



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI

MEDICINSKI FAKULTET

**DRAGANA DRAGIČEVIĆ-CVJETKOVIĆ**

**EFEKAT IZOKINETIČKOG VJEŽBANJA  
NA FUNKCIONALNI STATUS PACIJENATA  
NAKON LIGAMENTOPLASTIKE PREDNJEG  
UKRŠTENOG LIGAMENTA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2020. godine



UNIVERSITY OF BANJA LUKA

FACULTY OF MEDICINE

**DRAGANA DRAGIČEVIĆ-CVJETKOVIĆ**

**EFFECT OF ISOKINETIC EXERCISES ON  
FUNCTIONAL RECOVERY OF PATIENTS  
AFTER LIGAMENTOPLASTY OF THE  
ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT**

DOCTORAL DISSERTATION

Banja Luka, 2020.

**MENTOR:** Prof. dr Slavica Jandrić, redovni profesor, Medicinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

## EFEKAT IZOKINETIČKOG VJEŽBANJA NA FUNKCIONALNI STATUS PACIJENATA NAKON LIGAMENTOPLASTIKE PREDNJEGL UKRŠTENOG LIGAMENTA

**Rezime:** Optimalan rehabilitacioni program kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena je još uvijek predmet intenzivnog proučavanja. Zadatak postoperativne rehabilitacije kod ovih pacijenata je postizanje dinamičke stabilnosti zgloba koljena. Primarni cilj ovog istraživanja je bio ispitivanje efekat izokinetičkih vježbi kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenica na nivo funkcionalnog oporavka kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena tetivama m. semitendinosus-a i m. gracilis-a. Prospektivnom kliničkom studijom praćeno je ukupno 105 ispitanika koji su podjeljeni u tri grupe. Svi pacijenti su operisani istom hirurškom tehnikom-ligamentoplastikom mekotkivnim hamstrings graftom. Grupu A činilo je 35 ispitanika koji su postoperativnu rehabilitaciju proveli primjenom standarnog rehabilitacionog protokola modifikovanog po M.J. Strobelu. Grupu B činilo je 35 pacijenata koji su postoperativnu rehabilitaciju proveli uz primjenu kombinovanog rehabilitacionog protokola (standarni rehabilitacioni protokol modifikovan po M.J. Strobelu uz dodatak izokinetičkih vježbi za jačanje kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenica). Grupu C činilo je 35 zdravih ispitanika. Parametri praćenja bili su: pol, dob, mehanizam povrede, stabilnost koljena, šema hoda, obim pokreta u koljenu, obim natkoljene muskulature, obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu masu za kvadricepse i hamstringse na ugaonim brzinama 60 i 180°/sec, deficit ekscentrične mišića zadnje lože natkoljenica, klasični omjer hamstringsi/kvadriceps (H/Q ratio), funkcionalni omjer hamstringsi/kvadriceps, testovi propriocepcije, modifikovani Tegner Lysholm skor i Anterior Cruciate Quality of Life upitnik. Periodi praćenja bili su: preoperativno, 3, 6 i 9 mjeseci postoperativno. Tokom devetomjesečnog praćenja nađen je statistički značajno bolji oporavak kod pacijenata iz grupe B u većini praćenih parametara ( $p<0.05$ ). Primjena postoperativnog rehabilitacionog protokola koji u svom sastavu sadrži ciljane izokinetičke vježbe jačanja kvadricepsa i mišića hamstring grupe dovodi do bržeg i boljeg oporavka u odnosu na primjenu standarnog kineziterapijskog programa kod pacijenata

nakon ligamentoplastike LCA. Kvalitet života ovih pacijenata nakon 9 mjeseci postoperativno dostiže nivo kvaliteta života zdravih ispitanika.

**Ključne riječi:** izokinetičko vježbanje, prednji ukršteni ligament, ligamentoplastika.

**Naučna oblast:** Fizikalna medicina i rehabilitacija

**Naučno polje:** Medicina

**Klasifikaciona oznaka za naučnu oblast prema CERIF šifrarniku:** B 710

**Tip odabrane licence Kreativne zajednice** (Creative Common) za način korištenja sadržaja disertacije: autorstvo-nekomercijalno-dijeliti pod istim uslovima

**Mentor:** Dr. sc. Slavica Jandrić, Professor, Faculty of Medicine, University of Banja Luka

## EFFECT OF ISOKINETIC EXERCISES ON FUNCTIONAL RECOVERY OF PATIENTS AFTER LIGAMENTOPLASTY OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT

**Summary:** The optimal rehabilitation program in patients after ACL is still the subject of intensive researching. The task of postoperative rehabilitation is to achieve dynamic stability of the knee joint. The primary goal of this study was to examine the effect of isokinetic exercises of the quadriceps and hamstring muscles on functional recovery in patients after ACL reconstruction with m. semitendinosus and m. gracilis graft. A prospective clinical study followed a total of 105 subjects which were divided into three groups. All patients had the same type of surgical treatment – anatomic ACL reconstruction using hamstring graft. Group A consisted of 35 subjects which underwent postoperative rehabilitation using a standard rehabilitation protocol modified by M. J. Strobel. Group B consisted of 35 patients which underwent postoperative rehabilitation using a combined rehabilitation protocol (standard rehabilitation protocol with the addition of isokinetic exercises of quadriceps and hamstring muscles). Group C consisted of 35 healthy subjects. Monitoring parameters were: sex, age, injury mechanism, knee stability, gait pattern, range of motion, thigh muscle circumference, peak torque to body weight for quadriceps and hamstrings at angular velocity of 60 and 180 ° sec, hamstring muscle eccentric deficit, classic H/Q ratio, functional H/Q ratio, proprioception tests, modified Tegner Lysholm score and ACL-QoL questionnaire. Follow-up periods were: preoperatively, 3, 6 and 9 months postoperatively. During the nine-month follow-up, a statistically significantly better recovery of patients from group B was found in most of the monitored parameters ( $p<0.05$ ). The implementation of postoperative rehabilitation protocol, which includes isokinetic exercises to strengthen the quadriceps and hamstring muscles in patients after ACL reconstruction with hamstring graft leads to faster and better recovery compared to the standard kinesiotherapy program. Quality of life 9 months after ACL reconstruction with hamstring graft in patients from group B was at the same level as a healthy subjects.

**Key words:** isokinetic exercises, anterior cruciate ligament, ligamentoplasty.

**Scientific area:** Physical medicine and rehabilitation

**Scientific field:** Medicine

**Classification code for the scientific area by CERIF codebook:** B 710.

**Type of the selected license** (Creative Commons) how to use the contenent of dissertation:  
authorship- non commercial-share like

## **POPIS SKRAĆENICA**

ACL - Anterior cruciate ligament

LCA – Ligamentum cruciatum anterior

AM – Anteromedijani snop

PL – Posterolateralni snop

IM – Intermedijarni snop

ACL-QoL – Anterior Cruciate Ligament Quality of Life Questionnaire

HQ omjer – Hamstrings/ Kvadriceps omjer

IL1 - Interleukin 1

IL 6 – Interleukin 6

TNF - Tumor necrosis factor

PRICE – Protection, Rest, Ice, Compresion, Elevation

EMG - Elektromiografija

MM – Medijalni meniskus

Lat men – Lateralni meniskus

MR- Magnetna rezonanca

LFC – Lateralni femoralni kondil

ROM- Range of motion (obim pokreta)

VAS –Vizualno analogna skala

KT – 1000 - artrometar

## **ZAHVALNICA**

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr Slavici Jandrić, na pomoći tokom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se prof. dr Ranku Škrbiću, dekanu Medicinskog fakulteta u Banjoj Luci, i svim dobranamjernim profesorima ove visokoškolske ustanove na podršci i pomoći u završetku ove doktorske disertacije.

Zahvaljujem se na podršci radnim kolegama u Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" u Banjoj Luci.

Mojim roditeljima i bratu na ljubavi, pomoći i podršci u svim fazama izrade ovog rada.

Posebnu zahvalnost na razumjevanju i strpljenju izražavam mojoj porodici, suprugu Zoranu i našim sinovima Mihailu i Stefanu.

Ovu doktorsku disertaciju posvećujem svom ocu Milenku.

