



## VAŽNOST FUNKCIONALNE STABILNOSTI KOLJENA U PREVENCIJI I REHABILITACIJI OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA KOD SPORTAŠA

### IMPORTANCE OF KNEE FUNCTIONAL STABILITY IN PREVENTION AND REHABILITATION AFTER ACL INJURIES AT ATHLETES

Sanda Dubravčić-Šimunjak<sup>1</sup>, Toni Petrović<sup>2</sup>, Petra Hodak<sup>3</sup>, Tena Šimunjak<sup>4</sup>, Antun Jurinić<sup>1</sup>, Katarina Ivanković<sup>1</sup>, Dubravko Boranić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zavod za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, KB „Sveti Duh“, Zagreb

<sup>2</sup>Poliklinika Patela, Poliklinika za ortopediju, Zagreb

<sup>3</sup>Dom zdravlja Centar, Zagreb

<sup>4</sup>Zavod za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata, KB „Sveti Duh“, Zagreb

#### SAŽETAK

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta najčešća je ozljeda ligamenta koljena, naročito kod sportaša, zbog velikih tjelesnih napora i zahtjeva tijekom redovnih sportskih aktivnosti. LCA (lat. ligamentum cruciatum anterius) je ključna struktura koljena za održavanje njegove funkcionalne stabilnosti i pravilne biomehanike. Ne samo da ozljeda LCA nije rijetkost, već predstavlja jednu od težih akutnih ozljeda u sportu pa je shodno tome postala predmetom brojnih istraživanja. Veći rizik od ove ozljede imaju žene zbog brojnih anatomskih i hormonalnih čimbenika, a kao najčešće beskontakne mehanizme ozljeđivanja u literaturi se navode nagla zaustavljanja, promjene smjera kretanja ili doskoci. Liječenje LCA ozljede je konzervativno i operativno. Sportaši, izloženi velikim opterećenjima tijekom treninga i natjecanja, uglavnom biraju operativno liječenje, nakon kojeg slijedi dugotrajan i zahtjevan proces rehabilitacije u koji su uključeni liječnici, fizioterapeuti i tim stručnjaka koji se brine o zdravlju sportaša. Motiviranost sportaša utječe na krajnje ishode liječenja.

Ciljevi akutne faze rehabilitacije su fokusirani na smanjenje edema i hematoma, postepeno vraćanje opsega pokreta te pravilnu aktivaciju mišića kvadricepsa. Nakon početne faze slijedi progresivno jačanje svih mišića koji sudjeluju u funkcionalnoj stabilnosti koljena, vježbe propriocepcije, ravnoteže, stabilnosti, brzine aktivacije muskulature i sportu specifično prilagođene vježbe kako bi se sportaš na što bolji i kvalitetniji način pripremio za puni povratak sportskim aktivnostima. Iako postoje propisane smjernice i protokoli za rehabilitaciju te prevenciju LCA ozljede, liječenje sportaša je usredotočeno na potpuno individualni pristup liječenju. Povratak redovnim treninzima

#### SUMMARY

The anterior cruciate ligament injury is a knee injury which appears due to intensive physical strain and stress during sports activities, most frequently suffered by athletes. LCA (lat. ligamentum cruciatum anterius) is the key knee structure for restraining its functional stability and balanced biomechanics. Not only, the LCA injury is not rare, but it also represents one of the most severe acute injuries in sports. Therefore, it has become a common topic for many research studies. Women, due to numerous anatomical and hormonal factors, are at a higher risk for this injury, while research has shown that some of the most common contactless injury mechanisms are sudden stops, direction changes or harsh landings.

The treatment for LCA injury can be conservative and operative. Athletes, who are under a lot of physical pressure during training or competing, mostly choose surgical treatment that is followed by a long and demanding rehabilitation process involving specialists, physiotherapists and a team of experts taking care of the patient's health. The final outcome of whole treatment depends on the athlete's motivation. The aim of the acute rehabilitation phase process is oedema and hematoma reduction, gradual range of motion retrieve and adequate quadriceps muscle activation. The initial phase is followed by progressive strengthening training of every muscle involved in functional knee stability, proprioception, balance, and stability exercises, exercises that involve the speed of muscle activation process and athlete's sport specific exercises, to ensure the best possible return to sport. Regardless of the prescribed guidelines and protocols for rehabilitation and prevention of an LCA injury, the treatment is focused on an individual approach to every

i sportskom natjecanju predviđa se otprilike 6 – 9 mjeseci nakon ozljede, no novija saznanja ukazuju da je ponekad preporučljiva i značajno dulja rehabilitacija koja ovisi o samom sportašu, sportu i sportaševu reagiranju na cjelokupni tijek liječenja. Kako bi se rizik od ponovne ozljede smanjio na minimum, prije sigurnog povratka sportu potrebno je napraviti objektivna testiranja funkcionalne stabilnosti koljena.

*Ključne riječi: prednji križni ligament, funkcionalna stabilnost, rehabilitacija, prevencija, sportaši*

case. The return to regular trainings and competitions is estimated to be between 6 and 9 months after the injury, but the newest research findings show that in some cases, depending on the athlete, the sport, and the athlete's reaction to the treatment, require a significantly longer recovery process. To minimize the risk for the same injury, before the athlete returns to sports activities without restrictions, it is crucial to carry out an objective testing examination regarding the functional stability of the knee.

*Keywords: anterior cruciate ligament, functional stability, rehabilitation, prevention, athletes*

## UVOD

Zglob koljena je najveći i najsloženiji zglob našeg tijela, a njegova uloga kao primarnog pokretača tijela je od izuzetne funkcionalne važnosti. Upravo se zbog toga vrlo često događaju ozljede koljena, a ozljeda prednjeg križnog ligamenta je jedna od najčešćih te ujedno i najtežih akutnih ozljeda ovog zgloba. Zbog njene vrlo česte pojavnosti i kompleksnosti ozljeda prednjeg križnog ligamenta postaje predmet mnogih istraživanja i rasprava (3, 5, 25)

Stabilnost koljenskog zgloba osigurana je pasivnim i aktivnim stabilizatorima. Najvažniji pasivni stabilizatori koljena su: prednji križni ligament, stražnji križni ligament, lateralni kolateralni ligament, medijalni kolateralni ligament, patelarni ligament, zglobna čahura, lateralni menisk i medijalni menisk. Aktivni stabilizatori koljena su mišići, a najbitniji su mišići prednjeg i stražnjeg dijela natkoljenice koji okružuju koljeno te mišići kuka, trupa i stražnje strane potkoljenice (2, 18, 26)

Prednji križni ligament je najvažniji i najčešće ozljeđivan ligament koljena. Sportovi u kojima najčešće nastupa ozljeda LCA su oni koji uključuju česta okretanja, promjene smjera gibanja te nagla zaustavljanja poput nogometa, rukometa, košarke, skijanja, i sl. Ozljeda prednjeg križnog ligamenta često nastaje združena s ozljedama kolateralnog ligamenta i meniska, najčešće su to LCM (lat. ligamentum collaterale mediale) i medijalni menisk te je na ove čimbenike potrebno obratiti pažnju prilikom njihovog liječenja i rehabilitacije (1, 4, 21, 24).

Postizanje i održavanje funkcionalne stabilnosti koljena za profesionalne je sportaše od izuzetne važnosti kako za prevenciju, tako i za rehabilitaciju ozljeda koljenskog zgloba.

Dobro je poznato da su zahtjevi funkcionalne stabilnosti koljena kod profesionalnih sportaša znatno veći od zahtjeva kod opće populacije, kojima velika razina opterećenja i napora nije svakidašnja. Uz to, u radu će se prikazati rehabilitacijski i prevencijski programi koji uključuju fizioterapijske tretmane gdje je glavni naglasak dan na vježbe jačanja, proprioceptije, stabilnosti, ravnoteže i brzine aktivacije muskulature koji svi zajedno doprinose funkcio-

nalnoj stabilnosti koljena i posljedično, manjem riziku od nastanka ozljede (1, 3, 15, 23).

