Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta koljena

Ivančević, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:883468

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

MEDICINSKI FAKULTET

Marina Ivančević

Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta koljena

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

MEDICINSKI FAKULTET

Marina Ivančević

Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta koljena

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Kliničkom bolničkom centru Zagreb, Klinika za reumatske bolesti i rehabilitaciju pod vodstvom doc. dr. sc. Nadice Laktašić Žerjavić i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2017./2018.

POPIS KRATICA

a. = arteria

AM = anteromedijalni snop

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

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

CPM = aparat za kontinuirani pasivni pokret (engl. continous passive motion machine)

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

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

Sadržaj

SAŽETAK I

SUMMARY II

1. UVOD 1

2. FUNKCIONALNA ANATOMIJA I STABILNOST KOLJENA 2

2.1. Koljenski zglob 2

2.2. Prednji križni ligament 7

2.3. Stabilnost koljena 8

3. OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA 10

3.1. Epidemiologija i mehanizmi nastanka ozljede 10

3.2. Dijagnosticiranje ozljede 12

3.3. Posljedice ozljede ligamenta 14

4. LIJEČENJE 16

4.1. Operativno liječenje 17

5. REHABILITACIJA 19

5.1. Modaliteti rehabilitacije 19

5.1.1. Kineziterapija 19

5.1.2. Fizikalno terapijski modaliteti 32

5.2. Neoperacijsko liječenje i predoperacijsko liječenje 32

5.3. Postoperacijsko liječenje 40

6. ZAKLJUČAK 51

7. ZAHVALE 52

8. LITERATURA 53

9. ŽIVOTOPIS 58

SAŽETAK

Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta koljena

Marina Ivančević

Prednji križni ligament je važan u održavanju stabilnosti i ispravne kinematike koljena. Kod sportaša na visokoj razini, prednji križni ligament je najčešće ozljeđen ligament u koljenu. Žene sportašice zbog neispravne tehnike doskoka i poravnanja noge imaju veći rizik za ovu ozljedu. Veliki postotak ove ozljede uzrokovan je nekontaktnim mehanizimima stoga su posebno osmišljeni skakački treninzi učinkoviti u smanjenju incidencije ove ozljede, osobito kada se započnu u ranom razvoju sportaša. Većina pacijenata je podvrgnuta rekonstrukciji ligamenta nakon čega se pristupa rehabilitaciji. Operacija se često odgađa kako bi se provela predoperativna rehabilitacija koja je ista kao i početni dio neoperacijskog liječenja. Cilj ovoga pristupa je smanjiti oteklinu, upalu i bol te vratiti normalan opseg pokreta, normalizirati hod i prevenirati mišićnu atrofiju prije operacije. Pacijenti koji idu na predoperativnu rehabilitaciju napreduju brže u postoperativnoj rehabilitaciji. Poslije ozljede i operacije česta je inhibicija kvadricepsa uslijed boli i izljeva te je izuzetno važno smanjiti izljev primjenom krioterapije, kompresije i elevacije. Kineziterapija je osnovna metoda kojom se koristimo u rehabilitaciji pacijenata s ozljedom prednjeg križnog ligamenta. Trenutni pristupi rehabilitaciji ozljede LCA ističu važnost uvođenja pokreta neposredno po ozljedi, ranog opterećenja tjelesnom težinom na ekstremitet, provođenja vježbi za snaženje mišića neposredno po ozljedi, vježbi zatvorenog kinetičkog lanca, rane funkcionalne aktivnosti i ranijeg povratka sportu. Odmah nakon ozljede ili rekonstrukcije treba vratiti potpunu pasivnu ekstenziju koljena, dok se fleksija vraća postupno. Također odmah treba početi vraćati voljnu kontrolu aktivacije kvadricepsa. Važno je jačati i ostale mišiće poput hamstringsa, mišića kuka, trupa i lista. Trenutni rehabilitacijski programi nisu usmjereni samo na vježbe snaženja nego i na treninge propriocepcije i neuromišićne kontrole kako bi se osigurao neurološki stimulans i posljedično dinamički ojačalo koljeno te poboljšala dinamička stabilnost koljena. Svaki pacijent je dugačiji stoga vrijeme trajanja rehabilitacije ne može biti jednako za sve. S obzirom na pridružene ozljede, vrstu presatka i spol treba individualizirati proces rehabilitacije. Napredovanje kroz rehabilitaciju je bazirano na zadovoljavanju kliničkih ciljeva pojedine faze, a ne na vremenskim okvirima. Konstantno povećanje boli i izljeva tijekom rehabilitacijskog programa su znak preagresivnog pristupa.

Ključne riječi: koljeno, prednji križni ligament, ozljede, rehabilitacija

SUMMARY

Rehabilitation after anterior cruciate ligament injury

Marina Ivančević

The anterior cruciate ligament is important in maintaining knee stability and proper kinematics of the knee. In high-performance athletes, the anterior cruciate ligament is the most commonly disrupted ligament in the knee. Female athletes due to landing technique and leg alignment have a higher risk for this injury. A significant proportion of these injuries are caused by non-contact mechanisms, therefore, jump-training-type prevention programs are effective at reducing the incidence of these injuries, especially when instituted early in the development of the athlete. Most patients undergo the reconstruction of the ligament, after which rehabilitation was started. The operation is often delayed to perform preoperative rehabilitation, which is the same as the initial part of nonoperative treatment. The goal of this approach is to reduce swelling, inflammation and pain, and restore normal range of movement, normalize walking and prevent muscular atrophy before surgery. Patients undergoing preoperative rehabilitation progress faster in postoperative rehabilitation. After injury and surgery, inhibition of quadriceps is common due to pain and inflammation, therefore, it is extremely important to reduce the effusion with cryotherapy, compression, and elevation. Kinesitherapy is the basic method used to rehabilitate patients with anterior cross ligament injury. Current approaches to ACL rehabilitation emphasize the importance of immediate motion, early weight bearing, immediate muscle exercises, closed kinetic chain exercises, early functional activities, and earlier return to sports. Immediately after injury or reconstruction, the complete passive extension of the knee should be restored, while flexion is gradually returned. Also, the volunteer control of the quadriceps activation should start immediately. It is important to strengthen other muscles such as hamstring, hip, trunk and calf muscles. Current rehabilitation programs focus not only on strengthening exercises but also on the training of proprioception and neuromuscular control to provide neurological stimulus and consequently dynamically strengthen and stabilise the knee. Each patient is different therefore the duration of rehabilitation cannot be the same for everyone. With regard to the associated injuries, the type of transplant and gender, the rehabilitation process needs to be adjusted. Rehabilitation progression is based on meeting the clinical goals of a particular phase rather than time frames. Constantly increasing pain and effusion during the rehabilitation program are a sign of pre-aggressive approach.

Keywords: knee, anterior cruciate ligament, injuries, rehabilitation

1. UVOD

Zglob koljena je najveći i najsloženiji zglob ljudskog sustava za kretanje. Kako bi zglob koljena bio stabilan, osiguran je brojnim ligamentima, između ostaloga i prednjim križnim ligamentom (skr. LCA; ligamentum cruciatum anterior). Upravo ovaj ligament smatra se glavnim stabilizatorom koljena, i posljedično tome najčešće se ozljeđuje (1). Incidencija ozlijede prednjeg križnog ligamenta u Sjedinjenim Američkim Državama (skr. SAD) je 120,000 slučajeva godišnje te polako raste (2). Ova je ozljeda česta u sportaša i mladih aktivnih ljudi te je samim time predmet istraživanja brojnih studija. U srednjoj školi ozljede koljena općenito čine 60% operacija povezanih sa sportom, a od toga je 50 % ozljeda koljena upravo ozljeda prednjeg križnog ligamenta. U 2006. g. je procijenjeno kako se cijena rekonstrukcijskih zahvata godišnje u SAD-u kretala oko 1 milijardu dolara (2). Kako se radi o mladim ljudima, sportašima, izuzetno je važno prepoznati faktore rizika za ozljedu i provesti preventivne mjere kako bi došlo do smanjenja ozljeda. Mnoge su studije pokazale kako je većina ozljeda LCA ozljeda nastala nekontaktnim mehanizmima i upravo se tu pokušava preventivno djelovati (2). Ako do ozljede ipak dođe važno je provesti kvalitetnu rekonstrukciju ligamenta i rehabilitaciju kako bi se ljudi mogli vratiti svojim sportskim aktivnostima i svakodnevnom životu te spriječiti nastanak komplikacija povezanih s ovom ozljedom. LCA ozljede i operacije su toliko česte da se ponekad zaboravlja na ozbiljnost patologije koja prati ovu ozljedu (3). Nakon LCA ozljede postoji veliki rizik od pojave posttraumatskog osteoartritisa koji je povezan s boli, funkcionalnim ograničenjima i smanjenjem kvalitete života. Većina pacijenata s akutnom rupturom LCA je mlađa od 30 godina u vrijeme njihove ozljede pa kod njih dolazi do ranog nastupa osteoartritisa (4). Pacijenti koji su već imali ozljedu LCA i imaju rekonstruiran ligament imaju značajno povećan rizik od ponovne ozljede. Vraćanje sportu visoke razine je veliki rizični čimbenik za rerupturu (2). Glavni cilj rehabilitacije je povratak sportaša na razinu prije ozljede uključujući pokret i snagu bez ozljeđivanja ili istezanja presatka (5). Proces rehabilitacije je dugotrajan te je jako važno motivirati pacijenta kako bi bio ustrajan.

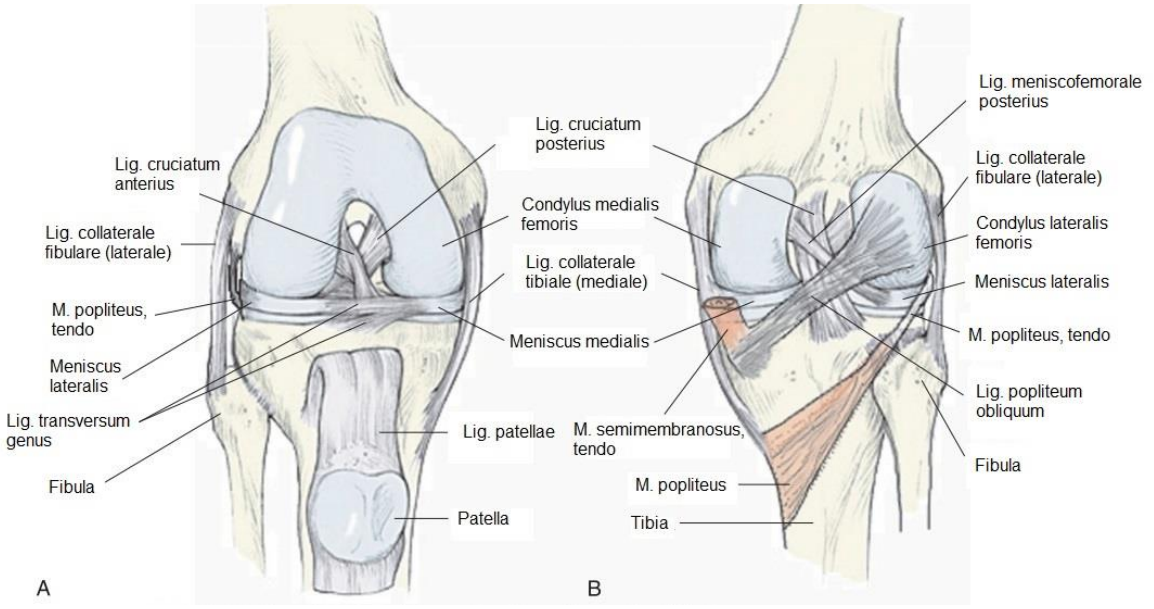
2. FUNKCIONALNA ANATOMIJA I STABILNOST KOLJENA

2.1. Koljenski zglob

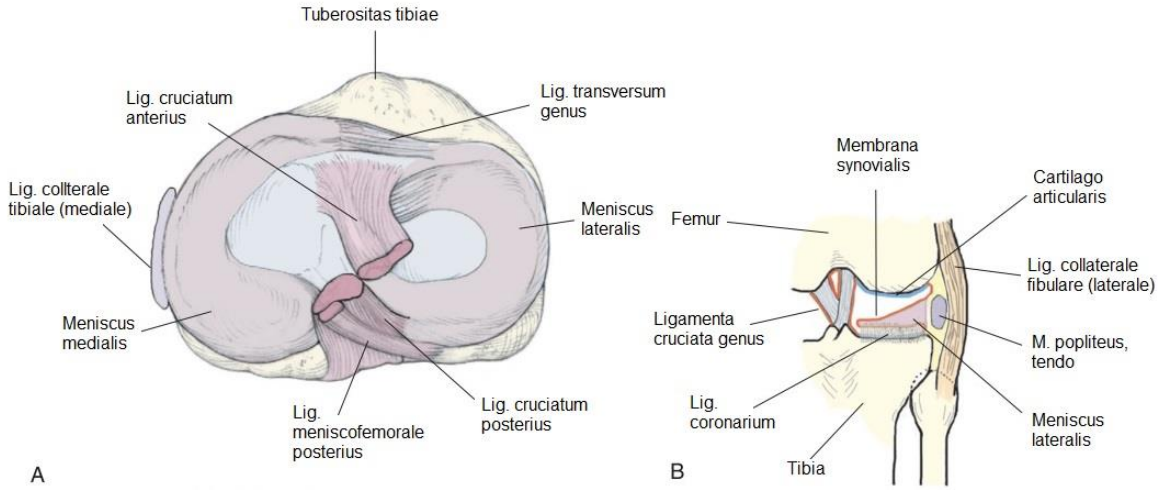
Koljeno je najveći zglob u ljudskom tijelu. Vrlo je složeno i upravo se koljeno najčešće ozljeđuje zbog svoje anatomske građe i izloženosti vanjskim silama (6). Nema tipična zglobna tijela i ima najslabiju zglobnu kongruenciju od svih zglobova. Podržano je sistemom sveza, koje uz meniske i muskulaturu omogućuju odraz i zaustavljanje, akceleraciju i deceleraciju, te ima osebujne karakteristike elastičnosti. S druge strane, u ekstenziji postaje potpuno kruto, kao čvrst, fiksan stup (7). Upravo zbog složene građe važno je razumjeti anatomiju koljena i ulogu svakog njegovog pojedinog dijela jer u održavanju stabilnosti koljena sudjeluju mnoge strukture, a u slučaju ozlijede jedne strukture dio funkcije mogu preuzeti na sebe okolne strukture.

Zglob koljena se sastoji od tri kosti (femur, tibija i patela) koje formiraju dva zgloba (tibiofemoralni i femoropatelarni zglob) (8). U zglobu koljena unutar zglobne ovojnice imamo konveksno zglobno tijelo koje čine kondili femura i konkavno zglobno tijelo koje čine kondili tibije (tibijalni plato). Kondili femura kližu po zglobnoj ploštini tibije te tako nastaje tibiofemoralni zglob (9). Upravo ovaj zglob nosi najveći dio tjelesne težine (1). Femur se također uzglobljen s patelom (sezamska kost trokutastog oblika koja je uložena u tetivu m. kvadricepsa femorisa) te oni tvore femoropatelarni zglob (9). Sile generirane kontrakcijom mišića kvadricepsa prenose se na ovaj zglob kako bi se u koljenu ostvario prijelaz bez trenja (1). Patela također povećava snagu kvadricepsa (10).

Budući da zglobna tijela nisu u potpunosti sukladna jer su kondili tibije ravne plohe, na tibijalnom platou leže dvije polumjesečaste tvorbe građene od vezivne hrskavice, medijalni i lateralni meniskus. Menisci su djelomično pomične strukture te omogućuju da u izvođenju pokreta koljena konkavno zglobno tijelo prati konveksno, a služe i kao ublaživači opterećenja zgloba (9,11). Lateralni meniskus je pokretniji od medijalnog jer je vanjski rub medijalnog meniskusa srastao sa zglobnom ovojnicom i dubokim dijelom medijalne kolateralne sveze (9).



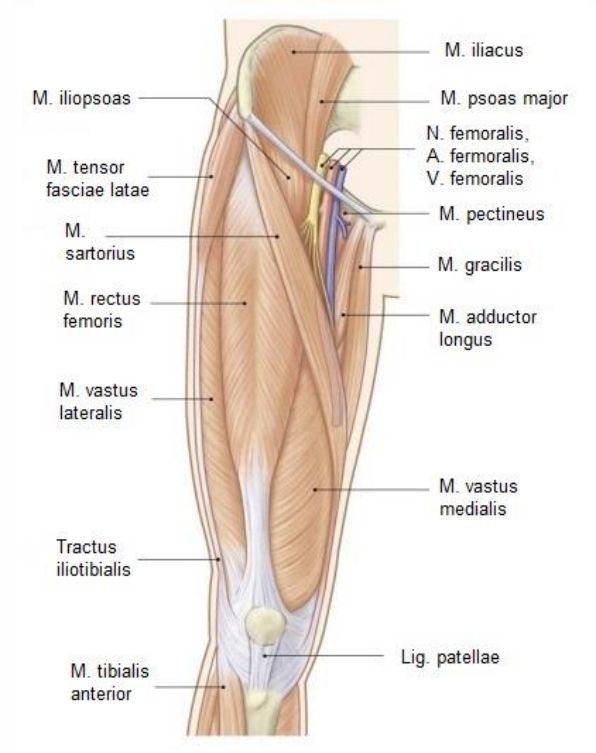
Slika 1. Otvoreni koljenski zglob, sprijeda (A) i straga (B). (Preuzeto i izmijenjeno iz Ilustrated Orthopedic Physical Assessment) (10)



Slika 2. Pogled na desnu tibiju odozgora (A) i shema lijevog koljena sprijeda (B). (Preuzeto i izmijenjeno iz Ilustrated Orthopedic Physical Assessment) (10)

Sveze su glavni nosioci stabilnosti u koljenu te određuju vrstu i granice najvećeg raspona pokreta u zglobu (11). Postoje sveze koje ojačavaju samu zglobnu ovojnicu, a zovemo ih vanjske sveze (9). Te sveze su tetivni nastavci mišića u okolici koljena. Prednju stranu ovojnice ojačavaju lig. patellae (m. quadriceps femoris) i retinaculum patellae (m. vastus medialis et lateralis). Lig. popliteum obliquum (m. semimembranosus) i lig. popliteum arcuatum (m. popliteus) pojačavaju stražnju stranu zglobne ovojnice (6,9). Druga skupina sveza su kolateralne (pobočne) sveze koje su također izvanzglobne strukture te zajedno s lateralnim i medijalnim tetivama hamstringsa i tractusom iliobibijalisom pojačavaju zglobnu ovojnicu lateralno i medijalno (6). Lig. collaterale tibiale ili medijalni kolateralni ligament (skr. LCM; lig. collaterale mediale) nalazi se na medijalnoj strani zgloba i ona je čvrsto srasla s medijalnim meniskom (9). LCM osigurava stabilnost medijalnog dijela koljena. Tijekom vanjske rotacije koljena prevenira pretjerani valgus koljena (1). Lig. collaterale fibulare ili lateralni kolateralni ligament (skr. LCL; lig. collaterale laterale) nalazi se lateralno i nije srasla ni s čahurom ni s lateralnim meniskom (9). LCL osigurava lateralni dio koljena, prevenira pretjerani varus i vanjsku rotaciju koljena u svim položajima fleksije koljena (1). Kolateralne sveze napete su pri ekstenziji, a labave pri fleksiji koljena, stoga one sprječavaju prekomjernu ekstenziju koljena. Treća skupina ligamenata su ukrižene sveze koje su dvije kratke, ali snažne veze i nalaze se intrakapsularno, ali ekstrasinovijalno. Međusobno se križaju, a svaka je ukrižena i oko svoje osi. Zbog toga je dio sveza uvijek napet, a to je važno za održavanje dodira zglobnih tijela u svim položajima potkoljenice (9). Prednja ukrižena sveza (skr. LCA; lig. cruciatum anterius) se primarno opire translaciji tibije prema naprijed i njenoj rotaciji u odnosu na femur, odnosno spriječava hiperekstenziju koljena (1,9). Stražnja ukrižena sveza (skr. LCP; lig. cruciatum posterius) sprječava stražnji pomak tibie, odnosno spriječava hiperfleksiju zgloba (1,7). Svi ovi ligamenti sudjeluju u održavanju stabilnosti koljena. Svaki osigurava stabilnost u određenom smjeru i igra ulogu u propriocepciji zgloba kroz svoje kožne receptore (1).