Dragana Dragičević-Cvjetković

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Embriologija, histologija i anatomija prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.....	3
1.2. Biomehanika prednjeg ukrštenog ligamenta .....	8
1.3. Epidemiologija povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.....	10
1.4. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta.....	12
1.5. Dijagnostika povrede prednjeg ukrštenog ligamenta .....	13
1.6. Rehabilitacija nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta.....	18
1.6.1. Evaluacija rezultata provedene rehabilitacije nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta.....	23
1.6.2. Izokinetički trening i njegove specifičnosti kod pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena .....	24
2. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	29
3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....	30
4. ISPITANICI I METODE.....	31
4.1. ISPITANICI: .....	31
4.1.1. Kriterijumi za uključivanje u istraživanje (grupa A i B).....	31
4.1.2. Kriterijumi za isključivanje iz istraživanja.....	32
4.2. METODE: .....	32
4.2.1. TERAPIJSKE INTERVENCIJE .....	33
4.3. STATISTIČKE METODE.....	41

<b>5.REZULTATI.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1. DESKRIPTIVNA STATISTIKA.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1. 1. Osobine ispitivanog uzorka prema polu .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.2. Osobine ispitivanog uzorka prema godinama starosti .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1. 3. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta .....</b>	<b>47</b>
<b>5.2 PROCJENA FUNKCIONALNOG ISHODA REHABILITACIJE PACIJENATA NAKON LIGAMENTOPLASTIKE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA.....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.1. Hod .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.2. Balotman koljena.....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.3. Stabilnost koljena.....</b>	<b>51</b>
<b>5.2.4. Obim pokreta u koljenu .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2.5. Obim natkoljene muskulature .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2.6. Rezultati izokinetičkog testiranja.....</b>	<b>57</b>
<b>5.2.7. Funkcionalni skor (modifikovani Tegner Lyschholm skor) .....</b>	<b>66</b>
<b>5.2.8. Testovi propriocepcije .....</b>	<b>68</b>
<b>5.2.9. Upitnik za kvalitet života nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (Anterior Cruciate Quality of Life Questionnaire) .....</b>	<b>72</b>
<b>6. DISKUSIJA .....</b>	<b>75</b>
<b>6.1 .Epidemiologija povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena s osvrtom na pol i dob ...</b>	<b>75</b>
<b>6.2. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta.....</b>	<b>77</b>
<b>6.3. Hod kod pacijenata nakon rupture i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta ....</b>	<b>78</b>
<b>6.4. Balotman koljena.....</b>	<b>80</b>
<b>6.5. Stabilnost koljena .....</b>	<b>82</b>
<b>6.6. Obim pokreta u koljenu.....</b>	<b>83</b>
<b>6.7. Obim natkoljene muskulature .....</b>	<b>84</b>
<b>6.8. Izokinetička mjerenja mišićnih performansi natkoljene muskulature.....</b>	<b>87</b>

6.8.1. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini 60°/sec .....	88
6.8.2. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za hamstringse na ugaonoj brzini 60°/sec .....	90
6.8.3. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini 180°/sec .....	92
6.8.4. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za mišiće hamstring grupe na ugaonoj brzini 180°/sec .....	93
6.8.5. Deficit ekscentrike zadnje lože natkoljenice.....	94
6.8.6. Klasični omjer agonista/antagonista (H/Q ratio) .....	95
6.8.7. Funkcionalni omjer agonista/antagonista (H/Q ratio).....	97
6.9. Modifikovani Tegner Lysholm skor .....	98
6.10. Testovi propriocepције.....	99
6.10.1. Test stajanja na jednoj nozi.....	100
6.10.2. Test skakanja na jednoj nozi .....	101
6.11. Upitnik za procjenu kvaliteta života nakon rupture LCA.....	103
7. ZAKLJUČAK.....	105
8. LITERATURA .....	108
9. POPIS PRILOGA. ....	125
BIOGRAFIJA.....	135

## **1. UVOD**

Koljeno (articulatio genus) je najveći i najsloženiji zglob u ljudskom tijelu. Anatomski se sastoji od tri kosti i dva zgloba. Tri kosti ulaze u njegov sastav: butna kost (femur), golenjača (tibia) i čašica (patella). Ovaj zglob povezuje natkoljenicu sa potkoljenicom tj. spaja butnu kost (femur) sa golenjačom (tibia). Zglobne površine tibiofemoralnog zgoba su donji okrajak femura i gornji okrajak tibije koji su pokriveni zglobnom hrskavicom. Čašica, kao najveća sezamoidna kost, ulazi u sastav m. quadriceps-a i prilikom pokreta savijanja koljena (flexia) uzglobljava se sa zglobnom površinom na donjem okraju butne kosti. Složenost i specifičnost koljenog zgoba potiče od anatomsко-biomehaničkih osobina mekotkivnih struktura koje ulaze u njegov sastav. Između zglobnih površina butne kosti i golenjače nalaze se dva meniskusa, unutrašnji i spoljašnji. To su vezivno-hrskavičave strukture u obliku polumjeseca koje služe kao amortizeri prilikom pokreta u zglobu koljena povećavajući kongruentnost zglobnih površina. Pasivnu stabilnost zglobu koljena omogućava, osim zglobne kapsule i meniskusa, kompleksan ligamentarni aparat koji sa svih strana ojačava kapsulu. S prednje strane koljeno stabilizuje patelarni ligament (lig. patellae) sa medijalnim i lateralnim retinakulumom. Bočnu stabilnost koljenu omogućavaju dva kolateralna ligamenta, spoljašnji i unutrašnji (lig. collaterale laterale et mediale). Ukršteni ligamenti (prednji i zadnji) koji su smješteni unutar zgloba omogućavaju prednje-zadnju i rotatornu stabilnost koljenu (1).

Zglob koljena je zbog svojih anatomskih i biomehaničkih karakteristika najčešće povređivani periferni zglob čovjeka. Od svih struktura ovog zgloba, prednji ukršteni ligament (kao jedan od njegovih najvažnijih pasivnih stabilizatora) zbog svoje uloge najčešće strada.

Učestalost povrede ove strukture koljenog zgloba je još uvijek nepoznata u našoj zemlji i zemljama regiona jer ne postoje tačni i zvanični nacionalni podaci o istim.

Gledajući kroz prizmu polne i starosne strukture opšte populacije, niko nije pošteđen od mogućnosti povrede prednjeg ukrštenog ligamenta. Ona se dešava kako tokom aktivnosti svakodnevnog života tako i tokom sportskih aktivnosti. Činjenica je da se kod aktivnih sportista i rekreativaca, ipak, češće dešava i to nešto češće kod žena sportista (2).

Istraživanja govore da je nekontaktni mehanizam odgovoran za većinu povreda prednjeg ukrštenog ligamenta (3, 4).

Posljedica povrede ove strukture koljenog zgloba je nestabilnost zgloba koja je rezultat mehaničke i neuromuskularne disfunkcije (5).

Povreda i tretman povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena je dinamično područje istraživanja ortopedije i rehabilitacije uz još uvijek brojne dileme oko optimalnog pristupa liječenju. Svjedoci smo brojnim objavljenim studijama sa oprečnim ishodima cjelokupnog liječenja ove kompleksne povrede (6, 7, 8, 9, 10). Ono što je definitivno usaglašeno je, da je hirurško liječenje rupture prednjeg ukrštenog ligamenta kod mladih, funkcionalno aktivnih pacijenata postulat u ortopedskom tretmanu bez obzira na izbor grafta i hirurške tehnike (10).

Iz perspektive rehabilitacije mnogo je neusaglašenih stavova vezano za nekoliko bitnih stavki:

1. Preoperativnu rehabilitaciju i njen uticaj na postoperativni rezultat,
2. Vrstu i elemente rehabilitacionog protokola koji se primjenjuje,
3. Efekte pojedinih fizikalnih agenasa koji se primjenjuju u različitim fazama rehabilitacije,
4. Metode evaluacije i objektivizacije mišićnog i proprioceptivnog statusa,
5. Kvalitet života pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i
6. Uticaj povrede i rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta na razvoj degenerativnih promjena zgloba koljena.

Ovo istraživanje će pokazati mogućnosti i kvalitet rehabilitacije nakon artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama m. semitendinosus-a i m. gracilisa i na taj način doprinijeti proširenju naučnih istina. Takođe, doprinos ovog istraživanja biće i odgovor kolika je prednost postojanja edukovanog rehabilitacionog tima i da li uz primjenu savremenih dijagnostičkih i terapijskih alata možemo držati korak sa savremenim principima liječenja kad je u pitanju kvalitet rehabilitacije pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta.

## **1.1.Embriologija, histologija i anatomija prednjeg ukrštenog ligamenta koljena**

Rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta je šesta po učestalosti hirurška procedura koja se u ortopediji izvodi u posljednjih deset godina (11). Procjenjuje se da se godišnje u Sjedinjenim Državama učini između 75 000 i 100 000 ovih operacija (12). Ovo nam ukazuje da je prednji ukršteni ligament koljena dinamično područje istraživanja ortopedije ali i rehabilitacije jer se osim hirurške tehnike, izbora grafta i načina fiksacije intenzivno proučavaju i protokoli postoperativne rehabilitacije s ciljem definisanja optimalnog terapijskog pristupa.

Važan je ali istovremeno i zabrinjavajući podatak da se mali broj pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta vrati na nivo aktivnosti prije povređivanja. Jedna prospektivna kohortna studija proučavala je nivo aktivnosti pacijenata nakon 7 godina od rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i ustanovljeno je da se samo 47% ispitanika vratilo na nivo aktivnosti od prije povrede (13).

