjiti bol i reducirati edem</li> <li>• Vratiti mobilnost patele</li> <li>• Dobiti punu ekstenziju, postupno povećavati opseg fleksije</li> <li>• Reducirati refleksnu kontrakciju ostalih mišića u svrhu zaštite nakon ozljede, vratiti kontrolu kvadricepsa i puni opseg pokreta aktivne ekstenzije</li> <li>• Edukacija pacijenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Održavati koljeno ravno i elevirano tijekom sjedenja</li> </ul> </li> </ul>

	<p>ili ležećeg položaja, ne odmarati s ručnikom postavljenim ispod koljena zbog razvoja kontraktura</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nije dozvoljeno aktivno učiniti pokret iz fleksije u ekstenziju (npr. u nogometu pucanje lopte)</li> <li>○ Tijekom transfera pružiti potporu operiranoj strani (npr. iz sjedećeg položaja u ležeći)</li> </ul>
Prijenos opterećenja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U hodu korištenje štaka i zaključane ortoze, dozvoljeno opterećenje u dogovoru s operaterom, hod sa štakama izvodi se na način da pacijent prvo postavlja štake, zatim operiranu i konačno zdravu nogu</li> <li>• Hod bez štaka poštivajući faze cijeljenja tkiva te kad nema povećanja boli</li> <li>• Rekonstrukcija alograftom i graftom hamstringsa zahtijeva parcijalni prijenos opterećenja na štakama 6 tjedana ukoliko drugačije ne predloži operater</li> <li>• Otključavanje ortoze dozvoljeno nakon što pacijent može napraviti pokret ekstenzije (odignuti ispruženu nogu) bez ograničenosti u opsegu i kvaliteti</li> <li>• Pacijent može skinuti ortozu nakon 6 tjedana, ali tek nakon što je dobio aktivnu kontrolu i aktivaciju kvadriicepsa</li> <li>• Tijekom hoda po stepenicama: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hod prema dolje- prvo pacijent postavlja štake, operiranu pa zdravu nogu</li> <li>○ Hod prema gore- pacijent postavlja prvo štake ili zdravu nogu, a tek onda operiranu nogu</li> </ul> </li> </ul>
Fizioterapijska intervencija	<p>1. Kontrola edema i boli</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Led, kompresija elastičnim zavojem i elevacija noge</li> <li>• Manulna limfna drenaža Lioton kremom ili drugim preparatima za brži otklon edema i hematoma</li> <li>• K-tape postavljen mrežasto za bržu resorpciju hematoma</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U elektroterapiji program kapilarizacije za povećanu cirkulaciju i redukciju otekline</li> </ul> <p>2. Mobilnost i opseg pokreta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilizacija patele: superiorno-inferiorno te medijalno-lateralno (vrlo važno u ranim postoperativnim fazama te posebno kod patelarnog presatka)</li> <li>• Potpomognuto izvođenje fleksije i ekstenzije koljena te klizanje petom po podlozi iz fleksije u ekstenziju pomoću ručnika za kontrolu pokreta (engl. heel slides)</li> <li>• Istezanje ekstenzora nižeg inteziteta i duljeg vremenskog trajanja (engl. prone hang, heel prop)</li> <li>• Vježbe istezanja za m. triceps surae</li> <li>• Pasivno i aktivno istezanje hamstringsa u supiniranom položaju</li> </ul> <p>3. Vježbe za povećanje snage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Odizanje na prste za m. triceps surae</li> <li>• Izometričko jačanje kvadricepsa</li> <li>• NMES visokog inteziteta (2500 Hz) u supiniranom i ekstendiranom položaju, više od dva puta tjedno, deset ponavljanja po 10-50 sekundi</li> <li>• Abdukcija kuka</li> </ul>
<p>Kriteriji za progresiju u iduću fazu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postignut opseg pokreta ekstenzije do 0 stupnjeva</li> <li>• Optimalna kontrola kvadricepsa aktivnom kontrakcijom i dobrom mobilnosti patele</li> <li>• Pacijent može napraviti pokret ekstenzije (odignuti ispruženu nogu) bez ograničenosti u opsegu i kvaliteti</li> </ul>

Faza 2: srednja postoperativna faza (3-5 tjedana nakon rekonstrukcije)	
Ciljevi rehabilitacije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nastaviti štiti graft</li> <li>• Održavati puni opseg ekstenzije</li> <li>• Vratiti puni opseg fleksije</li> <li>• Vratiti normalan obrazac hoda</li> </ul>
Fizioterapijska intervencija (dodatak na već postojeću intervenciju iz prethodne faze s kojom se i dalje nastavlja)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mobilnost i opseg pokreta <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stacionarni bicikl za kardiovaskularni trening</li> <li>• Istezanje svih mišićnih grupa, posebno mišića zadnje lože i kvadricepsa</li> </ul> </li> <li>2. Vježbe za razvoj snage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvadriceps, hamstringsi, abduktori, vanjski rotatori kuka</li> </ul> </li> <li>3. Vježbe za balans i propriocepciju <ul style="list-style-type: none"> <li>• Održavanje balansa stojeći na jednoj nozi s lagano flektiranim koljenom, progresija u dinamičku vježbu, dodatna progresija vježbama na nestabilnoj podlozi</li> </ul> </li> </ol>
Kriteriji za progresiju u iduću fazu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bez prisutnosti otekline</li> <li>• Opseg pokreta ekstenzije jednak je kontralateralnoj nozi</li> <li>• Opseg pokreta fleksije razlikuje se unutar deset stupnjeva u odnosu na zdravu nogu</li> </ul>

Faza 3: kasna postoperativna faza (6 do 8 tjedana nakon rekonstrukcije)	
Ciljevi rehabilitacije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Izbjegavati aktivnosti koje proizvode bol na mjestu grafta</li> <li>• Izbjegavati vježbe nakon kojih se razvija edem i bol</li> <li>• Održavati puni ROM</li> <li>• Progresivni razvoj vježbi</li> <li>• Učenje pravilnih obrazaca pokreta</li> </ul>
Dodatna intervencija na	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mobilnost i ROM</li> </ol>

postojeću (tijekom prve i druge faze)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukoliko je ograničen opseg pokreta-rotacijska mobilizacija tibije</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Kardiovaskularni trening <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hod po stepenicama, plivanje, jogging u bazenu</li> </ul> </li> <li>3. Vježbe za povećanje snage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uključiti funkcionalne pokrete</li> </ul> </li> <li>4. Balans/propriocepcija <ul style="list-style-type: none"> <li>• Progresija koordinacije i ravnoteže na jednoj nozi, uključujući i trening perturbacije</li> </ul> </li> </ol>
Kriteriji za progresiju u iduću fazu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bez pojave boli i edema nakon izvođenja vježbi</li> <li>• Normalan hod</li> <li>• Jednak opseg pokreta na operiranoj i zdravoj nozi</li> <li>• Simetričan položaj zglobova na operiranoj i zdravoj nozi (odstupanja su manja od 5 stupnjeva)</li> <li>• Indeks kvadricepsa <math>\geq 80\%</math> (mjereno ručnim dinamometrom ili ukoliko je dostupno izokinetičko testiranje)</li> </ul>

Faza 4: tranzicijska faza (9 do 12 tjedana nakon rekonstrukcije)	
Ciljevi rehabilitacije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Izbjegavati aktivnosti koje proizvode bol na mjestu grafta</li> <li>• Izbjegavati vježbe nakon kojih se razvija edem i bol</li> <li>• Održavati puni ROM</li> <li>• Progresivni razvoj vježbi</li> <li>• Učenje pravilnih obrazaca pokreta</li> </ul>
Dodatna intervencija koja se nastavlja na prethodne faze intervencije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Započeti sa sport specifičnim vježbama u submaksimalnom otporu u sagitalnoj ravnini</li> <li>• Progresija pliometričnih vježbi (s parcijalnog prijenosa težine na puni prijenos težine)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bez epizoda nestabilnosti</li> </ul>

