

Rehabilitacijske metode i fizikalna terapija koljena nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta

Moguš, Dubravko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:243:099877>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Dental Medicine and Health Osijek
Repository](#)



Rehabilitacijske metode i fizikalna terapija koljena nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta

Moguš, Dubravko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:243:099877>

Rights / Prava: [In copyright](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2022-02-09**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Dental Medicine and Health Osijek
Repository](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO

OSIJEK

Diplomski sveučilišni studij Fizioterapija

Dubravko Moguš

**REHABILITACIJSKE METODE I
FIZIKALNA TERAPIJA KOLJENA
NAKON OZLJEDE PREDNJEG
KRIŽNOG LIGAMENTA**

Diplomski rad

Orahovica, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO

OSIJEK

Diplomski sveučilišni studij Fizioterapija

Dubravko Moguš

**REHABILITACIJSKE METODE I
FIZIKALNA TERAPIJA KOLJENA
NAKON OZLJEDE PREDNJEG
KRIŽNOG LIGAMENTA**

Diplomski rad

Orahovica, 2021.

Rad je ostvaren na Fakultetu za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek

Mentor rada: doc.dr.sc. Štefica Mikšić

Rad ima: 31 list.

Znanstveno područje: Biomedicina i zdravstvo

Znanstveno polje: Kliničke medicinske znanost

Znanstvena grana: Fizikalna medicina i rehabilitacija

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. POSTUPCI	3
3. REHABILITACIJSKE METODE I FIZIKALNA TERAPIJA KOLJENA NAKON OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA	4
3.1. Epidemiologija i mehanizam nastanka ozljede prednjeg križnog ligamenta	5
3.2. Dijagnostika ozljede prednjeg križnog ligamenta	7
3.2.1. Lachmanov test	7
3.2.2. Test prednje ladice	8
3.2.3. <i>Pivot shift test</i> – test zaokretnog pomaka	8
3.2.4. Test znaka poluge – <i>Lever test</i>	9
3.3. Gubitak živčano – mišićne koordinacije kod ozljede prednjeg križnog ligamenta.....	10
3.4. Anatomska rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta	10
3.5. Posttraumatski osteoartritis i ozljeda prednjeg križnog ligamenta.....	11
3.6. Psihičko zdravlje nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta - strah i tjeskoba od povratka u igru	13
4. VAŽNOST ZA PRAKSU FIZIOTERAPIJE	14
4.1. Prevencija ozljede	14
4.2. Glavni ciljevi i procesi rehabilitacije	15
4.2.1. Neuromuskularna električna stimulacija	18
4.3. Neuromuskularni i propioceptivni trening	18
4.4. Aerobni trening	19
5. ZAKLJUČAK	20
6. SAŽETAK.....	21
7. SUMMARY	22
8. LITERATURA.....	23
9. ŽIVOTOPIS	30

1. UVOD

Zglob koljena i njemu pripadajuće sveze često su oštećene zbog uzastopnih patogenih mikrotrauma, koje nastaju neočekivano i akutno, a nazivaju se sindromima prenaprezanja koljena. Za bolje razumijevanje nastanka ozljeda prijeko je potrebno poznavati i razumjeti biomehaniku zgloba koljena. Zglob koljena podložan je ozljedama zbog svoje složenosti i nekongruentnosti zglobnih tijela femura i tibije. Za stabilnost i izvođenje pokreta zaslužni su medijalni i lateralni menisci, odnosno pobočna sveza na lateralnoj i medijalnoj strani. Suprotstavljaju se pokretima primicanja i odmicanja. Stalan dodir zglobnih tijela pružaju prednja ukrižena sveza (onemogućava posteriorni pomak tibije u odnosu na bedrenu kost) i stražnja ukrižena sveza. Zglobna kapsula obavija ligament *popliteum obliquum* i *arcuatum* sa stražnje strane i ligament patele s prednje strane. Najveći je zglob ljudskog tijela gdje prolazi i grana se ishijadični živac. Pripada skupini zglobova koji imaju dvije osi gibanja. Pasivnim savijanjem koljena dobiva se opseg pokreta od 160 stupnjeva, a aktivno on iznosi od 0 do 135 stupnjeva. Pasivno ispružanje koljena iznosi 5 stupnjeva, dok ono aktivno nije moguće. Koljeni zglob u ispruženom položaju ne može izvesti rotacije, ali pri pregibu od 90 stupnjeva one su moguće i iznose 40 stupnjeva za vanjsku rotaciju i 10 stupnjeva za unutarnju rotaciju. Složeni koljeni zglob s mioentzijskim sustavom tijekom ponavljane traume nema brzu sposobnost oporavka tkiva zato je liječenje ozljeda koljena usmjereno na privremeno prekidanje izvođenja sportskih aktivnosti (1).

Najčešća ozljeda u području ligamentarnog sustava koljena je puknuće prednje križne sveze. Događa se za vrijeme sportskih aktivnosti poput skijanja, košarke, a najčešće nogometa kod pojedinaca starosti između 15 i 20 godina. 70 posto ozljeda prednjeg križnog ligamenta nastaje kod nekontaktnih ili minimalno kontaktnih sportova. U kombinaciji tri biomehanička čimbenika nastaje uobičajeni mehanizam ozljede. Valgus kolaps koljena, izrazita aktivacija četveroglavog bedrenog mišića za vrijeme neznatno eksteniranog koljena i uslijed pretjerane vanjske rotacije koljena. Pretjerana vanjska rotacija koljena nastaje kod brze promjene smjera kretanja, zapravo dolazi do jake unutarnje rotacije bedrene kosti za vrijeme fiksacije tibijalne kosti o podlogu. Za vrijeme dočeka nakon skoka dolazi do zauzimanja valgus položaja koljena zbog slabosti odmicača kuka i loše kontrole vanjskih rotatora. Ovaj položaj uzrokuje izrazitu napetost prednjeg križnog ligamenta, liniju sile koja djeluje na mišić kvadriceps i patela se premješta lateralno. Loša i oslabljena kontrola traži uvođenje neuromuskulturnih tehnika za pripremu i bolje izvođenje sportske aktivnosti (2). Mišićno – koštani fitness

povezuje jakost i mišićnu snagu sa idealnim zdravljem, a fleksibilnost je u uzajamnoj vezi sa neovisnosti osobe. Različite metode procjene koje se primjenjuju u fizioterapiji omogućavaju bolje poznavanje zdravlja lokomotornog sustava i bržu prevenciju za smanjivanje rizika od razvoja ozljeda. U praksi za procjenu koriste se jednostavni testovi, uz korištenje minimalne opreme poput goniometra i specifičnih manualnih testova za ozljede koljena (3).

Cilj diplomskog rada je objasniti biomehaniku koljena, epidemiologiju i mehanizam nastanka ozljede prednjeg križnog ligamenta. Opisati važnost za područje fizioterapije uključivši adekvatan odabir prevencije, fizioterapijskog liječenja i rehabilitacijskih metoda koje se primjenjuju nakon ozljeda prednje križne sveze.

2. POSTUPCI

Pretraživanje knjižne literature izvršeno je u knjižnici Fakulteta za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek, a obuhvaća naslove tri knjige i 66 članaka koji su odgovarali kriterijima odabira literature. Kriteriji za uključivanje bili su hrvatski i engleski jezik, objavljeni unazad pet godina, tema rehabilitacijske i fizikalne procedure nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta i ljudski sudionici. Pretraživanje ključne riječi izvršeno je primjenom kombinacije riječi ACL ozljeda, fizikalna terapija i ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Ukupno je pretraženo 190 radova, a 66 radova zadovoljava sve kriterije i bilo je uključeno u konačnu analizu i pisanje diplomskog rada. Pretraživane baze podataka su MEDLINE / EMBASE i PubMed. Pojmovi za pretraživanje za sve online baze podataka bili su *ACL injury*, *anterior cruciate ligament injury*; *physical therapy*.