Dobro poznavanje anatomije i biomehanike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena je osnova za poboljšanje tretmana povrede ove strukture. Ovo se ne odnosi samo na unapređenje hirurških tehnika nego i na rehabilitacione protokole definisane prema medicini zasnovanoj na dokazima (14).

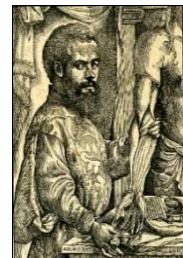
U egipatskim spisima 3000 godina prije Hrista prvi put se sreću opisi ljudskog prednjeg ukrštenog ligamenta. U doba Rimljana, prvi zvanični opis dao je Kludijus Galen od Pregamona koji je opisao "ligamenta genu cruciate".

Kreator prve objavljene anatomske studije prednjeg ukrštenog ligamenta kod čovjeka bio je Andreas Vesalijus u knjizi "De Humani Corporis Fabrica Libris Septum" objavljenoj 1543. godine.



Slika 1. Claudius Galen od Pergamona

(Preuzeto sa: <http://Im-magazine.com/blog/2018/07/01/temps-de-galien>) (Preuzeto sa: <http://britannica.com/biography/Andreas-Vesalius>)

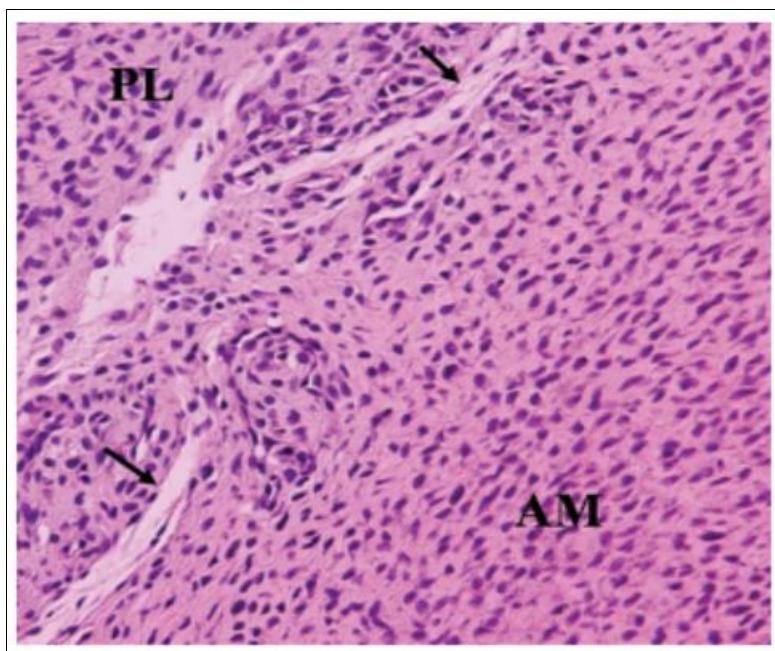


Slika 2. Andreas Vesalius

Definisanjem ove anatomske strukture zglobo koljena nije završeno njen dalje proučavanje. Poznato nam je da je prednji ukršteni ligament izgrađen od dva, a po nekim autorima i od tri snopa (15,16). Prvi put je 1938. godine Palmer sa saradnicima ukazao na postojanje dva snopa prednjeg ukrštenog ligamenta što su potvrdili u kasnijim istraživanjima Abot (1944. godine) i Girgis (1975. godine) (17). Opisani su anteromedijalni i posterolateralni snop prednjeg ukrštenog ligamenta. Prije četrdeset godina Norvud prvi put, a kasnije 1991. godine i Amis sa saradnicima opisuju i treći, intermedijarni snop. Nakon brojnih istraživanja ustanovljeno je da je po svojoj strukturi i funkciji ovaj treći dio najsličniji anteromedijalnom snopu i da se, kao takav, smatra njegovim intergralnim dijelom (18).

Prednji ukršteni ligament izrađen je od većeg broja fascikulusa gustog vezivnog tkiva koji povezuju distalni okrajak butne kosti sa proksimalnim okrajkom golenjače. Između, ranije pomenutih, anteromedijalnog i posterolateralnog snopa nalazi se septum vaskularizovanog vezivnog tkiva.

Istraživanja su pokazala postojanje različitih histoloških karakteristika ovog ligamenta u različitim fazama njegovog razvoja. Nađeno je da je tokom fetalnog razvoja prednji ukršteni ligament hipercelularna struktura sa ćelijama kružnog, ovalnog i fuziformnog oblika, a da je definitivni prednji ukršteni ligament kod odraslih hipocelularna struktura izgrađena od fibroblasta sa jezgrom u obliku vretena (19, 20).



Slika 3. Fetalni prednji ukršteni ligament, sagitalni presjek.

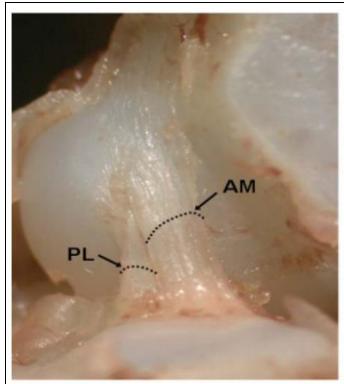
Strelica pokazuje septum vaskularizovanog vezivnog tkiva koji razdvaja anteromedijalni (AM) i posterolateralni (PL) snop.

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Teconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

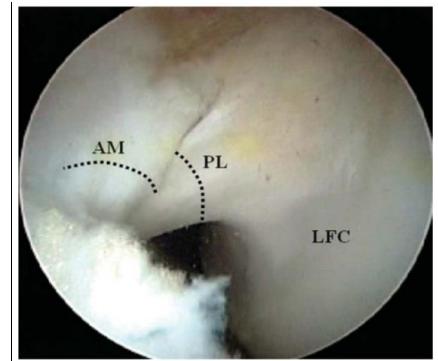
Prednji ukršteni ligament kreće sa medijalne površine lateralnog kondila butne kosti i ide ukoso kroz zglob koljena, od lateralno i pozadi ka medijalno i naprijed, i pripaja se na široko područje centralnog platoa golenjače. Površina poprečnog presjeka se značajno razlikuje na pojedinim dijelovima ligamenta i kreće se od približno  $44\text{ mm}^2$  u središnjem dijelu do više od tri puta veću površinu na mjestima pripoja za butnu kost i golenjaču (21). Prosječna dužina ovog ligamenta iznosi 31-38 mm. Varijacije u njegovoj dužini iznose oko 10% tokom normalne kinematike zgloba (22).

Prednji ukršteni ligament se formira u 8. nedjelji embrionalnog razvoja (23). Govori se o dvije mogućnosti njegovog nastanka. Prvi ukazuje na nastanak ventralnom kondenzacijom fetalnog blastoma koji postepeno posteriorno migrira sa formacijom u interkondilarnom prostoru. Meniskusi su izvedeni iz istog blastoma takođe kondenzacijom. Ovaj nalaz je u skladu sa hipotezom da ove strukture zajedno funkcionišu (24). Drugi predloženi mehanizam nastanka fetalnog prednjeg ukrštenog ligamenta je da on nastaje spajanjem ligamentnih kolagenih vlakana

i vlakana periosta. Ne postoje značajne strukturne promjene u organizaciji vlakana prednjeg ukrštenog ligamenta od početnog spajanja vlakana do kraja fetalnog razvoja. U 16. nedjelji embrionalnog razvoja mogu se razlikovati snopovi prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (24).



Slika 4. Dva snopa prednjeg ukrštenog ligamenta (AM i PL) kod fetusa u 16-oj nedelji.



Slika 5. Artroskopska slika anteromedijalnog (AM) i posterolateralnog (PL) snopa kod 14-godišnjakinje. Lijevo koljeno, 110°fleksije, lateralni kondil butne kosti (LFC).

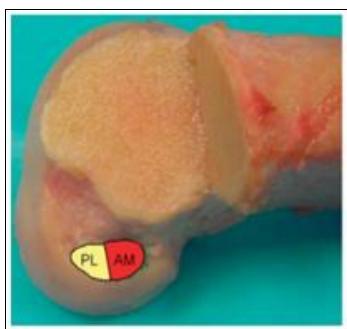
(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

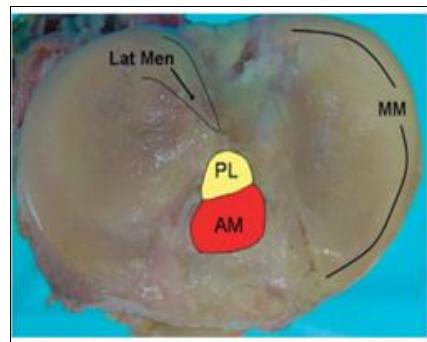
Anatomske studije bavile su se proučavanjem strukture oba pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta i odnos prisustva njegovih snopova u proučavanim zonama insercije. Nайдено је да је зона inserције на бедреној кости овога и да је нена дужина 18 mm, а ширина 11 mm (25). Унутар овог подручја anteromedijalni snop смјештен је на проксималном дијелу медијалног зида латералног кондила butne kosti, а posterolateralni snop заузима више дисталну позицију близу предњег дијела артракуларне површине латералног кондила butne kosti. На голеначи пријоји оба snopa prednjeg ukrštenog ligamenta смјестени су између медијалног и латералног тибијалног кондила кроз широко подручје које постериорно досеже до задnjeg roga латералног менискуса. Insercija на голеначи је ovalna зона дијаметра 11 mm у фронталној равни и 17 mm у сагиталној равни (26). Anteromedijalni snop заузима предњи и медијални дио ове зоне, а posterolateralni (како му и име kaže) леži више у vanjskom i

zadnjem dijelu te je u bliskom je odnosu sa zadnjim rogom lateralnog meniskusa. Kod nekih osoba se može reći da je i vezan za njega.