Mišiće koji sudjeluju u pokretanju i stabiliziranju koljena možemo podijeliti u četiri skupine : prednja, stražnja, medijalna i lateralna (8). Na prednjoj strani natkoljenice nalazi se m. quadriceps femoris (četveroglavi bedreni mišić) koji je sastavljen od četiri glave i primarni je ekstenzor koljena (1). Jedna glava, m. rectus femoris, polazi sa zdjelice pa ova glava uz ekstenziju koljena radi i fleksiju kuka (biartikularni). Ostale glave: vastus medialis, vastus lateralis i vastus intermedius polaze s bedrene kosti te tako sudjeluju samo u ekstenziji koljena (monoartikularni) (8). Sve četiri glave formiraju tetivu u koju je uklopljena patella (9).

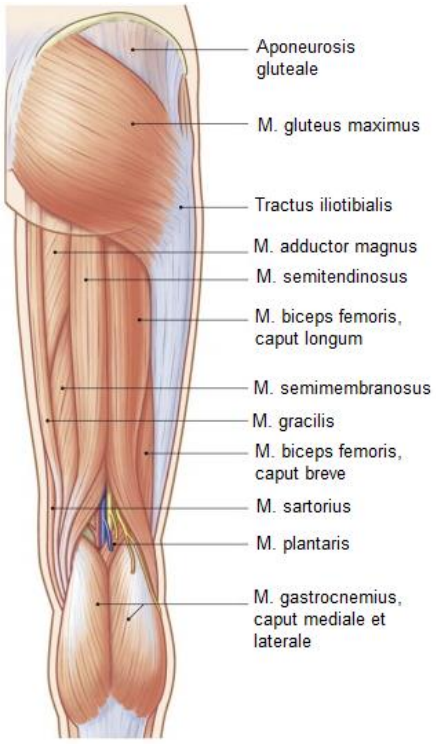


Slika 3. Mišići natkoljenice - pogled sprijeda (Preuzeto i izmijenjeno iz Atlas of Clinical Gross Anatomy) (12)

Stražnja skupina mišića vrši fleksiju koljena. Proksimalni dio stražnje skupine tvore m. biceps femoris koji se nalazi lateralno te m. semitendinosus i m. semimembranosus koji se nalaze medijalno (8). Ova tri mišića formiraju hamstrings skupinu mišića. Hamstrings mišići uz fleksiju koljena vrše i ekstenziju kuka. M. biceps femoris radi i vanjsku rotaciju koljena, dok m. semitendinosus i m. semimembranosus rade unutarnju rotaciju koljena zajedno sa medijalnom skupinom mišića (1). M. semimembranosus je osobito važna struktura u stabilizaciji posteriornog i posteromedijalnog dijela koljena jer pruža pet tetiva koje ojačavaju ovojnicu koljena (6). Distalni dio stražnje skupine mišića tvore m. plantaris te medijalna i lateralna glava od m. gastrocnemiusa. M. soleus koji s m. gastroknemijusom tvori m. triceps surae se također opire prednjem pomaku koljena. Iako vrše fleksiju koljena, oni su primarno plantarni fleksori (1).

Medijalna skupina mišića sastoji se od m. sartoriusa i m. gracilisa (1). Zajedno s m. semitendinosusom hvataju se na tibiju i to zovemo pes anserinus. Tako djeluju primarno kao fleksori koljena, ali vrše i unutarnju rotaciju koljena (6). Lateralnu skupinu tvore tractus iliotibialis i m. popliteus te sudjeluju u fleksiji koljena. Tractus iliotibialis ima ulogu u lateralnoj stabilizaciji koljena. M. popliteus sudjeluje i u vanjskoj (ako je fiksirana tibija) i u unutarnjoj rotaciji

potkoljenice (ako je fiksiran femur) (1). Važna je struktura koja osigurava dorzolateralnu stabilnost te stabilizira lateralni meniskus (8).



Slika 4. Površinski mišići glutealne regije i stražnje natkoljenice (Preuzeto i izmijenjeno iz Atlas of Clinical Gross Anatomy) (13)

Unutar samog koljena postoje brojne burze koje su smještene na područjima u kojima se vrši puno pokreta kako bi osigurale glatki pokret bez trenja (1). Koljeno je inervirano granama opturatornog, femoralnog, tibijalnog i zajedničkog fibularnog živca (9). Krvna opskrba zgloba dolazi od krvnih žila koje tvore površinski i duboki splet, a tvore ih pet ogranaka poplitealne arterije, a. descendens genus koja je ogranak femoralne arterije te a. recurrens tibialis anterior koja je ogranak prednje tibijalne arterije (8).

Po mehanici koljenski zglob je trochoginglymus, što znači da ima elemente kutnog i obrtnog zgloba odnosno da se pokreti izvode oko poprječne i uzdužne osi (9). Oko poprječne osi izvode se fleksija i ekstenzija potkoljenice (sagitalna ravnina; 0-140 stupnjeva), a kada je koljeno flektirano oko uzdužne osi je moguće izvoditi vanjsku i unutarnju rotaciju potkoljenice (transverzalna ravnina) zato što su tada kolateralni ligamenti manje napeti (6). Također u koljenu je moguće izvesti i varus-valgus rotaciju (abdukcija-adukcija; frontalna ravnina) te translacije po sve tri osi što govori kako koljeno zapravo ima šest stupnjeva slobode (1,8). Zbog različitosti u

duljini hrskavičnih površina kondila femura i kondila tibije tijekom fleksije i ekstenzije događaju se dvije vrste pokreta u koljenu. Kada iz ekstenzije radimo fleksiju prvih 20 stupnjeva koljeno se njiše, a nakon toga kliže (6). Isto tako na kraju pokreta fleksije koljena pojavljuje se unutarnja rotacija koljena, dok se na kraju ekstenzije pojavljuje vanjska rotacija koljena (transverzalna ravnina) (1).

2.2. Prednji križni ligament

Prednji križni ligament je intraartikularna, ekstrasinovijalna struktura obavijena s dva sloja sinovijalne membrane (14). LCA je sastavljen od gustih nasumičnih snopova kolagenih vlakana koji su utkani u rahlo vezivno tkivo. Nasumična posloženost vlakana daje ligamentu veću vlačnu snagu nego što je ona u mnogim drugim ligamentima. Dva glavna tipa vlakana koja sadrži LCA su ona s neuniformnim (koja se opiru vlačnim silama) i uniformnim promjerom (koja se opiru silama smicanja) (15). LCA polazi sa medijalne površine lateralnog femoralnog kondila i ima kosi tok unutar koljenskog zgloba. Ide od lateralno i straga prema medijalno i naprijed prije nego što se široko hvata za centralno područje tibijalnog platoa (14). LCA je formiran od dva snopa koja su imenovana po hvatištu na tibiji : anteromedijalni (skr. AM) i posterolateralni (skr. PL) (15). Oni su odvojeni septumom koji čini vezivno tkivo (14). AM snop je kraći i napet je u fleksiji, a opušten u ekstenziji, s druge strane PL snop je napet u ekstenziji, a opušten u fleksiji (1). Kada je koljeno potpuno ekstendirano polazišta snopova na femuru su položena vertikalno pa su oni tada paralelni. Kako se koljeno flektira do 90 stupnjeva polazišta postaju položena više horizontalno te se zbog toga dva snopa uvrću jedan oko drugog i postaju ukriženi (14). LCA ima najmanje naprezanje između 20 i 30 stupnjeva fleksije te je tada poželjno mjeriti krutost ligamenta (1). Važno je naglasiti kako LCA nema cijelom svojom dužinom jednaki poprečni presjek nego ima oblik pješčanoga sata. Također, duljina (prosječna duljina je 32 mm) i poprečni presjek ligamenta različiti su ovisno o stupnju fleksije, ali i opterećenja (14). LCA krvlju opskrbljuju ogranci genikularne arterije, a inerviran je ograncima tibijalnog živca koji su između ostaloga odgovorni za prijenos osjeta boli putem slobodnih živčanih završetaka. Postoje i tri vrste mehanoreceptora na LCA od kojih su dva Ruffinijevi receptori i oni šalju informacije o brzini i akceleraciji (osjetljivi su na rastezanje), dok Pacinijev receptor šalje informacije o pokretu (1). LCA se opire translaciji tibije prema naprijed, a to je važno za preveniranje hiperekstenzije i osiguravanje stabilnosti koljena tijekom pokreta. U manjem opsegu odgovoran je i za rotatornu stabilnost koljena (15). Smatra se da je kao glavni stabilizator koljena odgovoran za čak 85% stabilnosti koljena (1).

2.3. Stabilnost koljena

Kosti koljena pružaju malu stabilnost zglobu zbog nekongruentnosti. Iako menisci pomažu ispraviti nekongruentne zglobne plohe, oni osiguravaju malu stabilnost zbog prevelikih opterećenja koja se prenose kroz zglob. Ligamenti, zglobna ovojnica i tetive mišića koljena osiguravaju znatnu stabilnost koljena dok je opterećenje na zglob umjereno. Kada postoji agresivna aktivnost (zaustavljanje ili mijenjanje smjera u sportu) naprezanje ovih tkiva je preveliko pa su potrebne dodatne stabilizacijske sile koje drže koljeno u poziciji gdje napetost ligamenata ostaje u sigurnom rasponu (16). Tako tijekom pokreta, mišići kontrakcijom preko tetiva na koje se nastavljaju dinamički ojačavaju zglob i tako pomažu ligamentima koji tada trpe veliko opterećenje (1). Zbog toga se ligamenti smatraju primarnim stabilizatorima dok se mišići smatraju sekundarnim stabilizatorima koljena (1). Postoje razne vrste mehanoreceptora (proprioceptora) koji skupljaju informacije o zglobu koljena i šalju ih aferentrnim putevima u CNS, a ima ih u mnogim strukturama koljena: zglobna ovojnica, menisci, ligamenti, tetive i mišići. Oni su sposobni pratiti razne tipove podražaja i to od slabih do ekstremnih mehaničkih deformacija kao što su pritisak, savijanje, pozicija zgloba i brzina kretanja, izduživanje, primijenjene sile te štetni podražaji koji uzrokuju bol (17). Receptori koji su važni u sudjelovanju prijenosa aferentnih informacija do CNS-a su: Rufinijevo tjelešce, Pacinijevo tjelešce, slobodni živčani završeci, Golgijev tetivni organ i mišićna vretena (1). Propriocepcijska informacija se obrađuje i integrira na višestrukim razinama CNS-a, počevši od kralježnične moždine koja osigurava razmjerno jednostavne spinalne reflekse, zatim moždanog debla, malog mozga i bazalnih ganglija sa složenijom ulogom u kontroli kontrakcije, te velikog mozga u kojem se kontroliraju najsloženije reakcije i koji svojim analitičkim i naredbenim signalima nadzire uzastopne spinalne aktivnosti (18). Na razini kralježnične moždine aferentni putevi (od svih nabrojanih mehanoreceptora) tvore sinapse sa interneuronima i motoneuronima te se produciraju spinalni refleksi koji predstavljaju najbrži neuromuskularni odgovor. Jedan od tih refleksa je refleks istezanja mišića koji uzrokuje njegovu kontrakciju (16). Sinaptičke veze od aferentnih signala receptora se penju i spuštaju 2 do 3 segmenta kralježnične moždine kako bi utjecale na više mišića koji okružuju koljeno (17). Informacije iz mišićnih vretena (nalaze se samo u mišićima) i Golgijevog tetivnog aparata (tetive mišića) završavaju u malom mozgu gdje se obrađuju podatci o mišićnoj dužini, brzini istezanja i primjenjene sile. Zbirom ovih informacija nastaje svojevrsni proprioceptivni senzor (mišićni smisao) koji uvijek ostaje u domeni nesvjesnog i igra veliku ulogu u održavanju dinamičke stabilnosti koljena tako što mali mozak koristi ove informacije u upravljanju i koordinaciji pokreta, izazivanju refleksa i motornoj kontroli (16,17). Aferentni putevi Golgijevih receptora u zglobu, Pacinijevih tjelešaca, Ruffinijevih tjelešaca i

slobodnih živčanih završekata završavaju u senzornom korteksu gdje se obrađuju informacije o poziciji zgloba, brzini, akceleraciji, boli i pritisku (stvaranje kinestetske percepcije - osjećaj kretanja zgloba) (17). Senzorni korteks osigurava voljni odgovor na okolišne smetnje te ima veću latenciju koja je tim veća što je veći broj varijabli koje se trebaju obraditi. Kortikalni centri također šalju preprogramirane, koordinirane reakcije koje se pojavljuju kao odgovor na aferentne stimulanse koji ih trigeriraju. One se pojavljuju brže jer im preprogramirana organizacija dozvoljava da zaobiđu neke tipične faze obrade i u tipičnim situacijama ubrzavaju motorni odgovor, ali u atipičnim situacijama se ne mogu prilagoditi na okolnosti i zato proizvode pogreške pokreta (16). Ovim mehanizmima ostvaruje se voljna i nevoljna razina mišićne kontrole. Tako se pravilnom propriocepcijskom informacijom iz svih struktura zgloba osigurava jačina mišićne kontrakcije, kao i pravilan vremenski slijed kontrakcija agonističko-antagonističkog para mišića koji koordinirano sudjeluju u dinamičkoj stablizaciji zgloba (18). Iako je primarna funkcija mišića da pokreću koljeno, oni kao dio neuromišićnog kontrolnog sustava (kompleksna interakcija između živčanog i muskuloskeletnog sustava koja osigurava kontroliran pokret kroz koordiniranu mišićnu aktivnost) imaju važnu ulogu u propriocepciji koljena i njegovoj dinamičkoj stabilizaciji (1,16). Zbog svega navedenoga rezistencija koljena na ozljedu tako ovisi i o primarnim i sekundarnim stabilizatorima te o proprioceptivnoj učinkovitosti struktura oko koljena (1).

Dugo se sumnjalo kako ligamenti također služe kao dinamički senzorni organ koji započinje sinergističku mišićnu aktivnost te da nisu samo pasivni stabilizatori koji limitiraju pokret zgloba. Refleks koji se izaziva kada postoji opterećenje ligamenta zove se ligamentno – mišićni zaštitni refleks jer ligamenti ovim refleksom putem mišića štite sebe od velikih opterećenja (17). Istraživanja ukazuju da LCA – hamstring reflex postoji i ima ulogu u stabilnosti koljena (1). Ako je LCA izložen velikim silama koje premještaju tibiju naprijed i koje prekoračuju fiziološki limit naprezanja ligamenta tada receptori u LCA trigeriraju kontrakciju hamstringsa koji pomažu LCA tako što svojom aktivnošću vuku tibiju straga (17). Stopa odgovora na pokušaj izazivanja ovog refleksa jako varira između intraoperativnih uvjeta (100%; ligament se može direktno rastegnuti) i kliničkih uvjeta (38,5%; indirektno rastezanje ligamenta artrometrom – povlačenje tibije prema naprijed) što znači da bi u praktičnijem okolišu odgovor bio manji od 40% (1). Stupanj sudjelovanja ovog mehanizma u dinamičkoj stabilnosti koljena ostaje nejasan (16).

Važno je napomenuti kako ekstenzija koljena ne nastaje samo aktivacijom kvadricepsa. Kao što je već rečeno pokretanje zgloba je praćeno koaktivacijom (i periferna i centralna kontrola) i mišića agonista i mišića antagonista. Mišić kvadriceps koristi veću silu dok hamstrings mišići koriste malu silu te tako dolazi do ekstenzije. Svrha koaktivacije mišića je regulacija pokreta zgloba protiv raznih unutarnjih i vanjskih faktora (npr. gravitacija, brzina pokreta) i očuvanje stabilnosti zgloba. Budući da izolirana kontrakcija kvadricepsa uzrokuje pretjerani pomak tibije

prema naprijed i ostavlja LCA pod velikim opterećenjem, koaktivacija hamstringsa umanjuje opterećenje na LCA i značajno pridonosi stabilnosti zgloba. Također izolirana kontrakcija kvadricepsa uzrokuje unutarnju rotaciju tibije koja se koaktivacijom hamstringsa smanjuje što je važno za rototatornu stabilnost zgloba. Važno je napomenuti da u potpunoj ekstenziji (kada je kvadriceps najviše kontrahiran) koaktivacija hamstringsa ne može se u potpunosti spriječiti ove pomake (17).

Većina izazova za stabilnost koljena mijenja silu u mišićima noge i njihovu duljinu što mijenja njihovu aferentu informaciju te dovodi do drugačijeg uzorka aktivacije mišića (16).

3. OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

3.1. Epidemiologija i mehanizmi nastanka ozljede

Incidencija ozljede LCA je najveća tijekom srednje škole i fakulteta i polako raste posebice u ženskih sportašica. Djevojke sportašice u srednjoj školi imaju 2,1 do 3,1 puta veći rizik za pojavu LCA ozljeda u sportovima koji se mogu usporediti po spolu. Razlika učestalosti kod ženskih sportašica je multidimenzionalna i kompleksna te vjerojatno nastaje zbog genetske predispozicije, razine hormona, uže interkondilarne širine i razlika u biomehanici doskoka i pokreta promjena smjera. Prema većini studija najviše LCA ozljeda nastaje nekontaktnim mehanizmima (2). Najviše se ozljeda LCA dešava pri doskoku, tijekom zaustavljnja te pokretima nagolog mijenjanja smjera (engl. plant and cut maneuvers) (2,19). Najčešće pozicije koljena tijekom LCA rupture su ekscentrična kontrakcija kvadricepsa pri čvrstom doskoku, ukopano stopalo sa unutarnjom rotacijom kuka i valgus koljena u skoro potpunoj ekstenziji sa uspravnim trupom. Doskok nebi smio biti na puno stopalo u potpuno uspravnom stavu s koljenima u punoj ekstenziji već u blagoj fleksiji. Zaustavljanje na mjestu u jednom koraku (ekscentrična kontrakcija kvadricepsa) treba zamijeniti sa više kraćih koraka uz fleksiju koljena. Naglo mijenjanje smjera s koljenom u valgus poziciji uz fiksirano stopalo, treba zamijeniti polukružnom kretnjom sa flektiranim koljenom (19). Dominacija kvadricepsa je termin koji opisuje neravnotežu između snage ekstenzora koljena i fleksora kao i redosljeda aktivacije i koordinacije istih. Dominacija kvadricepsa pri doskoku u skoro potpunoj ekstenziji uzrokuje veće opterećenje na LCA (20). Naime, vježbom određenog pokreta zgloba dolazi do povećanja učinkovitosti zgloba smanjenjem koaktivacije mišića antagonista (čime se povećavaju neto okretni moment i sile koje zglob može proizvesti). Iako smanjena koaktivacija hamstings mišića u nekim sportovima (npr. košarka, odbojka) kod sportaša

dovodi do veće učinkovitosti koljena, stjecanje takve vještine može smanjiti sposobnost mišića antagonista da zaštiti ligament te svrstava takve osobe u visokorizične za ozljedu LCA (17). Pri doskoku kao rizični čimbenici (neovisni prediktori rizika) nađeni su i povećani abdukcijski kut koljena (8 stupnjeva), veći abdukcijski momenti koljena (2,5 puta veći) te veća reakcija površine podloge (20 posto veća). U pokretu promjene smjera adukcija kuka dovodi do povećane abdukcije koljena (2). Funkcionalnim treningom koji se fokusira na jačanje hamstringsa tako možemo poboljšati valgus kontrolu koljena i smanjiti uzorak dominacije kvadricepsa koji su pronađeni kod žena. Jačanjem glutealnih mišića možemo zaštiti koljeno od valgusa zato što gluteus medius drži kuk u abdukciji pri doskoku i pokretima promjene smjera (20). Zbog unutarnje rotacije kuka može postojati valgus koljena, a unutarnja rotacija tibije i pretjerana pronacija stopala uzrokuju značajno povećanje LCA napetosti (2,20). Uspravan stav tijela koji je također češći kod žena poboljšava biomehaničke uvjete pod kojima djeluje kvadriceps, a hamstrings mišiće stavlja u biomehanički lošiji položaj jer oni tek u flektiranom koljenu učinkovito povlače tibiju straga i na taj način predstavljaju zaštitu za LCA (19). Ako bi ove promjene spojili u jednu ravninu tipična bi se nekontaktna LCA ozljeda u ženske sportašice pojavila pri doskoku s relativno ekstendiranim i unutarnje rotiranim kukom, koljenom skoro potpuno ekstendiranim u valgusu sa unutarnjom rotacijom tibije i ukopanim stopalom (npr. kod doskoka nakon šuta u košarci). (2,21). Smatra se da su hormonske promjene povezane s nađenima neuromuskularnim faktorima rizika: povećana aktivacija kvadricepsa naspram hamstringsa, rana aktivacija hamstringsa kad stopalo dotakne tlo te veća aktivacija kvadricepsa i gluteusa maksimusa sa smanjenom aktivacijom hamstringsa i gastroknemijusa (2,20). Djevojčice imaju nisku razinu testosterona pa stječu manju mišićnu snagu naspram dječaka što može biti uzrok neuromišićnog deficita jer djevojke više koriste ligamente i koštane strukture da moduliraju pokret zgloba umjesto mišićne snage (20). Anatomske konfiguracije kosti kao čimbenici rizika su manja interkondilarna širina femura i veći stražnji nagib lateralnog dijela tibije (20). Pacijenti koji su već imali ozljedu LCA i imaju rekonstruiran ligament imaju značajno povećan rizik od ponovne ozljede. Vraćanje sportu visoke razine je veliki rizični čimbenik za rerupruru (2).

Budući da je značajni postotak LCA ozljeda uzrokovan nekontaktnim mehanizmima ponavljanim biomehaničkim stresom na LCA zbog deficita u neuromuskularnoj koordinaciji mišića koljena, posebnim se preventivnim skakačkim treninzima može smanjiti incidencija ove ozljede posebice ako se uvedu u ranom razvoju sportaša prije nego što sportaši razviju „patološke“ neuromišićne aktivacijske uzorke i kinematiku (20). Kako se pokazalo da fleksibilni i snažni mišići zaista nisu dovoljni u sprječavanju nastanka ozljede nego se takvi mišići moraju aktivirati u pravom trenutku, uz treninge snage potrebno je uključiti i poseban trening koji povećava neuromišićnu kontrolu tijela preko treninga propriocepcije, ravnoteže i koordinacije. Tu spadaju

vježbe na nestabilnoj podlozi i pilometrične vježbe (19). Svi programi tako trebaju uključivati jačanje stabilnosti jezgre (posturalne muskulature trupa), treninge snaženja mišića hamstringsa i kuka, funkcionalne vježbe (za uspostavljanje mišićne kontrole), trening mišića lista (da se osigura kritična stabilnost skočnog zgloba i posturalna kontrola kako bi se koljeno stabiliziralo tijekom zaustavljanja), pliometrijske vježbe te učenje o pravilnim tehnikama doskoka i apsorbiranju sila tijekom doskoka. Idealno bi se LCA prevencijski programi trebali sastojati od 15 do 18 ciljanih treninga, dva puta tjedno tokom 6 do 8 tjedana prije sezone i u sezoni (20).

Ozljede LCA mogu biti svježe ili zastarjele (ako su neprepoznate i neliječene). Također možemo ih podijeliti na istegnuće, djelomičnu rupturu i potpunu rupturu (11). Ruptura može biti na femoroalnoj i tibijalnoj inserciji (kod mladih sportaša može doći do avulzije tibijalne eminencije) kao i na središnjem dijelu LCA (21). Izolirana ozljeda LCA nastaje ranije opisanima mehanizmima gdje se dešava nagla i snažna hiperekstenzija koljena ili izravanim udaracem u femoralne kondile pri flektiranom koljenu i fiksiranoj tibiji uz pomak femura straga (11). Ozljeda LCA može nastati i udruženo s ostalim strukturama koljena. Tako pri abdukciji potkoljenice (valgus stres) i njenoj vanjskoj rotaciji na hiperekstendiranom koljenu dolazi do rupture LCM i medijalnog meniska i to zovemo zlokobni trijas (11). Isto se može dogoditi udarcem u lateralnu stranu zgloba. Pri varus stresu i unutarnjoj rotaciji potkoljenice također može doći do udruženih ozljeda. Tako ruptura LCA može biti povezana sa sa rupturom srednje trećine lateralnih kapsularnih ligamenata (21). Avulzijska fraktura lateralne kapsule (Segondova fraktura) je patognomonična za LCA rupturu.

3.2. Dijagnosticiranje ozljede

Klasična anamneza kod nekontaktnih mehanizama ozlijede podrazumijeva podatke o usporavanju, skakanju ili promjeni smjera, a kod kontaktnih uključuje podatke o vanjskim silama primijenjenima na koljeno (6). Pacijenti često opisuju osjećaj da se koljeno hiperekstendiralo i da je privremeno iskočilo (2). Ozlijeđeni često nije u stanju nastaviti aktivnost, a hodanje je otežano (6). Velika oteklina se obično pojavi u prva 2 sata poslije ozljede, a aspiriranjem se izvuče krv iz zgloba (većina akutnih hemartrosa je posljedica rupture LCA) (21). Zbog otekline i zaštitnog spazma mišića klinički pregled je manje pouzdan (2). Upravo stoga što se svježa ozljeda teško dijagnosticira mnoge se ozljede previde pa ozlijeđeni dolazi u ustanovu kad već postoji nestabilnost koljena i žali se na otkazivanje (engl. giving way) koljena u uvijanju, okretanju i promjeni smjera (11,21). Često je kod tih pacijenata prisutan i kronični izljev (10).

Lachmanov test je najpouzdaniji za dijagnosticiranje akutne ozljede. Pivot shift test je jako specifičan, ali u akutnoj ozljedi je premalo osjetljiv zbog spazma mišića. Testu prednje ladice u kroničnoj ozljedi značajno raste specifičnost i osjetljivost (2). Lachmanov test izvodimo tako da je bolesnik opušten i leži na leđima. Ako se pregled ne može izvršiti zbog boli i spazma hamstringsa, mora biti ponovljen u anesteziji. Ozlijeđeno koljeno se uvijek uspoređuje s neozlijeđenim (10). Ispitivač jednom rukom uhvati distalni femur dok drugom rukom uhvati proksimalnu tibiju dok je koljeno flektirano pod kutem od 20 stupnjeva i pokušava izvući tibiju ispod femura, povlačeći tibiju prema naprijed (11,21). Povećana prednja translacija tibije u odnosu na suprotno koljeno i odsutnost čvrste krajnje točke pri izvođenju testa predstavlja pozitivan Lachmanov test (6). U jednoj pilot studiji predstavljen je novi test koji je imao senzitivnost i osjetljivost 100%, a budući da ti rezultati nisu ponovljeni u drugim studijama treba biti oprezan prije zaključivanja da je to savršen test (2). Test se zove test poluge (engl. lever sign) i klinički se lako izvodi i čini se da ima veću senzitivnost nego Lachmanov test (prije anestezije: test poluge 94,2%, a Lachman 80,5% ; poslije anestezije: test poluge 98,2 %, a Lachman 88,7%) te bi ga trebalo uključiti u rutinsku kliničku praksu (22). Test se izvodi tako da pacijentu koji leži na leđima stavimo šaku kao točku oslonca ispod proksimalnog dijela mišića lista. Na distalnu trećinu kvadricepsa primjenjuje se drugom rukom sila prema dolje te ispitivač gleda odiže li se peta od podloge. Ako se peta odiže LCA je intaktan, a ako se ne odiže LCA nije funkcionalan odnosno ili je istegnut ili rupturiran (2).



Slika 5. Pogled na LCA intaktnu stranu. Ako se femoralni kondili pomiču straga, proksimalna tibija će se pomaknuti naprijed (Prema Alper Deveci i sur.) (22)



Slika 6. Pogled na LCA ozlijeđenu stranu. Pritisak na femur neće biti praćen pomakom tibije i peta se neće odići (Prema Alper Deveci i sur.) (22)

Standardne radiograme (RTG) treba uvijek učiniti da bi se vidjela eventualna avulzija interkondilarne eminencije tibije ili Segond fraktura (6). Za evaluiranje anatomije i pozicioniranja tunela pouzdanu metodu u preoperativnoj dijagnozi predstavlja magnetska rezinancija (skr. MR), a u postoperativnom praćenju kompjutorizirana tomografija (skr. CT) (14).

3.3. Posljedice ozljede ligamenta

Kod ozljede LCA dolazi prvenstveno do mehaničke nestabilnosti zgloba (18). Budući da ozljeda ligamenta izaziva smetnje u somatosenzornom sustavu ona može utjecati na centralne programe i motorni odgovor (23). Kako promjene u zglobu mijenjaju sile u mišićima i dužinu mišića mehanoreceptori šalju povratnu informaciju te se mijenjaju uzorci mišićne aktivnosti (mijenja se vrijeme i opseg aktivnosti mišića) kako bi održali krutost i indirektno stabilnost zgloba (16). Neuromišićna reorganizacija kod ozljede LCA i rekonstrukcije LCA može biti predisponirajući faktor za druge kliničke poremećaje poput gubitka mišićne snage, atrofije i promjenjene funkcije. Kako je sposobnost održavanja držanja i ravnoteže usko povezana s propriocepcijom i neuromišićnom kontrolom dolazi i do oštećenja ravnoteže (24). Budući da svaka funkcijska nestabilnost pokreće mehanizme kompenzacije dolazi do dinamičkog reprogramiranja lokomotornog procesa uz poremećaj obrasca hoda (adaptacija hoda) kako bi se prevenirala prednja translacija tibije. U različitih osoba to pruža različiti stupanj dinamičke stabilnosti (18). Konačno ako osoba nastavi sa spotskom aktivnošću i ima ponavljane epizode nestabilnosti koljena pretrpjeti će ozljedu meniskusa ili zadobiti osteohondralna oštećenja što

može voditi posttraumatskom osteoartritisu. Većinom se ozljedi medijalni meniskus jer je srastao sa zglobnom ovojnicom, a rizik ozlijede raste s vremenom koje je prošlo od ozljede LCA. Meniscektomija je potentan rizični čimbenik za razvoj osteoartritisa te je očuvanje tkiva meniskusa krajnje važno (6). Rekonstukcija LCA nije pokazala odgodu razvoja posttraumatskog osteoartritisa, čak neke studije pokazuju da LCA rekonstruirane osobe imaju veći rizik za razvoj osteoartritisa (4). Postoje pacijenti koji unatoč nedostatku LCA zadržavaju pravovremene i snažne kontrakcije iste kao i kod LCA neozljeđenih (18). Oni se u engleskoj literaturi nazivaju copersi (engl. cope = izaći na kraj) dok se simptomatski pacijenti nazivaju noncopersi. U nedostatku hrvatskih naziva služiti ću se ovima.

Na osnovu raznih mjerenja i istraživanja uočeno je slijedeće: kod noncopersa i LCA rekonstruiranih nađeno da postoji defekt propriocepcije unatoč rehabilitaciji dok kod copersa ne postoji razlika. Također postoji i poremećena posturalna kontrola pri jednonožnom stavu kod ozljeđenih ili rekonstuiranih čak i nakon rehabilitacije (23). Tijekom hoda kod LCA ozljeđenih postoji smanjena aktivacija kvadricepsa i gastroknemijusa, a veća i ranija aktivacija hamstringsa. Ovaj uzorak hoda je kompenzatorni mehanizam pri kojemu se izbjegava kontrakcija kvadricepsa, a mogući je rizični čimbenik za kroničnu patologiju koja prati ozljedu LCA. Na biomehaničke prilagodbe (način hodanja, trčanja) utječe vrijeme koje je prošlo od ozljede i može se vratiti na uzorak sličan neozljeđenima nakon rekonstrukcije i rehabilitacije (24). Često postoji smanjena mišićna snaga kvadricepsa i u manjoj mjeri atrofija koje se prema nekim autorima unatoč rehabilitaciji nikad ne vrate u stanje prije ozljede. Također postoji i smanjena snaga hamstringsa, ali u puno manjoj mjeri i može se povratiti (23). Prilagodbe u drugim mišićima mogu kompenzirati atrofiju i smanjenje snage kvadricepsa što isto zabrinjava (24). Poslije ozljede LCA većina pacijenata ima smanjenu funkcionalnu izvedbu, ali se poslije rehabilitacije funkcionalni testovi mogu poboljšati unatoč slabosti mišića kvadricepsa. Bilateralni defekti poslije unilateralne ozljede nađeni su u propriocepciji, posturalnoj kontroli, voljnoj aktivaciji kvadricepsa i funkcionalnoj izvedbi (23).

Iako promijenjeni motorni uzorci mogu biti protektivni mehanizam, oni perzistiraju dugo nakon rekonstrukcije LCA te se tijekom rehabilitacije mora obratiti pažnja i na neuromišićnu funkciju (24). Motorno učenje je proces stjecanja i modifikacije pokreta. Neuromuskularna rehabilitacija se može promatrati kao proces motornog učenja gdje se postojeći motorni programi mijenjaju tako što pacijent ponovo stječe koordinirani pokret i uči nove uzorke koordiniranih pokreta. Iako funkcionalna izvedba može biti vraćena, senzorni sustav za održavanje posturalne kontrole je uporno poremećen u pacijenata s LCA ozljedom. Stoga se kompletni oporavak neuromišićne funkcije čini malo vjerojatan nakon LCA ozljede ili rekonstrukcije, ali dolazi do

poboljšanja tijekom rehabilitacije (23). Dok su funkcionalni ishodi koji prate rekonstrukciju LCA izvrsni, prisutni perzistentni somatosenzorni i neuromišićni deficiti te moguće biomehaničke promjene mogu objasniti zašto postoji rizik od ranog nastupa osteoartritisa (24). Iako rekonstrukcija poboljšava stabilnost koljena, ona ne vraća normalnu kinematiku koljena (4).

4. LIJEČENJE

Nakon dijagnoze ozljede LCA slijedi liječenje koje može biti operativno i neoperativno. Uvijek prilikom akutne ozljede prvo primjenjujemo RICE (engl. R-rest = mirovanje; I-ice = hlađenje ledom preko sloja tkanine; C-compression = kompresija elastičnim zavojem; E-elevation = elevacija noge iznad razine srca) medodu za kontroliranje i smanjenje hematoma, boli i upale (11). Danas se najčešće izvodi operativno liječenje te se vjerojatnost potrebe operacije povećava s mlađom dobi, povećanom sportskom aktivnosti i stupnjem prednje nestabilnosti (6). Pacijenti koji se žele nastaviti baviti sportom koji uključuje okretanje i nagle promjene smjera uglavnom idu na rekonstrukciju ligamenta, ali postoji dio pacijenata (copersi) koji unatoč ozljedi LCA mogu dobro funkcionirati do neke razine u aktivnostima koje uključuju okretanje i promjenu smjera bez da imaju funkcionalnu nestabilnost ili „šetanje koljena“ te su ti pacijenti ukoliko ne žele operaciju potencijalni kandidati za neoperativno liječenje. Ostalima koji ne funkcioniraju dobro jer imaju veliku nestabilnost, a i dalje žele sudjelovati u takvim aktivnostima se preporuča kirurška rekonstrukcija (25). Neoperativno liječenje je dobra opcija za pacijenta koji je voljan napraviti promjene u svom životnom stilu te izbjegavati takve aktivnosti (6). Kronična nestabilnost koljena često zahtijeva rekonstrukciju (21).

Ako postoji udružena ozljeda ostalih struktura koljena poduzima se kirurško liječenje (11). Ako je ozljeda kombinirana sa ozljedom LMC ili LCP prvo se može provesti konzervativno liječenje, a rekonstrukcija LCA napraviti poslije. Ozlijede LMC mogu zacijeliti s ispravnim konzervativnim liječenjem koje uključuje čvrstu imobilizaciju (26).