## FUNKCIONALNA ANATOMIJA KOLJENA

Zglob koljena najveći je zglob te primarni pokretač našeg tijela koji se sastoji se od dvaju konveksnih zglobnih tijela bedrene i goljenične kosti, lat. condylus femoris medialis et lateralis te lat. condylus medialis et lateralis tibiae. Tibiofemoralni zglob koji nastaje klizanjem kondila femura po zglobnoj površini tibije, tibijalnom platou nosi najveći dio tjelesne težine (2, 18, 26). Budući je tibijalni plato ravan ili čak konveksan, postoji nesklad zglobnih površina u koljenu koja pojačavaju hrskavična tijela, menisci, koji su sami po sebi vrlo nestabilni pa tako stabilnost koljena uvelike ovisi o mekom tkivu, ligamentima, zglobnoj kapuli i mišićima (9).

Sveze koje ojačavaju zglobnu ovojniciu zovemo vanjske sveze, a to su nastavci okolnih mišića koljena. S prednje strane to je patelarni ligament koji je nastavak mišića kvadricepsa te seže od patele do lat. tuberositas tibiae. Lateralnu stranu čine m. (lat. musculus) vastus lateralis, m. rectus femoris koji oblikuju lat. retinaculum patellae laterale te se ona priključuje u lat. tractus iliotibialis. Medijalnu stranu čini m. vastus medialis koji oblikuje lat. retinaculum patellae mediale koji se veže na tibiju ispred lat. lig. collaterale mediale. Stražnju stranu čine lat. lig. popliteum obliquum, izdanak tetive m. semimembranosusa te lat. lig. popliteum arcuatum, izdanak m. popliteusa (26).

Kolateralne sveze su druga skupina statičkih stabilizatora koljena koji sprječavaju pretjerani valgusni i varusni stres koljena. LCM (lat. ligamentum collaterale mediale), također je dio zglobne čahure te je čvrsto srašten s medijalni meniskom dok LCL (lat. ligamentum collaterale laterale) nije srašten sa zglobnom čahurom i lateralnim meniskom. S medijalne i stražnje strane ovojniciu pojačavaju m. semimembranosus i tetiva pes anserinus superficialis (tetiva m. sartorijusa, m. semitendinosusa, m. gracilisa), a s lateralne i stražnje strane tractus iliotibialis, m. biceps femoris te m. popliteus (26).

Treća skupina sveza su ukriženi ligamenti ili lat. ligg. (ligamenta) cruciata te medijalni i lateralni menisk. Nalaze se u središnjem dijelu koljena te leže intrakapsularno. Menisci su hrskavične strukture koje rasterećuju koljeno tako što povećaju površinu sile opterećenja, pomažu prehrani zglobne hrskavice te povećavaju kongruentnost zglobnih tijela femura i tibije. Medijalni menisk je veći od lateralnog te manje pokretljiviji zbog sraštenosti s LCM pa ne čudi podatak da je oštećenje medijalnog meniska dvadeset puta učestalije upravo zbog smanjenja gibljivosti i stanjenog prednjeg roga (24, 26). Ukriženi ligamenti su prednja ukrižena sveza (lat. lig. cruciatum anterius) te stražnja ukrižena sveza (lat. lig. cruciatum posterius). Oni imaju odlučujuću ulogu u stabilizaciji koljena i osiguranju djelomičnog klizanja i valjanja zglobnih tijela. LCA zadužen je za sprječavanje pomaka tibije prema naprijed te rotaciji u odnosu na femur i time sprječava hiperekstenziju koljena, a LCP (lat. ligamentum cruciatum posterior) sprječava pomak tibije prema straga i time sprječava hiperfleksiju koljena. Prilikom ispitivanja kretnji u koljenskom zglobu na kaveru vidjelo se da su sve kretnje koljena očuvane nakon što se uklone svi meki dijelovi i kolateralni ligamenti. Koljeno će zbog nedostatka kolateralnih ligamenata imati varusni i valgusni laksitet, ali osnovne kretnje koljena su očuvane te ovo upućuje na zaključak da su ukrižene sveze najvažniji pasivni stabilizatori koljena (24).

Mišići su dinamički stabilizatori koljena te bez njihove adekvatne aktivacije i snage koljeno neće imati funkcionalnu stabilnost odgovoriti različitim zadacima i opterećenjima koja su stavljena pred njega. Na ovaj podatak treba posebno obratiti pozornost kod profesionalnih sportaša kojima se opterećenja i zahtjevi koljena uvelike razlikuju od većine drugih ljudi (24). Mišići koji okružuju koljeno možemo podijeliti na četiri dijela. Prednju skupinu mišića čini m. quadriceps femoris, koji ima četiri dijela te je on primarni ekstenzor koljenskog zgloba. Stražnju skupinu mišića čine m. biceps femoris s lateralne strane i m. semitendinosus te m. semimembranosus s medijalne strane. Ova skupina mišića koja je popularno nazvana hamstrings, uz fleksiju u koljenu obavlja pokret ekstenzije u kuku te je m. biceps femoris vanjski rotator, dok su m. semimembranosus i m. semitendinosus unutarnji rotatori kuka. Distalni dio stražnje skupine mišića čine: lat. m. plantaris, m. soleus i m. gastrocnemius, primarni plantarni fleksori stopala, s tim da kod hoda m. gastrocnemius kod hoda pregiba koljeno (24). Sa stražnje strane nalazi se m. popliteus, koji je često puta neopravdano zapostavljen, a sudjeluje u fleksiji koljena te vanjskoj ili unutarnjoj rotaciji koljena. Kod akutnih ozljeda koljena zbog zaštitnog fleksijskog stava m. popliteus često puta zna biti napet te njegov povišeni tonus može blokirati punu ekstenziju koljena (24). Medijalnu skupinu mišića čine m. sartorius te m. gracilis koji zajedno s m. semitendinosusom čine pes anserinus superficialis i primarno su fleksori koljena te unutarnji rotatori. Lateralnu skupinu čini tractus iliotibialis, aktivni lateralni stabilizator koljena, u koji se udružuju vlakna m. tensor fasciae latae i m. gluteus maximus. Uz navedene mišiće važno je napomenuti da su

mišići aduktori i abduktori kuka također aktivni stabilizatori koljenskog zgloba (24, 25, 26).

Prednji križni ligament je jedan od četiri glavna ligamenta koljena te je zaslužan za gotovo 90% stabilnosti prednje translacije koljena (5). LCA sadrži dva snopa vlakana: anteromedijalni (AM) i posterolateralni (PL). Anteromedijalni snop stabilizira koljeno više u sagitalnoj ravnini te sudjeluje u kontroli prednje subluksacije tibije, dok posterolateralni snop koljeno više stabilizira u vodoravnoj ravnini te time sprječava rotacijsku nestabilnost (24). Dužina i napetost AM i PL snopova se tijekom koljenskog ROM-a (range of motion) mijenja, a pri fleksiji koljena od 20 do 30 stupnjeva njihova je napetost najmanja te se u tom položaju ispituje stabilnost LCA ligamenta (18).

## BIOMEHANIKA I FUNKCIJA KOLJENA I PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Koljeno je primarni pokretač tijela, a po svojoj mehanici je lat. trochoginglymus što znači da pokrete izvodi oko poprečne i uzdužne osi te ima značajke kutnog i obrtnog zgloba (18, 25). Pri nepovoljnom položaju koljena dolazi do neprirodnih opterećenja, koja rezultiraju ozljedama i oštećenjima struktura koljenskog zgloba. Smjer opterećenja na donji ekstremitet u uspravnom položaju treba prolaziti sredinom glave bedrene kosti, sredinom koljenskog zgloba pa sve do sredine kalkaneusa (26). Kada opterećenje koljena nije pravilno usmjereno i raspoređeno zbog određenih unutarnjih anatomskih čimbenika (npr. genetski uzrokovani čimbenici) postojat će povećani rizik od nastanka ozljede ili oštećenja, a lat. genus valgum, X noge, su jedan od predisponirajućih faktora za LCA ozljedu (24, 25).