Pojedini autori su istraživali u studijama na kadaverima odnos pojedinačnih snopova u ukupnoj površini zona insercije i ustanovili da oba snopa (anteromedijalni i posterolateralni) učestvuju u izgradnji obe insercije u odnosu 50%: 50% (27).



Slika 6. Mjesto femoralne insercije  
anteromedijalnog (AM) i posterolateralnog  
(PL) snopa (desno koljeno  
medijalni kondil femura odstranjen).



Slika 7. Mjesto tibijalne insercije AM i PL  
snopa prednjeg ukrštenog ligamenta.  
Uklonjeni meniskusi, tibijalni plato.  
MM-medijalni meniskus.  
Lat men-lateralni meniskus.

(Preuzeto iz knjige: Prodromos C. The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science. 2012. Saunders. Elsevier)

(Preuzeto iz knjige: Prodromos C. The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science. 2012. Saunders. Elsevier)

Snopovi prednjeg ukrštenog ligamenta su približno istog promjera ali se razlikuju u dužini. Anteromedijalni snop je dužine približno 38 mm, a posterolateralni ima prosječnu dužinu od 17,8 mm (28).

Prednji ukršteni ligament sadrži mehanoreceptore uključujući Goldžijeve tetivne organe, Paćinijeva tjelašca i Rufinijeve nervne završetke. Ovi receptori učestvuju u proprioceptivnoj ulozi prednjeg ukrštenog ligamenta i smatra se da su oni dio refleksnog luka tokom kojeg se ostvaruje sinergistička akcija ovog ligamenta i mišića hamstring grupe. Na taj način se ostvaruje zaštitna uloga kontrakcije mišića zadnje lože natkoljenice na prednji ukršteni ligament i sprečava se prednja translacija tibije u odnosu na femur. U slučaju rupture prednjeg ukrštenog ligamenta ovaj zaštitni mehanizam se gubi što rezultuje prednjom nestabilnošću koljena (29).

Izraz propriocepcija se pokazao teškim za definisanje. Usaglašena definicija propriocepcije je da ona predstavlja osjećaj položaja vlastitog tijela u prostoru i osjećaj položaja jednog dijela tijela u odnosu na druge. Propriocepciju čine ravnoteža i kinestezija. Kinestezija se odnosi na kontrolu snage i amplitude pokreta. Kinestetička kontrola daje fluidnost i preciznost našim pokretima. Štedi nam energiju jer ne idemo maksimalnom snagom u svaki pokret već samo onoliko koliko je potrebno da se postigne cilj (30).

Proprioceptivna funkcija je omogućena saradnjom: organa za ravnotežu (vestibularni organ), vizuelnih nadražaja i proprioceptora. Proprioceptori su najvažniji jer većinu informacija sami šalju u strukture nervnog sistema. Proprioceptori u mišićima reaguju na istezanje i kontrakciju. Njihova uloga je kontrola snage i zaštita mišića od pretjerane kontrakcije koja izaziva povredu. Različite vrste proprioceptora nalazimo u tetivama i koži (31).

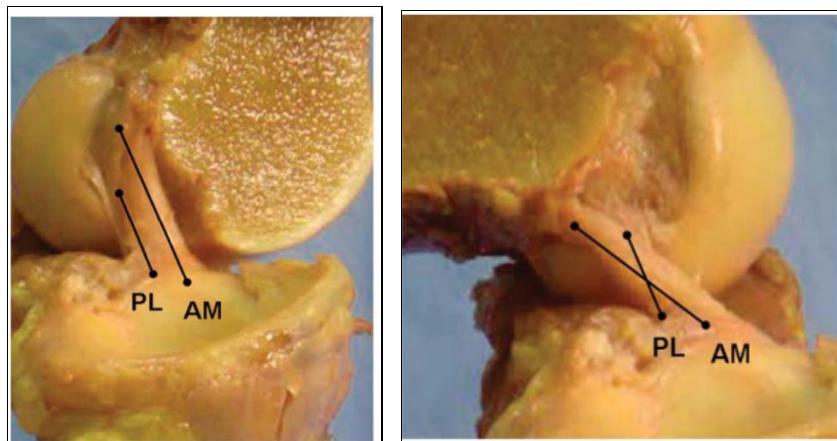
Obnavljanje propriocepcije je jedan od ciljeva rehabilitacije pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta. Ovaj proces je dugotrajan jer je osnova u činjenici da je neoligament zapravo tetiva a ne ligament, te da se zbog same razlike u građi i broju proprioceptora graft mora "naučiti" na novu ulogu koji dobija navedenim hirurškim liječenjem.

## **1.2.Biomehanika prednjeg ukrštenog ligamenta**

Biomehanika zglobova koljena, pa i prednjeg ukrštenog ligamenta spominjana je u kineskoj i grčkoj literaturi 400-500 godina prije Hrista. Prva saznanja u novoj eri dugujemo naučnicima kao što su Galileo, Da Vinči, Boreli, Huk i Njutn. U prošlom vijeku, četrdesete i pedesete godine su bile godine intenzivnog istraživanja biomehanike prednjeg ukrštenog ligamenta da bi tek od šezdesetih godina naučna saznanja iz ove oblasti služila kao naučna podloga razvoju kliničkih pristupa liječenju njegove povrede (32).

Tokom normalne kinematike u zglobovu koljenu snopovi prednjeg ukrštenog ligamenta mijenjaju svoju osovINU i međusobno se ukrštaju. Kada je koljeno u ekstenziji, femoralna insercija je orijentisana vertikalno i snopovi prednjeg ukrštenog ligamenta su paralelni. Kad je koljeno u fleksiji od  $90^{\circ}$  pripoj anteromedijalnog snopa se okreće posteriorno i inferiorno, a posterolateralnog anteriorno i superiorno. Ova promjena osovine snopova dovodi u vertikalnu

položaj u horizontalnoj ravni kad je koljeno u fleksiji od  $90^\circ$  (33). Navedene promjene osovine mjesta insercije snopova prednjeg ukrštenog ligamenta koljena uzrokuje do njihovog međusobnog ukrštanja tako da kako se koljeno savija posterolateralni snop se premješta ispred anteromedijalnog (gledući njegovu femoralnu inserciju).



Slika 8. Mehanizam ukrštanja AM i PL snopa pri  $0^\circ$  ekstenziji i fleksiji od  $90^\circ$  u lijevom koljenu pri uklonjenom medijalnom kondilu butne kosti

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

Mehanizam ukrštanja snopova prednjeg ukrštenog ligamenta uz razliku u dužini njegovih snopova utiču na različit tenzionalni obrazac u svakom pojedinačnom snopu tokom pokreta u zglobu koljena. Tako je anteromedijalni snop relaksiran u ekstenziji, a zategnut u fleksiji, osobito onoj od  $60^\circ$ . Posterolateralni snop je relaksiran u fleksiji a zategnut u ekstenziji i pri izvođenju rotatornih pokreta (34).

Dinamičke osobine snopova prednjeg ukrštenog ligamenta ukazuju na složenost uloge ovog ligamenta u stabilizaciji zglobova koljena. Prednji ukršteni ligament definišemo kao glavnu strukturu koja sprečava prednju translaciju golenjače u odnosu na butnu kost (35). Zbog toga su i istraživanja uglavnom bila usmjerena na uticaj prednjih opterećenja na prednji ukršteni ligament koljena. Koncenzus savremenih biomehaničkih studija je da su najjače sile one koje djeluju na koljenu u fleksiji od  $0\text{-}30^\circ$  fleksije (maksimalna je pri fleksiji koljena od  $15^\circ$ ). Najslabija sila je ona koja na prednji ukršteni ligment djeluje pri fleksiji koljena od  $90^\circ$ . Pri tome anteromedijalni

snop je skoro pod kontantnim uticajem prednje sile, dok je posterolateralni snop najopterećeniji u amplitudi 0-15-30 ° fleksije koljena i brzo se smanjuje izvan ovog ugla (36).