<p>Kriteriji za progresiju u iduću fazu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimalna snaga kvadricepsa</li> <li>• Tehnički pravilno izvedenih deset repeticija jednonožnog čučnja uz uvjet da je fleksija koljena barem 60 stupnjeva tijekom izvedbe (engl. single leg squat)</li> <li>• Vertikalni skok uz dobru kontrolu koljena</li> <li>• KOOS-sportski upitnik &gt;70 stupnjeva [54]</li> <li>• Funkcionalna procjena <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Indeks kvadricepsa &gt;80% (mjereno ručnim dinamometrom ili ukoliko je dostupno izokinetičko testiranje)</li> <li>○ Indeksi hamtringsa, gluteusa maximusa i mediusa &gt;80% (mjereno ručnim dinamometrom ili ukoliko je dostupno izokinetičko testiranje)</li> <li>○ Jednonožni skok test <math>\geq 75\%</math> u odnosu na kontralateralnu nogu (single leg hop test, najranije se može ispitivati u 12. tjednu rehabilitacije)</li> </ul> </li> </ul>
---	--

<p>Faza 5: Rani povratak sportu (3 do 5 mjeseci nakon rekonstrukcije)</p>	
<p>Ciljevi rehabilitacije</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Izbjegavati aktivnosti koje proizvode bol na mjestu grafta</li> <li>• Izbjegavati vježbe nakon kojih se razvija edem i bol</li> <li>• Progresivni i oprezni razvoj vježbi za povećanje snage</li> <li>• Oprezan i progresivan uvod u sport specifičan program</li> <li>• Daljnje održavanje pravilnih obrazaca pokreta</li> </ul>
<p>Dodatna intervencija koja se nastavlja na prethodne faze intervencije</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intervalni program trčanja</li> <li>• Progresija funkcionalnih i sport specifičnih vježbi</li> <li>• Progresija programa agilnosti i pliometričnih vježbi</li> </ul>
<p>Kriteriji za progresiju u iduću fazu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zadovoljeni kriteriji kao i iz prethodne faze uz: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zadovoljena kontrola kod liječnika</li> <li>○ Odrađen program trčanja bez pojave boli i edema</li> </ul> </li> <li>• Funkcionalna procjena <ul style="list-style-type: none"> <li>○ KOOS sportski upitnik &gt;90%</li> <li>○ International Knee Committee Subjective Knee Evaluation &gt;93 bodova</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Psihološka spremnost sportaša za povratak sportu (Psych Readiness to Return to Sport, PRRS)</li> </ul>
--	---

Faza 6: neograničen povratak sportu (6+ mjeseci nakon rekonstrukcije)	
Ciljevi rehabilitacije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nastaviti s vježbama jačanja i propriocepcije</li> <li>• Simetrična izvedba sport specifičnih vježbi</li> <li>• Oprezna progresija i vraćanje u sport</li> </ul>
Dodatna intervencija koja se nastavlja na prethodne faze intervencije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sport specifični pliometrični program u različitim ravninama</li> <li>• Sport specifični program agilnosti u različitim ravninama</li> <li>• Oko 7. mjeseca uključiti dodatne aktivnosti individualno o potrebama sportaša (npr. hard cutting, pivoting)</li> <li>• U početku vježbe nekontaktno, zatim u kontaktu s drugim igračima te povratak u igru/ na teren</li> </ul>

Tablica 5.3.1., Rehabilitacijski protokol nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta  
(Izvor: MGH sports medicine, Rehabilitation protocol for ACL reconstruction ) [44]

Pri dolasku pacijenta postoperativno evaluira se stanje koljenog zgloba. Vrlo je važno uočiti i tretirati pacijenta u odnosu na njegove simptome i subjektivno stanje, a ne s obzirom na postavljenu dijagnozu. Nakon rekonstrukcije LCA koljeno je izloženo agresivnim pristupima te se kao posljedica razvijaju otekline, hematoma te inhibicija kvadricepsa [35, 36, 39]. Stoga je cilj u početnoj fazi rehabilitacije kontrolirati akutnu upalu. Ukoliko se edem ne sanira kvalitetno, on ostaje i utječe na opseg pokreta pacijenta [37]. Primjerice, ukoliko još uvijek postoji edem na mjestu medijalne glave kvadricepsa, pacijent ne može napraviti punu ekstenziju te se to u hodu očituje kao šepanje. Fizioterapeut izvodi tehniku manualne limfne drenaže kojom smanjuje nastali edem i hematoma. Vrlo je važno da operirana noga bude u eleviranom položaju (tablica 5.3.1.) kako bi sila gravitacije potpomognula odvođenju limfe u glavne limfne čvorove. Tijekom manualne limfne drenaže koriste se i različiti preparati za bržu resorpciju hematoma (različite kreme s analgetskim učinkom) te se preko ožiljka mogu postaviti vodootporni flasteri jer se usmjeravanje ožiljka izvodi 6. tjedan od operacije poštivajući faze cijeljenja tkiva. Također se može postaviti K-tape tehnikom za bržu resorpciju hematoma (mrežasto postavljene trake okomito jedna na drugu). S tom trakom pacijent smije obavljati higijenu te se skida nakon 2-3 dana. Prethodno treba utvrditi postoji li alergijska reakcija na materijal ili ljepilo trake. Odmah nakon operacije, i to 2 tjedna, pacijent bi trebao nositi kompresivni zavoj kako bi se smanjila



upala [35]. Zavoj se nanosi cijelom dužinom od stopala preko koljena te se nosi tijekom dana. Tijekom spavanja ili ležanja se skida. Nakon kirurškog liječenja pacijent smije punom težinom opteretiti koljeno, osim ako postoje neke kontraindikacije (određene pridružene ozljede). U tom slučaju prijenos opterećenja određuje operater (tablica 5.3.1.). Od iznimne je važnosti pravilno namještanje štaka u odnosu na pacijenta jer one sudjeluju kao rasterećenje pri hodu. Štake se namještaju u odnosu na visinu pacijenta i krivo postavljanje zahtijeva dodatan fizički napor. Rukohvat štake mora se nalaziti u razini velikog trohantera pacijenta, a lakatna potpora je postavljena tako da prelazi dvije trećine podlaktice. Treba paziti na gume štaka (ukoliko su potrošene) te posebni šiljci za led u zimskim mjesecima kako ne bi došlo do daljnjih ozljeda. Zbog izrazite slabosti operirane noge, hod je trotaktni: pacijent izbacuje štake ispred tijela, zatim bolesnu pa privlači zdravu nogu. Pri hodu jako je bitna edukacija pacijenta o duljini koraka i njegovoj pravilnoj izvedbi. Ta edukacija od iznimne je važnosti i u kasnijim fazama rehabilitacije kad pacijent uči pravilni obrazac hoda bez štaka. Pri silaženju po stepenicama (tablica 5.3.1.) pacijent hoda jednako kao i pri ravnoj površini, a pri penjanju po stepenicama postavlja prvo štaku i zdravu nogu koje služe kao oslonac, a tek onda prati bolesna noga [44].