Aktivna fleksija u koljenskom zglobu izvediva je od 0 do 135 stupnjeva, dok se pasivno ona može izvesti i do 160 stupnjeva. Raspon fleksije između 135 i 160 stupnjeva nazvan je tzv. „mrtvim mišićnim prostorom“ zbog nemogućnosti mišićne kontrole tog dijela pokreta. Pri ekstenziranom koljenu rotacije nisu moguće zbog napetosti kolateralnih ligamenata, no pri fleksiji od 90 stupnjeva moguća je vanjska rotacija od 45 stupnjeva te unutarnja od 30 stupnjeva. Patela igra važnu ulogu u distribuciji opterećenja koljenom. Punom fleksijom koljena patela klizi oko 7 cm kaudalno dok tijekom ekstenzije ona klizi kranijalno. Pritisak patele na femur raste povećanjem fleksije koljena pa zato čučanje, klečanje, hod uz i niz strminu i stepenice te dugotrajno sjedenje s flektiranim koljenima može prouzročiti prekomjerno trošenje hrskavice femoropatelnog zgloba, koji, iako ima najdeblju hrskavicu u cijelom tijelu, snosi najveća opterećenja (21, 25). Prema Milleru, prednji križni ligament može izdržati opterećenje oko 2200 N, a kod mlađih ljudi i do 2500 N. Najveća sila opterećenja na LCA nastupaju prilikom hiperekstenzije koljena te niskih stupnjeva fleksije do 20 stupnjeva (20, 21). Glavna funkcija prednjeg križnog ligamenta je pasivna stabilizacija koljena te potpora anteriorne translacije tibije. U ekstenziji koljena, prilikom stajanja, anteriorni pomak tibije je nizak, do 2 mm,

prilikom fleksije on se povećava do 3 mm, kod hodanja i do 5 mm, a kod ruptur prednjeg križnog ligamenta, anteriorni pomak tibije poraste i do 10 – 15 mm (7).

Prilikom ekstenzije potkoljenice, u posljednjih 10 do 15 stupnjeva, važnu ulogu ima m. vastus medialis, koji tada rotira potkoljenu prema van, dodatno stabilizirajući koljeno. Zbog toga je usko povezan s čovjekovim uspravnim stavom i nazvan „ključem koljenskog zgloba“. Kod ozljeda koljena, izostaje potpuna ekstenzija koljena, pošto čovjek zauzima blagi obrambeni fleksorski stav, od 10 do 15 stupnjeva. Upravo zbog navedene funkcije m. vastusa medialis, zbog njegove inaktivnosti i filogenetike, prema kojoj je on najmlađi mišić četveroglavog mišića natkoljenice, m. vastus medialis je izrazito podložan hipotrofiji. Samim time, veliku važnost u rehabilitaciji ozljeda koljena pa tako i ozljedi prednjeg križnog ligamenta zauzima jačanje m. vastusa medialis, koje započinje vrlo brzo nakon ozljede i predstavlja jedan od glavnih prioriteta u početnim fazama rehabilitacije (24, 25).

## OZLJEDA PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Zbog kompleksnosti i stabilnosti koljena te dugotrajnosti rehabilitacije, ozljeda prednjeg križnog ligamenta ubraja se u skupinu težih akutnih sportskih ozljeda. Upravo zbog tog razloga treba obratiti pozornost na rizične čimbenike nastanka ozljede, koji mogu poslužiti i kao prediktori nastanka ove ozljede. Posebnu pozornost treba posvetiti čimbenicima na koje se može utjecati. Rizični čimbenici koji utječu na nastanak LCA ozljede mogu biti intrinzični i ekstrinzični te oni na koje možemo i ne možemo djelovati (Tablica 1.).

Također treba naglasiti da ženske sportašice imaju veću vjerojatnost od ozljede LCA za 2.4 do 9.7 puta u odnosu na

muške sportaše (5). Anatomske, biomehaničke i hormonske faktori utječu na ovu stopu povećanog broja ozlijeđenih ženskih sportašica (19). Ovaj podatak se odnosi na djevojke i žene koje su prošle pubertet, jer nisu objavljeni znanstveni dokazi koji bi utvrdili postojanje spolne razlike u ozljeđivanju LCA prije puberteta (15). Incidencija LCA ozljede kod ženskih sportašica je najveća u dobi od 15. do 20. godine (4). Anatomske faktori koji utječu na veći rizik od ozljede kod žena u literaturi se povezuju s povećanim Q kutom, širom zdjelicom, manjom veličinom ligamenta, užim femoralnim urezom, povećanim tibijalnim i meniskalnim nagibom te povećanom generaliziranom labavosti ligamenata (5, 19, 15). Biomehanički faktori, zbog kojeg žene imaju veći rizik od ozljede u literaturi se povezuju s povećanom snagom mišića kvadricepsa u odnosu na hamstringse, povećanom krutošću doskoka te povećanim valgusom koljena kod doskoka (19, 21). Rezultati istraživanja, koji ostaju kontroverzni i nedovoljno znanstveno dokazani, povezuju ozljede LCA s hormonalnim statusom žena. Autori radova navode da zbog estrogenskih receptora na skeletnim mišićima i LCA-u te fluktuacije u razinama estrogena prilikom menstruacije, dolazi do povećane labavosti ligamenata te smanjene neuromišićne kontrole. Žene u ovulacijskoj fazi menstrualnog ciklusa imaju povećanu labavost ligamenata te one u preovulacijskoj fazi imaju najveći rizik od ozljede (15, 19).

Prethodna ozljeda LCA je još jedan važan predisponirajući čimbenik za ponovnu ozljedu. Povratak visokoj razini sportskih aktivnosti povećava rizik od ozljede iste ili suprotne noge 15 – 25 puta. Također, žene imaju 4 puta veću vjerojatnost ozljede iste noge te 6 puta veću vjerojatnost ozljede suprotne noge od muškaraca. Upravo iz navedenog razloga krucijalno je da se sportaši/ce vrate na najvišu razinu sportskih aktivnosti i natjecanja kada uspješno prođu sva testiranja i kada se postigne zadovoljavajuća simetrija između ozlijeđene i zdrave noge (15).

Tablica 1. Rizični čimbenici za ozljedu prednje križne sveze (1)

Table 1. Risk factors for anterior cruciate ligament injury (1)

Čimbenici na koje možemo djelovati	Čimbenici na koje ne možemo djelovati
<b>Intrinzični</b>	<b>Intrinzični</b>
Body Mass Index	Spol (Ž)
Neuromuskularni i biomehanički deficiti	Veličina femuralnog ureza
Hormonski status	Volumen LCA
Umor	Stražnji tibijalni nagib
<b>Ekstrinzični</b>	Labavost ligamenata
Obuća	Poravnanje (engl. <i>alignment</i> ) ekstremiteta
Podloga (teren)	Prethodna ozljeda LCA
Vremenski uvjeti	Genetička predispozicija
Razina natjecanja	
Tip sporta	

Više autora je u svojim radovima dokazalo da su generalizirana labavost zglobova i hiperekstenzija u koljenu povećali rizik od ozljede prednjeg križnog ligamenta. Generalizirana labavost zglobova utječe na povećanu hiperekstenziju u sagitalnoj ravnini te povećan valgus deformitet u koronalnoj ravnini, koji su oba rizični čimbenici za ozljede prednjeg križnog ligamenta (4). Također, kod muškog spola generalizirana labavost zglobova povećava rizik od ponovne ozljede LCA iste noge, povećava labavost koljena i smanjuje uspješnost konačne rehabilitacije. U literaturi postoje dokazi koji ukazuju na bolju uspješnost rekonstrukcije prednje ukrižene sveze patelarnom tetivom nego li tetivom hamstringsa kod osoba s generaliziranom labavosti zglobova (28).

U zadnjih 20 godina, postoje brojna istraživanja fokusirana na genetički čimbenik rizika za nastanak LCA ozljeda te predstavljaju jedan od najvećih izazova novijih istraživanja. Genetika dokazano utječe na labavost zglobova u poremećajima poput Ehler Danlos i Marfanovog sindroma zbog nasljednog poremećaja kolagena. Iako postoje naznake koje upućuju na genetsku predispoziciju nastanka ozljede prednjeg križnog ligamenta, one i dalje nisu bazirane na čvrstim znanstvenim dokazima. Hewitt i sur. (2016.) u svom su radu opisali slučaj sestri blizanki koje su ozlijedile LCA tijekom sportskih aktivnosti, baveći se visokorizičnim sportovima. Prije povratka natjecateljskom sportu, testiranja su pokazala da su obje imale višestrukih rizičnih čimbenika za nastalu ozljedu poput povećane abdukcije koljena, smanjenog stupnja fleksije koljena, povećane generalizirane zglobne labavosti, smanjenu širinu femoralnog ureza te neadekvatnog omjera snage mišića hamstringsa i kvadricepsa. Dobiveni rezultati testiranja sugeriraju na moguću povezanost genetičkih čimbenika i LCA ozljede no ona nije potpuno jasno definirana i dokazana (15).