Dokazana je slaba korelacija između antero-posteriorne nestabilnosti i subjektivnog osjećaja pacijenata. Nađena je klinički značajnija rotatorna nestabilnost zbog djelovanja valgus/varus sila na koljeno u fleksiji od 0-15-30°. Rađene su biomehaničke studije tokom različitih aktivnosti tipa stajanja i hodanja (37). Grupa autora je radila analizu hoda kod ispitanika sa očuvanim prednjim ukrštenim ligamentom i pacijentima nakon rupture istog. Utvrdili su da su pacijenti sa rupturom prednjeg ukrštenog imali drugačiju poziciju koljena pri hodu u odnosu na zdrave ispitanike (38). Naime, tokom hodanja intaktni prednji ukršteni ligament održava ravnotežu tokom faze zamaha do podfaze oslonca pete o podlogu u fazi oslonca. Međutim, kod pacijenata sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta pojačava se unutrašnja rotacija u navedenoj fazi hoda koja se održava i tokom cijele faze oslonca. Studija trčanja i pivotiranja pokazala je normalnu prednje-zadnju stabilnost kod pacijenata sa rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta ali abnormalne rotatorne pokrete u koljenu. Istraživanja su pokazala da oba snopa prednjeg ukrštenog ligamenta jednako učestvuju u održavanju rotatorne stabilnosti zgloba koljena (38).

Rezultati navedenih biomehaničkih studija uticali su na razvoj različitih hirurških tehnika rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Tako je Jagi sa saradnicima ispitivao superiornost rekonstrukcije rupturiranog prednjeg ukrštanog ligamenta koljena dvostrukim snopom u odnosu na jednostruki snop i pokazao da je rekonstrukcija dvostrukim snopom biomehanički bliža intaktnom prednjem ukrštenom ligamentu što u pogledu prednje-zadnje, što u pogledu rotatorne stabilnosti. Zaključilo se da je rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta koljena jednostrukim snopom dovoljna za restauraciju prednje-zadnje ali ne i rotatorne nestabilnosti jer tehnika jednostrukog snopa suštinski rekonstruiše anteromedijalni snop ali zaostaje dio rotatorne nestabilnosti uzrokovane insuficijencijom posterolateralnog snopa prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (33, 39).

### **1.3.Epidemiologija povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena**

Pisati o epidemiologiji povrede prednjeg ukrštenog ligamenta danas nije ni malo lako. Malo je pravih epidemioloških studija koji daju egzaktne podatke na internacionalnom nivou o učestalosti povrede ovog ligamenta. Objavljeni podaci se razlikuju od zemlje do zemlje. Grupa autora u studiji

objavljenoj 2009. godine navodi da su tegobe od strane zgloba koljena drugi po redu razlog javljanja na pregled ljekaru porodične medicine, odmah nakon bola u donjem dijelu leđa. Od toga 9% tegoba su vezane za povredu prednjeg ukrštenog ligamenta. Procjena je da se u Sjedinjenim Državama desi 200 000 povreda prednjeg ukrštenog ligamenta godišnje, a da polovina pacijenata sa rupturom zahtijeva operativno liječenje (40). Trenutno samo skandinavske zemlje (Norveška, Danska i Švedska) imaju nacionalne registre o broju izvedenih rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta, te se njihovi epidemiološki podaci uzimaju kao najpouzdaniji i sa malim razlikama od zemlje do zemlje. U Norveškoj je registar rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta uveden 2004. godine, a u Danskoj i Švedskoj godinu dana kasnije. Danska je jedina zemlja u kojoj je prijava rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta obavezna. Imajući u vidu podatke iz navedenih registara slučajevi hiruškog liječenja prednjeg ukrštenog ligamenta koljena se kreću od 34 na 100 000 stanovnika u Norveškoj, 32 na 100 000 stanovnika u Švedskoj i 38 na 100 000 stanovnika u Danskoj (41). Prema podacima iz devedestih, u Njemačkoj je incidencija ovih povreda bila na nivou Švedske. Poredeći dostupne podatke stiče se utisak da je realan broj izvedenih rekonstrukcija u rasponu od 29 do 38 na 100 000 stanovnika godišnje u evropskim zemljama (42). Mnogi su razlozi što su epidemiološki podaci nepouzdani i neusaglašeni u većini svjetskih zemalja. Jedan od njih je neusglašena i nestandardizovana metodologija parametara praćenja i prijavljivanja. U nekim zemljama se prijavljuje broj povreda prednjeg ukrštenog ligamenta po sportisti po danu, drugi prijavljuju broj povreda po satu sportske aktivnosti. Postoje prospektivne studije iz kojih je moguće izračunati učestalost povrede prednjeg ukrštenog ligamenta, ali ima i onih (osobito retrospektivnih) koje izvještavaju samo broj ukupnih slučajeva povrede tokom perioda istraživanja i predstavljaju ih kao procente ukupnih povreda. Učestalost broja povreda varira i u zavisnosti od godina starosti, pola, vrste sporta i nivoa takmičenja (43,44,45). U našoj zemlji kao i u zemljama regionala ne postoje zvanični epidemiološki podaci o povredi prednjeg ukrštenog ligamenta. Ono što bi mogli da uzmemo kao najrelevantniji podatak je broj rekonstrukcija koje se učine godišnje u našoj zemlji jer trenutno imamo samo dvije ustanove koje se ozbiljno bave hirurgijom prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. Na Odjeljenju za ortopedsku hirurgiju Zavoda za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" u Banjoj Luci u prosjeku se godišnje učini 75 artroskopskih rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

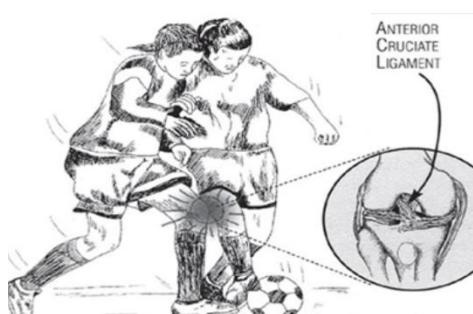
#### **1.4.Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta**

Prednji ukršteni ligament kod zdravih osoba mlađe životne dobi može da se istegne i do 25% od njegove fiziološke dužine i da ostane intaktan. Ukoliko je sila koja djeluje na koljeno tolika da prelazi ovaj kompezatorni mehanizam dolazi do njegove rupture. Najčešće se ove povrede dešavaju kod mladih osoba tokom sportskih aktivnosti u kojima dominiraju nagla promjena pravca kretanja, naglo usporavanje i doskoci (47).

Povreda prednjeg ukrštenog ligamenta može nastati kontaktnim i nekontaktnim mehanizmom. Kontaktni mehanizam je rijedi (oko 25-30%) i dešava se prilikom direktnog djelovanja sile u prednji dio koljena koja dalje gura koljeno u hiperekstenciju ili u vanjski dio koljena uzrokujući valgus stres. Tokom ovakvih povreda najčešće dolazi do povreda i drugih struktura (medijalnog meniskusa i medijalnog kolateralnog ligamenta kod tzv. nesrećne trijade).

Nekontaktni mehanizam je odgovoran za 70-75% ukupnog broja povreda prednjeg ukrštenog ligamenta (47,48). Najčešći načini ovih povreda su:

1. Naglo mijenjanje smjera ili brzine kretanja sa stopalom fiksiranim o podlogu,
2. Naglo zaustavljanje sa koljenom u hiperekstenciji,
3. Brzo usporavanje, a zatim brzo okretanje u jednom smjeru sa nogama fiksiranim o podlogu (najčešći mehanizam nekontaktne povrede prednjeg ukrštenog ligamenta) i
4. Stopalo udara o podlogu sa koljenom u hiperekstenciji.



Slika 9 . Kontaktni mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta



Slika 10. Nekontaktni mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta

(Preuzeto sa: <https://www.slideshare.net/MARoshanZameer/acl-tear-64217846>)

Učestalost povreda prednjeg ukrštenog ligamenta koljena je za 4-6 puta veća kod žena sportista (47,48,49). Najčešći razlozi za ovu činjenicu su:

1. Veličina intekondilarnog usjeka (kod žena drugačijeg oblika i manje veličine),
2. Šira karlica i veći Q ugao,
3. Veći laksitet prednjeg ukrštenog ligamenta,
4. Neuromuskularni faktori i
5. Hormonski status.

Dešava se da povrede prednjeg ukrštenog ligamenta nastanu i tokom svakodnevnih aktivnosti zbog neuobičajnog položaja noge ili tijela kao bi se spriječilo naglo zaustavljanje ili promjena pravca (50).

### **1.5.Dijagnostika povrede prednjeg ukrštenog ligamenta**

Danas je dijagnoza povrede prednjeg ukrštenog ligamenta relativno jednostavna za većinu ortopeda. Ipak, ukoliko iz nekog razloga, pacijent ne bude upućen na ortopedski pregled, postoji mogućnost da se ova povreda previdi i da se prava dijagnoza postavi sa zakašnjenjem.

Kada govorimo o postavljanju dijagnoze kompletne rupture prednjeg ukrštenog ligamenta neophodno je napomenuti da se dijagnostika akutne povrede u nekim elementima razlikuje od dijagnostike hronične povrede. Ove razlike vezane su kako za anamnezu, tako i za klinički pregled i izvođenje dijagnostičkih testova (51,52).