Nakon rekonstrukcije evaluira se opseg pokreta pacijenta. U iznimnim slučajevima, moguće da je došlo do pogreške operatera te je graft usmjeren previše medijalno što će se posljedično odraziti na smanjenu izvedbu ekstenzije te se može razviti cista. To stanje se naziva Kiklopova lezija. Kako bi se povećao opseg pokreta, fizioterapeut izvodi pasivno razgibavanje koljena (tablica 5.3.1.). Veoma je važno u ranim fazama dobiti punu ekstenziju koljena [36, 39]. Opseg pokreta se prethodno uspoređuje u odnosu na zdravu nogu kako bi se evaluiralo postoje li kontrakture ili pacijent ima hiper/hipomobilne zglobove. Pasivno razgibavanje koljena u ekstenziju fizioterapeut izvodi tako da jednom rukom obuhvati petu pacijenta, a drugom može obuhvatiti na tri točke lokalizacije: na platoo tibije, u području zglobne pukotine, u području iznad patele. Uz ekstenziju, pasivnim razgibavanjem povećava se i opseg pokreta fleksije. Puni opseg fleksije i ekstenzije koljena neophodni su za biomehanički pravilno izvedene pokrete [45]. Tijekom operativnog zahvata kao presadak se uzima dio tetive. Mišić od kojeg je uzeta tetiva-fibroзира, tj. na to oštećeno mjesto dolazi vezivno tkivo koje je potrebno pravilno usmjeravati. Vrlo dobar primjer je uzimanje tetiva hamstringsa za graft. Zato nakon tri tjedna (ne prije jer bi moglo doći do krvarenja mišića) se počinje ne s jačanjem, već s istezanjem hamstringsa čime se poštuju faze cijeljenja tkiva i fibrozirana vlakna se usmjeravaju [46]. Istovremeno se počinje i s jačanjem kvadricepsa (tablica 5.3.1.) čime se želi vratiti njegova snaga i pravovremena aktivacija. Kad se postigne optimalna snaga, može se početi s kardiovaskularnim treningom (obično nakon 4 tjedna) kao što je stacionarni bicikl [43]. Program rehabilitacije je individualan i

ovisi o stanju pacijenta te se mijenja ukoliko postoje pridružene ozljede meniska, ligamenata, mikrofrakture, oštećenja hrskavice i dr. [37]. U rehabilitaciji se koriste i fizikalno-terapijski modaliteti te kineziterapija koja je ključna za ishod liječenja.

### **5.3. Elektroterapijska procedura**

Istraživanja dokazuju kako se uporaba NMES (engl. neuromuscular electrical stimulation) uz fizioterapiju pokazala vrlo efektivnom u povećanju mišićne snage kvadricepsa u odnosu na provedbu fizikalne terapije bez stimulacije elektroterapijom [47]. Nakon operacije nastaje mišićna atrofija kvadricepsa te mišićna inhibicija [36,37,39]. Studije pokazuju kako je NMES vrlo učinkovita u reduciranju tih deficita što rezultira bržim povratkom pacijenta u sportske aktivnosti. Elektrode se apliciraju na proksimalno hvatište m. rectus femoris-a te distalno hvatište m.vastus medialis-a i m.vastus lateralis-a [42]. Aktivacija mišića nakon atrofije i inhibicije može se izvoditi s koljenom u ekstenziranom položaju i odizanjem noge od podloge. Međutim, pri velikim frekvencijama ne preporuča se taj položaj zbog iritacije patelarnog ligamenta. Aktivacija se može potaknuti stimulacijom na način da se elektrode postave na hamstringse pa zatim na kvadriceps; prvo se aktivira stražnja loža da se spriječi anteriorna translacija tibije i ostvari siguran položaj, a zatim se aktivira kvadriceps. Stopalo mora biti fiksirano jer je zabranjen nagli pokret iz fleksije u ekstenziju šest mjeseci. Zato se pacijent postavlja u sjedeći položaj sa stopalom fiksiranim na podlozi i može gurati stopalo u podlogu kao da će se odici iz sjedećeg položaja ili se može ustati u položaj čučnja. Potonji (engl. sit-to stand-to-sit, STSTS) se pokazao učinkovitiji od tradicionalne rehabilitacije s funkcionalnim vježbama, ali bez primjene NMES [48]. NMES i STSTS zajedno ili STSTS sam u odnosu na tradicionalni program u prva dva mjeseca rehabilitacije pokazala su učinkovito poboljšanje u simetričnom opterećenju donjih udova tijekom izvođenja funkcionalnih pokreta. Studije dokazuju kako povećavaju masu mišića, ali i voljnu kontrolu mišića tijekom izvedbi funkcionalnih pokreta [48].

STSTS i NMES preporučaju se izvoditi u ranim fazama rehabilitacije zbog više pozitivnih učinaka: moguće je da je to jedini funkcionalni pokret koji uključuje oba uda i smije se napraviti 15 dana nakon operacije, siguran je za izvedbu jer je to pokret zatvorenog kinetičkog lanca te nikakva vanjska opterećenja nisu primjenjena (pacijent je koncentriran samo na pravilno izvođenje tog pokreta i može samostalno regulirati intezitet ovisno o svojim sposobnostima), selektivno jača atrofirane mišiće i aktivira brza mišićna vlakna koja se ne mogu aktivirati npr. brzim vježbama ili vježbama visokog inteziteta u ovoj fazi rehabilitacije zbog mišićne inhibicije, STSTS uključuje i ekscentričnu kontrakciju kvadricepsa u fazi spuštanja na podlogu

za progresivno povećanje snage (ekscentrične kontrakcije dokazale su se kao jedan od najboljih načina za poboljšanje mišićne snage nakon rekonstrukcije LCA). Studije navode kako pacijenti koji su izvodili STSTS (dakle i ekscentričnu kontrakciju kvadricepsa) bez NMES, imali su manje povećanje mišićne snage u odnosu na skupinu koja je radila STSTS uz NMES. Ekscentrično jačanje pogoduje cijeljenju oštećenih tetiva. Tako je ova procedura vrlo efektivna i za cijeljenje tetiva kao npr. kod uzimanja patelarne tetive za graft LCA. Također, poznato je kako su adaptacije mišića i tetiva povezane. Zbog toga rano vraćanje funkcije kvadricepsa pruža optimalno opterećenje i za cijeljenje grafta patelarne tetive. U istraživanju, pacijenti su dobili punu ekstenziju unutar prva dva mjeseca od ozljede i nijedan pacijent nije pokazivao deficite u ekstenziji šest mjeseci od rekonstrukcije [48].

Skupina pacijenata koja je imala stimulaciju u odnosu na onu koja nije, pokazuju manju učestalost boli tijekom maksimalnih voljnih izometričkih kontakcija ekstenzornih mišića koljena, posebice unutar 30 stupnjeva. Dokazano je da povećani intezitet kontrakcije zahvaljujući NMES proporcionalno povećava izometričku snagu mišića. Istraživanja dokazuju da se NMES može primjenjivati uz terapiju neovisno o tome ima li ili nema pacijent mišićnu inhibiciju pri izvedbi ekstenzije koljena. Također navodi pozitivnu samoevaluaciju u funkciji koljena skupini pacijenata koji su podvrgnuti NMES u odnosu na onu koji nisu u vremenskom intervalu od 12. do 16. tjedna rehabilitacije. Obje intervencije; NMES+STSTS ili izolirano STSTS učinkovite su u oporavku simetrije i ravnomjernoj raspodjeli opterećenja na donje udove tijekom prva dva mjeseca rehabilitacijskog protokola. Simetrija se održala i šest mjeseci od operativnog zahvata tijekom jednostavnih zahvata kao što je sit-to-stand pokret ili zahtjevnijih kao što je skok u vis [48]. Ovakav rezultat istraživanja upućuje da uključivanje funkcionalnih pokreta oba uda u ranoj fazi rehabilitacije ima važnu ulogu u oporavku simetrije što je ključno za daljnu progresiju-asimetrično opterećenje. Istraživanje navodi kako je većina pacijenata podvrgnuta treningu NMES zadovoljila kriterij za progresiju u trening agilnosti sa 16 tjedana [47].