3. REHABILITACIJSKE METODE I FIZIKALNA TERAPIJA KOLJENA NAKON OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Ozljede *anterior cruciate ligament* (ACL), odnosno prednjeg križnog ligamenta ima potencijalno ozbiljne posljedice kod povratka u sportsku igru. Nakon rekonstrukcije ligamenta moguć je povratak sportskom režimu, ali i dodatni problemi s koljenom gdje je potrebno naknadno operacijsko liječenje. Promjenjivi čimbenici rizika su živčano - mišićne i biomehaničke karakteristike o kojima će se više pisati u narednim podnaslovima. Neuroplastičnost igra veliku ulogu kod ove nekontaktne ozljede koljena. To je sposobnost prilagodbe centralnog živčanog sustava na različite unutarnje i vanjske čimbenike. Za uspostavu dobre neuromišićne kontrole i neuro - kognitivne funkcije, medicinskim vježbama i fizikalnom terapijom želi se utjecati na informacije u području senzomotorike, vizualnog i vestibularog sustava. Neuralna plastičnost radi prilagodbe u području mozga, mijenjanjem kognitivnih strategija kao i pojačavanje radne aktivacije različitih neuronskih krugova. Prekomjerno razmišljanje o izvedbi i prilagođavanju funkcionalnih zahtijeva (doskok na podlogu) može se negativno odraziti na uspješnost izvedbe zadatka. Mišići imaju visoko elastična svojstva koja za vrijeme određenih pokreta svojom kontrakcijom utječu na ukočenje zgloba. Ukočen zglob je stabilan zglob u kojem je očuvana ravnoteža, ali u slučajevima kada se previše razmišlja o izvedbi akcije, ne dolazi do nesvjesne modulacije fizičkog okruženja u mozgu prije same izvedbe aktivnosti. Nesvjesna prilagodba sadrži rutinske funkcionalne pothvate koji sami prilagođavaju ukočenost zgloba za pojedini zadatak i takav je manje podložan ozljedi. Na fizioterapeutima je zadatak izazivati neuromuskularni sustav pacijenta za vrijeme kliničkog treninga tako da se isti može primijeniti tijekom sportske aktivnosti, bez anksioznosti i promjene koncentracije zbog straha od ponovljene ozljede (4).

Cilj rehabilitacije je povećati kognitivnu i vizualnu kontrolu izvođenja pokreta ozlijeđenog koljena. Takav fokus pažnje potiče razlike u aktivaciji moždanog područja, a krajnji ishod je motorička prilagodba i dobivanje dugoročnih neuroplastičnih promjena. Povećanje proprioceptivne sensorike dobiva se jednostavnim metodama poput poveza za oči, a u budućnosti se očekuje uvođenje virtualne stvarnosti u rehabilitacijske svrhe. Dosadašnja istraživanja ne daju dovoljne rezultate za razumijevanje rizika nastanka beskontaktnih distorzija zgloba kod nekoordiniranih kretnji visoke brzine. Mišićna napetost dobiva se kod

brzine kretanja od 35 mili sekunde, a ozljeda prednjeg križnog ligamenta moguća je već kod brzine od 70 mili sekunde. Trening agilnosti, vida, perturbacije i specifičnih sportskih vještina dio je rehabilitacijskog programa i neuromuskularnog treninga. Živčano - mišićni sustav prima senzorne povratne informacije putem prednjeg križnog ligamenta koji pomaže kod funkcionalne stabilnosti zgloba koljena, a neuroplastičnost je rezultat novih motoričkih učenja (4).

Strah i negativne emocije od ponovljene ozljede imaju učinak na neuromuskularnu kontrolu. Studija kontrole slučaja u koju je bilo uključeno 20 ispitanika bez ozljede ACL i 20 ispitanika s jednostranom rekonstrukcijom ACL ispitala je koordinaciju mišića i neuronsku obradu u mozgu kod ispitanika tijekom njihove promjene reakcije i negativnih emocionalnih podražaja. Prikazivani su im negativni vizualni podražaji koji su za odgovor imali iznenadnu perturbaciju. Promijenjena je bila regulacija ukočenosti zgloba, a u frontoparijentalnom korteksu dogodila se promjena u neuralnoj obradi. Rezultati istraživanja upućuju na važnost uključivanja psihološke intervencije nakon ozljede ACL. Strah ima negativan utjecaj na živčano - mišićnu kontrolu, a uključivanje psihologa u rehabilitacijsku obradu poboljšat će ishode programa vježbi koje zadaje fizioterapeut (5). 20 posto osoba mlađih od 25 godina i sportaša koji su se nakon primarne ozljede vratili sportskim igrama dobije sekundarnu ozljedu ACL. Dokazi potvrđuju da će svaka četvrta osoba imati sekundarnu ozljedu nakon uspješne rekonstrukcije ACL, a zasigurno će nastupiti tijekom ranog povratka u aktivnost koja je izazvala primarnu ozljedu (6). Rizik od ponovljene kolateralne ozljede iznosi 12 posto, a od ipsilateralne povrede šest posto. Posljedica ozljede i rekonstrukcije ACL je osteoartritis koljena koji nastupa u 20 do 50 posto slučajeva (7).

3.1. Epidemiologija i mehanizam nastanka ozljede prednjeg križnog ligamenta

Povećan rizik od razvoja nekontaktne ACL ozljede imaju mlade sportašice zbog utjecaja biomehaničkih, anatomskih i vanjskih čimbenika opterećenja za vrijeme izvedbe pokreta određenih za sportske igre. Istraživanje o učestalosti nastanka ACL ozljede kod pripadnika muškog i ženskog spola potvrđuje da su mišićna aktivacija i koordinacija ovisne o spolu. Kod pripadnica ženskog spola utvrđena je smanjena aktivnost koljena, ali i znatno povišena aktivnost mišića kvadriceps za razliku od muškog spola. Mehanizam nastanka ozljede

3. REHABILITACIJSKE METODE I FIZIKALNA TERAPIJA KOLJENA NAKON OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

upućuje na visoku aktivaciju mišića vastus lateralis i niskoj aktivaciji medijalnog dijela koljena tijekom doticanja podloge nakon skoka. Anatomska značajka kroz tri ravnine omogućava pasivnu stabilnost zgloba. U sagitalnoj ravnini povećan rizik od ozljede stvaraju prošireni kutovi zgloba koljena tijekom doskoka zajedno s golemom generacijom sile u ispružaćima koljena zbog stvaranja većeg pritiska, naprezanja i trenja u ligamentu. U frontalnoj ravnini ACL ograničava pokrete odmicanja i primicanja koljena zbog naglog naprezanja ligamenta pri varus i valgus položajima koljena. U poprečnoj ravnini vanjska rotacija zajedno s valgus položajem limitiraju izvedbu ACL kao i kod bočnog kondila kada se uzme u obzir medijalno - prednji aspekt translacije koljena, a unutarnja rotacija tibije podiže napetost ACL. Dinamičnu stabilnost koljena pruža potkoljениčni mišić, proprioceptivna povratna sprega kod zgloba koljena služi za kontrolu mišića, a neuralnoj funkciji doprinosi ACL (8). ACL zajedno s *posterior cruciate ligament* je središnji stabilizator koljena, a pomaže u stabilizaciji tibije i sprječava povećanje prednje translacije kosti kao i povećanu unutarnju rotaciju. Učestalost ACL ozljede je 46/100.000 što ju čini jednom od najučestalijih ozljeda u sportu (9).

Jedan od najpopularnijih sportova gdje nastaje ACL ozljeda koljena kod muškog spola je nogomet (10). Mehanizam nastanka ozljede u nogometu podijeljen je na dvije grupe, ovisno o tome je li nastala na temelju kontakta s drugim igračem ili je nastala nekontaktno. Ozljede koje prevladavaju u nogometu su one koje su nastale beskontaktno. Čimbenik rizika je postavljanje koljena u valgus položaj tijekom okreta i doskoka u nogometu. Istraživanje potvrđuje povezanost estrogenskih i progesteronskih receptora s predispozicijom za razvijanje ACL ozljede stoga su žene više podložne povrjeđivanju (11). Atletska izloženost ACL ozljedi za vrijeme srednjoškolskog obrazovanja pokazuje statistiku da osobe ženskog spola imaju dva puta veću stopu za povrjeđivanje ACL od njihovih razrednih prijatelja. Sugerira se upućivanje oba spola u preventivne programe za smanjenje ozljeda kako bi se smanjio rizik od povrjeđivanja, kao i savjetovanje s liječnikom za donošenje boljih budućih odluka vezanih za specifičan sport i uključivanje adolescenta u izabrani sport (12).

Istraživanje provedeno u 78 nogometnih klubova u razdoblju od 2001. do 2015. godine pratilo je igrače i vremenski trend u postotku nastanka ozljeda ACL. Za vrijeme praćenja evidentirano je ukupno 157 ozljeda ACL. Od ukupnog je broja ispitanika 17 igrača imalo djelomičnu rupturu ACL, a njih 140 totalnu rupturu ACL. Trend rasta ozljede povećavao se

za šest posto godišnje. Igrači su podvrgnuti anatomskej rekonstrukciji ACL, a njih sedam posto pretrpjelo je komplikacije. Ostali igrači bili su bez komplikacija i vraćeni su na sportski trening nakon šest mjeseci, a povratak u igru bio je nakon sedam do osam mjeseci. 106 igrača je prošlo ponovno testiranje tri godine nakon primarne rekonstrukcije ACL, a njih 86 posto i dalje su bili igrači nogometa. Sekundarna ruptura bila je zabilježena u četiri posto igrača, a dvije trećine igrača nakon tri godine imali su igračku karijeru na najvišoj razini (13). Prosječna dob dobivanja ACL ozljede kod profesionalnih igrača je oko 25. godine života (14).