Dijagnostika akutne rupture prednjeg ukrštenog ligamenta je fokusirana upravo na simptome i kliničke znake oštećenja istog, dok se kod dijagnostike hronične povrede javljaju simptomi i klinički znaci povezani sa sekundarnim oštećenjima (najčešće meniskusa i artikularne hrskavice). Pravilna i pravovremena dijagnostika i tretman akutne rupture prednjeg ukrštenog ligamenta su neophodni u prevenciji sekundarnih oštećenja ostalih struktura zgloba koljena (53).

## Anamneza

Neposredno nakon povrede pacijent se žali na bol, a ubrzo se razvije i otok koljena uz ograničenu pokretljivost. Na pregledu većina pacijenta detaljno opiše mehanizam povrede, čak neki navode i pojavu zvučnih fenomena tokom iste. S obzirom da je nekad dosta teško izvesti Lahman test neposredno nakon povrede zbog bola i izljeva (balotman), a MR nije rutinska pretraga može se previdjeti ova povreda.

Pacijenti sa hroničnom insuficijencijom uzrokovanom rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta se žale dominantno na nestabilnost i bol a ponekad i blokadu u koljenu uzrokovanim oštećenjem meniskusa i zglobne hrskavice. Najčešće se nestabilnost javlja prilikom pivotiranja ali se može javiti i prilikom bilo kog pokreta.

## Klinički pregled

Klinički pregled pacijenta nakon povrede koljena podrazumjeva: inspekciju, palpaciju, testove stabilnosti, testove na leziju meniskusa, ispitivanje mišićne snage, ispitivanje obima pokreta u koljenu i procjenu šeme hoda.

Inspekcijom prvo uočavamo šemu hoda pacijenta. U akutnoj fazi evidentiramo hramanje ili čak nemogućnost samostalnog hoda. U fazi hronične insuficijencije prednjeg ukrštenog ligamenta pacijent može hodati normalnim obrazcem (u većini slučajeva) ili ukoliko postoji udružena povreda meniskusa pa postoji mehanička blokada tada hrama uz ograničenje ekstenzije u koljenu. Takođe, inspekcijom gledamo promjene na koži ukoliko postoje (promjena boje kože ili postojanje mehaničkih oštećenja) i eventualno prisustvo otoka.

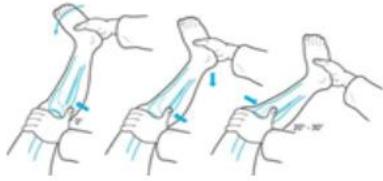
Palpacijom evidentiramo temperaturu kože i prisustvo izljeva u koljenu. Balotman nastaje kao posljedica krvarenja u zglob neposredno nakon povrede, a u hroničnoj fazi povrede prednjeg ukrštenog ligamenta izljev nastaje kao posljedica preopterećenja na unutar zglobne strukture. Balotman dokazujemo palpacijom pri čemu pritiskom ruke ispitivača na čašicu koljena u ležećem položaju pacijenta na leđima ista tone kao "čep u vodi" (54).

Dva klinička testa značajna za ispitivanje funkcije prednjeg ukrštenog ligamenta su Pivot šift test i Lahman test (55,56).

Pivot šift test nam daje informaciju o postojanju nestabilnosti koljena. Pri izvođenju ovog testa pacijent leži na leđima. Zglob kuka ispitivane (povrijeđene) noge pasivno dovedemo u fleksiju od  $30^{\circ}$  i abdukciju kako bi se opustio iliotibijani trakt i omogućila rotacija golenjače. Ispitivač stoji bočno od pacijenta sa strane noge koja se pregleda. Potkoljenica i skočni zglob se hvataju tako da se golenjača dovede do 20 stepeni unutrašnje rotacije. Učini se puna ekstenzija u koljenu. Suprotna ruka ispitivača hvata bočni dio noge u području gornjeg tibiofibularnog zgloba povećavajući silu unutrašnje rotacije. Dok održava unutrašnju rotaciju valgus sila se daje na koljeno tokom lagane fleksije. Ako se položaj tibije na femuru smanjuje pri fleksiji od 30-40 stepeni ili se osjeti prednja subluksacija tokom ekstenzije test je pozitivan na nestabilnost.

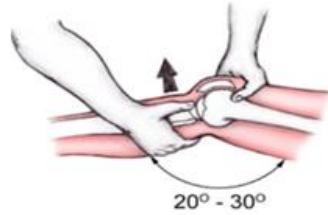
Neki autori navode da je ovaj test specifičan ali da nije senzitivan kod pacijenata koji nisu podvrgnuti anesteziji. Takođe navode da je dosta bolan ukoliko je pozitivan, a izvodi se bez anestezije (jedan od razloga slabe senzitivnosti) (56). Koristi se najčešće u prvoj ili drugoj godini nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i ukoliko je tada negativan govori u prilog uspješnog hirurškog liječenja.

Lahman test (test prednje ladice pri približno 20 stepeni fleksije) je najpouzdaniji klinički test za rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta, posebno u fazi hronične insuficijencije kada je neznatan spazam mišića hamstring grupe. Pacijent leži na leđima sa fleksijom u koljenu između  $15^{\circ}$  i  $30^{\circ}$ . Ispitivač jednom rukom stabilizuje natkoljenicu, a drugom rukom povlači golenjaču prema naprijed. Prednja translacija golenjače za više od 2 mm ukazuje na rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta (56).



Slika 11. Pivot-šift test

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier).



Slika 12. Lahman test

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

Ukoliko sumnja na udruženu povredu meniskusa ili ukoliko želi da isključi povredu istih ispitivač će uraditi i testove na leziju meniskusa: Mek Marej, Aplej, De Palma i Stjuart test (57).

Ispitivanje stanja mišića natkoljenice ispitivač će objektivizirati mjeranjem obima natkoljenice na tipičnim mjestima: 10, 15 i na 20 cm iznad gornje ivice patele (58). Mjerenje se vrši centimetarskom trakom. Prvo se u odnosu na gornju ivicu patele odrede zadati nivoi mjerenja. Kasnije se, prvo na zdravoj natkoljenici, a potom na povrijeđenoj mjeri obim iste. Na svakom nivou vrše se tri uzastopna mjerenja i kao realna se uzima prosječna vrijednost navedenih mjerenja. Svako odstupanje u obimu natkoljenica veće od 1 cm smatra se znakom hipotrofije mišića natkoljenica.

Obim pokreta u zglobu koljena mjeri se goniometrom ili uglomjerom. Pacijenta možemo pozicionirati u supinirani ili pronirani položaj, a mjerenje se vrši tako da se centar uglomjera postavi na centar zgloba. Nepokretni krak prati osovini natkoljenice, a pokretnim mjerimo pređeni ugao potkoljenice. Takođe mjerenje vršimo tri puta, prvo na zdravom, a zatim povrijeđenom koljenu i uzimamo za tačnu prosječnu vrijednost pređenog ugla tri uzastoplne mjerene. Rezultat se iskazuje u stepenima (58).

#### Dopunska dijagnostika

KT-1000 je objektivizacija Lahman testa. Ovim instrumentom egzaktno mjerimo nivo prednje translacije golenjače u odnosu na butnu kost. Ukoliko se nađe translacija od 2-3 mm radi se

najvjerojatnije o pacijalnoj, a ukoliko je ona veća riječ je o komplentoj rupturi prednjeg ukrštenog ligamenta (59,60).



Slika 13. KT-1000 artrometar

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament.  
Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

Radiografija u slučaju sumnje na rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta nam nije od velike pomoći ali je ne trebamo zaobići. Osim znakova koji ukazuju na veću količinu hemartrosa i indirektne znake koji mogu, a ne moraju ukazivati na rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta radiografijom ne možemo potvrditi dijagozu rupture ovog ligamenta. Međutim, radiografijom možemo isključiti povrede koštanih struktura (avulziju interkondilarne eminencije ili veće osteohondralne lezije) a koje takođe daju krvarenje u zglobu koljena (61).

Sa velikom sigurnošću možemo reći da je magnetna rezonanca metoda izbora kad je u pitanju dopunska dijagnostika koljena kod sumnje na rupturu prednjeg ukrštenog ligmenta (62). Pojedini autori su pokazali nakon artroskopije koljena senzitivnost magnetne rezonance za 81% (pozitivan nalaz je korelirao sa istim nalazom na artroskopiji). Ima autora koji tu senzitivnost prijavljaju i do 90% (63). Tsai sa saradnicima ukazuje da je specifičnost magnetne rezonance kod kompletne rupture 67%. Prilikom očitanja magnetne rezonance koljena kod pacijenta sa sumnjom na rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta kako nam je važno iskustvo radiologa, posebno kod razlikovanja parcijalne od kompletne rupture. Postoje nalazi na magnetnoj rezonanci koji indirektno ukazuju na rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta. Tu su, prije svega, koštani edem (zone kontuzije) u lateralnom kompartmentu, prelom zadnje usne golenjače i transhondralni prelom sa intaktnom zglobnom hrskavicom.