Efuzije koljena često su uzrok inhibicije kvadricepsa. Ta inhibicija javlja se kao posljedica povećane aktivacije sporo prilagodljivih završetaka Ruffinijevih tjelešaca u zglobnoj kapsuli koljenog zgloba. Aktivnost tih receptora inhibira motoneurone kvadricepsa i facilitira hamstringse i m. triceps surae [49]. Drugi najčešći urok inhibicije je bol iako neke studije tvrde kako se inhibicija ostvaruje i u odsutnosti boli [50]. TENS (engl. transcutaneous electrical nerve stimulation) koristi se za redukciju boli i stimulaciju mišića. Dokazano je kako TENS smanjuje količinu inhibicije uzrokovanu efuzijama vrlo brzo nakon tretmana (u intervalima od 15, 30 ili 45 minuta). Razlog tome je što ima izravan utjecaj na interneurone i facilitaciju supraspinalnog

centra. Facilitira debela, mijelinska A vlakna te inhibira C vlakna koja moduliraju senzaciju boli, stimulira izlučivanje supstanci za analgeziju te ritmičkim mišićnim kontrakcijama povećava protok krvi i limfe što smanjuje intersticijski edem i akumulaciju toksina u tkivima [49]. Klinički se potvrđuje malo poboljšanje u voljnoj aktivaciji kvadricepsa nakon rekonstrukcije LCA i meniscektomije. Ipak, neke studije provedene na mladim muškim sportašima pokazuju kako uporaba visoko-frekventnog TENS-a 35 minuta prije izvođenja vježbi i mobilizacije u prvoj fazi rehabilitacije nakon rekonstrukcije LCA nema značajno poboljšanje u smanjenju boli, povećanju opsega pokreta koljena ili poboljšanju funkcionalne aktivnosti u odnosu na vježbe bez uporabe TENS-a [50].

## **5.4. Kineziterapija**

Kineziterapija je znanstvena disciplina koja koristi pokret u svrhu prevencije, rehabilitacije i liječenja bolesti. Grana je fizikalne medicine koja primjenjuje pokret za povećanje opsega pokreta, povećanje snage, istezanje muskulature, razvoj propriocepcije, koordinacije, povećanje neuromotoričkih sposobnosti i dr. [41] Vježbama opsega pokreta nastoji se povećati obim pokreta u jednom ili više zglobova kako bi se obnovila normalna ili približno normalna funkcija pacijenta. Vježbe opsega pokreta u rehabilitaciji dijele se na pasivne, aktivno potpomognute i aktivne te ovise o stanju pacijenta. Kad pacijent ne može samostalno aktivirati mišić i pomaknuti dio tijela, koriste se pasivne vježbe. U daljnim fazama kada se reducira inhibicija mišića, započinje se s aktivno potpomognutim vježbama. Samostalna kontrakcija mišića i kretanje dijela tijela u prostoru predstavlja aktivne vježbe pacijenta [41]. Postoperativno zbog atrofije i inhibicije kvadricepsa, fizioterapeut izvodi pasivne vježbe za povećanje ekstenzije i fleksije koljena. U prvim fazama rehabilitacije ključno je vratiti potpunu ekstenziju koljena dok se fleksija vraća postupno. Ukoliko pacijent nema potpunu ekstenziju, ona se očituje kao nedovoljno funkcionalan obrazac pokreta, fleksijska kontraktura ili šepanje te je potrebna ponovna rehabilitacija i korekcija. Fleksija koljena vraća se postupnim procesom i u skladu s dogovorom operatera. Često se u prvom tjednu nastoji dobiti 90 stupnjeva fleksije koja se povećava svaki tjedan za deset stupnjeva. Ako pristup pasivne fleksije bude preagresivan za tijelo, posljedično se razvija edem. Pasivnu ekstenziju ili pak do deset stupnjeva hiperekstenzije izvodi ili fizioterapeut ili uređaj za izvođenje pasivnog pokreta [45,51]. Fizioterapeut pasivno izvodi ekstenziju postavljajući jednu ruku ispod pete, a drugu može postaviti iznad patele. Vježbe koje se koriste kako bi se povećao opseg pokreta pasivne ekstenzije su postavljanje jastučića ispod pete za istezanje mišića stražnje lože, obuhvaćanjem ručnika stopalo koje pacijent povlači prema sebi za istezanje m. gastrocnemiusa ili potrbušni položaj na krevetu tako

potkoljenice slobodno padaju. Kad je postignuta potpuna ekstenzija, koriste se vježbe za povećanje fleksije kao što su klizanje pete po zidu tako da si pacijent pomaže drugom nogom, povlačenje pete po podlozi prema sebi uz pripomoć ručnikom, uređaj za pasivni kontinuirani pokret, istezanje kvadricepsa u potrbušnom položaju pacijenta [45, 46, 51].

Kad pacijent vrati optimalan opseg pokreta može započeti s kardiovaskularnim treningom (tablica 5.4.1.) kao što je na primjer stacionarni bicikl [43,51]. Kardiovaskularni trening poboljšava razvoj izdržljivosti, ali i funkcionalni obrazac pokreta kojeg ljudi koriste u svakodnevnom životu što će facilitirati pacijentov hod. U kardiovaskularni trening još se ubraja hodanje i plivanje [42]. Plivanje može započeti kada zacijeli rana od operativnog pristupa i nema drugih kontraindikacija. Ukoliko sportaši imaju normalan obrazac hoda, nema pojave otekline ni boli-mogu započeti s vježbama hodanja i trčanja u bazenu [45]. Hidroterapija je ovdje učinkovita zbog lakšeg izvođenja pokreta zahvaljujući sili uzgona i smanjenom opterećenju prije povratka aktivnosti na suhoj podlozi.

Vježbe istezanja (tablica 5.4.1.) mišića pomažu u povećanju opsega pokreta zbog učinka relaksacije koja slijedi nakon. Istezanjem kvadricepsa povećava se stupanj fleksije, a istezanjem m. triceps surae i hamstringsa stupanj ekstenzije. Međutim, uz istezanje vrlo je važna i aktivacija mišića. Tako dobivanjem aktivacije antagonista kvadricepsa i napetost hamstringsa će popustiti [42]. Važno je napomenuti kako se kod uzimanja hamstringsa za presadak ne izvode vježbe istezanja 4 tjedna zbog operativnog pristupa i uzimanja dijela mišića te se poštuju faze cijeljenja tkiva [46].

Vježbe za povećanje snage funkcioniraju na temelju izloženosti mišića određenom opterećenju. Njima se postiže povećanje snage i trofike muskulature. Glavna podjela vježbi je na statičke i dinamičke; u statičke se ubrajaju izometričke vježbe, a u dinamičke izotoničke te izokinetičke. Pacijent koji dolazi nakon rekonstrukcije na rehabilitaciju često nije u mogućnosti aktivno kontrahirati kvadriceps ili je ta aktivacija minimalna. Tome također pridonose bol, edemi i hematomi kao reakcija na kirurško liječenje. Kao posljedica nastaje nemogućnost izvedbe pokreta ili pokret nije dozvoljen. Stoga se počinje s izometričkim jačanjem kvadricepsa [52]. Izometričke vježbe izvode se na način da nema pokreta u zglobu, a pacijent nastoji napraviti voljnu i maksimalnu kontrakciju [41]. Studije pokazuju kako su vrlo učinkovite u ranim fazama rehabilitacije kada treba vratiti mišićnu aktivaciju i kontrolu, a pacijent nije u mogućnosti izvesti puni opseg pokreta [52]. Fizioterapeut može pomoći pacijentu u aktivaciji vizualnim (reći pacijentu da usmjeri pogled prema mišiću koji aktivira) ili taktilnim (manualnim tehnikama

uspostavlja neuromuskularnu komunikaciju) podražajima. Kad se razvije određena aktivacija mišića, progresija bi bila doziranje određenog otpora. Otpor se povećava tako da pacijent pri vlastitoj kontrakciji gura objekt koji je nepomičan [41]. Nakon što je postignuta optimalna kontrola i aktivacija mišića, počinje se s dinamičkim vježbama (tablica 5.4.1.) za povećanje mišićne snage. Dinamičke vježbe izvode se kroz određeni opseg pokreta i doziranjem otpora. Pri tome mišići mogu imati koncentričnu i ekscentričnu kontrakciju i djeluju kao cjelina u formiranju funkcionalnih aktivnosti [51]. Koncentričnom kontrakcijom mišićna vlakna se skraćuju, a koristi se pri ubrzanju tijela. Ekscentričnom kontrakcijom mišićna vlakna se izdužuju, a koriste se u kretanjama usporavanja ili stabilizacije tijekom izvedbe pokreta. Obje kontrakcije ljudi usklađeno i objedinjeno koriste u svakodnevnom životu pri različitim funkcionalnim kretanjama. Stoga je bitno rehabilitaciju i kineziterapiju približiti pacijentovim svakodnevnim radnjama i kretanjama.