U zadnje vrijeme je zabilježen porast frekvencije ozljeda u koštano nezreloj populaciji (otprilike 10 do 14 godina koštane dobi) kod koje je povećan rizik oštećenja ploče rasta klasičnim operacijskim pristupima. Oštećenjem poče rasta može doći do razlike u duljini udova i angularnih deformacija. Pokazalo se kako neoperativno liječenje i odgoda rekonstrukcije dovode do lošijih funkcionalnih ishoda te je preporuka da se učini rana

rekonstrukcija kako bi se izbjegla povratna nestabilnost i povezana patologija koljena (27). Osnovni cilj rekonstrukcije je vratiti funkciju koljena i prevenirati buduća oštećenja meniskusa i hrskavice koji mogu voditi sekundarnim degenerativnim promjenama zgloba (14).

4.1. Operativno liječenje

Kirurško liječenje obično se odgodi barem 3 tjedna poslije ozljede kako bi se smanjila oteklina i povećao opseg pokreta provođenjem fizikalne terapije (21). Rješavanje upale koljena i vraćanje opsega pokreta reducira incidenciju postoperativne krutosti koljena (6). Kirurško liječenje danas se najčeće izvodi artroskopski što smanjuje postoperativnu bol, a izbjegava se presjecanje proprioceptora kao kod artrotomije. Najprije se obavlja dijagnostički pregled struktura, a zatim se pristupa operaciji uvođenjem posebno oblikovanih instrumenata. Izvodi se rekonstrukcija LCA slobodnim presadkom te ako postoje pridružene ozljede reparira ih se (11). Zbog manjeg rizika od upalne reakcije i rizika od prenosivih bolesti te zbog revaskularizacije i rekolagenizacije najčešće se koristi autograft. Najčešće se koriste presadci od dijela ligamenta patele (dio patele- srednja trećina lig. patele - dio tibije) i tetive hamstringsa (tetive semitendinosusa i gracilisa presavijene na pola kako bi imali četverostruki presadak). Prednost patelarnog presatka je ta što postoji mogućnost rigidne fiksacije sa njegovim koštanim krajevima, ali kod njega postoji povezanost sa boli pri klečanju. Zbog toga što je četverostruk hamstrings presadak može podnositi veliko opterećenje, ali zbog manjka koštanih krajeva teže cijeli. Njegova uporaba je posljednjih godina porasla zbog relativno malog morbiditeta za pacijenta (6). Neke studije pokazuju kako ima malo veći rizik rerupture nego patelarni presadak, ali većina studija ne pokazuje razliku između dva presatka. Također neki su istraživači izrazili zabrinutost oko povećane dinamičke valgus nestabilnosti poslije uzimanja tetiva hamstringsa, ali klinički ishodi nisu pokazali razliku (20).

Pri bušenju tunela u koje se fiksiraju krajevi presatka treba paziti da se anatomski smjeste jer su neanatomski smješteni tuneli čest uzrok neuspjeha presatka. Drugi rizični čimbenici za neuspjeh presatka su mlađa dob, veća razina aktivnosti, uporaba alografta te povećan stražnji nagib na lateralnom dijelu tibije (15).

Nakon operacije koljeno se stavlja u ortozu i „zaključava“ u potpunoj ekstenziji. Odmah se kreće s vježbama opsega pokreta (6).

Kod koštano nezrelih za visoko rizičnu skupinu i mlađe pacijente srednjeg rizika (koštana dob: dječaci 13-14 g. i djevojčice 12-13 g.) preporučuje se pristup koji se u potpunosti izvodi u epifiznom području i tako izbjegava ploču rasta. Starije pacijente umjerenog rizika i pacijente niskog rizika možemo operirati modificiranim klasičnim transfizelnim tehnikama gdje se oštećenje svodi na najmanju moguću mjeru. Koštano zreli pacijenti su dječaci od 16 i djevojčice od 14 godina (koštana dob) i njima klasična rekonstrukcija može biti sigurno izvedena (27).

5. REHABILITACIJA

Trenutni pristupi rehabilitaciji ozljede LCA ističu važnost neposrednog uvođenja pokreta u zglobu po ozljedi, ranog opterećenja tjelesnom težinom na ekstremitet, neposrednog provođenja vježbi za snaženje mišića po ozljedi, vježbama zatvorenog kinetičkog lanca, rane funkcionalne aktivnosti i ranijeg povratka sportu. Proprioceptivni i neuromišićni treninzi su važni za sportaše kako bi mogli povratiti dinamičku i funkcionalnu stabilnost zgloba koja im je potrebna za natjecanje (5). Svaki pacijent je dugačiji stoga vrijeme trajanja rehabilitacije ne može biti jednako za sve. Konstantno povećanje boli, upale ili oticanja u bilo kojem trenutku tijekom rehabilitacijskog programa su znak preagresivnog pristupa. Konačni cilj svakog rehabilitacijskog programa nije samo uspješan ishod danas i vraćanje sportu nego i asimptomatsko koljeno 5 do 10 godina kasnije (3).

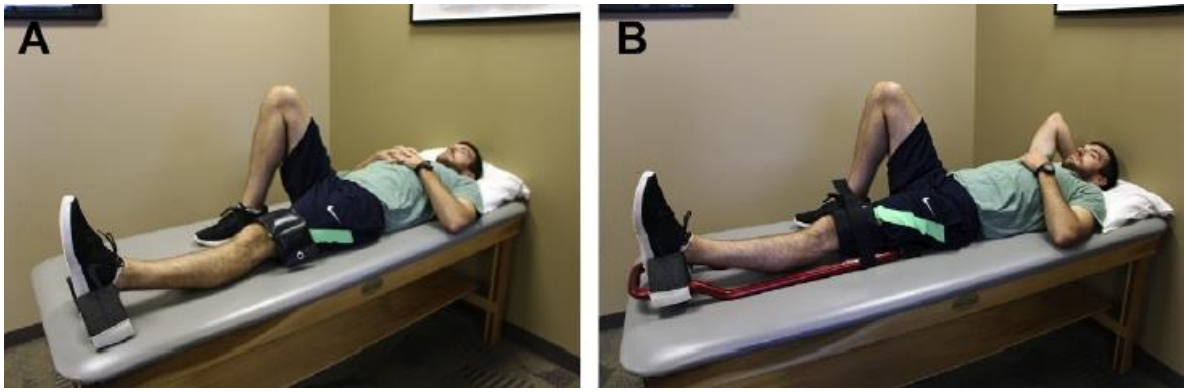
5.1. Modaliteti rehabilitacije

5.1.1. Kineziterapija

Kineziterapija je znanstvena disciplina i grana fizikalne medicine koja se koristi pokretom u svrhu liječenja, rehabilitacije i prevencije bolesti (28).

Vježbama opsega pokreta svrha je ostvariti puni opseg pokreta zgloba (skr. ROM; engl. range of motion) ili skupine zglobova jer on omogućuje normalnu funkciju. Vježbe opsega pokreta mogu biti pasivne, aktivno potpomognute i aktivne. Kada bolesnik ne može aktivno pomicati dijelove tijela koristimo se pasivnim vježbama. Kada bolesnik može aktivno kontrahirati mišić prelazi se na aktivno potpomognute vježbe, a potom i na aktivne samostalne vježbe (28). Odmah iza operacije naglasak je na vraćanju potpune ekstenzije koljena i pokretu (3). Pacijent radi pasivne i aktivne vježbe ROM po 10 minuta, 4 do 6 puta na dan (29). Postoperativna rehabilitacija počinje s pasivnim vježbama ROM (skr. PROM; engl. passive range of motion) te je naglasak je na potpunoj pasivnoj ekstenziji koljena, dok se fleksija vraća postupno. Ako se fleksija primjenjuje agresivno pojavit će se oticanje zgloba te se stoga mora raditi postupno. Prvi tjedan treba postići fleksiju do oko 90° i potom se povećava otprilike 10° na tjedan. Ako postoji prateći izljev, vježbe ROM se sporije izvode. Tako je potpuna fleksija moguća 4-6 tjedana nakon

operacije. Tijekom prvih nekoliko dana treba postići određeni stupanj hiperekstenzije i nastojati vratiti simetričan pokret (3). Vježbe PROM često provodi fizioterapeut, ali može se primijeniti i aparat za izvođenje kontinuiranoga pasivnoga pokreta (skr. CPM; engl. continous passive motion machine) (30). Vraćanje potpune pasivne ekstenzije koljena provodi se PROM vježbama (npr. bolesnik leži na trbuhu, a potkoljenice mu slobodno padaju), istezanjem hamstringsa s pomoću potpore koja se stavi ispod pete, istezanjem gastroknemijusa ručnikom (3,5). Može se primijeniti i pasivni pritisak od 2,25-4,5 kg na natkoljenicu iznad patele kako bi se postiglo dugotrajno istezanje s malim opterećenjem (12 do 15 min, 4 puta na dan) – ovo se koristi neposredno nakon operacije kako bi se održala i povećala ekstenzija koljena i prevenirala fleksijska kontraktura (3). Vježbe za povećanje fleksije uključuju klizanje petom (aktivno i pasivno s pomoću druge noge ili ruke), guranje pete prema gluteusima u ležećem položaju na trbuhu (5,31). Druge metode koje pomažu postizanju fleksije veće od 90° uključuju vrtnju na stolici, klizanje pete po zidu, uređaje za vraćanje fleksije, sobni bicikl, istezanje kvadricepsa (5,29).



Slika 7. Vježbe povećanja ekstezije koljena. A. Kako bi se pacijentu vratila potpuna ekstenzija primjenjuje se dugotrajno pasivno istezanje malim opterećenjem. Opterećenje utegom od 4,5 kg postavljenim iznad patele koristi se 10 do 15 minuta s nosačem postavljenim ispod gležnja kako bi se stvorilo istezanje. B. Komercijalni uređaj koji poboljšava ekstenziju i prevenira kompenzatornu vanjsku rotaciju kuka. (Preuzeto iz: Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A.) (3)



Slika 8. Vježbe povećanja fleksije koljena. A. Klizanje po zidu. B. Klizanje petom. Ove vježbe počinju kad je postignuta maksimalna ekstenzija. (Preuzeto iz: Surgical Techniques of the Shoulder, Elbow, and Knee in Sports Medicine) (32)

Vježbe istezanja hamstringsa i gastroknemijusa se primjenjuju u prvim danima iza rekonstrukcije LCA. Ove vježbe pomažu u otklanjanju boli i olakšavaju povećanje opsega pokreta u vidu potpune ekstenzije koljena zbog relaksacije koja slijedi nakon istezanja. Vježbe istezanja kvadricepsa i iliotibijalnog trakta su vježbe koje pomažu u potpunoj fleksiji. Ove vježbe su dio programa održavanja opsega pokreta (29). Kod pacijenata s hamstrings presatkom istezanje hamstringsa je ograničeno prvih mjesec dana (5).



Slika 9. Istezanje gastroknemijusa ručnikom (Preuzeto iz: Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes) (29)

Vježbe snaženja temelje se na principu opterećenja mišića s ciljem povećanja mišićne snage i trofike. Povećanje mišićne snage u prvim danima vježbanja nastaje prvenstveno zbog neuromišićne prilagodbe i pojačanoga živčanog regrutiranja (povećava se broj motornih jedinica koje se simultano kontrahiraju i povećava se frekvencija kontrakcije pojedine motorne jedinice)

nego zbog hipertrofije mišića koja nastupa tek nakon nekoliko tjedana vježbanja. Vježbe snaženja mogu biti statičke (izometričke) i dinamičke (izotoničke i izokinetičke). Izometričke vježbe snaženja izovode se bez pokreta u zglobu i temelje se na maksimalnoj voljnoj kontrakciji određena trajanja (28). Koriste se u ranim fazama rehabilitacije ozljeda, iz razloga što u većini slučajeva ne postoji dovoljan opseg pokreta, a kretnje u zglobu su bolne ili nisu dozvoljene (33). Izljev u zglobu može smanjiti voljnu kontrolu okolnih mišića te to može utjecati na pacijentovu sposobnost kontroliranja udova i normalnog uzorka hoda. Vježbe dizajnirane da pojačaju aktivaciju mišića počinju sa izometričnim kontrakcijama koje su sigurne i učinkovite vježbe tijekom rane rehabilitacije (30). S obzirom na to da želimo povećavati snagu kroz cijeli opseg pokreta, možemo se koristiti tehnikom vježbanja pod različitim kutovima (engl. multiple angle isometrics). Otpor se može povećati tako da pacijent gura nepomičan objekt pri kontrakciji (28). Budući da atrofija i slabost mišića kvadricepsa poslije rekonstrukcije LCA predstavlja veliki problem, odmah nakon operacije počinje se sa izometričkim kontrakcijama kvadricepsa. Rade se 10 puta na dan, kontrakcija se zadrži 10 sekundi i ponavlja se 10 puta uz pauzu između pojedinih kontrakcija. Kako ove vježbe postaju lagane, dodaje se težina na gležnjeve. S ovim vježbama se postiže rana kontrola kvadricepsa i proksimalna stabilizacija (29). Nakon što je postignuta voljna mišićna aktivacija potrebno je posupno vratiti mišićnu snagu. Da bi se napredovalo u kasnije faze rehabilitacije mora postojati određena bazalna razina mišićne snage. Snaženje se može postići raznim metodama izotoničkih vježbi gdje se postupno dodaje opterećenje (30). Izotoničke vježbe izvode se uz konstantan otpor kroz raspoloživ opseg pokreta, koncentričnom ili ekscentričnom kontrakcijom mišića. Određene su konstantnim opterećenjem, nejednakomjernim mišićnim radom i promjenjivom brzinom pokreta. Koncentrična kontrakcija nastaje kada mišić proizvodi silu, kontrahira se i tako smanjuje svoju dužinu, a tom se kontrakcijom koristimo pri kretnji akceleracije tijela. Ekscentrična kontrakcija nastaje kad se mišić proizvodeći silu produžuje. Ekscentrična mišićna kontrakcija uključuje negativan rad koji svakodnevno iskorištavamo u mnoštvu kretnji kao što su kontrola i deceleracija udova pri naglim promjenama smjera i brzine te apsorpcija šoka tijekom funkcionalnih aktivnosti u zatvorenom kinetičkom lancu. Kod izotoničkih vježbi napredovanje pri vježbanju nastaje postupnim povećanjem otpora mišiću, povećanjem broja ponavljanja ili povećanjem brzine izvođenja vježbe (28). Vježbe se mogu izvoditi ili u otvorenom (skr. OKC; engl. open kinetic chain) ili u zatvorenom kinetičkom lancu (skr. CKC; engl. closed kinetic chain). Vježbe OKC su definirane kao pokret gdje distalni dio ekstremiteta nije fiksiran o podlogu, poput ekstenzije koljena u sjedećem položaju (stopalo je pri tome slobodno u prostoru) (30). To su vježbe gdje prevladavaju pokreti u jednom zglobu (33). Pri hodu donji ud je u fazi zamaha u OKC, a kad je stopalo u dodiru sa podlogom u CKC (28). Vježbe CKC su vježbe kod kojih je distalni dio ekstremiteta fiksiran kao što je nožna presa (30). U

pokretu sudjeluje više zglobova i različite skupine mišića, što ovakav pokret čini funkcionalnijim i bližim opterećenju u svakodnevnom životu (npr. čučanj – stopala oslonjena o podlogu, sklek – stopala i šake oslonjeni o podlogu) (33). Ove vježbe stimuliraju proprioceptivni osjet u zglobu i njegovoj okolini učinkovitije od OKC, potiču mišićnu kokontrakciju i pridonose dinamičkoj stabilnosti zgloba (28). Izokinetičke vježbe su određene fiksnom brzinom, promjenjivim otporom i konstantnim mišićnim radom. Učinci treninga ovisni su o brzini na kojoj se trening provodi jer se i snaga dobiva za brzinu na kojoj je treniramo (60°/s; 90°/s; 120°/s). Budući da se opterećenje mijenja, kroz cijeli opseg pokreta mišićni rad je maksimalan (opterećenje se prilagođava količini sile koju proizvodi mišić). Ove se vježbe izvode na izokinetičkim dinamometrima koji služe i za testiranje snage i izdržljivosti mišićnih skupina. Na aktivnim dinamometrima mogu se obavljati i koncentrične i ekscentrične izotoničke i izokinetičke vježbe. Ove vježbe se ponajviše obavljaju u OKC (28).

Poslije ozljede i operacije česta je inhibicija kvadricepsa uslijed boli i izljeva tijekom akutne faze stoga se odmah počinje sa izometričkim kontrakcijama kvadricepsa kako bi se ostvarila voljna aktivacija kvadricepsa (3). Vježbe za vraćanje funkcije kvadricepsa uključuju izometričku kontrakciju kvadricepsa, dizanje ispružene noge (cilj je da je noga u potpunoj ekstenziji), vježbe CKC (u početku od 0°- 45°) kao što su mini čučnjevi, nožna presa te vježbe terminalne ekstenzije u stajaćoj poziciji (5).





Slika 10, 11 i 12. Na slici 10 je prikazana izometrička kontrakcija kvadricepsa. Slika 11 prikazuje dizanje ispružene noge, a slika 12 dizanje ispružene noge i odmicanje noge u zglobu kuka. (Preuzeto iz: Maravić Dario i Ciliga Dubravka) (33)

Nakon što je postignuta voljna mišićna aktivacija potrebno je posupno vratiti mišićnu snagu. Da bi se napredovalo u kasnije faze rehabilitacije mora postojati određena razina mišićne snage (30). Napredovanje u jačanju je vođeno pacijentovim odgovorom. Ne smije biti pristuno niti oticanje niti bol. Važno je vježbe izvoditi pravilnom tehnikom i izbjegavati kompenzatorne mehanizme. Pacijent ne bi trebao pristupati spravama za vježbanje dok ne pokaže da je sposoban učinkovito aktivirati kvadriceps i dok ne pokaže normalan hod (5). Budući da se stabilnost koljena postiže i jačanjem proksimalnog i distalnog kraja uda, jako je važna aktivacija i kontrola abduktora i vanjskih rotatora kuka kao i jačanje ekstenzora kuka i hamstrings muskulature.

Također treba jačati mišiće trupa i potkoljenice (3). Snaženje se može postići raznim metodama izotoničkih vježbi gdje se postupno dodaje opterećenje. Vježbe se mogu izvoditi ili u otvorenom ili u zatvorenom kinetičkom lancu (30). Kako bi se ostvarila kompletna rehabilitacija u program treba uvrstiti vježbe OKC i CKC (5,34).

Vježbe OKC provode se tijekom prvih tjedana rehabilitacije kako bi se dalje povećavala snaga kvadricepsa (29). Ekstenzija potkoljenice u OKC se radi od 90° do 40° da bi se izbjegla velika opterećenja u terminalnoj ekstenziji (minimaliziranje prednje translacije tibije) tijekom početnih mjeseci postoperativno, ali kasnije se može raditi u punom opsegu pokreta (5,31). Druge mišićne grupe koje se također uključuju u snaženje su aduktori, abduktori, fleksori i ekstenzori kuka, a vježbe se mogu izvoditi na spravama kao što je sprava za jačanje kuka u više pravaca (engl. multi hip) (slika 13).