3.2. Dijagnostika ozljede prednjeg križnog ligamenta

Dijagnostičke metode ozljede ACL obuhvaćaju anamnezu i fizički pregled, a zlatni standard koji pokazuje izvrsnu točnost u dijagnostici je magnetska rezonancija s 97 posto osjetljivosti i 100 posto specifičnosti (15). Fizioterapeut uzima podatke o vremenu nastanka ozljede, mehanizmu pri kojem se dogodila povreda. Fizički pregled započinje se inspekcijom, nakon koje slijedi palpacija koljena i okolnih struktura. Izvode se posebni testovi s kojima se ispituje pokretljivost, mišićni manualni test za snagu mišića i test stabilnosti. Prisutnost izljeva provjerava se testom fluktuacije. Procjenjuje se postoji li nestabilnost zgloba i funkcionalna sposobnost. Pacijent potvrđuje prisutnost bolova u koljenu, nestabilnost zgloba i njegovo oticanje zbog čega se može potvrditi sumnja na ozljedu. Specifičan test kojim se može odrediti ozljeda ACL od drugih ozljeda ligamenta je Lachmanov test. Testira se zdravo i ozlijeđeno koljeno, ali se mora obratiti pažnja na vrijeme kada je pacijent pristigao nakon ozljede zbog značajnog oticanja i pojavnost hemartroze. Unutarzglobni volumen nakon ozljede se povećava, a on može izazvati bol tijekom izvođenja opsega pokreta i grčenje mišića. Stoga je preporuka test izvesti odmah ili nekoliko sati nakon ozljede da se izbjegnu te komplikacije (16). Osjetljivost testova nakon primjene anestezije je 98 posto za *Lever test*, 89 posto za Lachman test, 88 posto za *pivot shift test* i test prednje ladice iznosi 84 posto (17).

3.2.1. Lachmanov test

Postoji više testova integriteta za ACL, a Lachmanov se test najčešće koristi i ima specifičnost koja iznosi 93 posto, a osjetljivost iznosi 87 posto. Lachmanov test izvodi se u supiniranom položaju, gdje je testirano koljeno flektirano do 30 stupnjeva, a u isto vrijeme za opuštanje

iliotibijalnog trakta testirana noga se rotira u laganu vanjsku rotaciju. Jedna ruka fizioterapeuta polaže se na distalni dio femura, a druga na proksimalni dio tibiju u svrhu stabilizacije. Fizioterapeut primjenjuje prednju silu, odnosno radi se pokušaj prenošenja tibije prema naprijed (anteriorno - posteriorne kretnje) uz fiksaciju femura. Test je pozitivan ako dolazi do prednje translacije tibije s mekim ili elastičnim prekidom klizanja (16). Liječnici koji nisu dostatno educirani o načinu provođenja Lachmanovog testa, mogu provoditi sljedeće dijagnostičke testove za procjenu ACL ozljede (18).

3.2.2. Test prednje ladice

Osjetljivost testa prednje ladice je 92 posto, a specifičnost testa je 91 posto u kroničnim stanjima, dok u akutni stanjima on iznosi za osjetljivost 61 posto, a za specifičnost 93 posto. Da se ne dobiju lažno pozitivni rezultati, potrebno je prvo isključiti ozljedu *posterior cruciate ligamenta* (test stražnje ladice). Test se započinje postavljanjem pacijenta u supinirani položaj, a testirana noga savija se 90 stupnjeva u kuku i 45 stupnjeva fleksije u koljenu, stopalo je oslonjeno na podlogu. Za bolju fiksaciju stopala, fizioterapeut se može posjesti na stopalo pacijenta i svojom težinom spriječiti kompenzatorne radnje. Za ovu radnju potrebna je dozvola pacijenta. Nakon što se fiksiralo stopalo, fizioterapeut obuhvaća rukama koljeni zglob, postavljajući oba palca uz dužinu zgloba (neposredno pored patele) palpirajući ulegnuće u koljenu. Izvodi se eksplozivna radnja povlačenja tibije anteriorno i posteriorno. Test je pozitivan ako dolazi do anteriorne translacije tibije više od šest milimetara. Istraživanje provedeno u travnju 2021. godine obuhvaća istraživanje kvalitete modificiranog testa prednje ladice. Test se izvodi dok pacijent sjedi, kukovi i koljena su pod 90 stupnjeva i vise slobodno niz podlogu. Fizioterapeut drži proksimalni dio tibije s obje ruke radi bolje anteriorno-posteriorne translacije bez ograničavanja rotacija i izvodi dva do tri ritmička ciklusa guranja i povlačenja. Specifičnost testa je 94 posto, a osjetljivost 86 posto (19).

3.2.3. *Pivot shift test* – test zaokretnog pomaka

Za procjenu rotacijske nestabilnosti u zglobu koljena pri ACL ozljedi koristi se *pivot shift test* (20). *Pivot shift test* ima osjetljivost 48 posto, a specifičnost 97 posto za otkrivanje ACL ozljede. Dolazi do fenomena dinamičke subluksacije koja se događa kod fleksije koljena od

20 do 40 stupnjeva koja se izvodi kod normalnog hodanja uz prisustvo ACL ozljede. Protektivna mišićna kontrakcija u akutnim slučajevima može dati lažno negativne rezultate, stoga je nužno maksimalno relaksirati pacijenta i ponoviti test nekoliko puta. Test se izvodi u supiniranom položaju, s kukovima u fleksiji i abdukciji od 30 stupnjeva. Fizioterapeut s jednom rukom hvata na testiranoj nozi petnu kost s vanjske strane, za postizanje položaja tibijalne unutarnje rotacije, a s drugom rukom pruža valgus silu s vanjske strane fibularne kosti što će subluzirati tibijalnu kost prema naprijed od femura (u ekstenziji). Iz tog ekstenziranog položaja izvode se pokreti fleksije i ekstenzije. Test je pozitivan ako dolazi do posteriornog propadanja tibije zbog zategnutog iliotibijalnog pojasa koji ima fleksornu funkciju pri fleksiji koljena od 30 do 40 stupnjeva. Moguće je čuti pucketanje i kreptacije u zglobu (21). Izvođenje testa poboljšava se aktivnom i pasivnom edukacijom i praktičnim ponavljanjem naučenog, radi prilagodbe odgovarajuće tehnike izvedbe (22). Pretjerana hiperekstenzija koljena, pomak distalnog kondila femura i oštećenje lateralnog meniska su evidentirani faktori rizika za povećan zaokretni pomak u predoperativnoj fazi (23).

3.2.4. Test znaka poluge – *Lever test*

Lever test relativno je nov klinički test za dijagnosticiranje ACL ozljede. Pacijent se nalazi u supiniranom ležećem položaju s nogama potpuno ekstenziranim u kukovima i koljenima. Fizioterapeut stoji na strani ne testirane noge. Postavlja svoju šaku ispod proksimalne trećine potkoljenice (dorzalna strana potkoljenice), a s drugom rukom pruža silu prema dolje na distalnoj trećini pacijentovog mišića kvadricepsa da se stvori poluga. Intaktan ACL će prilikom pružanja sile na distalnom dijelu kvadricepsa ostvariti ekstenziju potkoljenice i vidljivo će biti odizanje pete pacijenta od podloge što će indicirati da je test negativan. Kod pozitivnog testa dolazi do prednje translacije tibije zbog totalne ili parcijalne ruptуре ACL koji je stabilizator koljenog zgloba. Uslijed translacije, peta testirane noge ne odiže se od podloge što je indikacija za pozitivan test. Ovaj test kod osoba s akutnom parcijalnom ACL rupturom pokazuje najveću specifičnost za test poluge, nego kod Lachman testa, testa prednje ladice i *pivot shift test* (24). Osjetljivost testa je 68 posto, a specifičnost iznosi 96 posto. S obzirom na to da ima veću specifičnost od Lachmanovog testa, preporuka je izvođenje oba testa u rutinskoj kliničkoj praksi za postavljanje dijagnoze ACL ozljede (25). Test koji provodi fizioterapeut treba imati visoku osjetljivost i specifičnost, a poželjno je da bude jednostavan za izvođenje uz dobru stabilizaciju i bez kompenzatornih kretnji (26).