Koljeno kroz fiziološke pokrete prolazi kroz sagitalnu, frontalnu i transversalnu ravninu. Većina pokreta u koljenu događa se u sagitalnoj ravnini kroz ekstenziju i fleksiju, a pokreti izvan fizioloških, u bilo kojoj ravnini, mogu rezultirati ligamentarnom ozljedom. Hewitt i sur. (2016.) u svom preglednom radu izvješćuju da ozljede LCA češće nastaju prilikom izvođenja pokreta kroz više ravnina, nego li prilikom izvođenja pokreta kroz jednu ravninu (15).

Mehanizam ozljede LCA razlikuje se, ovisno o tome radi li se o izoliranoj ozljedi ili udruženim ozljedama; bilo s lateralnim ili medijalnim meniskom, odnosno medijalnim, a puno rjeđe lateralnim kolateralnim ligamentom. Ukoliko se radi o udruženoj ozljedi koljenskih struktura, najčešće o udruženoj ozljedi LCA s medijalnim meniskom i LCM-om, tada se govori o tzv. „zlokobnom trijasu“ koljena (24, 25).

Tipični mehanizam LCA ozljede je vanjska rotacija i fleksija koljena od 10 do 30 stupnjeva s valgusom prilikom kojeg sportaš, s ciljem brze promjene smjera, rotira gornji dio tijela prema unutra. Najveća sila opterećenja na prednji križni ligament nastupa upravo prilikom hiperekstenzije ili niskih stupnjeva fleksije koljena te ne treba čuditi činjenica da je upravo ovo najčešći mehanizam nastanka ozljede (5, 24).

Za kompletan opis i razumijevanje mehanizma i biomehanike nastanka ozljeda LCA u pojedinom sportu, potrebno je uzeti u obzir sve događaje koji prethode ili su bili prisutni za vrijeme ozljede LCA, a to su: situacije u sportu, ponašanje igrača i protivnika, položaj cijelog tijela, zaustavljanje (deceleracija), nagla promjena pravca kretanja, doskok na jednu nogu i sl. (3).

Uz poznavanje mehanizma nastanka LCA ozljede koji je specifičan prema sportu, potrebno je u obzir uzeti i djelovanje unutarnjih i vanjskih rizičnih čimbenika, kako bi se u rehabilitaciju i prevenciju ozljede ukomponirale funkcionalne vježbe za sprječavanje rizičnih obrazaca pokreta prilikom sportskih aktivnosti (3).

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta obuhvaća 40% do 50% svih ozljeda ligamenata koljena (21). Prema podacima iz 2016. godine iz švedskog nacionalnog LCA registra, ozljede prednje križne sveze se mogu očekivati u 81/100 000 stanovnika godišnje, a kod djece i adolescenata do 18 godina ta brojka još je veća te iznosi 121/100 000 (24). Kako su većina ozlijeđenih mladi ljudi, posebice sportaši, važno je prepoznati čimbenike rizika te poduzeti preventivne mjere da do ozljede ne dođe, a ukoliko dođe, potrebno je provesti pravilno liječenje i rehabilitaciju. Također, opisana je pozitivna korelacija između razvoja osteoartritisa koljena i ozljede LCA, koji predstavlja veliki problem u današnjoj populaciji. Nessler i sur. u svom su radu opisali gotovo 79% slučajeva osteoartritisa koljena kod osoba koje su ozlijedile prednji križni ligament (23).

## DIJAGNOSTIKA OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Za uspostavljanje točne dijagnoze ozljede prednje križne sveze bitna je anamneza, klinički pregled te radiološka obrada, koja uključuje magnetsku rezonancu (MRI) koljena, kako bi se potvrdila ozljeda, ali ujedno utvrdio opseg i stupanj ozljede te moguća okolna oštećenja poput oštećenja hrskavice, meniska ili kolateralnih ligamenata. Precizna dijagnoza od velike je važnosti za sam plan liječenja i rehabilitaciju. Svaki propust ili odgoda točne dijagnoze može dovesti do kronične nestabilnosti koljena što povećava rizik razvoja preuranjenog traumatskog osteoartritisa koljena (20).

Dobro uzeta anamneza važan je sastavni dio kompletne dijagnostike ozljede zbog toga što bolesnik vrlo često sam može pokazati ili opisati kada i kako je ozljeda nastala budući se radi o akutnoj ozljedi koja je u tom trenutku vrlo bolna.

Pretpostavke temeljene na anamnezi potvrđuju se daljnjim kliničkim pregledom. U slučaju sumnje na LCA ozljedu treba pregledati i druge strukture koljena, budući je vrlo česta situacija da ova ozljeda dolazi u kombinaciji s drugim ozljedama. Kako se radi o akutnoj ozljedi, klinički pregled je otežan zbog same otekline i bolnosti koljena. Zbog bolova, koljeno se nakon ozljede najčešće nalazi u semifleksijskom položaju te bi se dijagnostički testovi

trebali provoditi odmah nakon ozljede, ukoliko koljeno nije previše bolno i otečeno ili nakon nekoliko dana, kada se smanji bol i oteklina. Često se, odmah po ozljedi, napravi rutinska radiološka obrada da bi se isključio prijelom kosti. (24).

Za određivanje stupnja stabilnosti koljena i pregled stanja prednjeg križnog ligamenta, u literaturi je opisano desetak testova, od kojih se, u kliničkoj praksi najčešće koriste test prednje ladice, Lachmanov test te dinamički pivot-shift test i Jerk test (6). Nakon kliničkog pregleda i provedenih kliničkih testova, posebice kod sportaša, potrebno je napraviti MRI koljena kako bi se odredio točan stupanj i opseg ozljede te moguće združene ozljede. (24).

## LIJEČENJE OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Liječenje ozljeda prednjeg križnog ligamenta može biti kirurško ili konzervativno. Konzervativno liječenje je opcija liječenja za sportaše koji se ne žele vratiti na visoku razinu natjecanja ili za one pacijente koji nakon ozljede ne pokazuju visoki stupanj nestabilnosti koljena. Operacijsko liječenje, koje koljenu daje veću stabilnost, smatra se metodom izbora za aktivne i vrhunske sportaše koji se žele vratiti visokoj razini sporta, pokretima koji uključuju konstantne promjene smjera kretanja i pivotiranja (5, 22, 24).

Rehabilitacija konzervativnog i kirurškog liječenja sadrži ista načela i ciljeve. Konzervativna metoda liječenja je jednostavnija, provodi se kroz kraći vremenski period i ne postoji rizik od operacijskih komplikacija. Međutim, konzervativno liječenje ozljeda prednjeg križnog ligamenta koljenu ne pruža maksimalnu funkcionalnu stabilnost te ne predstavlja metodu izbora liječenja kod velike većine sportaša. Ortoped, radi egzaktnije preoperativne pripreme, treba imati detaljan i točan uvid u stanje koljena, prisutnosti ili odsutnosti združene koljenske ozljede te je dužan preoperativno pacijenta informirati o mogućnostima i rezultatima liječenja te dužini trajanja postoperativne rehabilitacije. Preoperativno planiranje također uključuje izbor presatka za rekonstrukciju prednjeg križnog ligamenta (31). Ukoliko se radi o rupturi kolateralnog ligamenta (medijalnog ili lateralnog) tada prevladava jedinstveno mišljenje da njega, zbog dobre vaskularizacije, nije potrebno operativno tretirati, već konzervativno liječiti nošenjem ortoze tijekom 6 do 8 tjedana (3, 15, 24). Ukoliko je uz LCA rupturu dijagnosticirana i ruptura meniska, ovisno o opsežnosti i lokalizaciji meniskalne ozljede, preporuča se njegovo šivanje u jednom aktu, zajedno s rekonstrukcijom prednje ukrižene sveze, dok se menisektomija, makar i parcijalna, treba izbjegavati jer rezultira povećanom nestabilnošću koljena i povećanim rizikom od oštećenja hrskavičnog pokrova i razvoja osteoartritisa (2). U osnovi, sportaš ne gubi ništa više vremena radi li se o rekonstrukciji izolirane LCA ozljedi ili združenim ozljedama koljena, pošto je minimalno trajanje rehabilitacije prednjeg križnog liga-

menta 6 mjeseci, što menisku i kolateralnim ligamentima daje dovoljno vremena da zarastu. Ipak, radi li se o združenim ozljedama koljena potrebno je imati na umu da će sam tijek i pristup rehabilitaciji biti drukčiji od onog kod izolirane ozljede prednjeg križnog ligamenta. Također, vode se rasprave treba li se rekonstrukciji prednje ukrižene sveze pristupiti odmah po ozljedi ili je bolje da se koljeno najprije razgiba, smiri oteklina te smanji bol što kasnije skraćuje vrijeme trajanja rehabilitacije. U literaturi prevladava mišljenje da se operaciji, u profesionalnih sportaša, pristupi odmah nakon nastanka akutne ozljede, budući da sportaši dobro reaguju, provode i prihvaćaju sve segmente postoperativnih rehabilitacijskih postupaka (2, 10, 11, 24).

Rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta može se izvoditi autolognim (pacijentovo tkivo) ili homolognim (tkivo kadavera) presatkom (2). Sažetak 10 sistemskih preglednih radova pokazuje da postoji statistički značajna razlika u korist autolognog presatka te se ova metoda danas najčešće koristi kod rekonstrukcije LCA (9). Danas se najčešće koristi presadak uzet iz tetiva ishiokrukralne muskulature (m. semitendinosus i m. gracilis) ili iz tetive srednje trećine patelnog ligamenta, dok se presadak iz tetiva kvadricepsa vrlo rijetko koristi (2, 10, 31). Nessler i sur. (2017.) u svom radu navode da korištenje presatka iz patelarne tetive daje bolje postoperativne rezultate kod osoba s generaliziranom hipermobilnošću zglobova koji u većini slučajeva imaju i hiperekstenziju koljena (tzv. lat. *genua recurvata*), koji utječe na nesrazmjer snage mišića natkoljenice – povećana snaga kvadricepsa i smanjena snaga hamstringsa. Uzimajući tetivu hamstringsa prisutan nesrazmjer snage antegonista bi se povećao, a hamstringsi bi se dodatno oslabili i skratili (23).

Izolirana rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta predstavlja „zlatni standard“ u kirurškom liječenju njegove rupture. U novije vrijeme, za bolje rezultate liječenja i stabilnosti koljena rekonstruiraju se i ALL (anterolateralni ligament) koji polazi od proksimalnog i stražnjeg dijela lateralnog epikondila bedrene kosti i hvata se na goljeničnu kost, u sredinu između Gerdyeva tuberkla i glavice fibule. Recentna literatura nudi brojne dokaze provedenih istraživanja u kojima se prikazalo povećanje stabilnosti koljena nakon kombinirane rekonstrukcije ACL-a i ALL-a (27, 29, 30). Vrgoč i sur. (2020) u svom radu navode da izolirana rekonstrukcija LCA ne može vratiti normalnu kinematiku koljena kao što to može kombinirana rekonstrukcija prednjeg križnog i anterolateralnog ligamenta (30). Biomehanički, ALL djeluje kao pasivni stabilizator koljena prilikom unutarnje rotacije, a danas se njegova rekonstrukcija najčešće radi tetivom m. gracilisa. Posljedično, kombiniranom rekonstrukcijom nastoji se postići maksimalna funkcionalnost i stabilnost koljena koja je sportašima od iznimne važnosti (29, 30). Iz literature je vidljivo da su pozitivan pivot shift test, bavljenje pivotirajućim sportovima, sportskim aktivnostima na visokoj razini te Beighton score (određivanje generalne hipermobilnosti zglobova) veći od 6 samo neke od indikacija za kombiniranu rekon-

strukciju ligamenata, konsenzus algoritma i smjernica još nije postignug (29, 30). Istraživanje Saithna i sur. (2018) na uzorku od 502 rekonstrukcije prednjih križnih ligamenata te njihovo praćenje 2 godine od operacije potvrdilo je značajno smanjenje ruptur LCA kod visokorizične populacije (sportaši s pivotirajućim kretnjama) nakon kombinirane rekonstrukcije LCA i ALL u usporedbi s izoliranom rekonstrukcijom LCA (29).

## VAŽNOST FUNKCIONALNE STABILNOSTI KOLJENA U REHABILITACIJI I PREVENCIJI OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Zbog učestalosti i ozbiljnosti ozljede LCA ligamenta, danas postoje različiti rehabilitacijski protokoli i smjernice, a posebnu pozornost treba posvetiti izradi programa rehabilitacije i prevencije ozljede sportaša, kojima funkcionalna stabilnost koljena, zbog velikih opterećenja zgloba, treba biti na najvišoj mogućoj razini. Važno je naglasiti da povratak sportu, nakon ozljede, ne bude prije nego li je sportaš u potpunosti spreman odgovoriti svim zahtjevima sporta u kojemu se natječe, a to znači da bi završna faza rehabilitaciji svakako trebala biti sportu specifična. Svaku fazu rehabilitacije treba poštovati te biti strpljiv prilikom povratka sportaša punom treningu i natjecanju kako bi se izbjegla ponovna ozljeda iste ili suprotne noge (8,12). Reakcije pacijenta i sportaša na rehabilitacijske protokole su različite te je individualan pristup rehabilitaciji ozljede od iznimne važnosti za uspješan povratak sportu i sportskim aktivnostima (8,12). Svakom pacijentu treba pristupiti individualno te ukoliko je potrebno, tijekom rehabilitacije raditi i individualne prilagodbe rehabilitacijskih programa, u prosječnom trajanju od 6 – 12 mjeseci (8, 9). Greenberg i sur. (2019.) u svom preglednom radu ukazuju da među američkim ortopedima i fizioterapeutima ne postoji konsenzus o dužini trajanja rehabilitacije kod adolescentnih sportaša nakon rekonstrukcije LCA, a razilaženja mišljena su veća u kasnijim fazama rehabilitacije. Većina sudionika istraživanja adolescentima dozvoljava lagano trčanje 3-4 mjeseca nakon operativnog zahvata, modificirnu sportsku aktivnost nakon 4-8 mjeseci, dok je potpuni povratak svim sportu specifičnim aktivnostima dozvoljen 6-12 mjeseci po rekonstrukciji LCA. Na temelju prikupljenih podataka autori rada zaključuju da je za uspješnost liječenja adolescenata s ozljedom LCA potrebna veća suradnja i konsenzus svih članovima tima koji sudjeluju u njihovom postoperativnom oporavku (11). Rehabilitacijski plan i program nakon operacijskog liječenja ozljede LCA ovisi o kompleksnosti ozljede, motiviranosti pacijenta te vrsti presatka, pa se tako npr. kod osoba s presatkom tetive m. semitendinosusa i m. gracilisa fokus tijekom liječenja stavlja na jačanje hamstringsa kojeg je nesmotrenim, naglim pokretom moguće ozlijediti te se rehabilitacijski program modificira i individualno prilagoditi sukladno kliničkom stanju pacijenta (5). Rehabilitacijski protokoli nakon rekonstrukcije prednjeg križnog liga-