Ljudi se također svakodnevno kreću kroz otvoreni (OKC) i zatvoreni kinetički lanac (CKC). Otvoreni kinetički lanac je takav da distalni segment ekstremiteta nije fiksiran o podlogu dok u distalnom jest [41]. Primjer svakodnevnih kretnji je hod; naime tijekom faze oslonca stopalo je u kontaktu s podlogom (CKC) dok pri fazi njihanja kako bi se napravio idući korak, ud se mora odići od podloge (OKC) [51]. Jednako tako, i u rehabilitaciji se koriste vježbe OKC i CKC. Nekada su OKC vježbe bile kontraindicirane u pacijenata do 6 mjeseci ili čak godinu dana nakon operacije. Razlog tome je što se smatralo kako OKC vježbe povećavaju anteriornu tibijalnu translaciju i stres na presadak. Međutim istraživanja pokazuju kako je stres minimalan i to prilikom OKC ekstenzije noge usporediv s CKC (čučanj). Pacijenti koji rade OKC pokazuju povećani obrtni moment kvadricepsa bez povećanja laksiteta. Zbog toga studije preporučaju vježbe OKC u dozvoljeno vrijeme po protokolu rehabilitacije i s dozvoljenim opsegom pokreta [37]. Tako se u ranoj fazi radi odizanje ispužene noge za dobivanje ekstenzije te vježbe CKC kao što je čučanj (tablica 5.4.1.) koji ne prelazi nedozvoljenu fleksiju (npr. sit-to stand koji se može dodatno otežati primjenom NMES na kvadriceps i hamstringse) [52]. Kako funkcionalan pokret uključuje djelovanje mišićnih grupa u jednu veliku cjelinu, tako treba obratiti pažnju na vježbe jačanja i ostalih mišića osim kvadricepsa. Promatrajući fascijalne i kinetičke lance, aktivacijom određenog dijela tijela-drugi dio tijela također odgovara određenom aktivacijom. Jednako tako, mnogi mišići su dvozgladni i uključuju kompleksne kretnje zglobova. Upravo iz tog razloga, nije cilj samo jačati kvadriceps već osmisliti vježbe koje će uključiti i druge mišićne skupine koje će pridonositi stabilnosti i kontroli koljena. To su vježbe za povećanje snage mišića trupa, vanjskih rotatora kuka, abduktora, hamstringsa, mišića potkoljenice itd. [46] Objasnjeno na primjeru vježbe bi bilo kada bi se pacijentu reklo da odigne ispuženu nogu (primarno za aktivaciju kvadricepsa), gumom se obuhvate oba stopala (primarno aktivacija abduktora protiv otpora

gume) te se fizioterapeut dodaje loptom s pacijentom (aktivacija mišića trupa koji ga nastoje održati stabilnim u toj poziciji, aktivacija mišića gornjih udova i leđnih mišića prilikom dodavanja lopte). Dokazano je kako vježbe CKC stimuliraju proprioceptivni osjet efektivnije od OKC [42]. Ta je činjenica vrlo bitna u planiranju provođenja kineziterapije jer pacijent ima smanjenu propriocepciju, posebno zbog mirovanja i nošenja ortoze određeni vremenski period. Samo izvođenje vježbi treba biti dozirano i progresivno te ovisno o stanju pacijenta. Ne smije biti prisutan edem niti se prelaziti prag boli, a pokreti trebaju biti izvedeni bez kompenzatornih mehanizama. Kompenzacija pacijenta odgovor je na bol i nesvjesnu zaštitu tog dijela tijela. Tako npr. pri ustajanju iz sjedećeg položaja može se više oslanjati na zdravu nogu ili kako bi smanjio prijenos težine na donje udove-može se dizati povećavajući lumbalnu i cervikalnu lordozu. Drugi primjer je pri hodu; pacijent nema jednaku duljinu koraka, ne koristi dovoljnu fleksiju koljena (koja je dozvoljena u toj fazi rehabilitacije i sposoban ju je izvesti) već je izvodi previše naglašeno iz kuka ili nema obrazac peta-prsti pri kontaktu s podlogom. Primjer može biti i pri kineziterapiji kada zbog nedovoljne aktivacije kvadricepsa kompenzira aktivacijom drugih mišića (npr. gluteusa). Stoga je neophodno pravilno praćenje i korekcija nepravilnih obrazaca pokreta.

Vježbe propriocepcije ključne su za uspostavljanje neuromišićne reedukacije [42]. Proprioceptori daju informacije tijelu o položaju i pokretu zgloba u prostoru. Nakon kirurškog liječenja i dugotrajnog nošenja ortoze, pacijentova proprioceptivna sposobnost se smanjuje. Upravo iz tog razloga (uz naravno i smanjenje edema) preporuča se nošenje kompresivnog zavoja od gležnja do područja iznad patele kako bi se stimulirali proprioceptori [45]. Studije preporučaju proprioceptivne vježbe već u ranoj fazi rehabilitacije te do godinu dana od operacije jer su dokazani postojeći proprioceptivni deficiti. Izazivanjem proprioceptivnog sustava kroz specifične vježbe, aktiviraju se mehanoreceptori koji proizvode mišićnu aktivaciju u neuromišićnom sustavu i tako povećavaju stabilnost koljena. Dokazano je kako povećavaju snagu u kvadricepsu i hamstringsima u operiranom LCA [37]. Pacijent može izvoditi vježbe propriocepcije (tablica 5.4.1.) nakon što ima optimalnu aktivaciju i kontrolu mišića te je savladao vježbe koje će izvesti na nestabilnoj podlozi prethodno na čvrstoj podlozi. One se provode izlažući osobu nestabilnim podlogama ili promjenivim teksturama kako što su balansne ploče, lopte, elastične trake, jastučići s različitom teksturom (glatki, s bodljama itd.) [42]. Na balasnoj ploči pacijent može stajati, prenositi težinu s jedne na drugu nogu ili izvesti čučanj koji je učinkovit u kokontrakciji kvadricepsa i hamstringsa [43]. Proprioceptivne vježbe se provode jer su učinkovite u motornom učenju i prethode vježbama gdje je potrebna savladana neuromišićna kontrola kao što su za određeni sport specifične vježbe, vježbe za razvoj agilnosti,

okretnosti i dr. Upravo zbog razvoja neuromišićne kontrole, preporučljivo je da se izvode na kraju tretmana kada su stabilizatori umorni i propriocepcija se smanjuje što je i uzrok većine ozljeda [45]. Trening smetnji (pertubacijski trening) također se može koristiti u svrhu poboljšanja neuromišićne koordinacije [45]. Primjenjuje se i ukoliko se LCA tretira konzervativno, a ako je učinjen kirurški zahvat-počinje se oko 3 tjedna nakon provedene rekonstrukcije. Trening se provodi destabilizacijom pacijenta na nestabilnoj površini (tablica 5.4.1.) kao što je balansna platforma direktnim kontaktom ili vanjskom silom kao što je npr. lopta [42]. Primjer toga je da pacijent stane u položaj čučnja na balansnu ploču, a fizioterapeut mu dodaje loptu u različitim smjerovima. Pacijent mora imati dobru proprioceptivnu i neuromišićnu kontrolu kako bi se održao protiv vanjske sile i akceleracije lopte, a funkcionalni ishod je uspostavljena ravnoteža u rekonstruiranom LCA [45,37]. Ovakav trening vrlo je korisan jer djeluje na bolju kontrolu koljena čime smanjuje epizode nestabilnosti i vraća povjerenje pacijenta u ozlijeđeno koljeno prilikom vraćanja u sportske aktivnosti [45].