3.3. Gubitak živčano – mišićne koordinacije kod ozljede prednjeg križnog ligamenta

Ligamentarni mehanizam povratne sprege zajedno sa živčano - mišićnim sustavom pomaže u očuvanju stabilnosti zgloba koljena u fiziološkim uvjetima. Između zglobne površine javljaju se kontaktne sile koje omogućavaju bolji stav, balans i kvalitetan hod. Prolongacija vezivnih struktura ligamenata kao pasivnih stabilizatora zgloba je ograničena i sama nedovoljna za održavanje stabilnosti zgloba tijekom hodanja i neophodna je aktivacija mišića. Dinamička mišićna stabilnost je zaslužna za kasnije održavanje stabilnosti zgloba, a njegova ispravna funkcija sprječava značajno istezanje ligamenata i smanjuje rizik od nastanka ozljede ACL. Kod ozljede gubi se dinamička i statička stabilnost zgloba, jer u mehanoreceptorima dolazi do narušavanja ili smanjene osjetljivosti proprioceptivnih aferentnih signala. Rezultat toga je zglobna deaferencijacija i slabiji osjet. Signali dobiveni u središnjem živčanom sustavu odražavaju se smanjenim balansom, nestabilnošću zgloba i lošom živčano – mišićnom kontrolom pokreta. Jačina ozljede i kasnije komplikacije individualno ovise od prijašnjeg stanja osobe, kao i program liječenja hoće li sadržavati operaciju ili će dovoljno biti izabrati zadovoljavajuće rehabilitacijske metode liječenja. Rehabilitacijske strategije koje se koriste su vježbe na nestabilnoj statičkoj i dinamičkoj podlozi za poboljšanje ravnoteže i vježbe za neuromuskularnu koordinaciju (27). Sprječavanje promjena opterećenja na tkivo hrskavice u patološkom koljenu stohastičkim simulacijama neuromuskularnog sustava može pridonijeti smanjenju specifičnih degeneracijskih obrazaca, lošoj mehanici koljena i komplikacijama (28). Na testu preskoka vijače uočava se znatna nestabilnost spojnica zglobova ekstremiteta nogu nakon 20 godina od saniranja ozljede ACL (29).

3.4. Anatomska rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta

Tri kosti čine koljeno, a to su femur, tibia i patela. Na mjestu ih drže snopovi užadi koji se nazivaju ligamenti. Prednji križni ligament koji se nalazi na sredini koljenog zgloba, stabilizira koljeno naprijed, prema nazad i kod rotacijskih pokreta zgloba. Najčešća ozljeda ACL je istegnuće ili puknuće ligamenta. Anatomski model rekonstrukcije je popularan koncept uzorka umetanja ligamenta na potkoljениčnu i bedrenu kost. Otisak na bedrenoj kosti gdje pripada ACL ima oblik polumjeseca, a 111 smrznutih uzoraka koljena u jednom istraživanju dokazuju da je stražnji korteks bedrene kosti u kontinuitetu s mjestom uvođenja ACL na bedrenoj kosti. Prvo kirurg postavlja vodilicu za bušenje na bedrenu kost i stabilizira

ju uz kost. Bušilicom se radi rupa kroz femur počevši s vanjske strane zgloba, prema unutarnjoj strani zgloba. Isti proces napravi se i na cjevanici, nosivoj kosti potkoljenice. Kroz šuplji prostor u zglobu uvodi se graft, a šavovima se ispravno pozicionira u šupljinama i s vanjske strane zaustavlja ih se metalnim kirurškim dugmima (30). Lateralni intrakondilarni greben nalazi se unutar hvatišta ACL u 90 posto slučajeva, a značajan je jer služi kao glavni orijentir kod postavljanja femoralnog tunela. Kod liječenja lezija ACL-a zlatni standard podrazumijeva anatomsku rekonstrukciju (31).

Aktivna mlada populacija obično pretrpi ozljedu prednjeg križnog ligamenta. Sam odabir transplantanta, autografta ili alografta ovisi o preferencijama kirurga koji izvodi operaciju i ciljevima pacijenta (32). Osobe koje se rekreativno bave sportom mogu dobiti fizikalnu terapiju kao početno liječenje, ali ako ostane povećan laksitet zgloba nužna je operacija. Elitnim sportašima preporuka je operativno liječenje uz naknadnu fizikalnu terapiju (33).

Rehabilitacija je najbitnija za ponovno vraćanje aktivnosti pacijenta i naglasak je na rehabilitaciji postizanja pune ekstenzije koljena. Nakon rekonstrukcije, trčanje je dopušteno nakon četiri mjeseca, a povratak sportskoj aktivnosti postoperativno nakon šest do devet mjeseci. Nakon 6 do 12 mjeseci postoperativno ima najbolje učinke na zdravlje koljena. Moguće komplikacije su rerupcija grafta, ozljede meniska, hrskavice, a i jedan do deset stupnjeva gubitka ekstenzije. Komplikacije se događaju u dva posto slučajeva (34).

3.5. Posttraumatski osteoartritis i ozljeda prednjeg križnog ligamenta

Najčešća vrsta artritisa je osteoartritis, a podvrsta posttraumatski osteoartritis može nastati kao posljedica ACL ozljede i jedan je od ključnih razloga razvitka mobilnog invaliditeta. Operacija ACL ozljede može potaknuti razvijanje posttraumatskog osteoartritisa (35). Pronalazi se u 12 posto slučajeva nakon traume zgloba, ligamenta i hrskavice. Za razliku od drugih vrsta osteoartritisa, ovaj je karakterističan za uzrokovanje funkcionalne invalidnosti mladih, a poznavanje direktnog uzroka nastanka pomaže fizioterapeutima u izboru ispravne prevencije, sprječavanje napredovanja bolesti i liječenja. Uz ACL ozljede, rizik nastanka osteoartritisa povećan je kod osoba ženskog spola, pretilih osoba, kod osoba koje ne provode svakodnevnu tjelesnu aktivnost i tjelovježbu, naknadne operacije, pušači i ako kod neozlijeđenog koljena dođe do varusnog poravnanja. Incidencija je 85 posto nakon rekonstrukcije ACL. Anatomska rekonstrukcija ACL neće spriječiti razvoj posttraumatskog

3. REHABILITACIJSKE METODE I FIZIKALNA TERAPIJA KOLJENA NAKON OZLJEDE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

osteoartritisa iz više razloga. Operacijom je nemoguće u cijelosti očuvati normalnu zglobnu mehaniku, dolazi do poremećaja raspodjele opterećenja na druge aspekte koljena pa dolazi do izmjene obrasca opterećenja zgloba koljena. Postoperativna upala dodatno oštećuje tkivo i smanjuje sposobnost postoperativnog zacjeljivanja u zglobu. Za rano otkrivanje dijagnoze koristi se radiografija, specifični biomarkeri iz krvi, magnetska rezonanca, skeniranje kosti i računalna tomografija. Sama radiografija nije dovoljna i ne ispunjava sve kliničke kriterije zbog dvodimenzionalnog načina snimanje pa ne daje stvarni prikaz svih zglobnih tkiva. Prevencija početne ozljede najbolji ja način liječenja posttraumatskog artritisa koljena, a prevencija ACL ozljede je pomoću višekomponentnih programa prevencije ozljede. Liječenje se provodi neposredno nakon ozlijede i obuhvaća uklanjanje hemartroze, intraartikularna injekcija proteina antagonist IL-1 receptora, antioksidativni tretman i anti – resorptivnu terapiju. Fizioterapeuti provode postupke krioterapije, edukaciju o zdravoj prehrani i tjelovježbi za smanjenje prekomjerne tjelesne težine ako je prisutna (36). Doksiciklin je antibiotik koji inhibira progresiju posttraumatskog osteoartritisa, a uzima se za vrijeme trajanja fizikalne terapije (37). Procesi rehabilitacije kod osoba koje se ne vraćaju aktivno u sport treba trajati duže od šest mjeseci. Osoba treba usvojiti navike cjeloživotnog vježbanja, a dokazi istraživanja potvrđuju da se funkcija koljena postoperativno ne obnavlja u potpunosti, a prosječno je potrebno šest godina da se postigne obnovljena kinematika zgloba (38).

Visoko intenzivni trening preskakanja vijače u kombinaciji s treningom ponavljanja može poboljšati mehaničke, funkcionalne i neuromuskularne rezultate. U pregledu 30 aktivnih sportaša nakon 18 mjeseci od anatomske rekonstrukcije ACL ocjenjivala se količina izljeva u zglob koljena koja je bila stvaran pokazatelj tolerancije zgloba. Trening preskoka vijače povećao je tijekom skoka fleksiju koljena za 11 stupnjeva. Zaključak istraživanja potvrdio je da ova vrsta treninga može ublažiti određene čimbenike rizika za razvoj osteoartritisa i sekundarne povrede kod pacijenata koji su imali rekonstrukciju ACL. Trening preskoka doveo je do poboljšanja koordinacije, a za vrijeme treninga velikih ponavljanja pacijenti su imali manji rizik od izljeva iz zgloba koljena (39).

U slučaju neuspješnog liječenja posttraumatskog artritisa u zadnjem stadiju razmatra se napraviti totalnu artroplastiku koljena. Operaciji su u ovom slučaju najčešće podvrgavane mlađe osobe. Najčešće zabilježene komplikacije su bile površinske infekcije i produljena krvarenja, kod kojih je kasnije potreban duži boravak u bolnici zbog produljenog operativnog vremena (40).