menta uključuju što raniji povratak pune pasivne ekstenzije koljena, neposredno djelovanje na opseg pokreta, propriocepciju, jačanje mišića kvadricepsa i hamstringsa i što brži povratak normalnim životnim aktivnostima i sportu (16). Vraćanje opsega pokreta ekstenzije i fleksije koljena od velike je važnosti ne samo za funkciju hoda već i radi sprječavanja razvoja postoperativnih komplikacija kao što su priraslice i kiklop lezije, koje zahtijevaju novi operativni zahvat i dodatno usporavanje u ostvarivanju rehabilitacijskih ciljeva i potpuni oporavak sportaša (16). Osim jačanja mišića kvadricepsa i hamstringsa koji okružuju koljeno, tijekom izrade rehabilitacijskih programa ne smije se zapostaviti jačanje aduktora, abduktora i ekstenzora mišića kuka. Dakako, vježbe se ne odnose samo na vježbe jačanja ovih mišićnih skupina već na vježbe stabilizacije, propriocepcije, ravnoteže i brzine mišićne aktivacije. Thomas i sur. (2013) u svom radu iznose zanimljiv podatak da je postoperativno, nakon provedenih rehabilitacijskih protokola izmjerena jakost mišića aduktora i ekstenzora kuka bila veća nego li prije rekonstrukcije LCA. Ovaj podatak upućuje i na to da deficit jačine mišića kukova može utjecati na ozljedu LCA te ukazuje na važnost jačanja mišića kuka i trupa tijekom izrade rehabilitacijskih protokola (29). Progresija rehabilitacije nakon LCA ozljede ovisi o potrebnom vremenu mekog tkiva da se remodelira i zacijeli te o neuromuskularnoj kontroli i koordinaciji sportaša. Posljednjih godina, u rehabilitacijske postoperativne protokole standardno su uključeni programi vježbi stabilizacije trupa, vježbe propriocepcije i ravnoteže, koji su temelj funkcionalne stabilnosti koljena, što je od osobite važnosti u populaciji sportaša (9). Povratak sportu ovisi o više različitih čimbenika poput: stabilnosti koljena, neuromotornoj funkciji, prirodi sporta, mišljenju ortopeda, fizijatra, fizioterapeuta i trenera te samopouzdanju samog sportaša. Također, prije uključivanja sportaša u puni trenažni program i tijekom same rehabilitacije poželjno je napraviti različite testove kojima se objektivizira snaga mišića, omjer mišićne snage agonista i antagonista, biomehanika pokreta, neuromotorna funkcija i sama funkcionalna stabilnost koljena (8, 9, 14).

Prema Fillbay & Greendem (2019) rehabilitacija je podijeljena u pet faza:

- preoperativna faza (nije nužna),
  1. faza (akutna),
  2. faza (srednja),
  3. faza (kasna),
- kontinuirana preventivna faza (10).

Što se rehabilitacija kreće prema kasnijim fazama oporavka to je funkcionalna stabilnost koljena potrebna pa samim time i protokol vježbanja po kompleksnijim i zahtjevnijim modalitetima. Oprečno tome, pasivne fizioterapijske intervencije su važne u početnim fazama rehabilitacije dok se kasnije glavni fokus stavlja na vježbe snage, propriocepcije, ravnoteže, stabilnosti i pliometrije (5).

Ukoliko se provodi konzervativni način liječenja, on se provodi po istim smjernicama i modalitetima no preskače se rekonstrukcija ligamenta i rehabilitacija započinje odmah nakon ozljede (24).

## Preoperativna faza rehabilitacije

Preoperativna faza rehabilitacije kod vrhunskih sportaša nije nužna i velik broj sportaša ovu fazu rehabilitacije preskače ili ubrzava zbog želje za što bržim operativnim zahvatom i postoperativnim oporavkom. Za pacijente koji planiraju i čekaju rekonstrukciju LCA, preoperativna rehabilitacija je poželjna zbog boljih postoperativnih ishoda te ju treba započeti što je ranije moguće, neposredno nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta. Posebice se ovo odnosi na pacijente koji nisu sportaši radi razvijanja bolje neuromišićne kontrole (10).

Fizioterapijski tretmani u ovoj se fazi rehabilitacije sastoje od krioterapije, kompresije, neuromišićne stimulacije, manualne terapije, reedukacije hoda te terapijskog vježbanja. Program vježbanja, kao i razina opterećenja ovisi o sposobnostima i stanju pacijenta. U ovoj fazi funkcionalna stabilnost koljena nije od izrazite važnosti jer pacijent još nije podvrgnut rekonstrukciji prednje križne sveze (10).

### Akutna faza rehabilitacije (1. faza)

Glavni ciljevi, tijekom akutne faze liječenja, su postizanje potpune pasivne ekstenzije koljena i povećanje aktivnog opsega pokreta, bez izljeva u koljenskom zglobu. Radi smanjenja otekline, hematoma i boli koristi se krioterapija s kompresijom te manualne terapijske vještine. Tretmane za dobivanje potpune pasivne ekstenzije i funkcije mišića kvadricepsa trebalo bi započeti već prvi dan nakon operacije ili ozljede (Slika 1) (10). Vježbe za aktivni i pasivni opseg pokreta uz prilagođeno opterećenje za kontrolu zglobnog izljeva su izrazito važni segmenti akutne faze rehabilitacije. Kao dodatak aktivnim vježbama, primjenjuje se neuromišićna stimulacija (Slika 2), koja pozitivno utječe na jačanje i pravilnu aktivaciju mišića kvadricepsa, osobito m. vastus medialis koji se aktivira u završnih 10 stupnjeva ekstenzije u koljenu. Važno je napomenuti da



Slika 1. Pasivna ekstenzija koljena pomoću elastične trake (izvor: sistematizacija autora)

Picture 1. Passive knee extension performed by elastic band (source: author's systematisation)

se izometričke kontrakcije mišića kvadricepsa rade bilateralno. Harput i sur. (2019) u randomiziranoj studiji dokazali su da koncentrirajući se na kontrakciju mišića na neozlijeđenoj nozi kod pacijenata s rekonstruiranim LCA dolazi do bolje aktivacije mišića na ozlijeđenoj nozi. Ovakav način vježbanja naziva se ukršteno obrazovanje (eng. cross - education) te je preporučljiv posebno u ranim fazama rehabilitacije za vraćanje jakosti mišića kvadricepsa (13). Hart i sur. (2010) u preglednom radu proučavali su snagu kvadricepsa u tri skupine pacijenata – dvije skupine s ozljedom LCA (jedna operativno i druga konzervativno liječena) te skupini pacijenata s prednjom koljenskom boli. Rezultati su pokazali da u sve tri skupine ispitanika postoji značajan deficit u bilateralnoj aktivaciji kvadricepsa. Na temelju dobivenih rezultata autori rada su zaključili da su vježbe ukrštenog obrazovanja važan sastavni dio rehabilitacijskih protokola kod svih skupina pacijenata sa svrhom prevencije razvoja osteoartritisa (14). U ovoj fazi rehabilitacije važno je educirati pacijente o načinu izvođenja vježbi te s njima vježbati pravilan hod koji utječe na funkciju koljena i oporavak nakon ozljede. Postoperativno, smjernice temeljene na dokazima savjetuju vježbe zatvorenog i otvorenog kinetičkog lanca (10).

### Srednja faza rehabilitacije (2. faza)

U ovoj fazi dolazi do integracije neuromišićnog treninga i treninga snage. Cilj neuromišićnog treninga je poboljšanje dinamičke stabilnosti koljena pomoću propriocepcije i strategije motorne kontrole (10). Važno je naglasiti da se pacijent tijekom akutne faze rehabilitacije treba educirati i naučiti pravilnoj aktivaciji muskulature, kako



Slika 2. Neuromišićna stimulacija ozlijeđene noge uz bilateralnu izometričnu kontrakciju kvadricepsa (izvor: sistematizacija autora)

Picture 2. Neuromuscular stimulation injured leg gathered with bilateral isometric quadriceps contraction (source: author's systematisation)



bi kasnije bilo moguće povećavati intenzitet i ekstenzitet vježbanja. Manipulirajući karakteristike vježbi poput: brzine, trajanja, ponavljanja i dužini hodne pruge postiže se cilj povećanja težine i opterećenja vježbi. U ovoj fazi u program vježbanja dodaju se vanjski čimbenici poput: prepreka i nestabilnih podloga s ciljem prilagođavanja sportaša na neočekivane događaje i promjene položaja tijela. Kako bi se sportaš što bolje pripremio za povratak sportu, u ovaj fazi počinju sportu specifične vježbe. Vježbe jakosti u ovaj fazi počinju s laganim opterećenjem s više ponavljanja te se postepeno povećavaju do težih opterećenja s manjim brojem ponavljanja. Također, program vježbi snage uključuje unilateralne i bilateralne vježbe čije se opterećenje postepeno povećava kako bi se postiglo povećanje jakosti mišića. Uz to, vježbe se kod sportaša mogu izvoditi kombinirajući vježbe jedne mišićne skupine te odmah potom vježbe antagonističkih mišića kako bi smanjili odmor i dodatno radili na aerobnom kapacitetu. Opterećenje se povećava prema „principu 2+“ što znači da kada paci-

jent napravi ciljani broj ponavljanja, a može napraviti još dodatna 2 ponavljanja, tada se u idućem treningu opterećenje treba povećati za 2 (10). Dodatak vježbama jakosti je BFR (eng. blood flow restriction) trening koji, na temelju rezultata više provedenih istraživanja, dokazano rezultira mišićnom hipertrofijom. Ovo je vrlo dobar način opterećivanja mišića u početnim i kasnijim fazama rehabilitacije jer se BFR treningom mišićnom aktivnošću postiže efekt podizanja velikog tereta, a u stvari se vježbe izvode bez dodatnog opterećenja na zglob koljena. Ova metoda vježbanja dodatno povećava volumen i jakost kvadricepsa, simetriju antagonističkih mišića i njihovu fizičku funkciju (17). Dakako, BFR se ne mora nužno primjenjivati samo na kvadriceps, nego se može ciljano usmjeriti i na drugu deficitarnu muskulaturu. Težine vježbi trebaju biti prilagođene pojedincu te su vježbe prikazane na Slikama 3-6