Slika 13. A, B, C, D. Sprava za jačanje kuka u više pravaca – abdukcija, adukcija, ekstezija i fleksija (engl. multi hip) s kabelskim sustavom (Preuzeto iz: Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes) (29)

Također je važno jačati gastroknemijus (zbog hoda i programa trčanja) te trup i gornje ekstremitete za efektivan povratak sportu. Vježbe u kojima petu privlačimo gluteusima jačaći tako hamstringse (enlg. hamstring curls) možemo pojačati tako da stavimo utege na gležnjeve ili počnemo vježbati na spravi. Snaga hamstringsa je bitna za uspjeh rehabilitacije zbog svoje uloge u dinamičkoj stabilizaciji zgloba (29). U nastavku teksta (ukoliko ne postoji prikladan hrvatski naziv) ću se koristiti prethodno objašnjenim engleskim nazivima za vježbe.

Vježbe CKC pomažu u jačanju kvadricepsa kao i gastroknemijusa te hamstringsa (31). Na ozljeđenom ekstremitetu vježbe CKC se također koriste kako bi se trenirao neuromišićni sustav. Specifične neuromišićne vježbe za dinamičku kontrolu valgus i varus momenata u koljenu uključuju prednje i lateralne vježbe u kojima pacijent s jednom nogom stoji na povišenju te ju flektira i ekstendira (engl. step down; slika 14) i jednonožne vježbe ravnoteže.



Slika 14. Točno izvođenje step down vježbe. Treba primjetiti kako je zdjelica položena simetrično, a patela je okrenuta prema naprijed, što ukazuje da nema velike femoralne rotacije. Ova sportašica pokazuje dobru ekscentričnu kontrolu koljena, sugerirajući da je možda spremna unaprijediti svoju razinu aktivnosti. (Preuzeto iz: Malempati Chaitu i sur.) (5)

Prema pojedinim autorima uspoređeno s vježbama OKC (gdje nema opterećenja tjelesnom težinom), pacijenti koji izvode predominantno vježbe CKC (gdje ima opterećenja tjelesnom težinom) imaju manje boli u koljenu, stabilnija koljena te su zadovoljniji rezultatom i brže se vraćaju sportu (3). Drugi autori navode kako između vježbi OKC i CKC postoje slični ishodi u nestabilnosti koljena, boli u koljenu te funkciji koljena (35). Tijekom vježbi CKC opseg pokreta bi trebao biti unutar 0°- 90°, dok bi u ranijim fazama trebao biti još manji (0° do 45°/60°) (5). Vježbe CKC mogu početi u prvom postoperativnom tjednu sa mini čučnjevima. Dodatno pacijent

može stisnuti loptu između distalnih natkoljenica kako bi uključio kontrakciju aduktora kuka i jaču kontrakciju vastus medijalisa. Također čučnjeve se može izvoditi s utezima kako bi se povećala tjelesna težina i ostvarila jača kontrakcija kvadricepsa ili prebaciti težinu na jednu nogu kako bi se simulirala jednonožna kontrakcija. Dizanje na prste za jačanje gastroknemijusa i sjed u čučnju uza zid (engl. wall sit) za izometričnu kontrakciju kvadricepsa može početi u drugom postoperativnom tjednu. Postranične vježbe u kojima se staje na povišenje i ekstendira noga dižući se tako kao kada stajemo na stepenicu (engl. step up) i slične vježbe mogu početi kada se pacijent u potpunosti oslanja na nogu (29).

Vraćanje normalne neuromišićne funcije nakon LCA ozljede je najvažnije za eventualnu provedbu sport specifičnih vježbi i vraćanje potpune aktivnosti.

Propriocepcijske vježbe su ključne za poboljšanje neuromišićne funkcije, stoga je integriranje tih vježbi u rehabilitaciju ključno za uspješan ishod (29). Njihovim provođenjem se ostvaruje podloga motornog učenja za dodatne vježbe neuromišićne kontrole koje se integriraju kasnije (30). Proprioceptivne vježbe poboljšavaju osjet položaja i pokreta zgloba. Kako bi poboljšali propriocepciju služimo se blansnim platformama, različitim nestabilnim pločama, elastičnim trakama, loptama i sl. (28). U ranoj fazi ove vježbe počinju kombinacijom vježbi CKC kao što je prijenos težine s jedne na drugu nogu (engl. weight shifts) i vježbama repozicioniracnja zgloba (31). Vježbe repozicioniranja zgloba počinju sa zatvorenim očima kada fizioterapeut pasivno pomiče ekstremitet u raznim ravninama i onda ga vraća u početnu poziciju. Pacijent tada treba aktivno repozicionirati ekstremitet na određeno mjesto. Terapeut može povećati težinu tako što mijenja vanjske stimulanse (npr. vid i sluh) (30). Ove aktivnosti potiču povjerenje u sposobnost noge da izdrži pritiske težine i iniciraju podražaj za osjećaj pozicije zgloba (29). Mini čučnjevi se isto uvode ubrzo nakon operacije (3). Pacijenti trebaju nositi elastični zavoj ispod ortoze zato što neki autori navode da to ima pozitivan utjecaj na propriocepciju (3,36). Do kraja drugog tjedna mini čučnjevi se počinju izvoditi na nestabilnoj podlozi ako pacijent pokazuje dobru posturalnu kontrolu i obrazac izvođenja čučnja na čvrstoj podlozi. Pacijent se uči da čučne do 25°/30° i da drži poziciju 2 do 3 sekunde dok stabilizira balans ploču jer je kokontrakcija hamstringsa i kvadricepsa tada najveća. Čučnjevi i iskoraci koji se izvode s trupom nagnutim naprijed angažiraju hamstringse, koji pomažu smanjiti opterećenja na LCA smanjujući prednju tibijalnu translaciju. Također glutealna muskulatura ima veću aktivaciju u ovoj poziciji što dodaje medijalnoj i lateralnoj kontroli koljena (3).



Slika 15. Propriocepcijski trening na Biodex sustavu. Mini čučnjevi na ovoj platformi mogu pružiti povratnu informaciju o količini težine distribuirane između donjih ekstremiteta. (Preuzeto iz: Netter's Sports Medicine) (30)

Kako propriocepcija napreduje uključuju se treninzi za poticanje kokontrakcije tijekom funkcionalnih aktivnosti (30). Ovi **treninzi dinamičke stabilizacije** počinju tijekom prva tri tjedna nakon operacije s jednonožnim stavom na tlu i nestabilnim površinama i uvođenjem funkcionalnih aktivnosti poput prelaska čunjeva i treninga postraničnih iskoraka (3). U početku se vježbe ravnoteže na jednoj nozi mogu izvoditi između paralelnih šipki kako bi se pacijent mogao pomagati rukama ako je to potrebno (31). Tijekom izvođenja vježbi na jednoj nozi stopalo je usmjereno naprijed, koljeno je flektirano između 20° i 30°, ruke su raširene, a trup se drži uspravno sa ramenima iznad kukova i kukovima iznad gležnjeva (29). Pacijent može prelaziti u čučnjeve prema naprijed, nazad i lateralno s ciljem poboljšanja hoda, dinamičke stabilnosti i treninga kuka za kontrolu sile u koljenskom zglobu (30). Pacijenta se uči da diže koljeno do razine kuka i prelazi serije čunjeva te da doskoče sa lagano flektiranim koljenima (3). Treninzi sa čunjevima mogu se izvoditi pri raznim brzinama kako bi se noga dinamički stabilizirala pri različitim količinama zamaha (30). Iskoraci u stranu također poboljšavaju dinamičku stabilnost. Pacijenta se uči da skoči u stranu, doskoči na lagano flektirano koljeno i zadrži poziciju na 1 do 2 sekunde prije vraćanja u startnu poziciju (3). Pacijent napreduje od pravocrtnih bočnih iskoraka prema dijagonalnima i iskoracima s rotacijom koji se na kraju izvode na nestabilnoj podlozi (pjenasta podloga) (30). Kako pacijent progredira može se uključiti dodavanje loptom tijekom izvođenja vježbi kako bi se stabilizacija zgloba počela raditi nesvjesno (3). Uporaba elastične trake može pomoći uključivanju mišića kuka i trupa u treningu (30).



Slika 16. Lateralni step down s elastičnom trakom. Elastična traka se stavlja oko koljena kako bi osigurala otpor i kontrolu valgus momenta koljena angažirajući abduktore i rotatore kuka. (Preuzeto iz: Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A.) (3)

U vježbama ravnoteže na jednoj nozi pacijent može pomicati nogu na kojoj ne stoji (adukcija-abdukcija, fleksija-ekstenzija) i gornje ekstremitete dok održava stabilnost za poboljšanje dinamičke stabilizacije koljena i aktivacije raznih mišićnih grupa. Lopte medicinke sa sve većom težinom se mogu ukomponirati kako bi se povećao izazov (3,31).

Trening smetnji (pertubacijski trening) također se može uključiti 2 do 3 tjedna nakon operacije (3). Tehnike u ovom treningu uključuju destabilizaciju pacijenta na nestabilnim podlogama ili direktnim kontaktom ili micanjem platforme na kojoj pacijent stoji (29). Pacijent također može loviti laganu medicinku s flektiranim koljenima dok stoji na balans ploči. Uči ga se da stabilizira ploču tijekom iznenadne vanjske sile proizvedene težinom lopte (30). Primjena ovog neuromišićnog treninga dovodi do manje epizoda nestabilnosti, a njegov dodatni cilj je vraćanje pacijentovog povjerenja u ozlijeđeno koljeno. Naime nakon takve ozbiljne ozljede koljena pacijenti postanu uplašeni od ponovne ozljede. Vraćanje neuromišićne kontrole, a posebice trening smetnji značajno poboljšavaju pacijentovo pouzdanje u nogu (3). Detaljan opis ovoga treninga nalazi se u dijelu teksta o neoperativnom liječenju i tablici 3.

Vježbe poput održavanja ravnoteže dok se hoda po gredi, iskoraci na nestabilnoj podlozi i step up vježbe na nestabilnoj podlozi se također koriste za za stabilizaciju i razvijanje koordiniranih funkcionalnih uzoraka pokreta jer se ovim vježbama aktiviraju mišići koji se nalaze proksimalno i distalno u kinetičkom lancu (30).

Pliometrijski skakački treninzi se koriste s ciljem poboljšanja dinamičke stabilizacije koljena. Pliometrijske vježbe koriste mišićni refleks istezanja (nastaje produživanjem mišića i

posljedičnom aktivacijom proprioceptora tzv. mišićnog vretena koji dovodi do aktivacije i skraćenja mišića) da bi se proizvela maksimalna kontrakcija tijekom brzog ekscentričnog doskoka. Ovaj se trening koristi kako bi se naučile proizvoditi i raspršiti sile na ekstremitet i time izbjegla ozljeda (30). Tijekom raznih skokova pacijenta se uči da skače i doskače s lagano flektiranim koljenima, raširenima otprilike na širinu ramena da bi se izbjegla hiperekstenzija koljena i valgus pozicija koljena (29). Poslije rekonstrukcije patelarnim presatkom s ovim se treningom može početi oko 12 tjedana iza operacije, dok se kod rekonstrukcije hamstrings presatkom odgađa na oko 16 tjedana iza operacije. Šestotjedni pliometrijski program se izvodi dva do 3 puta svaki tjedan, zajedno s vježbama snaženja i kardiovaskularne izdržljivosti (3,29). Počinje se sa vježbama na nožnoj presi (koristi se kako bi se kontrolirala količina tjelesne težine i količina reakcije podloge) gdje se pacijente uči kako da točno izvedu skokove (3). Terapeut treba stalno ispravljati tehniku doskoka na način da se doskok izvodi nježno na prste s flektiranim koljenima i voditi računa o adekvatnom savijanju kuka, koljena i gležnja. (31). Pliometrijske vježbe progrediraju na ravno tlo i uključuju skokove iz gležnja, skakanje na mjestu te lateralno, dijagonalno i skakanje s okretanjem, vježbe sa skokovima u dalj i iskorake sa skokovima (enlg. skip lunging). S ovim treningom treba biti oprezan zbog njegovog potencijalnog negativnog djelovanja na zglobne površine i meniskuse te ga ne bi trebalo koristiti kod rekreativaca (3).



Slika 17. A i B. Skokovi na kutiju (visoki intenzitet). Stajanje na tlu sa stopalima u ravnini širine ramena oko 0,6 m ispred kutije (oko 2 ft). Sportaš izvodi lagani čučanj s rukama u zaručju te eksplozivno skače naprijed i vertikalno na kutiju. Nakon kratkog doskoka na kutiju, sportaš skače vertikalno i horizontalno na tlo. Ako postoji više kutija, sportaš može odmah skočiti na slijedeću kutiju jednake visine. Ako se koristi jedna kutija, sportaš se vraća i ponavlja. Izvode se 2 seta od 5 do 10 ponavljanja. (Preuzeto iz: Physical Rehabilitation of the Injured Athlete Physical Rehabilitation of the Injured Athlete) (37)

Proprioceptivna i neuromišićna kontrola se smanjuju kad se pojavi umor (30). Zbog toga se preporuča izvoditi neuromičićne treninge prema kraju tretmana, poslije kardiovaskularnog treninga, da bi se vježbala neuromišićna kontrola kad su dinamički stabilizatori umorni (3).

U početku pacijent treba održavati **kardiovaskularnu izdržljivost** s pomoću sprava koje ne uzrokuju velike sile sabijanja (31). Započinje se sa sobnim bicikom ukoliko postoji zadovoljavajući opseg pokreta (3,31). Kako se opterećenje na nogu povećava može se pristupiti vježbanju na orbitreku, a pri potpunom opterećenju na spravi koja simulira penjanje po stepenicama (38). Pacijent može početi šetati za vježbu ako ima normalan uzorak hoda i nema oticanja (5). Također sportašima je dozvoljeno trčati u bazenu i na traci koja smanjuje opterećenje prije nego što počnu trčati na suhom (3). Aktivnosti u vodi se mogu inicirati kada zacijeli kirurška rana. Rani ciljevi ovih programa uključuju poboljšanje potpunog ROM, retreniranje hoda i poboljšanje kardiovaskularne izdržljivosti. Djelotvoran kardiovaskularni program je važna komponenta kasnijih faza rehabilitacije. Poželjene su vježbe u vodi poput plivanja, hodanja, aerobika te trčanja u dubokoj vodi (29).



Slika 18. Traka koja može progresivno povećavati opterećenje može se koristiti se za hodanje ili trčanje kako bi se minimaliziralo opterećenje na koljeno. (Preuzeto iz: Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A.) (3)

Da bi se sportaši mogli sigurno vratiti sportu, mora se početi s **treninzima trčanja i okretnosti**. Treninzi okretnosti uključuju lateralno trčanje s bočnom promjenom smjera (engl. side shuffling), skokove, vertikalne skokove i trkačke uzorke (5). Pacijentov povratak sportu se ostvaruje nizom tranzicijskih treninga. Tako se sportašu dopušta trčanje u bazenu i na traci koja smanjuje opterećenje prije nego počne trčati na suhom. Također prije trčanja naprijed može se trčati unazad i lateralno kako bi se smanjilo opterećenje na koljeno. Prije aktivnosti kao što su

trkački i treninzi promjene smjera trebaju se započeti pliometrijske vježbe. Mnogi ranije opisani treninzi kao što su terninzi s čunjevima, iskoraci s otporom sportske sajle, pliometrijski treninzi te progresija treninga trčanja i okretnosti mogu se modificirati prema specifičnim funkcionalnim uzorcima pokreta koji su karatkteristični za pacijentov sport. Pojedini sport-specifični treninzi trčanja i okretnosti uključuju side shuffling, vježbe u kojima se jedna noga prebacuje preko druge (engl. carioca drill), iznenadno kretanje i zaustavljanje, cik-cak pokreti, promjene smjera pri 45° i 90°. Ovi posebni uzorci pokreta se uvode kako bi se naučili u kontroliranim uvjetima prije povratka sportu (3). Aktivnost progredira s pacijentovim odgovorom. Nije neobično da pacijenti iskuse blagu neugodnost u zglobu poslije započinjanja funkcionalnih aktivnosti, ali se to treba popraviti tijekom 6 do 10 sati s krioterapijom (5). Trkački program treba početi na traci za trčanje pri maloj brzini na ravnoj podlozi. Nakon što se pacijentov trkački hod normalizira i nisu prisutne velike asimetrije, brzina i nagib na traci se mogu povećati te pacijent može postupno prijeći na trčanje mimo take (31). Mogu se raditi vježbe penjanja i spuštanja na steper, pravocrtne vježbe okretnosti na donjim ljestvama pri 25% do 50% brzine, skakanje užeta, skokovi iz mini čučnja, mali skokovi sa izmjenjivanjem nogu u iskoraku poput škarica (engl. mini scissor jumps), vježbe sa sportskom sajlom (5). Nakon što pacijent može trčati ravno u punoj brzini, lateralno trčanje i carioca drills mogu početi (29). Progresija trčanja treba uključivati intervale hodanje-trčanje (5). Trčanje kratkih relacija se koristi da bi se poboljšala brzina i okretnost. Lateralno trčanje preko čunjeva može poboljšati propriocepciju (29). Također vježbe na donjim ljestvama treba početi izvoditi pri 50% do 70% brzine, prijeći na skokove na jednoj nozi, uvesti dinamičke aktivnosti sa visokim skipom te kompliciranije skokove s dvije noge koji uključuju okretanje u zraku za 90°-180°. Može se početi sudjelovati u bazičnim treninzima s timom, ali bez promjena smjera, okretanja i kontakta (5). Sportska oprema se može početi primjenjivati pri treninzima kako bi se povećalo razvijanje spotrskih vještina (npr. nogometna lopta za nogometaša da radi na driblingu i dodavanju) (29). Početni sport specifični zadaci trebaju se raditi sa 50% do 75% napora. Kasnije se uvode zadaci nagle promjene smjera i okretanja kao i napredne pliometrijske vježbe te se obogućava sudjelovanje u treningu s timom, ali bez kontakta (5). Trkački program počinje uključivati trčanje u obliku osmice. Prvo se izvode dugački i široki uzorci pokreta kako bi se ohrabrile fine promjene smjera. Kako brzina i povjerenje rastu udaljenost se smanjuje. Nakon toga trčanje počinje uključivati promjene smjera pod kutom od 45° do 90° koje pacijentu dozvoljavaju napredak s finih na oštre promjene smjera u trčanju (29).