Pliometrijski treninzi (tablica 5.4.1.) uključuju za donje udove vertikalne, horizontalne i dijagonalne skokove, poskoke u mjestu ili iz mjesta u kretanju, skok u dalj, skokovi iz okreta ili iskoraka. Za gornje udove postoje različite varijante balističkih bacanja medicinki. Pliometrijski skakački treninzi pridonose eksplozivno-reaktivnoj i dinamičkoj stabilizaciji zgloba [51]. Sportašu je cilj proizvesti maksimalnu moguću kontrakciju tijekom ekscentričnog doksoka. Utemeljeni su na činjenici da tijekom ekscentrične kontrakcije dolazi do produljivanja mišićnih vlakana i aktivacije mišićnog vretena i refleksa istežanja. Poslije operacije koristeći hamstrings graft može se početi 16 tjedana od operacije, a patelarnim presatkom 12 tjedana nakon rekonstrukcije [42,45]. Prilikom pliometričnih vježbi treba biti na oprezu tijekom tehničke izvedbe doskoka; educirati pacijenta da doskoči s lagano flektiranim koljenima u širini ramena, nježno na prste, bez kompenzatornih mehanizama (hiperekstenzija i valgus koljena), te optimalni opseg pokreta tijekom fleksije kuka, koljena i gležnja u kinetičkom lancu [43]. Progresija u zadnju fazu su sport specifične vježbe te treninzi trčanja i agilnosti.

Pliometrijski program i vježbe propriocepcije i stabilizacije nadopunjuju se progresijom u trening trčanja, agilnosti i sport specifični program (tablica 5.4.1.). Već je prije navedeno kako sportaš u početku, u kardiovaskularnom treningu, odrađuje aktivnosti plivanja i trčanja u bazenu prije prelaska na suhu površinu. Kad je sportaš spreman vratiti se na čvrstu podlogu, prije trčanja prema naprijed-može započeti trčanje unazad i bočno zbog smanjenog stresa na zglob [9]. Prilikom trčanja naprijed počinje pravocrtno i na traci, a daljnja progresija bi bila trčanje; s promjenom smjera (npr. lateralno trčanje, engl. side shuffling), različite varijante skokova



(horizontalni, vertikalni itd.), trening agilnosti s promjenom smjera pod kutevima od 90 i 45 stupnjeva, izvođenje cik-cak pokreta ili prebacivanje jedne noge preko druge (engl. carioca drills), vježbe za razvoj koordinacije i brze reakcije na ljestvicama [42,45]. Trčanje na traci može se dodatno otežati promjenom nagiba i brzine trake, progresija u trčanje s promjenom smjera može započeti kad sportaš može u punoj brzini izvesti pravocrtno trčanje bez boli i pojave otekline ili nestabilnosti koljena. Skokovi mogu napredovati tako da se izvode na jednoj nozi ili iz okreta (pod 90 i 180 stupnjeva). Progresija na ljestvama može se postići uvođenjem niskog, srednjeg i visokog skipa i skokovima na jednoj nozi [9]. Postupno se sportaša uvodi u vježbe i pokrete specifične za njegov sport. Sport-specifični program omogućava sportašu izvođenje motoričkih vještina sa sportskom opremom, a kasnije uključivanje u trenažni proces sa svojim timom (koristi 50 do 75 posto maksimalnog napora), ali još uvijek bez kontakta [42, 46]. Tek kad zadovolji sve kriterije u svim navedenim fazama i testiranjima moguće je vratiti se u natjecanje. Testovi za ocjenu spremnosti uključuju >90% simetrije udova na hop testu (hop test na jednoj nozi, trostruki hop test na jednoj nozi, šestmetarski hop test, vertikalni hop test te hop test s preskakivanjem oznake na podu. Kriteriji za optimalnu mišićnu snagu bi bili: snaga mjerena ili dinamometrom ili kliničkim testovima (npr. broj step downova u minuti) treba biti >90% suprotne strane. Sudjelovanje u sportskoj aktivnosti u maksimalnoj brzini treba biti bez boli, pojave edema i pritužbi na nestabilnost koljena [9].

Dan 1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• plantarna i dorzalna fleksija stopala, dodatni pritisak za pasivnu ekstenziju</li> <li>• aktivna i pasivna fleksija koljena</li> <li>• podizanje ekstenzirane noge (fleksija, abdukcija, adukcija)</li> <li>• izometričko jačanje kvadricepsa</li> <li>• istežanje hamstringsa</li> <li>• CKC vježbe: mini čučnjevi uza zid (30 stupnjeva), prebacivanje težine s jedne na drugu nogu</li> </ul>
Dan 1.-3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• izometričko jačanje kvadricepsa</li> <li>• dodatni pasivni pritisak u ekstenziji (ekstenzija koljena treba biti <math>\geq 0^\circ</math> prema blagoj hiperekstenziji)</li> <li>• dizanje ekstenzirane noge (fleksija,</li> </ul>

	<p>abdukcija, adukcija)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mobilizacija patele</li> <li>• dorzalna/plantarna fleksija stopala</li> <li>• mini čučnjevi (30 stupnjeva)</li> <li>• prebacivanje težine</li> </ul>
Dan 4.-7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provodi se isti program kao od 1. do 3. dana</li> <li>• dodatni pritisak u ekstenziji (postići punu ekstenziju koljena od 0° do hiperekstenzije od 5°-7°)</li> <li>• jačanje hamstringsa u stajanju</li> <li>• neuromuskularni trening/propriocepcija i vježbe ravnoteže: OKC vježbe, čučnjevi, prijenos težine</li> </ul>
Tjedan 2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• izometričko jačanje kvadricepsa</li> <li>• nožna presa (0°-60°); ekstenzija koljena (90°-40°); polučučnjevi (0°-40°)</li> <li>• prebacivanje težine</li> <li>• prednji i stražnji iskoraci</li> <li>• izotoničke vježbe hamstringsa u stojećem položaju</li> <li>• stacionarni bicikl (ako dopušta opseg pokreta)</li> <li>• mobilizacija patele</li> <li>• klizanje nogu po zidu</li> </ul>
Tjedan 3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• program iz drugog tjedna</li> <li>• bicikl za kardiovaskularni trening</li> <li>• ekscentrične vježbe jačanja kvadricepsa (40°-100°, samo izotonične vježbe)</li> <li>• iskoraci lateralno</li> <li>• prednji silasci s kutije (engl. step downs); lateralni prelasci preko čunjeva</li> </ul>

	<p>(engl. step overs)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proprioceptivni i neuromuskularni trening</li> </ul>
Tjedan 4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• progresija izometričkog programa</li> <li>• nožna presa 0°-100°</li> <li>• vježbe hamstringsa (izotonički)</li> <li>• abdukcija i adukcija, fleksija i ekstenzija kuka</li> <li>• lateralni prelasci preko kutije; iskoraci u stranu (početi vježbe u više smjerova te u dijagonalnom smjeru)</li> <li>• lateralno penjanje na kutiju, prednji silasci s kutije</li> <li>• izvođenje čučnja s osloncem o zid</li> <li>• odizanje na prste u stajanju</li> <li>• stacionarni bicikl</li> <li>• u bazenu (trčanje unazad), šetanje po traci koja smanjuje opterećenje</li> <li>• proprioceptijski/neuromišićni trening: čučnjevi na balans ploči</li> </ul>
Tjedan 6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nastaviti program iz prethodne faze</li> <li>• balansna ploča uz bacanje lopte</li> <li>• trčanje u bazenu (prema naprijed)</li> <li>• klizanje uza zid do položaja čučnja</li> </ul>
Tjedan 8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nastaviti prethodni program</li> <li>• nožna presa- jednonožno 0°-100° i 40°-100°</li> <li>• pertubacijski trening</li> <li>• izokinetičke vježbe (90°-40°) (120°-240°/s)</li> <li>• bicikl/kardiovaskularni trening</li> <li>• balansna ploča</li> </ul>