3.6. Psihičko zdravlje nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta - strah i tjeskoba od povratka u igru

Za stvaranje uspješnog rehabilitacijskog okruženja potrebno je uz rehabilitacijski protokol razumjeti i psihološku perspektivu osobe. Moć razumijevanja ovog procesa stvara dinamičan i sveobuhvatan pristup liječenju osoba nakon ACL ozljede (41). Strah od razvoja sekundarne ozljede, degeneracije koljena (artroza) i strah od ponovljene kirurške intervencije i njenih komplikacija su tri glavna razloga zašto se pojedinci ne vraćaju u sportsku igru (42). Strah od ponovljene ozljede u sportu često nije povezan s visokom boli. Za vrijeme rehabilitacijskog procesa bol se uspješno smanjuje i eliminira, ali anksioznost može poticati pacijenta na izbjegavanje straha da u budućnosti zbog ponovljene ozljede ne dođe do kronične boli. Tjeskoba koju osoba osjeća je zapravo njegova bojznost i negativna misao o mogućim komplikacijama koje nova ozljeda donosi sa sobom, a strah je jedinstven jer on obuhvaća samo strah od ozljede. Tjeskoba i strah mogu se javiti istodobno, ali tjeskoba je mnogo češći simptom i posljedica nakon preboljene ACL ozljede. Fizioterapeut mora stvoriti sigurno okruženje i povjerenje osobe koju rehabilitira, jer tjeskoban pacijent mnogo je više podložan ozljedi, drugim psihičkim promjenama kao i negativnim fiziološkim promjenama koji nepovoljno utječu na rezultat rehabilitacijskog procesa. Rješavanje tjelesnih oštećenja i specifične psihološke intervencije ključni su elementi dobre rehabilitacije (43).

Visoka razina samoefikasnosti dobar je poticaj za bolji i brži oporavak nakon ACL ozljede u kombinaciji s medicinskom gimnastikom (44). Zato psihološki čimbenici mogu dobro ili loše utjecati na donošenje odluke hoće li se osoba ponovno vratiti u sport. Kod 40 osoba koje su se rekreativno bavile sportom izvedena je ACL rekonstrukcija. Nakon godinu dana došli su ponovno na funkcionalnu i psihološku procjenu, a istraživanje je koristilo mjerenje koraka pedometrom kroz tjedan dana. 62 posto sudionika nije se vratilo u sport, a njih 72 posto nije ispunilo prosječni broj od 10 000 koraka dnevno. Kod osoba je pronađena smanjena samoefikasnost i povećana tjeskoba od ponovne ozljede (45). Smanjena psihološka spremnost više je uočena kod pripadnica ženskog spola nego kod muškog spola (46). Psihološka spremnost može se očekivati devet mjeseci nakon operacije ako su poštivani svi kriteriji (47). Istraživanje s 329 pacijenta koji su imali uspješan oporavak nakon primarne ACL ozljede, njih 16 je zadobilo sekundarnu ACL ozljedu u roku od dvije godine od vraćanja u sportsku aktivnost. Psihološka spremnost nakon sekundarne ozljede osjetno je smanjena nego kod osoba koje su pretrpjele samo primarnu ozljedu (48).

4. VAŽNOST ZA PRAKSU FIZIOTERAPIJE

Fizioterapeut pristupa individualiziranom liječenju koje je jedinstveno za svakog pacijenta, uzimajući u obzir i specifične ciljeve pacijenta koje želi postići za vrijeme rehabilitacijskog procesa. Holistički pristup pacijentu ima najveću mogućnost za postizanje zadovoljavajućih ishoda. Program se usredotočuje na vježbe koje će poboljšati živčano - mišićnu kontrolu kuka, koljena i trupa uz pružanje primjerene psihosocijalne pomoći (49). Razumijevanje biomehanike ACL pomoći će u stvaranju rehabilitacijskog programa. Povećanje otpora u vježbama otvorenog kinetičkog lanca povisit će ACL napetost više nego vježbe zatvorenog kinetičkog lanca. Fizioterapeut unutar medicinske gimnastike provodi aktivne i pasivne vježbe za ekstenziju koljena i izometrijske vježbe za mišić kvadriceps (50).

4.1. Prevencija ozljede

Uvođenje preventivnog programa može smanjiti rizik za nastanak ozljede u 52 posto slučajeva kod ženskog spola i 85 posto slučajeva kod muškog spola. Interventni programi su učinkoviti, a koriste se pojedini dijelovi općeg treninga. Sugimoto je sugerirao šest načela koja mogu pomoći u stvaranju preventivnog programa. Načelo dobi predlaže uključivanje sportaša u što mlađoj dobi u preventivne programe. Načelo biomehanike upućuje na važnost ispravnog obrasca pokreta, a valgus koljena je najjači indikator povećanog rizika za razvoj ACL ozljede. Načelo usklađenosti obuhvaća usklađenost izvedbe programa. Stopa smanjenja ozljede od 82 posto dobiva se kada je usklađenost veća od 66 posto. Načelo doziranja podrazumijeva trajanje sesija, a preporuka je da se preventivni trening izvodi više puta tjedno i da traje od 20 do 30 minuta. Načelo povratne informacije obuhvaća vizualne ili verbalne informacije koje su usmjerene na učinke pokreta i njihov ishod, a omogućuju bržu edukaciju i automatizaciju pokreta. Načelo raznolikosti vježbanja sugerira heterogenost vježbi, a najbolju kombinaciju čine trening snage, pliometrija i neuromuskularni trening i mogu činiti sveobuhvatni program prevencije. Za ispravnu tehniku izvođenja i mehaniku koristi se pliometrijski trening. Za povećanje dinamičke stabilnosti, poboljšanje optimalnih obrazaca eksplozivnosti mišića i učenje novih vještina koristi se neuromuskularni trening. To su vježbe proprioceptije i ravnoteže, a poboljšavaju simetriju donjih udova i posturalnu kontrolu. Trening snage fokusiran je na jačanje mišića kvadricepsa (51).

Provedena je studija 2016. godine na 40 adolescentica od 15 do 16 godina koje treniraju rukomet i nogomet i njihovu sposobnost prevencije razvoja ozljeda donjih ekstremiteta. 20 nasumično odabranih adolescentica provodilo je uobičajeni trening zagrijavanja prije treninga kroz 12 tjedana. Druga kontrolna skupina je umjesto uobičajenog treninga zagrijavanja, provodila neuromuskularni trening za prevenciju ozljeda tri puta tjedno kroz 12 tjedana kao uvod (zagrijavanje) prije treninga. Za procjenu neuromišićnih i biomehaničkih čimbenika u istraživanju koristila se trodimenzionalna analiza pokreta i površinska elektromiografija. Rezultat istraživanja implicira važnost uvođenja neuromuskularnog programa prevencije, jer je kontrolna skupina koja ju je provodila 12 tjedana imala izmijenjeni obrazac preaktivnosti mišića. Takav trening ima zaštitnu motoričku strategiju zbog preaktivnosti agonista i antagonista (52). Potrebno je ispraviti ugrožavajuće obrasce pokreta koji mogu potaknuti stvaranje ACL ozljede. Prekomjerno dinamično postavljanje koljena u valgus položaj je jedna od glavnih korekcija koje je potrebno napraviti. Vježbe snage, fleksibilnosti, ravnoteže, skakanja i trčanje integriraju se u suvremene preventivne programe zagrijavanja prije treninga (53).

4.2. Glavni ciljevi i procesi rehabilitacije

Pacijenta se upućuje na što ranije započinjanje rehabilitacijskog procesa zbog boljeg ishoda liječenja. Vremenski raspon od 120 do 180 dana je najčešće vrijeme koje prođe od ACL ozljede do njegove rekonstrukcije. Rehabilitacija se započinje provoditi prvi dan nakon operacije radi postizanja boljeg funkcionalnog fizičkog oporavka (54).

Ciljevi fizioterapeuta su vratiti funkciju koljena, psihički pripremiti pacijenta za ponovni povratak u igru, prevenirati sekundarne ozljede, prevenirati razvoj osteoartritis ozlijeđenog koljena i osigurati dugoročnu kvalitetu života (55). Vraćanje koljenu njegovu prvobitnu funkciju postiže se postavljanjem realnih i specifičnih ciljeva. Fizioterapeut mora uzeti anamnezu i obaviti fizikalni pregled kako bi stekao točnu procjenu trenutnog stanja koljena i količinu oštećenja. Najčešće nestabilnosti koje je potrebno rehabilitirati su smanjena mišićna snaga i propriocepcija koljena, izmijenjeni obrasci kretanja i u koljenu se javlja povećan pasivni laksitet. Psihička priprema i podrška pacijenta ključna je za dobre kasnije izvedbe u sportu. Ozljeda koljena nalazi se tek na trećem mjestu kao razlog ne povratku u sportsku aktivnost, a prva dva mjesta zauzimaju nedostatak pouzdanja u koljeno i strah od sekundarne ozljede. Na fizioterapeutu je zadatak ispravno motivirati pacijenta i pomoći mu doći do