Slika 19, 20, 21. Vježbe promjene pravca kretanja, na podnim ljestvama (Preuzeto iz: Maravić Dario i Ciliga Dubravka) (33)

5.1.2. Fizikalno terapijski modaliteti

Mišićna reedukacija s električnom mišićnom stimulacijom može pomoći vratiti pacijentu voljnu kontrolu inhibiranog mišića. Nekoliko je studija pokazalo kako se dodavanjem neuromuskularne električne stimulacije (skr. NMES) postoperativnim vježbama postiže snažniji kvadriceps i normalniji uzorak hoda (30). Električna stimulacija počinje odmah nakon operacije (3). Jedna elektroda se stavlja preko vastus medijalisa, a druga se stavlja na centralni lateralni dio gornje trećine kvadricepsa (29). Dok izvode izometričke i izotoničke vježbe (npr. izometrička kontrakcija kvadricepsa, dizanje ispružene noge, abdukcija i adukcija kuka i ekstenzija koljena 90°-40°) pacijenti su naučeni da aktivno kontrahiraju kvadriceps uz pomoć NMES (3). NMES se koristi dok se mišić ne ocijeni dovoljno snažnim (29).

Mobilnost patele omogućuje vraćanje punog pokreta, potrebna je za funkcioniranje kvadricepsa i služi da se zaštiti patela od pretjeranog trošenja i ruptrure te da se prevenira prednja koljenska bol. Mobilizacija se provodi medio-lateralno i kranio-kaudalno, posebice kod ljudi s patelarnim presatkom (3). Ova se vježba provodi 5 minuta prije vježbi opsega pokreta i radi se oko 6 tjedana postoperativno (29).

5.2. Neoperacijsko liječenje i predoperacijsko liječenje

Neoperativnom liječenju mogu pristupiti ili pacijenti koji nemaju pridruženu ozljedu i zadovoljili su uvjete testa probira, a žele se vratiti aktivnostima u kojima postoji okretanje i promjene smjera ili oni pacijenti koji su voljni promijeniti svoju aktivnost u smislu da sudjeluju samo u aktivnostima s pravocrtnim gibanjem poput trčanja i bicikliranja. Uspjeh ovoga liječenja definira se kao mogućnost povratka sportu ili životnim aktivnostima bez epizoda nestabilnosti koljena. Test probira otkriva potencijalne coperse i nije sastavljen od jednog testa nego je

kombinacija više testova (25). Za izvođnje ovih testova ne treba skupa oprema nego je dovoljno imati mjernu vrpcu, štopericu i upitnike (39). Da bi pacijenti pristupili testu probira obično treba proći određeno vrijeme od ozljede jer se mora otkloniti izljev i bol, smanjeni ROM i slabost kvadricepsa. Do tada pacijenti sudjeluju u rehabilitacijskom programu dok se ograničenja ne poprave (38,40). Kriteriji za pristupanje testu probira su: minimalni izljev, uredan PROM, potpuna ekstenzija noge prilikom dizanja ispružene noge, ≥70% snage kvadricepsa uspoređeno s zdravom stranom (izokinetički dinamometar) i neprisutnost boli tijekom skakanja na jednoj nozi (31,40). Pacijenti koji nisu zadovoljili kriterije mjesec dana nakon rehabilitacije se ne smatraju kandidatima za test probira i upućeni su kirurgu (31).

Tablica 1. Test probira za potencijalne coperse (Prema: Fitzgerald i sur.) (39)

<table>
<tr><th>Uvjeti koji trebaju biti zadovoljeni</th><th colspan="2">Testovi koji se izvode</th></tr>
<tr><td rowspan="4">≥80% simetrije između dvije noge (ozljeđena/ zdrava noga x100)</td><td rowspan="4">Četiri jednonožna hop testa (testovi u kojima se mjeri ili duljina mjernom vrpcom ili vrijeme štopericom)</td><td>1. Udaljenost koja se postigne skokom u dalj</td></tr>
<tr><td>2. Udaljenost postignuta trostrukim skokovima</td></tr>
<tr><td>3. Udaljenost postignuta trostrukim skokovima preko trake („cik-cak“)</td></tr>
<tr><td>4. Vrijeme koje je potrebno da se pređe 6 m skokovima na jednoj nozi</td></tr>
<tr><td>>80%</td><td colspan="2">Upitnik KOS-ADLS (engl. Knee outcome survey - Activity of Daily Living Scale; Ispitivanje ishoda koljena - upitnik o aktivnosti svakodnevnog života)</td></tr>
<tr><td>>60%</td><td colspan="2">Samoocjenjivanje globalne funkcije koljena (na skali od 0 do 100% gdje 100% predstavlja stanje prije ozljede)</td></tr>
<tr><td>≤1</td><td colspan="2">epizode nestabilnosti koljena (engl. giving way – prave epizode nestabilnosti kada koljeno „izleti“ te se pojavi bol i oteklina zgloba)</td></tr>
</table>

Pacijenti koji prođu test probira uključuju se u konzervativni program liječenja koji uključuje vježbe snaženja, izdržljivosti, okretnosti, ravnoteže i propriocepcije. Također sport-specifična funkcionalna progresija je uključena u rehabilitacijski program (31).

Prva faza (akutna faza; 0-3 tjedna) je karakterizirana hemartrosom (krvavi izljev koji uzrokuje upalu), gubitkom pokreta, slabošću ekstremiteta i refleksnom inhibicijom aktivacije kvadricepsa (zbog izljeva) s mogućom sekundarnom atrofijom u kojoj je izuzetno važno pokušati smanjiti izljev, upalu i bol RICE metodom (25). Napredovanje kroz rehabilitaciju je bazirano na zadovoljavanju kliničkih ciljeva pojedine faze, a vremenske okvire ne treba slijepo slijediti nego ih treba prilagoditi pacijentu (38). Terapeutske intervencije u ovoj fazi su usmjerene na vraćanje ROM i temeljnih deficita snage koji moraju biti otklonjeni prije uvođenja dinamičnijih intervencija. Perzistirajuća slabost kvadricepsa kroz naprednije stadije rehabilitacije može rezultirati nenormalnim kompenzatornim pokretima ili ostatnom nestabilnosti (25). Bol i oticanje mogu nastati uslijed brze progresije pacijenta u vidu prebrzog opterećenja tjelesnom težinom i prebrzog povećanja ROM (3). Ako pacijent nakon rigoroznog treninga ima povećanje izljeva i bol, ne treba progredirati dok se izljev ne smanji (38). Za jačanje kvadricepsa uvode se vježbe OKC (učinkovitije rješavanje izolirane slabosti kvadricepsa) i vježbe CKC (inkorporiranje razvijene snage kvadricepsa u dinamičnije pokrete). Ekstenzija koljena u OKC kod ozljede LCA izvodi se od 100°-30° kako bi se izbjegla prednja translacija tibije na kraju ekstenzije (25). Vježbe OKC za hamstrings mišiće mogu se izvoditi cijelim opsegom pokreta (31). Korištenje neuromišićne električne stimulacije tijekom izometričkih i izotoničkih vježbi kao što su izometrička kontrakcija kvadricepsa, dizanje ispružene noge, abdukcija i adukcija kuka i ekstenzija koljena je učinkovitije u poboljšanju snage i aktivacije kvadricepsa od izoliranog izvođenja vježbi (3). Treba početi snažiti i hamstringse, kuk i trup. Vraćanje primjerenog omjera snage kvadricepsa naspram hamstringsa i izbjegavanje dominacije kvadricepsa osigurava dodatnu dinamičku stabilnost koljena. Početak rješavanja potencijalnih oštećenja u ovim područjima može pomoći ubrzati stjecanje normalnijih uzoraka pokreta kroz vrijeme (25). Predoperativni protokol je jednak početnoj fazi neoperativnog liječenja te je prikazan u tablici 2 (3).

Tablica 2. Akutna faza neoperativnog liječenja/ Predoperativno liječenje (0-3 tjedna) (Prema: Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A.) (3)

Smanjenje upale, oticanja i boli	- **krioterapija** – primijeniti led kroz 20 minuta svaki sat - **elevacija noge** u ekstenziji iznad razine srca - **kompresija** elastičnim zavojem ili steznikom i **zaključavanje koljena u ekstenziji ortozom** pri hodu (ako pacijent pokazuje normalan uzorak hoda i ne prijavljuje nestabilnosti tijekom aktivnosti u dnevnom životu može se otključati (5)) - **štake** se mogu i ne moraju koristiti (ovisno o toleranciji) - pri svakom sastanku treba procijeniti izljev te na osnovu toga modificirati program liječenja (ako pacijent nakon rigoroznog treninga ima povećanje izljeva i bol ne treba progredirati dok se izljev ne smanji) (38)
Vraćanje normalnog ROM (osobito ekstenzije)	**pasivna ekstenzija do 0°**
	pasivna fleksija do tolerancije (postupno povećavati fleksiju)
Vraćanje voljne mišićne aktivacije (kako bi se prevenirala atrofija mišića) **i normaliziranje hoda**	- izmjenjivanje plantarne i dorzalne fleksije stopala, izometrička kontrakcija kvadricepsa, dizanje noge uz kontrakciju u ekstenziji (3 načina: fleksija abdukcija i adukcija u zglobu kuka; treba se težiti tome da je koljeno potpuno ekstendirano)
	vježbe zatvorenog kinetičkog lanca -uvode se kada pacijent pokaže poboljšanu snagu kvadricepsa kao npr. dizanje ispružene noge s potpunom ekstenzijom (38)): mini čučnjevi, iskoraci, step ups
	unutarnja i vanjska rotacija kuka s elastičnom trakom
	električna mišićna stimulacija kvadricepsa tijekom voljnih vježbi kvadricepsa (4-6 h/d)

	neuromuskularni / proprioceptivni trening - eliminiranje hoda s izbjegavanjem kvadricepsa (govorni, taktilni i vizualni znakovi; treba istaknuti da udar petom u početnom kontaktu s tlom treba biti s kontrakcijom kvadricepsa i da treba postojati simetričan stav između udova (38)) - vježbe zakoračaja unazad (engl. retro stepping drills) - vježbe na balans ploči s jednom nogom (vježbati i zdravu nogu)
zaštiti koljeno od daljnje ozljede (osobito meniskusa) vraćanjem koljena u normalnizirano stanje sličnom prije ozljede kako bi se postigla homeostaza tkiva	
edukacija pacijenta	

Proprioceptivne vježbe također počinju u ovoj fazi neoperativnog liječenja i mogu se postići kombinacijom CKC vježbi (prebacivanje težine) i vježbi repozicioniranja zgloba (31). Vježbe propriocepcije i ravnoteže poboljšavaju ishod u LCA ozlijeđenih. Nakon ovih vježbi primjećeno je poboljšanje u osjećaju zgloba za pokret i položaj, mišićnoj snazi, opaženoj funkciji zgloba i hop testiranju (41). Mini čučnjevi se mogu početi izvoditi na nestabilnoj podlozi ako pacijent pokaže funkcionalna poboljšanja. Funkcionalne aktivnosti kao što su iskoraci u tri smjera, step ups i vježbe prelazaka preko čunjeva također mogu biti ukomponirane. U ovoj fazi također treba pripremiti pacijente za skakanje na jednoj nozi kako bi mogli pristupiti testu probira. Skakanje se prvo radi sa dvije noge submaksimalo, a zatim se progredira na maksimalnu visinu. Nakon toga se prograđira na skakanje prema naprijed (nježni doskok s dobrom tehnikom; zadržati u fleksiji 5-10 s nakon doskoka), na tri skoka u nizu, unazad i postranično. Sljedeći se uključuju skokovi na jednoj nozi, ali se ne rade prije testa probira (31). Tijekom ove faze može se voziti sobni bicikl kako bi se održavala kardiovaskularna funkcija (38).

Prijelaz u **drugu fazu (neuromišićnu fazu rehabilitacije; 4-8 tjedana)** se radi kada je pacijent postigao puni ROM, kada je izljev nestao i kada postoji dovoljna mišićna snaga kako bi se sudjelovalo u dinamičnijim vježbama s opterećenjem tjelesnom težinom. Tijekom ove faze pacijent nastavlja sa jačanjem muskulature noge i trupa, ali sada počinje učestvovati u dodanim naprednijim vježbama ravnoteže, propriocepcije, neuromišićne funkcije te kardiovaskularne funkcije (25). Funkcionalna koljenska ortoza se koristi tijekom vježbi okretnosti u ovoj fazi (38). Iako mehanizam kojim ortoza poboljšava stabilnost nije jasna, neki izvori sugeriraju da malo reducira prednju translaciju tibije i poboljšava propriocepciju što oboje može doprinjeti osjećaju stabilnosti kod pacjenta (25). Bolnost i izljev određuju progresiju kroz fazu (38).

Kardiovaskularni trening treba početi postupno s 5 do 10 minuta vježbe na sobnom biciklu (za izdržljivost i ROM). Kada pacijenti izvedu 15 do 20 minuta vježbe bez izljeva i povećanja boli mogu progredirati na cestu. Vježbe na stroju koji simulira stepenice mogu se izvoditi kada postoji potpuno bezbolno opterećenje tjelesnom težinom (38).

Poseban tip neuromišićnog treninga, trening smetnji, osmišljen je da poboljša stabilnost koljena kod ozljede LCA (25). Trening smetnji uključuje destabilizaciju donjeg ekstremiteta na sistematični progresivni način sa translacijskim i rotacijskim smetnjama na određenim pločama kako bi se izazvala selektivna mišićna aktivacija bez velike mišićne kokontrakcije (38). Progresivne smetnje koje se primjenjuju izazivaju pacijenta da održava ravnotežu povećavajući tako dinamičku stabilnost koljena (25). Progresija smetnji je individualizirana i ovisi o sposobnosti pojedinca da primjeni usmjerenu silu protiv sile smetnje, selektivno aktivira mišiće i smanji gubitak ravnoteže (38). Brojne studije pokazale su kako ovaj trening poboljšava kinematiku koljena i mehaniku hoda te da reducira epizode nestabilnosti (25). Ovaj program se sastoji od 10 treninga, a tjedno se odrade 2-3 treninga (40). Treninzi se izvode u 3 seta od jedne minute za svaku vježbu sa odmorima od 30 do 60 sekundi (38).



Slika 22. A. Trening smetnji na balans ploči. B. Trening smetnji na ploči s kotačima. C. Trening smetnji na ploči s kotačima i stabilnom platformom. (Preuzeto iz: Orthopaedic Rehabilitation of the Athlete) (38)

Tablica 3. Trening smetnji (engl. pertubation training) (Prema: Fitzgerald i sur.) (38,40)

Rana faza (1-4 tretmana)	- spora aplikacija sile, male veličine; predvidljiva smetnja - prvih 2 do 5 tretmana pacijent dobiva verbalna upozorenja o smjeru i vremenu smetnje - verbalni i taktilni znakovi se koriste kako bi informirali pacijenta da izbjegava kokontrakciju koljena
ploča s kotačima	- prvi tretman s obje noge – kada pacijent pokaže dobru ravnotežu bez pada napreduje se na jednu nogu ostatak tertmana - pravocrtni pokreti: prvo anterio-posteriorne smetnje, a zatim medialno-lateralne - upozoravati pacijenta da izbjegava masivnu kokontrakciju koljena - ne treba prelaziti limit ravnoteže (ne uzrokovati pad)
balans ploča	- početi s obje noge pa progredirati na jednu - anterio-posteriorne smetnje; manja sila medijalno nego lateralno - upozoravati pacijenta da težinu raspodjeli jednako na obje noge i da izbjegava masivnu kokontrakciju
ploča na kotačima i stacionarna platforma	- ozljeđena noga je na ploči, a zdrava je na stacionarnoj platformi (kada se završe tri seta noge se zamijene i ponavlja se tretman)- cilj je oduprijeti se pomicanju ploče od strane terapeuta selektivnom mišićnom kontrakcijom - upozoravati pacijenta da ne smanjuje opterećenje na ozljeđenu nogu kada se poveća težina - ne preopterećivati pacijenta - pacijent treba odgovarati na prijmjenjene sile bez prevelikog pokreta ploče s kotačima
Srednja faza (4-7) tretmana	- neočekivane sile s brzim povećanjem veličine sile - tijekom zadnjih 5 tretmana dodati distrakciju za odvlačenje pažnje - sport/aktivnost specifični zadaci (npr. bacanje lopte) - smanjenje verbalnih upozorenja
ploča s kotačima	- dodani rotatorni i dijagonalni pokreti - promatrati teškoće s oporavkom (nekoliko padova ili bez padova)
balans ploča	- težiti brzom povratku u stabilni položaj poslije smetnje

ploča na kotačima i stacionarna platforma	- primjena sile s dodatnim kombiniranim pokretima - upozoravati pacijenta da ravnomjerno raspoređuje težinu na obje noge - upozoravati pacijenta da reagira ako se makne smetnja (kako bi se izbjeglo povratno micanje ploče)
Kasna faza (8-10 tretmana)	- povećana veličina sile s nasumičnim smjerom pokreta - povećati brzinu i veličinu distrakcije u položajima specifičnim za sport
ploča s kotačima	- tragati za neusklađenostima kuka, koljena i skočnog zgloba
balans ploča	- stopalo položeno dijagonalno - tragati za minimalnim njihanjima u odmoru ili nakon smetnje
ploča na kotačima i stacionarna platforma	- dijagonalni stav ili stav specifičan u sportu (raširene noge u sagitalnoj ravnini) - upozoravati pacijenta da ravnomjerno raspoređuje težinu i da reagira kako se makne smetnja

Kada je pacijent u mogućnosti primijeniti sve vježbe smetnji na jednoj nozi sa minimalnim smetnjama u ravnoteži, sport-specifični i funkcionalni zadaci trebaju biti dodani programu. Smatra se da kada se trening smetnji izvodi tijekom takvih aktivnosti dolazi do boljeg prenošenja naučene neuromišićne kontrole u sportske i funkcionalne situacije (31).

Da bi prešao u **fazu povratka sportu**, pacijent mora uspješno završiti neuromišićni trening bez epizoda nestabilnosti. Mjerenjem izokinetičkim dinamometrom mora biti prisutna simetrija snage s kontralateralnom stranom >90% kod kvadricepsa i hamstringsa (25). Pliometrijske aktivnosti se provode prije treninga trčanja i promjena smjera i praćene su sport-specifičnim treninzima okretnosti (3). Treninzi okretnosti trebaju početi pravocrtnim pokretima sa submaksimalnom brzinom te kasnije progredirati s povećanjem intenziteta pokreta i dinamičnijim smjerovima kako bi na kraju bili savladani pokreti u sve tri ravnine u punoj brzini. Ove aktivnosti mogu progredirati u sport-specifičnije zadatke bazirane na individualnim potrebama pacijenta (25). Takav trening treba poticati razvijanje funkcionalnih uzorkaka pokreta u pacijentovom sportu udruženih sa perifernom aferentnom stimulacijom (proprioceptivni izazovi) da se ubrza neuromišićna reedukacija i trenira dinamička stabilnost koljena tijekom zadataka u sportu. Za sportove koji uključuju trčanje, promjene smjera i skakanje, specifični treninzi uključuju prelaske čunjeva, side shuffles, carioca drills, iznenadno zaustavljanje i kretanje, promjene smjera, skakačke vježbe i vježbe koje uključuju loptu (npr. ako je u pitanju nogomet) (31). Odluka o povratku sportu donosi

se nakon uspješno završene faze povratka sportu. Izokinetička snaga kvadricepsa i hamstringsa te funkcionalni hop testovi trebaju pokazati ≥90% simetrije među udovima. Za procjenu simetrije u pokretu mogu se koristiti skok iz niske pozicije s privlačenjem koljena prsima (engl. tuck jump) i čučanj na jednoj nozi. Trebalo bi evaluirati i psihološku spremnost pacijenta za povratak sportu (25).