Tjedan 10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nastaviti program iz prethodne faze</li> <li>• nastaviti s vježbama jačanja i istezanja</li> <li>• progresija neuromišićnog i proprioceptivnog treninga</li> </ul>
Tjedan 10.-12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• početi s programom trčanja (u dogovoru s liječnikom)</li> <li>• početi sportski program (odluka liječnika) nastaviti treninge jačanja: nožna presa, čučnjevi uz zid, fleksija/ekstenzija/abdukcija/adukcija kuka, ekstenzija koljena 90°-40°;</li> <li>• jačanje hamstringsa, stajanje na prste (sjedeći, stojeći)</li> <li>• silazak s kutije, lateralno penjanje na kutiju, iskoraci u stranu</li> <li>• neuromišićni trening: lateralni prelazak preko čunjeva, iskoraci u stranu, balansna ploča</li> </ul>
Tjedan 14.-16.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nastaviti sve treninge</li> <li>• započeti treninge okretnosti u stranu</li> <li>• trčanje unazad</li> </ul>
Tjedan 16.-22.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nastaviti vježbe jačanja</li> <li>• nastaviti neuromišićne pliometrijske treninge</li> <li>• progresija treninga trčanja, agilnosti i sport specifičnih vježbi</li> <li>• postupno vraćanje sportskim aktivnostima</li> </ul>

Tablica 5.4.1., Kineziterapija nakon rekonstrukcije LCA graftom patelarnog ligamenta (Izvor: Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A., Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee: Twelve Steps for Successful Progression and Return to Play) [45]

## 6. ZAKLJUČAK

Koljeno je kompleksan zglob u našem tijelu. Njegovu stabilnost i mehaniku održavaju brojni mišići i okolne sveze. Jedna od njih je i prednja ukrižena sveza, ligamentum cruciatum anterius, koja sprječava prekomjernu anteriornu translaciju tibije. Ozljeda prednjeg križnog ligamenta je multifaktorska. Najčešća podjela je na vanjske ili ekstrinzične te unutarnje ili intrinzične čimbenike. U vanjske čimbenike ubrajaju se oprema koju sportaš koristi, uvjeti u kojima se neka aktivnost provodi te specifičnosti trenažnog i natjecateljskog procesa. Unutrašnji čimbenici dijele se na fizičke i psihičke. U trenutku nastanka ozljede 30 do 90 % pacijenata čuje zvuk pucanja u koljenu popraćen snažnom boli. Također prijavljuju kako im je koljeno „pobjeglo“ u stranu. Drugim riječima, javlja se nestabilnost koljenog zgloba zbog parcijalne ili potpune rupture LCA. Nestabilnost se jako očituje tijekom pokušaja opterećivanja noge. Posljedično se javlja nemogućnost nastavka aktivnosti. Zbog rupture vlakana dolazi do velikog krvarenja te se odmah nakon ozljede pojavljuje otok koji se unutar dva sata od nastanka povećava. Tijekom idućih nekoliko sati intenzitet boli se povećava što dodatno smanjuje funkciju. Ostali simptomi su bol na pritisak i nemogućnost savijanja i ispravljanja potkoljenice tzv. blokiran zglob. Nakon ozljede nastaju deficiti koji se očituju kao smanjeni ROM i mišićna snaga kvadricepsa (posebno m. vastusa medialis koji je zadužen za posljednjih 10-15 stupnjeva ekstenzije), smanjena propriocepcija i balans (a samim time je reducirana neuromišićna kontrola). Ovisno o dobi, stupnju aktivnosti u svakodnevnom životu, uključenosti u sportske aktivnosti i motivaciji pacijenta, postoji konzervativan i operativan pristup liječenju. Za uspješan operativni pristup svakako je važan i pravilan odabir grafta. Graftovi koji se koriste za rekonstrukciju su: tetiva m. semitendinosusa, tetiva kvadricepsa, kost-patelarni ligament-kost te alograft. Novi pristup koji se koristi u rekonstrukciji LCA je uzimanje tetive m. peroneus longusa. Kvalitetna rehabilitacija ključan je faktor u uspješnom povratku sportaša u trenažni proces i sportske aktivnosti. Potrebno je poštivati faze cijeljenja tkiva u rehabilitacijskom programu. Različite studije predlažu različite programe, a jedan od njih je podjela rehabilitacije u 6 stadija: preoperativna rehabilitacija, akutni oporavak, mišićna kontrola i koordinacija, propriocepcija i agilnost, sport specifični program, povratak aktivnostima i sportu. U rehabilitaciju su uključene vježbe za povećanje snage (izometričke, a s vremenom izotoničke i izokinetičke), vježbe istezanja, program za razvoj propriocepcije, balansa i uspostavljanja neuromišićne kontrole te sport specifične vježbe individualizirane ovisno o potrebama pojedinog sportaša.

## 7. LITERATURA

- [1] Platzer W.: Sustav organa za pokretanje, Medicinska naklada, Zagreb, 2003.
- [2] Pećina M.: Koljeno: Primijenjena biomehanika, Jugoslavenska medicinska Naklada, Zagreb, 1982.
- [3] Pećina M.: Ortopedija, Naklada Ljevak, Zagreb, 2000.
- [4] Pećina M. i sur.: Sindromi prenaprezanja u području koljena, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/474> [pristupljeno 20.01.2021.]
- [5] Keros P., Pećina M.: Funkcijska anatomija lokomotornog sustava, Naklada Ljevak, Zagreb, 2006.
- [6] Hall S.: Basic biomechanics, Medicine & Health Science Books, London, 2014.
- [7] Myers T.: Anatomy trains, Elsevier Health Sciences, London, 2009.
- [8] Marušić A., Krmpotić-Nemanić J.: Anatomija čovjeka, Medicinska naklada, Zagreb, 2007.
- [9] Ivančević M.: Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta, Diplomski rad, Medicinski fakultet, Zagreb, 2018.
- [10] Tudor A. i sur.: Dječja ortopedija, Medicinska naklada, Zagreb, 2012.
- [11] Abulhasan J., Grey M.: Anatomy and Physiology of Knee Stability, Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 2017;2(4):34, dostupno na: <http://www.mdpi.com/2411-5142/2/4/34> [pristupljeno 23.01.2021.]
- [12] Siebold R. i sur.: Anterior cruciate ligament reconstruction: A practical surgical guide, Springer, 2014.
- [13] Noyes R.: Knee disorders, Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes, Saunders, 2009.
- [14] Cooper RL., Taylor NF., Feller JA.: A systematic review of the effect of proprioceptive and balance exercises on people with an injured or reconstructed anterior cruciate ligament, Res Sport Med. 2005;13(2):163–178
- [15] Matijevac, T.: Od ozljede prednje ukrižene sveze do povratka na teren, Diplomski rad, Kineziološki fakultet, Zagreb, 2014.
- [16] Jozanović, V.: Mogućnosti kinematike u dijagnostici ozljeda prednje ukrižene sveze, Diplomski rad, Kineziološki fakultet, Zagreb, 2007.
- [17] Yool C. i sur.: Gender disparity in anterior cruciate ligament injuries, dostupno na: <http://dx.doi.org/10.14517/aosm14004pISSN 2289-005X-eISSN 2289-0068> [pristupljeno 16.02.2021.]
- [18] Serpell B. i sur.: Medial and lateral hamstrings and quadriceps co-activation affects knee joint kinematics and ACL elongation: a pilot study, dostupno na:10.1186/s12891-015-0804-y [pristupljeno 16.02.2021.]