osjećaja sigurnosti za vraćanje u sportsku aktivnost. Primijećeno je da osobe koje ne treniraju sport u kojem ima mnogo okretnih radnji imaju manji strah za povratak u igru od onih koji imaju česte pokrete okretanja i rezanja. Fizioterapeut mora biti educiran o sportskim kriterijima osobe i u skladu tome rehabilitirati ga i pomoći mu ostvariti funkcionalni povrat. Uspješna rehabilitacija uključuje najmanje šest mjeseci primjenjivanja fizikalnih postupaka, a neke preporuke iznose da bi najpovoljniji rezultati za povratak u aktivnost mogli se postići tek nakon devet mjeseci postoperativne rehabilitacije. Neuromuskularni trening pokazuje najbolji učinak u povratku u igru i najučinkovitiji je trening za smanjenje rizika od sekundarne ozljede. Zadobivanje ACL ozljede i loše provedena rehabilitacija uz smanjenu motivaciju pacijenta može uvjetovati kasniju povećanu tjelesnu aktivnost i povišenje indeksa tjelesne mase. Pretile osobe koje su pretrpjele ozljedu ACL, imaju smanjenu tjelesnu aktivnost i smanjenu snagu mišića kvadricepsa, a posljedično imaju rizik od razvoja posttraumatskog osteoartritisa. Sprječavanje rizika od artroze koljena postiže se primjenom alternativnih načina izvedbe tjelesne aktivnosti za vrijeme rehabilitacijskog procesa ili postoperativnog uključivanja u sport i usvajanjem zdravih strategija mršavljenja. Zdrave životne navike pomažu u održavanju bolje kvalitete života. Fizioterapeut ima ulogu rehabilitatora, ali i edukatora pacijenta o njegovim promjenama koje može učiniti kako bi dugoročno pozitivno utjecao na poboljšanje svog života nakon ACL ozljede. Istraživanje potvrđuje da osobe koje se aktivno vrate u sportsku aktivnost nakon rekonstrukcije ACL imaju bolju kvalitetu života i zdravlje koljena 5 do 20 godina kasnije, za razliku od onih koje su odustale od sportske aktivnosti i vode manje tjelesno aktivan život. Glavni cilj je vratiti pacijenta u što bolje stanje koje je bilo prije nastanka ozljede da se smanji negativan utjecaj ove traumatske ozljede na buduće godine života. Fizioterapeut daje personalizirane smjernice i podršku za bolju prilagodbu različitim životnim prioritetima koji nastupaju i mijenjaju se tijekom različitih životnih okolnosti i kroz pojedine faze života (56).

Cilj preoperativne rehabilitacije kod ozljede ACL je paziti da ne dođe do izljeva u zglob koljena, postići simetriju snage kvadricepsa od 90 posto i omogućiti izvođenje potpunog pasivnog i aktivnog opseg pokreta zgloba koljena. Fokus na ovim značajkama je zbog želje za što boljim postizanjem povrata funkcije koljena nakon kirurškog zahvata. Rehabilitacija za vrijeme akutne ozljede ili rekonstrukcije ACL za cilj ima sprječavanje izljeva, omogućavanje punog opsega pokreta (aktivno i pasivno) i ravno ekstendiranje noge bez zaostajanja. Bol i oteklina u akutnoj fazi smanjuje se krioterapijom, ali isto tako treba znati da ona neće spriječiti izljeve u zglob koljena. Snaga kvadricepsa poboljšava se neuromuskularnom

električnom stimulacijom visokog intenziteta uz dodatak aktivnih vježbi, ali uz oprez pri prilagodbi opterećenja zbog izljeva u zglobu. U postoperativnoj rehabilitaciji primjenjuju se vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca (56).

Srednja faza rehabilitacije za cilj ima postizanje 80 posto simetrije testa skakanja, 80 posto simetrije snage mišića kvadricepsa i postizanje terminalne ekstenzije koljena (uz opterećenje). Za postizanje ovih ciljeva u rehabilitacijski tretman uvrštavaju se vježbe snage i neuromuskularni trening. Ono će krajnje rezultirati boljom motoričkom kontrolom, propriocepcijom, ali i dinamičkom stabilnošću koljena. U ovoj skupini ne postoji trening koji je bolji od drugog. Unutarnji fokus je ostvarivanje zvučnih obrazaca pokreta. Postupno se povećava težina vježbe utjecanjem na trajanje izvedbe, njene brzine i ponavljanja. Od vanjskih čimbenika, različite vrste nestabilne površine, dodavanje i izbjegavanje prepreka kao i perturbacija pomažu u usmjeravanju težine vježbe. Vježbe snage u početku izvode se s velikim brojem izvođenja pokreta uz smanjeno opterećenje, a ako se snaga oporavlja trening je usmjeren na veće težine i manji broj ponavljanja. Optimalna snaga je ona koja će pomoći pacijentu u potpunosti se vratiti u sportsku aktivnost. U ovoj fazi provode se pliometrijski treninzi, vježbe agilnosti, trening ravnoteže, snage i perturbacije (56).

Kasna faza rehabilitacije usmjerena je na dostizanje 90 posto simetrije snage kvadricepsa, 90 posto simetrije testa preskoka (vertikalni skok, skok u dalj i skok u stranu), napredovanje u kvaliteti izvođenja pokreta karakterističnih za sportsku aktivnost i povećanje samopouzdanja. Fizioterapeut na kraju izvodi vježbe modifikacijskog treninga (beskontaktni trening) i onda napreduje prema cjelovitom treningu uz edukaciju pacijenta o mogućim ograničenjima u natjecateljskom sudjelovanju (56).

Faza kontinuirane prevencije ozljeda je neizostavni dio uspješnog liječenja nakon ACL ozljede. Izvodi se najmanje dva puta tjedno, neuromuskularni trening i vježbe snage donjih udova. Fizioterapeut savjetuje pacijenta o dodavanju odgovarajućeg opterećenja koje će smanjiti rizik i od razvoja ostaoartritisa. Održavanje dinamične stabilnosti koljena prevenira nove ozljede koljena kao i održavanje adekvatne mišićne snage, osobito mišića kvadricepsa (57).

4.2.1. Neuromuskularna električna stimulacija

Najčešća atrofija i smanjenje snage mišića kod ACL ozljede događa se kod mišića kvadricepsa. Uz kineziterapiju za ublažavanje i sprječavanje smanjenja snage koristi se primjena neuromuskularne električne stimulacije. Ona izaziva selektivnu kontrakciju hipotonog mišića kvadricepsa, poboljšava prokrvljenost i oksidativne procese u mišiću. Postupak se primjenjuje 20 minuta, a u postoperativnom razdoblju uz opću primjenu fizikalne terapije znatno pospješuje fizičku funkciju i snagu mišića kvadricepsa (58). Istraživanje koje je provedeno na 63 pacijenta s ozljedom ACL i proučavalo je učinak neuromuskularne električne stimulacije kroz šest tjedana uz dodatak *sit to stand* testa i treninga (59). Rezultati i zaključak studije potvrđuju značaj ove rane intervencije u povećanju snage kvadricepsa kao i poboljšanje simetrije donjih udova koja je uspostavljena od 15. do 60. dana nakon rekonstrukcije, a ishod je bio validan do trenutka povratka u sportsku aktivnost (60).

4.3. Neuromuskularni i proprioceptivni trening

Istraživanje provedeno 2017. godine dalo je odgovor na kliničko pitanje jesu li preventivni programi koji u sebi sadrže proprioceptivne i neuromuskularne vježbe dovoljno preventivno sredstvo za razvoj ACL ozljeda koljena. U proučavanju je obuhvaćeno 1093 ispitanika iz 24 studije. Intervencije u kojima se primjenjivao ovaj preventivni program dobile su pozitivne ishode. U čak 95 posto slučajeva smanjila se učestalost ozljeda koljena i ACL ozljede, ali studija ne dokazuje prednost jedne vrste treninga nad drugom (61). Proprioceptivni trening poboljšava funkciju koljena, najviše u vraćanju smanjenog opsega pokreta u normalne obrasce kretnje (62). Kritička komponenta za uspješnu prevenciju ozljede je uključivanje osoba u ranim adolescentnim godinama u neuromuskularni trening dok su manje podložni ACL ozljedi. Učestalost ozljede smanjuje se ako se ova vrsta uvoda u treningu provodi najmanje dva puta tjedno po 30 minuta. Profilaktička učinkovitost se smanjuje ako osobe ne poštuju kriterij doziranja treninga. Edukacija o boljem razumijevanju treninga, njegovoj efikasnosti, znanju potrebnom za njegovo provođenje i upravljanje vremenom su ključne komponente za uspješnu izvedbu treninga. Nije dovoljno provoditi samo jednu vježbu, već program treba sadržavati više različitih vježbi s povećanjem opterećenja kroz trening. Pliometrijske vježbe zajedno s vježbama ravnoteže mogu povećati profilaktički učinak za 78 posto. Dodatak neuromuskularnom treningu je proksimalni kontrolni trening. On

podrazumijeva izvedbu vježbi poput plankova, trbušnjaka, sklekova, trening bočne daske i trening s utezima za gornje ekstremitete. Smisao ovog kombiniranja je dobivanje bolje čvrstoće kinematike tijela uključujući najviše kuk, trup i koljeni zglobova. Fizioterapeut može dodati komponentu povratne informacije koja će pomoći pacijentu bolje osvijestiti njegovo poravnanje zglobova i ukupni stav tijela (63). Vježbe neuromuskularne kontrole povećavaju izdržljivost kvadricepsa i tetiva koljena, snagu mišića kvadricepsa i poboljšava osjećaj proprioceptije (64). Za smanjivanje rizika od ACL ozljede na fizioterapeutima je zadatak modificirati mehaniku pokreta da se smanji njegovo multiplanarno opterećenje koljena. Najbolja modifikacija dobiva se vježbama ravnoteže i vježbe s kontroliranom promjenom smjera kretanja (65).