5.3. Postoperacijsko liječenje

Poslije ozljede i operacije česta je inhibicija kvadricepsa uslijed boli i izljeva. Kratkoročna preoperativna rehabilitacija se dobro tolerira, a poslije ozljede LCA pomaže poboljšanju funkcije koljena, bilo prije rekonstrukcije ili kao prvi korak u neoperativnom liječenju. Pacijenti koji idu na preoperativnu rehabilitaciju progrediraju brže kroz postoperacijsku rehabilitaciju (posebice u ranim fazama) i vraćaju ROM s manje simptoma (3). Primarni cilj u ovoj fazi je smanjiti oteklinu, vratiti potpunu ekstenziju i postići adekvatnu aktivaciju kvadricepsa vježbama i istovremenom električnom stimulacijom (30). Nakon operacije koljeno u ortozi se zaključava u potpunoj ekstenziji. Odmah se kreće sa vježbama opsega pokreta i vježbama aktivacije kvadricepsa. Pacijent sa dvije štake može odmah početi opterećivati nogu. Da bi smio progredirati u opterećenju tjelesnom težinom pacijent mora izvesti dizanje ispružene noge u potpunoj ekstenziji bez pojačanja boli ili oticanja i pokazati dobru kontrolu kvadricepsa. Dvije štake se koriste prvih 7 do 10 dana, a nakon toga se progredira na jednu (3). Očekuje se da nakon oko 10 do 14 dana pacijent može ostaviti štake (30). Operećenje tjelesnom težinom se ili odgađa ili je sporije ako su primjenjene udružene operacije ili ako su pristune kontuzje kosti kako bi se omogućilo adekvatno cijeljenje (3). Potpuna pasivna ekstenzija se pokušava postići što prije, dok se fleksija vraća postupno (30). Trenutni rehabilitacijski programi ne fokusiraju se samo na vježbe jačanja nego i na treninge propriocepcije i neuromišićne kontrole kako bi se osigurao neurološki stimulans i posljedično dinamički ojačalo koljeno. Vježbe s i bez opterećenja, proprioceptivni trening i vježbe snaženja započinju tijekom prva dva tjedna i progrediraju ako ih pacijent tolerira (3). Sprave s opterećenjem (npr. nožna presa i sprava za jačanje kuka u više pravaca- abdukcija, adukcija i ekstenzija) mogu se uvesti oko 3 do 4 tjedna poslije operacije. Uz jačanje kvadricepsa i hamstrngsa nužno je jačanje mišića kuka i trupa kako bi se spriječila neispravna biomehanička naprezanja na koljenu (30). Treninzi neuromišićne kontrole (dinamička stabilizacija i kontrolirani trening smetnji) postupno se uključuju od 2 do 3 tjedna postopertivno (3). Vježbe CKC i neuromišićne vježbe progrediraju uključivanjem treninga smetnji na nestabilnoj podlozi (30). Kada pacijent pokaže zadovoljavajuću snagu i neuromišićnu kontrolu funkcionalne aktivnosti poput trčanja i mijenjanja smjera mogu početi (3). Svaki sportaš je drugačiji stoga povratak sportu

treba biti individualiziran i ne treba slijediti vremenske okvire nego s obzirom na spremnost napredovati u fazama vraćanja sportu (5). Lagano pliometrijsko skakanje može započeti 8 do 10 tjedana postoperativno. Funkcionalne aktivnosti poput laganog trčkaranja mogu započeti nedugo nakon pliometrijskog treninga i progredirati prema trčanju i skakanju oko 10 do 18 tjedana postoperativno. Sportaš se može postupno vratiti sportovima koji uključuju nagle promjene smjera kao što je nogomet oko 4 do 6 mjeseci nakon operacije, dok se sportovima koji uključuju skakanje kao što je košarka mogu vratiti oko 6 do 9 mjeseci nakon operacije (3,30). Jednostavan koncept progresije može se primijeniti na ROM, vježbe jačanja, proprioceptivni trening, neuromišićni trening, funkcionalne treninge i sport specifične treninge. Npr. vježbe kao što su prebacivanje težine s noge na nogu i iskoraci mogu progredirati iz anterio-posteriorog i medio-lateralnog smjera prema višesmjernima i rotacijskim pokretima. Vježbe koje se izvode na dvije noge (npr. nožna presa, ekstenzija koljena, vježbe ravnoteže, pliometrijski skokovi) mogu progredirati tako što se izvode na jednoj nozi. Konstantno povećanje boli, upale ili oticanje u bilo kojem trenutku tijekom rehabilitacijskog programa su znak preagresivnog pristupa (3).

Postoje razni programi rehabilitacije koji su prilagođeni potrebama pacijenata. Mogu se koristiti 4 rehabilitacijska programa: ubrzani program za pacijente sa patelarnim presatkom (kod mlađih i sportske populacije), regularni program za pacijente sa patelarnim presatkom, program za pacijente sa hamstrings presatkom te program za pacijente sa pratećom operacijom (kao što je popravljanje meniskusa i zglobne hrskavice). Glavna razlika između programa je brzina napredovanja kroz faze rehabilitacije i vrijeme potrebno za oporavak. Svaki program ima 6 faza te se za napredovanje u slijedeću fazu trebaju zadovoljiti kriteriji potrebni za ulazak u sljedeću fazu. Na primjeru ubrzanog rehabilitacijskog programa (tablica 4.) poslije rekonstrukcije patelarnim graftom prikazane su faze rehabilitacije te koji su ciljevi i kriteriji za napredak (3). U tablici 5. se može vidjeti individualiziran pristup rehabilitaciji s obzirom na izbor presatka, udruženih ozljeda te različitosti u pristupu kod ženskih sportašica.

Tablica 4. Ubrzana rehabilitacija nakon rekonstrukcije LCA patelarnim presatkom (Preuzeto iz Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A.) (3)

1. **Preoperativna faza**
- smanjiti upalu, oteklinu i bol - vraćanje normalnog ROM (posebno ekstezije) kako bi se smanjio rizik postoperativne artrofibroze (opseg PROM bi trebo biti od 0° do 120°/125°) - vraćanje voljne mišićne aktivnosti - edukacija pacijenta o operaciji i postoperativoj rehabilitaciji te priprema za operaciju

2. Neposredna postoperativna faza (1.-7. dan)	
Ciljevi: - vratiti potpunu pasivnu ekstenziju; smanjiti oticanje i bol; vratiti mobilnost patele; postupno povećavati fleksiju koljena; obnoviti kontrolu kvadricepsa; uspostaviti neovisan hod	
Dan 1.	- lokalno led i elevacija u potpunoj ekstenziji; led kroz 20 min svaki sat - evaluacija - koljeno treba biti u ortozi zaključano u potpunoj ekstenziji tijekom hodanja i spavanja, a otključano dok se sjedi - dvije štake, uz opterećenje tjelesnom težinom ako se tolerira - NMES tijekom aktivnih mišićnih vježbi (4-6 h/d) - CPM; od 0° do 45°/50° (ako se tolerira i prema procjeni liječnika)
	- **vježbe**: - dorzalna/plantarna fleksija stopala; dodatni pritisak za potpunu pasivnu ekstenziju; aktivna i pasivna fleksija koljena (postići 90° do petog dana); podizanje ispružene noge (fleksija, abdukcija, adukcija); izometričko snaženje kvadricepsa; istezanje hamstringsa; vježbe CKC: mini čučnjevi, prebacivanje težine
Dan 2.-3.	- koljeno treba biti u ortozi zaključano u potpunoj ekstenziji tijekom hodanja i spavanja, a otključano dok se sjedi - ortoza se skida pri izvođenju vježbi ROM; 4-6 puta na dan - hod uz dvije štake s opterećenjem prema toleranciji - NMES kvadricepsa; 6 h na dan - CPM; od 0°-90° ako je potrebno - lokalno led i evaluacija
	- **vježbe**: - izometričke vježbe snaženja kvadricepsa pri 90° i 60° fleksije i u eksteziji - vježbe ekstenzije koljena od 90° do 40° - dodatni pasivni pritisak u ekstenziji (ekstenzija koljena treba biti ≥0° prema blagoj hiperekstenziji) - mobilizacija patele (5 do 8 puta na dan), dorzalna/plantarna fleksija stopala, dizanje ispružene noge (u 3 smjera), mini čučnjevi i prebacivanje težine, izometričke vježbe kvadricepsa
Dan 4.-7.	- koljeno treba biti u ortozi zaključano u potpunoj ekstenziji tijekom hodanja i spavanja, a otključano dok se sjedi - ortoza se skida pri izvođenju vježbi ROM; 4-6 puta na dan

	- hod uz dvije štake s opterećenjem prema toleranciji - fleksija koljena 90° do petog dana, a oko 100° do sedmog dana - NMES kvadricepsa; 6 h na dan - CMP; od 0°-90° ako je potrebno - lokalno led i evaluacija
	- **vježbe:** isti program kao od kao od 2.-3. dana uz razlike navedene niže: - dodatni pritisak u ekstenziji (cilj postići punu ekstenziju koljena od 0° do hiperekstenzije od 5°-7°) - snaženje hamstringsa u stajanju (engl. hamstrings curls) - **neuromuskularni trening/propriocepcija i vježbe ravnoteže**: vježbe OKC, pasivno/aktivno repozicioniranje zgloba pri 90° i 60°; vježbe CKC, čučnjevi i prebacivanje težine s repozicioniranjem
Kriteriji za slijedeću fazu: - minimalan izljev; potpuna pasivna ekstenzija; PROM: 0°-90°; dobra mobilnost patele; kontrola kvadricepsa (sposobnost da se dobro izvodi izometrička kontrakcija kvadricepsa i mogućnost podizanja ispružene noge); neovisni hod	
3. Rana rehabilitacijska faza (2.-4. tjedan)	
Ciljevi: -održati potpunu pasivnu ekstenziju koljena (najmanje 0° do 5°-7° hiperekstenzije); postupno povećavati fleksiju; smanjiti oticanje i bol; mišićna kontrola i aktivacija; vratiti propriocepciju / neuromišićnu kontrolu; normalizirati mobilnost patele	
Tjedan 2.	- ortoza se nastavlja nositi zaključana tijekom hoda i spavanja - cilj je hod bez štaka 10.-14. dan postoperativno - održavanje punog PROM - samostalno istezanje u svrhu povećanja ROM (4-5 puta na dan); vratiti ekstenziju simetričnu drugoj nozi - mjerenje translacije tibije koljenskim artrometrom 2000 (6,8 kg samo antero-posteriorno testiranje) - NMES pri vježbanju kvadricepsa
	-**vježbe:** - izometrična kontrakcija kvadricepsa; dizanje ispružene noge (4 ravnine); nožna presa (0°-60°); ekstenzija koljena (90°-40°); polučučnjevi (0°-40°); prebacivanje težine s noge na nogu; prednji i stražnji iskoraci (engl. lunges); stojeće izotoničke vježbe hamstringsa – aktivni ROM; bicikl (ako ROM dozvoljava); dodatni pritisak u ekstenziji; PROM od 0°-100°; mobilizacija patele; vježbe noge na zidu;

	progresivne vježbe snaženja kvadricepsa s dodavanjem otpora prilikom izvođenja ekstenzije koljena (početi sa 0,5 kg te svaki tjedan dodavati 0,5 kg) - **propriocepcijski/ neuromišićni trening:** vježbe OKC - pasivno/aktivno repozicioniranje zgloba (90°, 60°, 30°); vježbe CKC - repozicioniranje tijekom čučnjeva i iskoraka; početi raditi čučnjeve na balans ploči
Tjedan 3.	- prestati zaključavati ortozu (neki pacijenti koriste ROM ortozu za hod) - ako pacijent nastavi nositi ortozu, otključati je tijekom hoda - nastaviti istezanje i primjenjivati dodatni pritisak u ekstenziji za ROM (ROM treba biti 0°-105°); vratiti pacijentu simetričnu ekstenziju
	- **vježbe:** - nastaviti sve vježbe iz drugog tjedna; PROM 0°-105°; bicikl za stimulaciju ROM i izdržljivosti; program šetanja u bazenu (ako je rez zarastao); ekscentrične vježbe snaženja kvadricepsa (40°-100°, samo izotonične vježbe); iskoraci u stranu; prednji silasci s kutije (engl. step downs); lateralni prelasci preko čunjeva (engl. step overs); sprava koja simulira stepenice; unaprijediti proprioceptivni i trening neuromišićne kontrole; nastaviti pasivne/aktivne treninge s repozicijom zgloba (CKC, OKC)
Kriteriji za slijedeću fazu: - aktivni ROM 0° do 115° - snaga kvadricepsa 60% snage kontraleteralne strane (izometrički test pri 60° fleksije) - nepromjenjen test translacije tibije kokjenskim artrometrom bilateralno (+1 ili manje) - minimalan izljev ili bez zglobnog izljeva - nema boli u zglobnoj pukotini ni patelofemoralne boli	
4. Faza progresivnog snaženja/ neuromišićne kontrole (4.-10. tjedan)	
Ciljevi: - vratiti potpuni ROM (5°-0° do 125°), simetrični pokret - poboljšati snagu nogu - poboljšati propriocepciju, ravnotežu i neuromišićnu kontrolu - poboljšati mišićnu izdržljivost - vratiti povjerenje u nogu i funkciju	
- prestati nositi ortozu, može se nastaviti nositi steznik za kontrolu otekline ili potporu - samostalno raditi vježbe za ROM (4-5 puta na dan koristeći drugu nogu); naglasak na održavanje 0° pasivne ekstenzije - PROM 0°-125° tijekom četvrtog tjedna	

Tjedan 4.	Testiranje koljenskim artrometrom 2000 (10 kg prednji i stražnji test)
	- vježbe: - progresija izometričkog programa jačanja; nožna presa 0°-100°; ekstenzija koljena 90°-40°; vježbe hamstringsa (izotonički); abdukcija i adukcija kuka; fleksija i ekstenzija kuka; lateralni prelasci preko kutije; iskoraci u stranu (početi vježbe u više smjerova, dijagonalno); lateralno penjanje na kutiju (engl. step ups); prednji silasci s kutije; izvođenje čučnja s osloncem o zid; vertikalni čučnjevi; odizanje na prste u stajanju; odizanje na prste u sjedenju; vježbnje na Biodexu (ravnoteža, čučnjevi…); treninzi propriocepcije; bicikl; sprava koja stimulira stepenice; u bazenu (trčanje unazad, vježbe za kuk i nogu); šetanje po traci koja smanjuje opterećenje - **propriocepcijski/neuromišićni trening**: čučnjevi na balas ploči sa smetnjama; pasivno/aktivno repozicioniranje OKC; CKC repozicioniranje na balans ploči
Tjedan 6.	Test koljenskim artrometrom 2000 (10 i 15 kg prednji i stražnji test)
	- vježbe: - nastaviti sve vježbe - trčanje u bazenu (unaprijed) i treninzi okretnosti; balans ploča (progredirati na održavanje ravnoteže i bacanje lopte); klizanje uza zid do čučnja
Tjedan 8.	Test koljenskim artrometrom 2000 (10 i 15 kg prednji i stražnji test)
	- **vježbe:** - nastaviti sve vježbe iz 4. i 6. tjedna - nožna presa- jednonožno 0°-100° i 40°-100°; pliometrijska nožna presa; trening smetnji; izokinetičke vježbe (90°-40°) (120°-240°/s); program hodanja; bicikl za izdržljivost; sprava koja simulira stepenice za izdržljivost; Biodex sistem stabilnosti; trening na balans ploči
Tjedan 10.	- Test koljenskim artrometrom 2000 (10 i 15 kg prednji i stražnji test) - maksimalna vrijednost na manualnom mišićnom testu - izokinetički test (koncentrična ekstenzija/fleksija pri 180° i 300°/s)
	- vježbe: - nastaviti sve vježbe iz tjedna 6.,8. i 10. - nastaviti vježbe istezanja - progresija vježbi snaženja i neuromišićnog treninga
Kriteriji za slijedeću fazu: - aktivni ROM 0°-125° ili više	

- snaga kvadricepsa 75% kontraleteralne strane
- u ekstenziji koljena omjer fleksori/ekstenzori je 70 do 75 %
- nema promjena u vrijednosti izmjerene koljenim artrometrom (uspoređeno s kontralateralnom stranom, unutar 2mm)
- bez boli i izljeva
- zadovoljavajući klinički pregled
- zadovoljavajući izokinetički test (vrijednosti pri 180°/s):
    - bilateralna usporedba kvadricepsa 75%
    - snaga hamstringsa jednaka bilateralno
    - kvadricepsov vršni moment/tjelesna težina omjer – 65% muškarci; 55% žene
    - hamstrings/kvadriceps omjer 66% do 75%
    - jednonožni hop test 80% kontralateralne noge
    - subjektivno ocjenjivanje koljena (modificirani Noyes sistem) – 80 ili više bodova

5. Faza napredne aktivnosti (10.-16. tjedan)

Ciljevi:

- normalizirati snagu donjeg ekstremiteeta
- povećati mišićnu snagu i izdržljivost
- poboljšati neuromuskularnu kontrolu
- početi izvoditi odabrane sport- specifične treninge

Tjedan 10.-12.	- **vježbe:** - može se početi s programom trčanja (10.-12. tjedan; odlučuje liječnik) - može se početi lagani sportski program (odluka liječnika) - nastaviti sve treninge snaženja: nožna presa, čučnjevi uz zid, abdukcija/adukcija kuka, fleksija/ekstenzija kuka, ekstenzija koljena 90°-40°; snaženje hamstringsa, stajanje na prste (sjedeći, stojeći), silazak s kutije, lateralno penjanje na kutiju, iskoraci u stranu, pliometrijska nožna presa - **neuromišićni trening**: lateralni prelazak preko čunjeva, iskoraci u stranu, terninzi na balans ploči
Tjedan 14-16	- napredovati u programu - nastaviti sve treninge - mogu se započeti treninzi okretnosti u stranu - trčanje unazad

Kriteriji za slijedeću fazu:

- puni ROM
- nepromjenjeni test koljenim artrometrom (unutar 2,5 mm suprotne strane)