Slika 14. MR koljena. Strelica pokazuje zdrav, intaktan prednji ukršteni ligament



Slika 15. MR koljena. Strelica pokazuje kompletну rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta

(Preuzeto iz knjige:Prodromos C.The Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction and Basic Science.2012. Saunders.Elsevier)

Artroskopija, kao invazivna dijagnostička procedura, najbolje daje uvid u stanje struktura zgloba koljena, pa samim tim i prednjeg ukrštenog ligamenta. Ortoped artroskopom, poštujući standardizovane metode pregleda, pregleda zglob koljena i daje definitivan izvještaj o stanju struktura unutar koljena (64, 65). Danas se ne primjenjuje tako često kao dijagnostička već skoro isključivo kao dijagnostičko-terapijska procedura.

### 1.6. Rehabilitacija nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta

Brzina i sigurnost povratka svakodnevnim i sportskim aktivnostima nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena na nivo prije povređivanja umnogome zavisi od primjenjenog rehabilitacionog protokola. Nažalost, još uvijek ne postoji "zlatni standard" u pogledu sadržaja i forme postoperativnog protokola rehabilitacije (66).

Postoperativna rehabilitacija pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena traje u prosjeku 6-9, a po nekim autorima i do 12 mjeseci (67). Ona se, ugrubo, dijeli na dvije faze: medicinsku i sportsku rehabilitaciju.

Osnovni cilj postoperativne rehabilitacije nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta je postići dobru dinamičku stabilnost koljena kod pacijenta koja omogućava optimalan kvalitet života u svakodnevnim i sportskim aktivnostima. Ovaj cilj se postiže kroz:

1. Restauraciju obima pokreta,
2. Resturaciju mišićne snage,
3. Proprioceptivnu reeduksiju i
4. Smanjenju rizika ponovne povrede.

Različiti su protokoli postoperativne rehabilitacije u zavisnosti od vrste primjenjene hirurške tehnike, izbora grafta i načina njegove fiksacije (67). Ipak svi oni imaju iste krajnje, gore navedene ciljeve. Studije su potvrdile da jasno date instrukcije pacijentima o načinu provođenja postoperativne rehabilitacije poboljšavaju kvalitet iste i značajno utiču na realističan doživljaj ovog, za pojedince vremenski dugog perioda oporavka. Organizacija i modaliteti koji se primjenjuju u postoperativnoj rehabilitaciji se razlikuju u zavisnosti od vremena proteklog od operacije tj. od faze postoperativne rehabilitacije. Okvirno, rehabilitaciju pacijenta nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta možemo podijeliti na nekoliko faza. Osvrnućemo se ukratko na svaku od njih.

#### FAZA 1 – (1. postoperativna nedjelja):

U ovoj fazi koja se provodi prvih tri do pet dana (u zadnje vrijeme i kraće) na ortopedskim klinikama ili odjeljenjima, a kasnije u kućnim uslovima provode se sljedeće aktivnosti: pozicioniranje, aplikacija i primjena ortoze za koljeno, krioterapija i kineziterapijski program (68,69). Sve navedeno se primjenjuje s ciljem smanjenja bola i otoka, sprečavanju ranih postoperativnih komplikacija (artrofibroze, duboke venske tromboze i inaktivitetne hipotrofije), te povećanja pokretljivosti u operisanom koljenu i obuci hodu sa podlakatnim štakama.

Neposredno nakon artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena u hirurškoj sali aplikuje se elastični zavoj na operisanu nogu do prepone i operisano koljeno se pozicionira u tutor ortozu u punoj ekstenziji. U ovom položaju na bolesničkom krevetu pacijent iz hirurške sale biva premješten u bolesničku sobu. S obzirom da je jedan od ciljeva rehabilitacije redukcija postoperativnog otoka pacijent se u bolesničkom krevetu pozicionira u ležeći položaj na leđima sa aplikovanom tutor ortozom u punoj ekstenziji u operisanom koljenu i jastukom ispod operisane potkoljenice. Ortoza se koristi samo u prvim danima nakon operacije do skidanja konaca. Ne postoje naučni dokazi o pozitivnoj dugoročnoj primjeni ortoze. Nekoliko sati nakon operacije pacijent sa fizioterapeutom provodi vježbe disanja (abdominalnog i kostalnog), te vježbe za perifernu cirkulaciju u onom obimu u kojem mu nivo postoperativnog bola dozvoljava. Nakon toga, fizioterapeut vertikalizuje pacijenta u sjedeći, a zatim i u stojeći položaj i uz pomoć podlakatnih štaka pacijent se kreće na kraće relacije (obično unutar bolesničke sobe). Bez straha od preopterećenja grafta, pacijenta treba obučiti za hod sa podlakatnim štakama uz pun oslonac na operisanu nogu što je neophodno za restauraciju pravilne postoperativne šeme hoda (70). Drugi postoperativni dan nakon skidanja drena pacijent započinje sa postoperativnim kineziterapijskim programom u kinezisali. Počinje se primjena CPM-a u cilju povećanja obima pokreta ali i smanjenja otoka. Takođe se provode vježbe multidirekcionale mobilizacije patele. U ovoj fazi akcenat je na punoj ekstenziji u operisanom koljenu. Što se tiče vrste terapijskih vježbi primjenjuju se vježbe zatvorenog kinetičkog lanca u sigurnom obimu od 0-60 stepeni fleksije ali i otvorenog u obimu od 90-40 stepeni. Ove vježbe podrazumjevaju statičke vježbe jačanja kvadricepsa, vježbe klizanja petom o podlogu, mini čučnjeve, ravno podizanje noge u sagitalnoj, frontalnoj i horizontalnoj ravni (71,72,73,74). Nastavlja se vježbanje hoda sa podlakatnim štakama, a svaki naredni dan se kineziterapijski plan usložnjava i povećava u svom obimu. Primjenjuje se elektrostimulacija kvadricepsa u cilju smanjenja inaktivitetne hipotrofije (75). Može se, po procjeni fizijatra, primjeniti i limfna drenaža u cilju smanjenja postoperativnog edema. Pacijent naučeni program terapijskih vježbi provodi u kućnim uslovima do kontrolnog pregleda ortopeda koji se zakazuje u prosjeku deseti postoperativni dan, dominatno zbog vađenja konaca ali i zbog davanja smjernica za dalju rehabilitaciju. Ortoped nakon skidanja konaca, ukoliko lokalni postoperativni nalaz dozvoljava, upućuje pacijenta na pregled i dalji tretman fizijatra. Benefiti od

pravilno provedene ove faze rehabilitacije očituju se u smanjenju komplikacija tipa artrofibroze, inhibicije kvadricepsa i postizanja pravilne postoperativne šeme hoda.

#### FAZA 2 – (2-9. postoperativna nedjelja):

Fizijatar, nakon pregleda, pacijenta uključuje u program postoperativne ambulantne fizikalne terapije. U ovoj fazi pacijent nastavlja kontinuirano provoditi program terapijskih vježbi iz prve faze koji se dopunjava većim brojem ali i izborom istih. Nastavlja se sa terapijskim vježbama u cilju postepenog povećavanja stepena fleksije dok je i dalje akcenat na punoj ekstenziji i patelarnoj mobilnosti. Radi se i na daljoj reeduksiji sheme hoda koja podrazumjeva da se pacijent oslobodi u početku jedne podlakatne štake, a kasnije (obično nakon 3. postoperativne nedjelje) i da bude potpuno nezavisan od pomagala (podlakatnih štaka). Rasterećenje koje se postiže primjenom podlakatnih štaka primarno služi za rasterećenje operisanog koljena u cilju postizanja optimalnog opterećenja potrebnog za zarastanje grafta. Jačanje kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenica se može postići primjenom izometričkih, izotoničnih i izokinetičkih vježbi bez opasnosti od preopterećenja grafta (75). Uključivanje vježbi proprioceptivne reeduksije poboljšava neuromuskularnu kontrolu koja je umnogome oštećena nakon operativnog liječenja prednjeg ukrštenog ligamenta (76). Zato, u cilju sprečavanja ponovne povrede potrebno je uključiti ovaj program vježbi čim se odbace podlakatne štake prema metodološkom principu od jednostavnijih ka složenijim.

#### FAZA 3 - (9-16. postoperativna nedjelja):

Dobijanje i održavanje punog obima pokreta u operisanom koljenu jedan je od i dalje primarnih rehabilitacionih ciljeva u ovoj fazi. Međutim, sad je već snaga grafta bolja, te se mogu bez opasnosti od njegovog ugrožavanja pojačati vježbe jačanja natkoljene muskulature. Ovo podrazumjeva i vježbe zatvorenog ali i otvorenog kinetičkog lanca u punoj amplitudi pokreta u operisanom koljenu (77). Može se desiti da se nakon uvođenja ovih vježbi ponovno razvije manji otok ali to je znak preopterećenja i modifikacijom intenziteta terapijskih vježbi jačanja ovaj izazov se prevezilazi. Nastavlja se sa treningom funkcionalne dinamičke stabilnosti kroz pliometričke vježbe ne samo mišića stabilizatora koljena već i kompletног kinetičkog lanca (trupa, kuka i skočnog zgloba). Uvođenjem ovih vježbi pacijent se uvodi u narednu fazu i poboljšava se brzina pokreta kroz poboljšanje snage koncentrične kontrakcije koja omogućava brzu promjenu pravca. Pravolinijsko trčanje na otvorenom započinje se u 13. nedjelji (78).