Slika 3. Vježba jačanja m. vastus medialis (izvor: sistematizacija autora)

Picture 3. Strengthening exercises for m. vastus medialis (source: author's systematization)



Slika 4. Vježba jačanja aduktora kuka (izvor: sistematizacija autora)

Picture 4. Strengthening exercise for hip abductor (source: author's systematization)



Slika 5. Vježba stabilnosti mišića trupa uz punu ekstenziju u koljenu (izvor: sistematizacija autora)

Picture 5. Core stability exercise with full knee extension (source: author's systematization)



Slika 6. A i B. Vježba stabilnosti mišića trupa uz nestabilnu podlogu (izvor: sistematizacija autora)

Picture 6. A and B. Core stability exercise with unstable base (source: author's systematization)



Slika 7. Vježba jačanja mišića kvadricepsa (osobito m. vastus medialis) (izvor: sistematizacija autora)

Picture 7. Strengthening exercise for quadriceps muscle (especially m. vastus medialis) (source: author's systematization)

samo primjeri vježbi po kojim načelima se rehabilitacijsko vježbanje provodi. Svaki sportaš različito reagira na razinu opterećenja i tijekom rehabilitacije te se intenzitet i ekstenzitet vježbanja individualno prilagođava.

### Kasna faza rehabilitacije (3. faza)

U kasnoj fazi rehabilitacije do izražaja dolazi specifičnost treninga individualno prilagođenog pojedincu prema sportu, ciljevima i tjelesnoj spremi sportaša (Slike 7-11). Ova faza uključuje treninge jakosti za specifična područja



Slika 9. Vježba jačanja, stabilnosti i brzine aktivacije mišića abduktora kuka (izvor: sistematizacija autora)

Picture 9. Exercise for strengthening, stability and activation rate of hip abductors (source: author's systematization)



Slika 8. A i B. Vježba jačanja, stabilnosti i brzine aktivacije mišića hamstringsa i gluteusa (izvor: sistematizacija autora)

Picture 8. A and B. Exercise for strengthening, stability and activation rate for hamstrings and gluteal muscles (source: author's systematization)



Slika 10. A i B. Vježba jačanja, stabilnosti i brzine aktivacije mišića aduktora kuka (izvor: sistematizacija autora)

Picture 10. A and B. Exercise for strengthening, stability and activation rate of hip adductors (source: author's systematization)



Slika 11. Vježba jačanja, stabilnosti i brzine aktivacije mišića trupa (izvor: sistematizacija autora)

Picture 11. Exercise for strengthening, stability and activation rate of trunk muscles (source: author's systematization)

oštećenja, snagu, agilnost i sportu specifične vježbe (10). U ovoj fazi se također koristi manualna terapija za oporavak te pripremu sportaša za trening. Nakon određenog rehabilitacijskog perioda i subjektivne procjene sportaševa stanja provode se objektivni testovi kojima se mjeri mišićna snaga, bilateralna simetrija snage donjih ekstremiteta, izokinetički testovi, testovi funkcionalne stabilnosti koljena, skakački testovi, testovi promjene pravca kretanja i sportu specifični testovi koji se provode na sportskom terenu (5,8,10). Ukoliko sportaš ispuni zadovoljavajuće uvjete na testiranjima, započinje postepeno vraćanje sportskim treninzima. Sportaš prolazi kroz više progresivnih vrsta treninga od modificiranog treninga bez kontakta, punog treninga bez opterećenja, sudjelovanja u natjecanju do neograničenog sudjelovanja u natjecanjima.

Izokinetičko testiranje dinamičkih stabilizatora koljena sa svrhom dijagnosticiranja i tretmana disbalansa mišića predstavlja objektivni parametar za povratak sportu nakon ozljede LCA (8). Dinamometrijsko testiranje se sastoji od ispitivanja mišićne jakosti pojedinih mišića. Mjeri se jakost svih dinamičkih stabilizatora koljena, a to su: ekstenzori i fleksori koljena, ekstenzori, aduktori i abduktori kuka. Mišićna jakost mjeri se na obje noge te se rezultati uspoređuju. Zadovoljavajući rezultati ozlijeđene noge su deficit koji nije veći od 10% u odnosu na zdravu nogu. Dinamometrijsko testiranje ne mora se nužno provesti samo prije sportaševa povratka na sportski teren, već se može provesti i u kasnijem tijeku rehabilitacije, radi uvida u daljnji tijek jačanja određenih mišića ili mišićnih skupinama. Nakon dinamometrije mjeri se mišićna izdržljivost (na primjer u

obliku jednonožnog čučnja s visine za kvadriceps i neke vrste izdržaja na nestabilnoj površini za hamstringse). Nakon ispitivanja jakosti i izdržljivosti ispituje se eksplozivnost i brzina u obliku sunožnog i jednonožnog skoka u dalj iz mjesta. Jednonožni skok u dalj iz mjesta se provodi na obje noge te se analiziraju rezultati koji bi trebali biti približno jednaki. Kada se ispita maksimalna udaljenost jednonožnog skoka iz mjesta ozlijeđene noge tada se uzima 80% te vrijednosti i analizira pravilnost i mehanizam doskoka. Skok za analizu se provodi više puta i on se provodi na ozlijeđenoj, ali i na zdravoj nozi. Skok i doskok trebaju biti sigurni, s pravilnom biomehnikom, stabilnošću trupa i koljena. Segmenti na koje posebno treba obratiti pozornost su: valgusni položaj koljena prilikom doskoka u većini skokova, nesigurnost i razlika doskoka ozlijeđene i zdrave noge. Ukoliko postoje nepravilnosti i nesrazmjer snage mišićne tijekom doskoka, tada sportaš i dalje nije spreman za puni povratak sportu, a oprečno tome ako su skokovi na zadovoljavajućoj razini tada se sportaš može postepeno vraćati punom sportskom treningu. Uz to se provode i dodatni sportu specifični testovi i testovi promjene pravca kretanja koji se provode na sportskom terenu (5).

Tek kada su svi testovi zadovoljavajući tada je preporučan povratak sportaša punom treningu. Također, pri kraju rehabilitacijskih programa liječenja, poželjno bi bilo napraviti kontrolni MRI koljena kako bi se procijenila prokrvljenost LCA presatka i uspješnost provedenog liječenja (24).

### Kontinuirana prevencijska faza

Treninzi i vježbe koje se provode u kasnoj fazi rehabilitacije mogu se primjenjivati i u kontinuiranoj prevencijskoj fazi pošto je razina zahtjevnosti ovih vježbi vrlo visoka, a ovisi individualno o sportaševom stanju i fizičkoj spremi. Prevencijski program vježbanja trebao bi se provoditi barem 2 puta tjedno, tijekom postepenog povratka pacijenta sportu te bi se trebao nastaviti i kada se pacijent u potpunosti vrati sportu, a on uključuje: vježbe jakosti i izdržljivosti mišića donjih ekstremiteta, vježbe na nestabilnim podlogama, vježbe agilnosti i brzine te vježbe istezanja prije i poslije treninga (10). Rizik od ozljede se povećava kod naglog povećanja opterećenja i zahtjeva koljena te je potrebno dozirano povećavati opterećenje i težinu izvođenja pojedinih vježbi, sa svrhom smanjenja rizika od ponovne ozljede. Unatoč suvremenim i unaprijeđenim operacijskim tehnikama, metodama fiksacije i rehabilitacijskim protokolima, u literaturi je opisana incidencija ponovne ozljede prednjeg križnog ligamenta od 6% kako ipsilateralne tako i kontralateralne noge (12).