- izokinetički test koji ispunjava kriterije: - kvadriceps bilateralna usporedba 80% - hamstring bilateralna usporedba ≥ 110% - omjer kvadricepsovog momenta/tjelesna težina ≥ 55% - omjer hamstring/kvadriceps ≥70% - proprioceptivni test 100% kontralateralne noge - funkcionalni test ≥ 85% kontralateralne noge - zadovoljavajući klinički pregled - subjektivno ocjenjivanje koljena (modificirani Noyes sistem) ≥ 90 bodova
6. Faza povratka aktivnostima (16.-22. tjedan)
Ciljevi: - postepeno vraćanje neograničenom sportu - postići maksimalnu snagu i izdržljivost - normalizirati neuromuskularnu kontrolu - unaprijediti trening vještina
Koljeni artrometr 2000, izokinetički i funkcionalni testovi prije povratka
- **vježbe:** - nastaviti vježbe snaženja - nastaviti neuromišićne treninge - nastaviti pliometrijske treninge - progredirati u trkačkom i treningu okretnosti - progredirati u sprot specifičnom treningu (trčanje, promjene smjera, treninzi okretnosti) - postepeno vraćanje sportskim treninzima
Šestomjesečno praćenje: izokinetički test, koljenski artrometar 2000, funkcionalni testovi
Dvanaestomjesečno praćenje: koljenski artrometar 2000, funkcionalni testovi

Tablica 5. Individualizirani pristup rehabilitacijskom programu (Prema : Wilk Kevin E. i Arrigo Christopher A.) (3)

Patelarni presadak - bolja objektivna stabilnost; cijeljenje oko 8. tjedna; veći postotak artrofibroze; prednja koljenska bol - veći gubitak ROM - ekstenzija koljena; patelofemoralne pritužbe
Hamstrings presadak - cijeli oko 12. tjedna; povećana labavost presatka

- inicijalno treba biti manje agresivan; vraćanje trčanju, pliometrijskim vježbama i sportu je malo sporije; ne treba se izolirano jačati hamstrings mišiće otprilike 8 tjedana da bi se pojavilo primjereno cijeljenje mjesta s kojeg je uzet presadak
Alograft - cijeljenje s koštanim tunelima može biti duže od 4 do 6 mjeseci - sporiji program od autograftova; inicijalna prograsija je slična, ali rehabilitacijski proces treba biti sporiji u agresivnim aktivnostima kao što su trčanje, skakanje i mijenjanje smjera
Udružena ozljeda MCL (često, oko 13%) - nerekonstruiran MCL, proksimalna ili ruptura srednjeg dijela - veća bol i mogućnost ekscesivnog stvaranja ožiljnog tkiva medijalne strane zlobne čahure te se stoga preporučuje brže vraćanje opsega pokreta (posebice ekstenzije) kako bi se spriječila kontraktura, a što zbog prisutnosti boli može biti teže izvedivo - nerekonstruiran MCL, distalna ruptura - česta ostatna valgus nestabilnost jer u tom dijelu ligament slabije cijeli - mora se progredirati pažljivije kako bi se dozvolilo cijeljenje tkiva (u nekim slučajevima pacijenti mogu biti imobilizirani prije rekonstrukcije ACL kako bi MCL zacijelio) - izbjegava se pretjerani valgus stres
Udružena ozljeda LCL (rijetko, oko 1%) - sporija progresija kako bi se omogućilo adekvatno cijeljenje; brzina vraćanja ROM nije promijenjena, ali je progresija opterećenja težinom sporija (potpuno opterećenje oko 4 tjedna nakon operacije) - vježbe koje uzrokuju pretjerani varus zahtijevaju pažljivo motrenje i razborito progrediranje - ako se pri hodu javlja varus potiskivanje, tada se ortoza može prilagoditi tako da se medijalno koljeno odtereti u svrhu kontrole varus momenta - izolirano izotoničko snaženje hamstringsa može biti odgođeno za 6-8 tjedana radi smanjenja varus stresa
Udružene ozljede hrskavice i kontuzije kosti (vrlo često, 70-90%) - kontuzije kosti nastaju najčešće na lateralnom platou tbije i lateralnom kondilu femura - potrebno je ograničenje opterećenja tjelesnom težinom kako bi se omogućilo cijeljenje kosti, no s druge strane postupno kontrolirano opterećenje tjelesnom težinom važno je za cijeljenje hrskavice (specijalist se oslanja na simptome i ev. MR kako bi odlučio o progresiji pacijenta) - PROM vježbe (na CPM ili od strane fizioterapeuta) su sigurne i učinkovite vježbe za primjenu odmah po operaciji – preveniraju adhezije i pomažu u kreiranju glatkog pokreta bez trenja te pomažu oporavku hrskavice (opterećenje i pokret su važni za oporavak hrskavice)

- razmotriti odgađanje aktivnosti pri kojima se stvara sabijajuća sila poput trčanja i pliometrijskih vježbi dok ne prođe dovoljno vremena za cijeljenje kosti - može biti koristan program postupnog opterećenja u bazenu ili traci s umanjenjem opterećenja kod pacijenta s kontuzijom kosti
Udružene ozljede meniskusa (često, 64-75%) - često je potrebna parcijalna artroskopska menicektomija, a tada rehabilitacijski protokol nije značajno promijenjen, no može biti potrebno više vremena do uvođenja trkačkog ili skakačkog programa - ponekad se ozljeđeni meniskus može zašiti – rehabilitacijski protokol je tada usporen, tj. progresija ROM i opterećenja tjelesnom težinom je malo sporija - pacijenti sa kompleksnom rekonstrukcijom meniskusa mogu koristiti štake dodatna 1-2 tjedna nakon operacije, izotoničko jačanje hamstringsa je ograničeno do 8 do 10 tjedana nakon operacije zbog uske anatomske veze između zglobne čahure, meniskusa i hamstringsa, pacijent ne smije čučnuti preko 60° kroz 8 do 12 tjedana i treba izbjegavati čučnjeve s pokretima rotacije najmanje 16 tjedana, dozvoljeni ROM fleksije je do drugog tjedna 90°-100°, do trećeg tjedna 105°-110° i do četvrtog 115°-120° - pacijenti s rekonstrukcijom izolirane rupture meniskusa na periferiji imaju dozvoljenu fleksiju do drugog tjedna oko 90°-100°, do trećeg tjedna 105°-115° i do četvrtog tjedna 120°-135°
Ženske sportašice - ispravljanje neispravne biomehanike i uklanjanje mišićnog disbalansa - ženske sportašice su sklone položaju adukcije i unutarnje rotacije u kuku te valgusa potkoljenice, uz premalu fleksiju u koljenu pri doskoku što je predisponirajuće za ozljedu LCA - važna je edukacija sportašica o optimalnom poravnanju osovine noge (koljeno u ravnini drugog prsta) te provođenje vježbi za koaktivaciju kvadricepsa i hamstringsa kako bi se izbjegao valgus stres - provode se vježbe za kontrolu valgus stresa: prednji step downs (sa uputom da tijekom ekscentrične faze tj. faze spuštanja održavaju primjereno poravnanje), lateralni step downs s otporom elastičnom trakom (elastičnom trakom se vuče koljeno medijalno kako bi se uspostavila kontrola valgusnog momenta angažirajući abduktore i rotatore kuka), čučnjevi sa elastičnom trakom oko distalnih femura - vježbe na balans ploči dok se baca i hvata lopta - koaktivacija kvadricepsa i hamstringsa - dinamički stabilizacijski treninzi (kako bi se izbjgao doskok s koljenom u eksteziji) s fleksijom od 30° u koljenu s ciljem poboljšanja poravnanja i aktivacija kvadricepsa i

hamstringsa - trenirati ekstenzore, vanjske rotatore i abduktore kuka te stabilizatore trupa s naglaskom na flektirano koljeno tokom trčanja, mijenjanja smjera i skakanja - ekscentrični trening abduktora, ekstenzora i vanjskih rotatora kuka – kontrola adukcije i unutarnje rotacije kuka

Povratak sportaša u natjecanje trebao bi biti postupan slijed koji napreduje od najmanje zahtjevnih do najzahtjevnijih aktivnosti. Testovi za ocjenu spremnosti trebali bi se određivati kako sportaš napreduje, a ne odjednom. Funkcionalne aktivnosti koje su potrebne za sudjelovanje u natjecanju se mjere i ocjenjuju te se time određuje napredovanje prema neograničenoj aktivnosti putem definiranih kriterija za utvđivanje spremnosti koji uključuju trčanje, treninge okretnosti, skakanje, promjene smjera i neograničeni sport (3).

Pojednostavljeno, pacijent bi trebao pokazati >90% simetrije udova na hop testu (jednonožni hop test, šestmetarski hop test, trostruki hop test na jednoj nozi, hop test s preskakivanjem oznake na podu, i vertikalni hop test). Procjenjena snaga mjerena ili dinamometrom ili kliničkim testovima (npr. broj step downova u minuti) treba biti >90% suprotne strane. Sudjelovanje u sportskoj aktivnosti i treninzima u kontroliranom okolišu pri punoj brzini treba biti bez boli, oticanja i pritužbi na nestabilnost koljena (5).

6. ZAKLJUČAK

Unatoč rekonstrukciji i rehabilitaciji incidencija posttraumatskog osteoartritisa je visoka, dok je stopa povrataka sportaša natjecanju varijabilana (3,4). Zbog toga je važno i dalje unaprijeđivati kirurške tehnike i postupke rehabilitacije. Budući da postoji učinkovita prevencija ove ozljede, trabalo bi apelirati na trenere da u standardne treninge ukomponiraju i trening za prevenciju ove ozljede posebice ako se radi o ženama sportašicama kako bi se izbjegle teške ozljede koje ne vode samo odustajanju od sporta nego i patologiji koljena kasnije u životu.

7. ZAHVALE

Zahvaljujem svojoj mentorici, doc. dr. sc. Nadici Laktašić Žerjavić, na trudu, pomoći, savjetima i usmjeravanju prilikom pisanja ovog rada. Zahvaljujem svojim prijateljima s fakulteta s kojima sam tijekom studija medicine dijelila dobro i loše. Posebno zahvaljujem Anti na velikoj pomoći oko izrade ovog diplomskog i bezuvjetnoj podršci tijekom svih ovih godina našeg prijateljstva. Zahvaljujem i prijateljima izvan fakulteta koji su mi pomogli zaboraviti na obveze kada mi je to bilo najpotrebnije. Najveće hvala mojoj obitelji, ocu Đuri, majci Marijani i sestri Maši na bezuvjetnoj ljubavi, podršci i razumjevanju koje smo izmjenjivali cijeli život pa i tijekom trajanja ovoga fakuleta.

8. LITERATURA

1. Abulhasan J, Grey M. Anatomy and Physiology of Knee Stability. J Funct Morphol Kinesiol [Internet]. 2017;2(4):34. Dostupno na: http://www.mdpi.com/2411-5142/2/4/34

2. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. Clin Sports Med [Internet]. 2017;36(1):1–8. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001

3. 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 [Internet]. 2017;36(1):189–232. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.012

4. Friel NA, Chu CR. The Role of ACL Injury in the Development of Posttraumatic Knee Osteoarthritis. Clin Sports Med [Internet]. 2013;32(1):1–12. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.017

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

6. Miller RH, Azar FM. Knee Injuries. U: Azar FM, Beaty JH, Canale ST, ur. Campbell's Operative Orthopaedics [Internet]. 13. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2017. str. 2121–2297.e16. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323374620000458

7. Pećina M. Koljeno: primijenjena biomehanika. Zagreb: Jugoslavenska medicinska naklada; 1982.

8. Malagelada F, Vega J, Golanó P, Beynnon B, Ertem F. Knee Anatomy and Biomechanics of the Knee. U: Miller MD, Thompson SR, ur. DeLee & Drez's Orthopaedic Sports Medicine [Internet]. 4. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2015. str. 1047–1072.e4. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9781455743766000913

9. Krmpotić-Nemanić J, Marušić A. Anatomija čovjeka. 2. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2007.

10. Evans RC. Knee. U: Evans RC, ur. Illustrated Orthopedic Physical Assessment [Internet]. 3. izd. Elsevier Inc; 2009. str. 843–928. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B978032304532250016X

11. Pećina M. Ortopedija. 3. izd. Zagreb: Naklada Ljevak; 2004.

12. Moses KP, Banks JC, Nava PB, Petersen DK. Anteromedial Thigh. U: Moses KP, Banks JC, Nava PB, Petersen DK, ur. Atlas of Clinical Gross Anatomy [Internet]. Philadelphia: Elsevier Inc; 2013. str. 498–511. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323077798000402

13. Moses KP, Banks JC, Nava PB, Petersen DK. Gluteal Region and Posterior Thigh. U: Moses KP, Banks JC, Nava PB, Petersen DK, ur. Atlas of Clinical Gross Anatomy [Internet]. Philadelphia: Elsevier Inc; 2013. str. 526–539. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323077798000426

14. Irarrázaval S, Albers M, Chao T, Fu FH. Gross, Arthroscopic, and Radiographic Anatomies of the Anterior Cruciate Ligament: Foundations for Anterior Cruciate Ligament Surgery [Internet]. Sv. 36, Clinics in Sports Medicine. Elsevier Inc; 2017. str. 9–23. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.002

15. Kraeutler MJ, Wolsky RM, Vidal AF, Bravman JT. Anatomy and Biomechanics of the Native and Reconstructed Anterior Cruciate Ligament. J Bone Jt Surg [Internet]. 2017;99(5):438–445. Dostupno na: http://insights.ovid.com/crossref?an=00004623-201703010-00010

16. Williams GN, Chmielewski T, Rudolph K, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. J Orthop Sport Phys Ther. 2001;31(10):546–566.

17. Solomonow M, Krogsgaard M. Sensorimotor control of knee stability. A review. Scand J Med Sci Sport [Internet]. 2001;11(2):64–80. Dostupno na: http://doi.wiley.com/10.1034/j.1600-0838.2001.011002064.x

18. Schnurrer-Luke Vrbanić T, Ravlić-Gulan J. Zglobna deaferencijacija propriocepcijskog osjeta nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta koljena. Med Flum. 2008;44(1):38–43.

19. Schnurrer-Luke Vrbanić T, Ravlić-Gulan J, Baričić M. Prevencija nekontaktnih ozljeda prednje ukrižene sveze u sportašica. Med Flum. 2007;43(3):210–214.

20. Burnham JM, Wright V. Update on Anterior Cruciate Ligament Rupture and Care in the

Female Athlete. Clin Sports Med [Internet]. 2017;36(4):703–715. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2017.05.004

21. McCarty EC, Walsh WM, Madden CC. Knee Injuries. U: Madden CC, Putukian M, McCarty EC, Young CC, ur. Netter's Sports Medicine [Internet]. 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 434–445.e1. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323395915000556

22. Deveci A, Cankaya D, Yilmaz S, Özdemir G, Arslantaş E, Bozkurt M. The arthroscopical and radiological corelation of lever sign test for the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture. Springerplus. 2015;4(1):1–5.

23. Ageberg E. Consequences of a ligament injury on neuromuscular function and relevance to rehabilitation - Using the anterior cruciate ligament-injured knee as model. J Electromyogr Kinesiol. 2002;12(3):205–212.

24. Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM. Neuromuscular Consequences of Anterior Cruciate Ligament Injury. Clin Sports Med. 2008;27(3):383–404.

25. Paterno M V. Non-operative Care of the Patient with an ACL-Deficient Knee. Curr Rev Musculoskelet Med. 2017;10(3):322–327.

26. Shelbourne KD, Gray T. Anterior Cruciate Ligament Injury Combined with Medial Collateral Ligament, Posterior Cruciate Ligament, and/or Lateral Collateral Ligament Injury. U: Prodromos CC, ur. The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science [Internet]. 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 393–398.e2. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323389624000990

27. 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.

28. Babić-Naglić Đ i sur. Fizikalna i rehabilitacijska medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2013.

29. 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 [Internet]. 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2017. str. 293–329. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323329033000111

30. Wilk KE, Simpson CD, Williams RA. Comprehensive Rehabilitation of the Athlete. U:

Madden CC, Putukian M, McCarty EC, Young CC, ur. Netter's Sports Medicine [Internet]. 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 322–329.e1. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B978032339591500043X

31. 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 [Internet]. 6. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2018. str. 712–723.e4. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9780323400466000575

32. Shelbourne KD, Freeman H. Management of Arthrofibrosis of the Knee. U: Cole BJ, Sekiya JK, ur. Surgical Techniques of the Shoulder, Elbow, and Knee in Sports Medicine [Internet]. 2. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2013. str. 943–949. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9781455723560000900

33. Maravić D, Ciliga D. Konzervativno liječenje kod puknuća prednje ukrižene sveze Prikaz slučaja. Hrvat športskomedicinski Vjesn. 2016;31(1):89–97.

34. Jewiss D, Ostman C, Smart N. Open versus Closed Kinetic Chain Exercises following an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Sports Med [Internet]. 2017;2017:1–10. Dostupno na: https://www.hindawi.com/journals/jsm/2017/4721548/

35. Glass R, Waddell J, Hoogenboom B. The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Patients with ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. N Am J Sports Phys Ther [Internet]. 2010;5(2):74–84. Dostupno na: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21589664%5Cnhttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC2953392

36. Beynnon BD, Good L, Risberg MA. The Effect of Bracing on Proprioception of Knees With Anterior Cruciate Ligament Injury. J Orthop Sport Phys Ther. 2002;32:11–15.

37. Cuoco A, Tyler TF. Plyometric Training and Drills. U: Andrews JR, Harrelson GL, Wilk KE, ur. Physical Rehabilitation of the Injured Athlete [Internet]. 4. izd. Philadelphia: Elsevier Inc; 2012. str. 571–595. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9781437724110000265

38. Reider B, Davies GJ, Provencher MT. Anterior Cruciate Ligament Injuries. U: Reider B, Davies GJ, Provencher MT, ur. Orthopaedic Rehabilitation of the Athlete [Internet]. Philadelphia: Elsevier Inc; 2015. str. 1118–1192. Dostupno na: https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B9781455727803000329

39. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture. Knee surgery, Sport Traumatol Arthrosc [Internet]. 2000;8(2):76–82. Dostupno na: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10795668

40. Fitzgerald GK, Axe M, Snyder-Mackler L. Proposed practice guidelines for nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation of physically active individuals. J Orthop Sport Phys Ther. 2000;30(4):194–203.

41. 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.

9. ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODACI

Ime i prezime: Marina Ivančević

Datum rođenja: 8. ožujka 1993.

Mjesto rođenja: Virovitica

OBRAZOVANJE

1999.-2007. Osnovna škola Ivane Brlić-Mažuranić, Virovitica

2007.-2011. Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica; prirodoslovno-matematički smjer

2011.-2018. Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet

IZVANNASTAVNE AKTIVNOSTI

2017. Sudjelovanje na tečaju Suvremeni principi rekonstrukcijske kirurgije glave i vrata na KB Dubrava

2018. Volonter u Liniji za rijetke bolesti

CERTIFIKATI I PRIZNANJA

BLS/AED certifikat

STRANI JEZICI

Engleski jezik B1

Njemački jezik A2