4.4. Aerobni trening

Osobe koje se profesionalno bave sportom, a pretrpjele su ozljedu ACL imaju znatno sniženu aerobna kondiciju. Za potpuno obnavljanje aerobne funkcije pacijent mora ići na rehabilitacijske tretmane duže od šest mjeseci. To je dokazano istraživanjem u kojem je sudjelovalo 20 ozlijeđenih i 20 potpuno zdravih nogometnih sportaša. Sportaši s uspješnom rekonstrukcijom ozljede ACL imali su postoperativni maksimalni unos kisika smanjen u usporedbi sa zdravom kontrolnom skupinom i nakon šest mjeseci rehabilitacije (66).

5. ZAKLJUČAK

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta je jedna od najčešćih beskontaktnih ozljeda koljena u sportu. Rehabilitacijski proces je složen i potrebno ga je individualno prilagođavati osobi. Ispravno rehabilitirana osoba neće imati poboljšanje samo u fizičkom dijelu, već će ona biti psihički spremna za povratak u sportsku igru. Prevencija ozljede moguća je uvođenjem neuromuskularnog i proprioceptivnog treninga zagrijavanja barem dva puta tjedno po 30 minuta prije redovnog treninga za očuvanje neuromuskularne koordinacije. Nakon zadobivanja ozljede i nakon anatomske ACL rekonstrukcije s fizikalnom terapijom i rehabilitacijom započinje se odmah, a poboljšanje je vidljivo nakon šest mjeseci. Rana intervencija može spriječiti kasnije posljedice i komplikacije, a kod mladih osoba najčešće je važno prevenirati sekundarnu ozljedu i posttraumatski osteoartritis koljena. Ciljevi rehabilitacije usmjereni su na ispravno poravnanje zgloba prilikom skoka i okretajnih kretnji, jačanje kvadricepsa koji je važan stabilizator koljenog zgloba i poboljšanje njegove neuromuskularne stimulacije, sprječavanje dobivanja izljeva u zglob, smanjenje akutne upale krioterapijom i eliminacija tjeskobe i straha od povratka u igru i sekundarne ozljede. Edukacija pacijenta o primjenjivanju ispravnog neuromuskularnog vježbanja smanjuje rizik od razvoja sekundarnih ozljeda.

6. SAŽETAK

UVOD: Koljeni zglob je najsloženiji zglob u ljudskom tijelu i kao takav najviše je podvrgnut ozljedama. Ozljeda prednjeg križnog ligamenta povećava rizik od razvoja sekundarnih ozljeda, ali i straha od naknadnog vraćanja u sport.

POSTUPCI: 66 studija uključeno je u pisanje diplomskog rada. Tri su knjižne građe, a 63 su preuzeti s online bazi podataka i sva literatura odgovara sadržaju diplomskog rada.

PRIKAZ TEME: Ozljeda prednjeg križnog ligamenta smanjuje kvalitetu života pojedinca. Češće se ozljeđuju žene, a mehanizam nastanka je nagla deceleracija, hiperekstenzije ili nagle zglobne rotacije. Dijagnostički test koji izvodi fizioterapeut je Lachmanov test. On je zlatni standard zbog visoke osjetljivosti i specifičnosti. Test prednje ladice, test zaokretnog pomaka također se mogu izvesti za potvrdu dijagnoze. Danas sve više istraživanja potvrđuju najbolju dijagnostičku kombinaciju Lachmanovog testa i testa znaka poluge zbog njegove visoke specifičnosti. Strah i tjeskoba često se javljanju nakon ozljede i osim psihičkih posljedica imaju negativan utjecaj i na fizičku izvedbu nakon uspješnog rehabilitacijskog procesa.

ZAKLJUČAK: Preventivni programi s neuromuskularnim treningom u ranoj adolescentnoj dobi smanjuju rizik od razvoja ozljede prednjeg križnog ligamenta u budućnosti. Očuvanje zdravlja koljena sprječava razvoj posttraumatskog osteoartritisa i bolju kvalitetu života. Neuromuskularni i proprioceptivni trening pokazali su se kao najbolje intervencije za prevenciju i kasniji oporavak od ozljede prednjeg križnog ligamenta.

Ključne riječi: ACL ozljeda; fizikalna terapija; ozljeda prednjeg križnog ligamenta

7. SUMMARY

Rehabilitation methods and physical therapy of the knee after anterior cruciate ligament injury

INTRODUCTION: The knee joint is the most complex joint in the human body and as such is most susceptible to injury. Anterior cruciate ligament injury increases the risk of developing both secondary injuries and a fear of returning to sports afterwards.

PROCEDURES: 66 studies have been included in the writing of the thesis. Three of them are books and 63 have been downloaded from the online database and all literature corresponds to the content of the thesis.

TOPIC REVIEW: Anterior cruciate ligament injury reduces an individual's quality of life. Women are more often injured, and the mechanism of occurrence is sudden deceleration, hyperextension, or sudden joint rotation. The diagnostic test performed by a physiotherapist is the Lachman test. It is the gold standard due to its high sensitivity and specificity. A pivot shift test and an anterior drawer test can also be performed to confirm the diagnosis. Today, more and more research confirms the best diagnostic combination comprising the Lachman test and the Lever sign test due to its high specificity. Fear and anxiety that often occur after an injury have not only psychological consequences, but also a negative impact on physical performance after a successful rehabilitation process.

CONCLUSION: Preventive programs with neuromuscular training in early adolescence reduce the risk of developing anterior cruciate ligament injury in the future. Maintaining knee health prevents the development of posttraumatic osteoarthritis and allows for a better quality of life. Neuromuscular and proprioceptive training have been shown to be the best interventions for the prevention and subsequent recovery from anterior cruciate ligament injury.

Key words: ACL injury; anterior cruciate ligament injury; physical therapy

8. LITERATURA

1. Uremović M, Davila S, i sur. Rehabilitacija ozljeda lokomotornog sustava. Zagreb: Medicinska naklada; 2018.
2. Mansfield PJ, Neumann DJ. Essentials of Kinesiology For the Physical Therapist Assistant. 3rd ed. Canada: Elsevier; 2018.
3. Heimer S. Zdravstvena kineziologija. Zagreb: Medicinska naklada; 2018.
4. Kakavas G, Malliaropoulos N, Pruna R, Traster D, Bikos G, Maffulli N. Neuroplasticity and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Indian J Orthop.* 2020;54(3):275-80.
5. An YW, Lobacz AD, Baumeister J, Rose WC, Higginson JS, Rosen J, i sur. Negative Emotion and Joint-Stiffness Regulation Strategies After Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train.* 2019;54(12):1269-79.
6. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1861-76.
7. Sepúlveda F, Sánchez L, Amy E, Micheo W. Anterior Cruciate Ligament Injury: Return to Play, Function and Long-Term Considerations. *Curr Sports Med Rep.* 2017;16(3):172-8.
8. Bencke J, Aagaard P, Zebis MK. Muscle Activation During ACL Injury Risk Movements in Young Female Athletes: A Narrative Review. *Front Physiol.* 2018;9:445.
9. Kohn L, Rembeck E, Rauch A. Anterior cruciate ligament injury in adults : Diagnostics and treatment. *Orthopade.* 2020;49(11):1013-28.
10. Roth TS, Osbahr DC. Knee Injuries in Elite Level Soccer Players. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2018;47(10):1.
11. Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Bisciotti A, Bisciotti A, Corsini A, i sur. Anterior cruciate ligament injury risk factors in football. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59(10):1724-38.
12. Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. Sport-Specific Yearly Risk and Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears in High School Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(10):2716-23.

13. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med.* 2016;50(12):744-50.
14. Krutsch W, Memmel C, Krutsch V, Angele P, Tröb T, Aus Der FÜnten K, i sur. High return to competition rate following ACL injury - A 10-year media-based epidemiological injury study in men's professional football. *Eur J Sport Sci.* 2020;20(5):682-90.
15. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):1-8.
16. Tanaka K, Ogawa M, Inagaki Y, Tanaka Y, Nishikawa H, Hattori K. Human knee joint sound during the Lachman test: Comparison between healthy and anterior cruciate ligament-deficient knees. *J Orthop Sci.* 2017;22(3):488-94.
17. 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;4:830.
18. Koster CH, Harmsen AM, Lichtenberg MC, Bloemers FW. ACL injury: How do the physical examination tests compare? *J Fam Pract.* 2018;67(3):130-4.
19. Zhao GL, Lyu JY, Liu CQ, Wu JG, Xia J, Huang GY. A modified anterior drawer test for anterior cruciate ligament ruptures. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):260.
20. Horvath A, Meredith SJ, Nishida K, Hoshino Y, Musahl V. Objectifying the Pivot Shift Test. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020;28(2):36-40.
21. Lichtenberg MC, Koster CH, Teunissen LPJ, Oosterveld FGJ, Harmsen AMK, Haverkamp D, i sur. Does the Lever Sign Test Have Added Value for Diagnosing Anterior Cruciate Ligament Ruptures? *Orthop J Sports Med.* 2018;6(3):2325967118759631.
22. Naendrup JH, Patel NK, Zlotnicki JP, Murphy CI, Debski RE, Musahl V. Education and repetition improve success rate and quantitative measures of the pivot shift test. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3418-25.
23. Cui W, Nakagawa Y, Katagiri H, Otabe K, Ohara T, Shioda M, i sur. Knee laxity, lateral meniscus tear and distal femur morphology influence pivot shift test grade in ACL injury patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(2):633-40.

-
24. Lelli A, Di Turi RP, Spenciner DB, Dòmini M. The "Lever Sign": a new clinical test for the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(9):2794-7.
25. Jarbo KA, Hartigan DE, Scott KL, Patel KA, Chhabra A. Accuracy of the Lever Sign Test in the Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(10):2325967117729809.
26. Gürpınar T, Polat B, Polat AE, Çarkçı E, Öztürkmen Y. Diagnostic Accuracy of Lever Sign Test in Acute, Chronic, and Postreconstructive ACL Injuries. *Biomed Res Int.* 2019;2019:3639693.
27. Schnurrer-Luke-Vrbanić T, Ravlić-Gulan J. Važnost živčano-mišićne koordinacije nakon ozljede prednje ukrižene sveze koljenog zgloba. *Medicina Fluminensis.* 2020;56(3),315-24.
28. Smith CR, Brandon SCE, Thelen DG. Can altered neuromuscular coordination restore soft tissue loading patterns in anterior cruciate ligament and menisci deficient knees during walking? *J Biomech.* 2019;82:124-33.
29. Srinivasan D, Tengman E, Häger CK. Increased movement variability in one-leg hops about 20 years after treatment of anterior cruciate ligament injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2018;53:37-45.
30. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Ciszek B, Williams A. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. *Bone Joint J.* 2016;98-B(8):1020-6.
31. Gulan L, Šoić-Vranić T, Marić I, Jerković R, Gulan G. Odnos lateralnog interkondilarnog grebena i hvatišta prednjeg križnog ligamenta – kadaverična studija. *Medicina Fluminensis.* 2020;56(3):272-7.
32. Duchman KR, Lynch TS, Spindler KP. Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Surgery: Who gets What and Why? *Clin Sports Med.* 2017;36(1):25-33.
33. Musahl V, Karlsson J. Anterior Cruciate Ligament Tear. *N Engl J Med.* 2019;380(24):2341-8.
34. De Sa D, Shanmugaraj A, Weidman M, Peterson DC, Simunovic N, Musahl V, i sur. All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction-A Systematic Review of Techniques, Outcomes, and Complications. *J Knee Surg.* 2018;31(9):895-904.

35. Thomas AC, Simon JE, Evans R, Turner MJ, Vela LI, Gribble PA. Knee Surgery Is Associated With Greater Odds of Knee Osteoarthritis Diagnosis. *J Sport Rehabil.* 2019;28(7):716-23.
36. Wang LJ, Zeng N, Yan ZP, Li JT, Ni GX. Post-traumatic osteoarthritis following ACL injury. *Arthritis Res Ther.* 2020;22(1):57.
37. Zhang X, Deng XH, Song Z, Croen B, Carballo CB, Album Z, et al. Matrix Metalloproteinase Inhibition With Doxycycline Affects the Progression of Posttraumatic Osteoarthritis After Anterior Cruciate Ligament Rupture: Evaluation in a New Nonsurgical Murine ACL Rupture Model. *Am J Sports Med.* 2020;48(1):143-52.
38. Kaur M, Ribeiro DC, Theis JC, Webster KE, Sole G. Movement Patterns of the Knee During Gait Following ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016;46(12):1869-95.
39. Elias ARC, Harris KJ, LaStayo PC, Mizner RL. Clinical Efficacy of Jump Training Augmented With Body Weight Support After ACL Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* 2018;46(7):1650-60.
40. Kester BS, Minhas SV, Vigdorich JM, Schwarzkopf R. Total Knee Arthroplasty for Posttraumatic Osteoarthritis: Is it Time for a New Classification? *J Arthroplasty.* 2016;31(8):1649-53.
41. Burland JP, Toonstra JL, Howard JS. Psychosocial Barriers After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Clinical Review of Factors Influencing Postoperative Success. *Sports Health.* 2019;11(6):528-34.
42. Webster KE, Feller JA. A research update on the state of play for return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Traumatol.* 2019;20(1):10.
43. Hsu CJ, Meierbachtol A, George SZ, Chmielewski TL. Fear of Reinjury in Athletes. *Sports Health.* 2017;9(2):162-7.
44. Flosadottir V, Frobell R, Roos EM, Ageberg E. Impact of treatment strategy and physical performance on future knee-related self-efficacy in individuals with ACL injury. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):50.

45. Baez SE, Hoch MC, Hoch JM. Psychological factors are associated with return to pre-injury levels of sport and physical activity after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(2):495-501.
46. Webster KE, Nagelli CV, Hewett TE, Feller JA. Factors Associated With Psychological Readiness to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. *Am J Sports Med.* 2018;46(7):1545-50.
47. Kaplan Y, Witvrouw E. When Is It Safe to Return to Sport After ACL Reconstruction? Reviewing the Criteria. *Sports Health.* 2019;11(4):301-5.
48. McPherson AL, Feller JA, Hewett TE, Webster KE. Psychological Readiness to Return to Sport Is Associated With Second Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Am J Sports Med.* 2019;47(4):857-62.
49. Burnham JM, Wright V. Update on Anterior Cruciate Ligament Rupture and Care in the Female Athlete. *Clin Sports Med.* 2017;36(4):703-15.
50. Luque-Seron JA, Medina-Porqueres I. Anterior Cruciate Ligament Strain In Vivo: A Systematic Review. *Sports Health.* 2016;8(5):451-5.
51. Nessler T, Denney L, Sampley J. ACL Injury Prevention: What Does Research Tell Us? *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2017;10(3):281-8.
52. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, i sur. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2016;50(9):552-7.
53. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, i sur. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(1):51-61.
54. Łyp M, Stanisławska I, Witek B, Majerowska M, Czarny-Działak M, Włostowska E. The Timing of Rehabilitation Commencement After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1096:53-7.

-
55. Van Melick N, van Cingel RE, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, i sur. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1506-15.
56. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2019;33(1):33-47.
57. Blanch P., Gabbett T.J. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med.* 2016;50(8):471–5.
58. Hauger AV, Reiman MP, Bjordal JM, Sheets C, Ledbetter L, Goode AP. Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(2):399-410.
59. Alcazar J, Losa-Reyna J, Rodriguez-Lopez C, Alfaro-Acha A, Rodriguez-Mañas L, Ara I, i sur. The sit-to-stand muscle power test: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in older people. *Exp Gerontol.* 2018;112:38-43.
60. Labanca L, Rocchi JE, Laudani L, Guitaldi R, Virgulti A, Mariani PP, i sur. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(3):407-16.
61. Dargo L, Robinson KJ, Games KE. Prevention of Knee and Anterior Cruciate Ligament Injuries Through the Use of Neuromuscular and Proprioceptive Training: An Evidence-Based Review. *J Athl Train.* 2017;52(12):1171-2.
62. Ma J, Zhang D, Zhao T, Liu X, Wang J, Zheng H, i sur. The effects of proprioceptive training on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2021;35(4):506-21.
63. Sugimoto D, Myer GD, Barber Foss KD, Pepin MJ, Micheli LJ, Hewett TE. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *Br J Sports Med.* 2016;50(20):1259-66.
64. Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN. Effects on Lower Extremity Neuromuscular Control Exercises on Knee Proprioception, Muscle Strength, and Functional Level in Patients with ACL Reconstruction. *Biomed Res Int.* 2019;2019:1694695.

65. Dos'Santos T, Thomas C, Comfort P, Jones PA. The Effect of Training Interventions on Change of Direction Biomechanics Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading: A Scoping Review. *Sports Med.* 2019;49(12):1837-59.
66. Almeida AM, Santos Silva PR, Pedrinelli A, Hernandez AJ. Aerobic fitness in professional soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction. *PLoS One.* 2018;13(3):e0194432.