Pojedine se vježbe izvode u paru kako bi sportašima bilo što zanimljivije i dinamičnije, a program raznovrsnih korisnih i sportu specifičnih vježbi ovisi o stručnosti i kreativnosti fizioterapeuta, kineziologa ili trenera koji ih osmišljavaju i planiraju.

## ZAKLJUČAK

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta ubraja se u grupaciju najčešćih i najtežih akutnih ozljeda koljena, direktno povezane s funkcionalnom stabilnošću koljena i kao takva je predmet brojnih istraživanja. Za rehabilitaciju LCA ozljede, radi boljeg razumijevanja i pristupa liječenju ozljedi, važno je poznavanje same anatomije i funkcije koljenoskog zgloba. Brojni intrinzični i ekstrinzični rizični čimbenici mogu utjecati na nastanak ozljede prednjeg križnog ligamenta, a posebnu pozornost treba posvetiti čimbenicima na koje se može utjecati pravilnim trenažnim procesom.

Funkcionalna stabilnost koljena predstavlja najvažniji segment prevencije, ali i rehabilitacije ozljeda prednjeg križnog ligamenta zbog samog mehanizma nastanka ozljede te utjecaja ligamenta na biomehaniku koljenoskog zgloba. Liječenje ove ozljede može biti konzervativno i operativno, a vrhunski sportaši, najčešće se liječe operativnim zahvatom, različitim tehnikama ligamentarne rekonstrukcije.

U radu su prikazani rehabilitacijski i preventivski programi vježbanja kojima se, kroz razne segmente treninga i rehabilitacijskih protokola povećava mišićna jakost, stabilnost, ravnoteža, propriocepcija, agilnost te brzina aktivacije mišića, a samim time i funkcionalna stabilnost koljena. Mišićne skupine koje se ciljano vježbaju nisu samo mišići oko koljena već i mišići kuka te trupa. Upravo su stabilnost trupa, kuka, propriocepcija i ravnoteža ključni elementi razvoja cjelokupne funkcionalne stabilnosti koljena kod sportaša.

Nakon cjelokupnog rehabilitacijskog programa, koji prosječno traje 6 – 9 mjeseci, a prije punog povratka sportu, potrebno je provesti objektivno testiranje jakosti, izdržljivosti, brzine, eksplozivnosti i biomehanike doskoka, elemenata koji zajedno doprinose funkcionalnoj stabilnosti koljena, kako bi se dobio cjelokupan uvid u sportaševo stanje i konačna procjena spremnosti povratka sportu.

## Literatura

1. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G et al. Anterior Cruciate Ligament Injury, Identification of Risk Factors and Prevention Strategies. *Curr Sports Med Rep* 2014 May-Jun; 13(3): 186-91.
2. Abulhasan J, Grey M. Anatomy and Physiology of Knee Stability. *J Funct Morphol Kinesiol* 2017; 2(4): 34.
3. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanism: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med* 2005; 39: 324-9.
4. Bisciotti GN, Chamari K, Cena E et al. Anterior Cruciate ligament injury risk factors in football, *J Sports Med Phys Fitness* 2019 Oct; 59(10): 1724-38.
5. Brukner P, Khan K, ur. Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine, Vol 1 Injuries, 5th edition. Sydney: McGraw Hill Education, 2017.
6. Decary S, Ouellet P, Vendittoli PA et al. Diagnostic validity of physical examination tests for common knee disorders: An overview of systematic reviews and meta analysis. *Phys Ther Sport* 2017; Jan 23: 143-55.
7. Domnick C, Rashke MJ, Herbolt M. Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop* 2016 Feb 18; 7(2): 82-93.
8. Dragicevic Cvjetkovic D, Bijeljic S, Palija S et al. Isokinetic Testing in Evaluation Rehabilitation Outcome After ACL Reconstruction. *Med Arch* 2015 Feb; 69(1): 21-3.
9. Evans RC. Knee. U: Evans RC, ur. *Illustrated Orthopedic Physical Assessment*. 3<sup>rd</sup> Edition. Philadelphia: Elsevier Inc, 2008; 843-928.
10. Fillbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture: *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2019 Feb; 33(1): 33-47.
11. Greenberg EM, Greenberg ET, Albaugh J. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation Clinical Practice Patterns: A survey of the PRISM Society. *Orthop J Sports Med*. 2019 Apr 23; 7(4): 1-13.
12. Gupta R, Singhal A, Malhotra A et al. Predictors for Anterior Cruciate (ACL) Re-injury after Successful Primary ACL Reconstruction. *Malaysian Orthop J* 2020 Nov; 14(3): 50-6.
13. Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019 Jan; 27(1): 68-75.
14. Hart JM, Pietrosimone B, Hertel J et al. Quadriceps Activation Following Knee Injuries: A Systematic Review. *J Athl Train* 2010 Jan-Feb; 45(1): 87-97.
15. Hewett T, Myer G, Ford K, Paterno M et al. Mechanism, Prediction, and Prevention of ACL Injuries: Cut Risk With Three Sharpened and Validated Tools. *J Orthop Res* 2016 Nov; 34(11): 1843-55.
16. Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C et al. Effects on Lower Extremity Neuromuscular Control Exercises on Knee Proprioception, Muscle Strength, and Functional Level in Patients with ACL Reconstruction. *Biomed Res Int*. 2019; Vol 2019: 1-7.
17. Kilgas MA, Lytle LLM, Drum SN et al. Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long After ACL Reconstruction. *Int J Sports Med* 2019; 40(10): 650-6.
18. Krmpotić-Nemanić J, Marušić A, ur. *Anatomija čovjeka*. 2. izd. Zagreb: Medicinska naklada, 2007.
19. Madden C, Putukian M, McCarthy E et al, ur. *Netter's Sports Medicine*, 2nd edition. Philadelphia: Elsevier, 2018.
20. Marieswaran M, Jain I, Garg B et al. A Review on Biomechanics of Anterior Cruciate Ligament and Materials for Reconstruction. *Appl Bionics Biomech*. 2018 May 13; 1-31.
21. Miller M, Thompson S, ur. *Miller's Review of Orthopaedics*, 7th edition. Philadelphia: Elsevier; 2016.
22. Milner CE, ur. *Functional Anatomy for Sport and Exercise*, Quick Reference. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2008; 69-79.
23. Nessler T, Deeney L, Sampley J. ACL Injury Prevention: What does Research Tells Us?, *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017 Sept; 10(3): 281-8.
24. Pećina M i sur, ur. *Sportska medicina*, Zagreb: Medicinska Naklada, 2019.
25. Pećina M i sur, ur. *Ortopedija*, 3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb: Naklada Ljevak, 2004.
26. Platzer W. Priručni anatomski atlas, Sustav organa za pokretanje, 10. izdanje, Zagreb: Medicinska naklada, 2011.
27. Saithna A, Thaunat M, Delaloye et al. Combined ACL and Anterolateral Ligament Reconstruction. *JBJS Essent Tech* 2018 Mar 28; 8(1): e2, 1-20.
28. Sundemo D, Senorski EH, Karlsson L et al. Generalised joint hypermobility increases ACL injury risk and is associated with inferior outcome after ACL reconstruction: a systematic review, *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019; 5(1): e000620; 1-14.
29. Thomas CA, Villwock M, Wojtys EM et al. Lower Extremity Muscle Strength After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: *J Athl Train* 2013 Sep-Oct; 48(5): 610-20.
30. Vrgoč G, Vuletić F, Ivković A i sur. Udružena rekonstrukcija prednjeg križnog i anterolateralnog ligamenta koljena: korak naprijed ili samo trend u ortopediji?. *Medicina Fluminensis* 2020; 56 (3): 251-7.
31. Walker GN, D'Auria J, Cui LR et al. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicina Fluminensis* 2015; Vol. 51(1): 27-40.