- [19] Kaeding CC., Léger-St-Jean B., Magnussen RA.: Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries, *Clin Sports Med*, 2017;36(1):1–8., dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001> [pristupljeno 20.02.2021.]
- [20] Burnham JM., Wright V.: Update on Anterior Cruciate Ligament Rupture and Care in the Female Athlete, *Clin Sports Med*, 2017;36(4):703–715. dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2017.05.004> [pristupljeno 20.02.2021.]
- [21] Harmon K., Lloyd M.: Gender differences in noncontact anterior cruciate ligament injuries, *The athletic woman*, Departments of Family Medicine and Orthopedics, Volume 19, Number 2, Washington, 2000.
- [22] Boston sports medicine and research institute, Anterior cruciate ligament injury, dostupno na: <https://www.bostonsportsmedicine.com> [pristupljeno 04.03.2021.]
- [23] Siegel L.: Anterior Cruciate Ligament Injuries: Anatomy, Physiology, Biomechanics, and Management, *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 22(4):349-55, 2012.
- [24] Smith A.M. i sur.: Anterior cruciate ligament tears reconstruction and rehabilitation, *National Association of Orthopaedic Nurses*, Volume 33, Number 1, 2014.
- [25] Vrbanić T., Gulan J.: Važnost živčano-mišićne koordinacije nakon ozljede prednje ukrižene sveze koljenog zgloba, *medicina fluminensis* 2020, Vol. 56, No. 3, p. 315-324
- [26] Kaur M. i sur.: Movement Patterns of the Knee During Gait Following ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Sports Medicine* 46(12):1869-1895, 2016.
- [27] Ingersoll CD., Grindstaff TL., Pietrosimone BG., Hart JM.: Neuromuscular Consequences of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Clin Sports Med*. 2008;27(3):383–404
- [28] Walker G. i sur.: Anatomska rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta, *medicina fluminensis* 2015, Vol. 51, No. 1, p. 27-40
- [29] Cole B.: Anterior cruciate ligament injuries, *Soft tissue problems of the knee*, dostupno na: <https://www.briancolemmd.com> [pristupljeno 17.04.2021.]
- [30] Paterno MV.: Non-operative Care of the Patient with an ACL-Deficient Knee, *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017;10(3):322–327.
- [31] Anderson CN., Anderson AF.: Management of the Anterior Cruciate Ligament–Injured Knee in the Skeletally Immature Athlete, *Clin Sports Med*. 2017;36(1):35–52.
- [32] Shelbourne KD., Gray T.: Anterior Cruciate Ligament Injury Combined with Medial Collateral Ligament, Posterior Cruciate Ligament, and/or Lateral Collateral Ligament Injury. U: Prodrornos CC, ur. *The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science*, 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 393–398.e2, dostupno na:

<https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323389624000990> [pristupljeno 19.04.2021.]

[32] Sasetyo D. i sur.: Peroneus longus tendon: The promising graft for anterior cruciate ligament reconstruction surgery, *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine* 9(C):2, 2017.

[33] Hulet C. i sur.: The use of allograft tendons in primary ACL reconstruction, *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2019.

[34] Seng K. i sur.: Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture in Patients Aged 40 Years or Older: An Expected-Value Decision Analysis, *Arthroscopy, The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, Vol xx, No x (Month), 2008: pp xxx

[35] Pinczewski L. i sur.: ACL rehabilitation protocol, North Sydney Orthopedic Research Group, dostupno na:

<https://www.justinroe.com.au/resources/ACLRehabilitationProtocol2018.pdf> [pristupljeno 29.04.2021.]

[36] Evans I. i sur.: ACL reconstruction rehabilitation protocol, Sports Medicine North Orthopedic Specialty Center, dostupno na:

<https://www.sportsmednorth.com/sites/sportsmednorthV2/files/ACL-ReconstructionProtocol.pdf> [pristupljeno 07.05.2021.]

[37] Fowler Kennedy sport medicine clinic, Physiotherapy ACL protocol, dostupno 18.5.2021. s [jsm\\_2012\\_01\\_30\\_robbins\\_200748\\_sdc1](#).

[38] Banff sport medicine, Preoperative rehabilitation program for anterior cruciate reconstruction, dostupno 19.5.2021. s <https://banffsportmed.ca/wpcontent/uploads/2020/11/BSM-Pre-Surgery-Information-ACL-Rev-Nov-2020.pdf>

[39] Southeast Kansas Orthopedic Clinic, Preoperative ACL surgery rehabilitation protocol, dostupno 18.5.2021. s <https://www.sekortho.com/wp-content/uploads/2015/06/Preoperative-ACL-Surgery-Rehabilitation-Protocol1.pdf>

[40] Grle I., Grle M., Rehabilitacija pacijenata nakon rekonstrukcije prednje križne sveze, *Zdravstveni glasnik*, 2019. vol. 5. No. 1, Fakultet zdravstvenih studija, Sveučilište u Mostaru, 2019.

[41] Babić-Naglić Đ. i sur.: Fizikalna i rehabilitacijska medicina, Medicinska naklada, Zagreb, 2013.

[42] Heckmann TP., Noyes FR., Barber-Westin SD.: Rehabilitation of Primary and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, U: Noyes FR, Barber-Westin SD, ur. Noyes' Knee



Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes, 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2017. str. 293–329, dostupno na:

<https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323329033000111> [pristupljeno 20.05.2021]

[43] Sanders TL., Finnoff JT., Dahm DL.: Rehabilitation of the Surgically Reconstructed and Nonsurgical Anterior Cruciate Ligament. U: Scott WN, urednik. Insall & Scott Surgery of the Knee, 6. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 712–723.e4., dostupno na: <https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323400466000575> [pristupljeno 21.05.2021.]

[44] Massachusetts General Hospital Sports Medicine, Rehabilitation protocol for ACL reconstruction, dostupno na: <https://www.massgeneral.org/assets/MGH/pdf/orthopaedics/sports-medicine/physical-therapy/rehabilitation-protocol-for-ACL.pdf> [pristupljeno 21.05.2021.]

[45] Wilk KE., Arrigo CA.: Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee: Twelve Steps for Successful Progression and Return to Play. Clin Sports Med, 2017;36(1):189–232., dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.012> [pristupljeno 21.05.2021.]

[46] Malempati C., Jurjans J., Noehren B., Ireland ML., Johnson DL.: Current Rehabilitation Concepts for Anterior Cruciate Ligament Surgery in Athletes. Orthopedics, 2015;38(11):689–696., dostupno na: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/01477447-20151016-07> [pristupljeno 22.05.2021.]

[47] Hauger A. i sur.: Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery, Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc DOI 10.1007/s00167-017-4669-5, 2017.

[48] Labanca L. i sur.: Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery, Medicine & Science in Sports & Exercise, Publish Ahead of Print DOI: 10.1249/MSS.0000000000001462, 2017.

[49] Hopkins J. i sur.: Cryotherapy and Transcutaneous Electric Neuromuscular Stimulation Decrease Arthrogenic Muscle Inhibition of the Vastus Medialis After Knee Joint Effusion, Journal of Athletic Training 2001;37(1):25–31

[50] Forogh B. i sur.: Adding high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation to the first phase of post anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation does not improve pain and function in young male athletes more than exercise alone: a randomized single-blind clinical trial, Disability and Rehabilitation 41(5):1-9, 2017.

[51] Wilk KE., Simpson CD., Williams RA.: Comprehensive Rehabilitation of the Athlete. U: 56 Madden CC, Putukian M, McCarty EC, Young CC, ur. Netter's Sports Medicine, 2. izd.

Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 322–329.e1., dostupno na:

<https://www.clinicalkey.com#!/content/3-s2.0-B978032339591500043X> [pristupljeno 23.05.2021.]

[52] Maravić D., Ciliga D.: Konzervativno liječenje kod puknuća prednje ukrižene sveze, prikaz slučaja, Hrvatski sportskomedicinski Vjesnik. 2016;31(1):89–97

[53] Schuenke M. i sur.: Atlas of anatomy, general anatomy and musculoskeletal system, Thieme, Stuttgart-New York, 2005.

[54] Roos EM., Roos HP., Lohmander LS., Ekdahl C., Beynnon BD.: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)--development of a self-administered outcome measure, J Orthop Sports Phys Ther. Aug;28(2):88-96, 1998.



**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Diana Blazek (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Rehabilitacija nakon rekonstrukcije prsnog košnog košarastog ligamenta (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Diana Blazek  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Diana Blazek (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Rehabilitacija nakon rekonstrukcije prsnog košnog košarastog ligamenta (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Diana Blazek  
(vlastoručni potpis)