Nakon postizanja punog obima pokreta u operisanom koljenu, zadovoljavajuće snage mišića natkoljenica i restaurirane sheme hoda završava se medicinska rehabilitacija u užem smislu. Dalji proces rehabilitacije se odvija u teretani uz nadzor stručnog lica, a pod redovnom kontrolnom fizijatra kao vođe rehabilitacionog tima. Ukoliko u nacionalnom zdravstvenom sistemu ne postoji mogućnost standardizacije u organizaciji rehabilitacionog procesa ovih pacijenta, oni pacijenti koji nisu u mogućnosti provesti ambulantni fizikalni tretman upućuju se na rehabilitaciju stacionarnog tipa.

FAZA 4 - (16-22. postoperativna nedjelja):

Nakon tri mjeseca postoperativno, pacijent treba da ima pun obim pokreta u operisanom koljenu i nivo snage mišića stabilizatora koljena i stanje propriocepcije koje mu omogućava prvolinijsko trčanje i skakanje (78). U ovoj fazi rehabilitacije potrebno je uvesti vježbe sa većim opterećenjem i složenije vježbe propriocepcije koje uključuju i stajanje na jednoj nozi s zatvorenim očima, pa čak i skok u dalj (79). U ovom periodu vježbe snage se provode u teretani uz kontinuiran stručni nadzor. Osnovni ciljevi ove faze su nastavak jačanja natkoljene muskulature i poboljšanje propriocepcije na operisanom koljenu kroz složenije kineziterapijske aktivnosti koje će pacijenta uvesti u provođenje sport-specifičnih aktivnosti. To se prije svega prije svega odnosi na agilnost i stabilnost pri promjeni pravca kretanja što je neophodno za prevenciju ponovnih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta ali i mišića zadnje lože natkoljenica ipsilateralno ili kontralateralno (80).

Imajući u vidu činjenicu da je prošao proces ligamentizacije grafta i da je stabilnost grafta neupitna, u cilju procjene mišićne snage tj. određivanja bilateralne razlike u jačini i snazi mišića ali i za procjenu propriocepcije primjenjuje se izokinetičko testiranje natkoljene muskulature (81). Ovo testiranje se, prije svega, primjenjuje radi planiranja ciljanog treninga mišićne snage i propriocepcije. Dakle, izokinetičko testiranje i ciljani trening omogućavaju postizanje optimalnog rezultata liječenja i rehabilitacije pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta u za to predvidenom vremenu koje diktira fiziologija zarastanja grafta.

Nakon procjene bilateralne razlike u jačini i snazi kvadricepsa i/ili hamstringsa provodi se ciljani izokinetički trening (ukoliko je dostupno) uz trening snage u teretani za iste mišićne grupe i vrši dalje praćenje napretka rehabilitacionog rezultata.

**FAZA 5 – (6-12. mjeseci postoperativno):**

Ciljane vježbe jačanja mišića natkoljenica uz pliometrični trening i proprioceptivnu reedukaciju se nastavljaju uz sport-specifične vježbe ukoliko se radi o profesionalnim sportistima kao osnova rehabilitacionog programa u ovoj fazi. Nakon 9 mjeseci do godinu dana treba da se uspješno završi rehabilitacija pacijenta koji je imao rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (72).

Izokinetičko testiranje je jedan od instrumenata objektivne procjene uspješnosti rehabilitacije.

Sada kad smo iznijeli osnovne postulate i alate koji primjenjujemo tokom postoperativne rehabilitacije pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta potrebno je da objasnimo načine evaluacije postignutih rezultata iste. Takođe je potrebno objasniti specifičnosti i benefit izokinetičke dijagnostike i terapije kod ovih pacijenata jer je to zapravo suštinsko pitanje kojim se bavimo tokom ovog istraživanja.

#### **1.6.1. Evaluacija rezultata provedene rehabilitacije nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta**

Kvalitet i brzina oporavka pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena procjenjuje se na osnovu alata i testova koje literatura preporučuje kao: pouzdane, validne, vremenski prilagodljive, ponovljive i klinički relevantne. Sljedeći testovi ispunjavaju ove uslove i služe na za procjenu ishoda rehabilitacije ove populacije pacijenata:

1. Procjena nivoa bola – Vizualno analognom skalom (VAS bola),
2. Mjerjenje obima donjih ekstremiteta centimetarskom trakom (na tipičnim mjestima) u cilju procjene otoka i mišićne hipotrofije,
3. Mjerjenje obima pokreta u zglobu koljena goniometrom ili uglomjerom,
4. Test stajanja i skakanja na jednoj nozi kao pokazatelj nivoa mišićne snage i neuromuskularne kontrole,
5. Izokinetički test kao objektivan dijagnostički alat u procjeni mišićne snage i izdržljivosti koji u obzir uzima i antropometrijske karakteristike ispitanika i

6. ACL-R Quality of Life, test procjene kvaliteta života pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

Navedene metode evaluacije primjenjujemo u procjeni pacijenta tokom prelaska iz jedne faze rehabilitacije u narednu ali i na samom početku liječenja pacijenata sa ovom povredom (preoperativno) i nakon završene rehabilitacije. Kriterijumi povratka sportskim aktivnostima kod ovih pacijenata su: pun obim pokreta u operisanom koljenu, test stajanja na jednoj nozi koji ne odstupa za više od 15 % za kontralateralnom stranom, postizanje minimalno 85% snage mišića u odnosu na kontralateralnu stranu i međumišićni odnos hamstringsi/kvadriceps (H/Q ratio) manji od 15% izmjerен izokinetičkim dinamometrom (82).

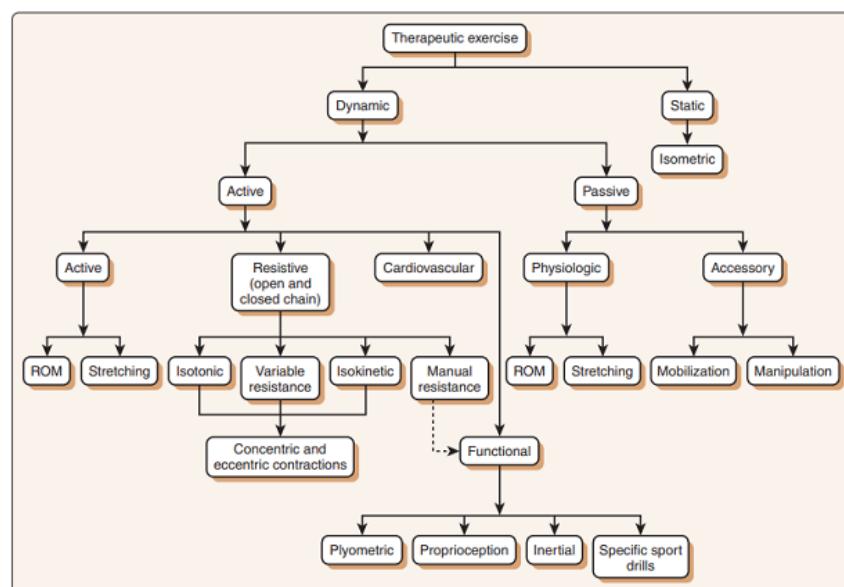
#### **1.6.2. Izokinetički trening i njegove specifičnosti kod pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena**

Izokinetička dijagnostika i trening imaju značajnu ulogu u rehabilitaciji pacijenata nakon sportskih povreda. Primjena izokinetike se kroz istoriju mjenjala kao što je i interesovanje za istraživanja iz ove oblasti variralo zadnjih tridesetak godina. S početka šezdesetih godina prošlog vijeka Perin i saradnici su dali prve fiziološke i biomehaničke osnove za primjenu izokinetike u rehabilitaciji. U ranim osamdesetim godinama dvadesetog vijeka izlazi i prva knjiga o primjeni izokinetike u rehabilitaciji koja se bazirala na pregledu objavljenih publikacija, dakle više na kliničkom iskustvu. Devedesete godine prošlog vijeka kao i zadnja dekada ovog vijeka predstavlja "zlatno doba" istraživanja uz oblasti izokinetičke dijagnostike i terapije (83).

Terapijske vježbe ili kineziterapijski program predstavljaju fizičku aktivnost propisanu na osnovu medicine zasnovane na dokazima s ciljem obnavljanja ili promjene neke specifične funkcije u zglobu, mišiću ili kinetičkom lancu nastalih nakon povrede. Te specifične funkcije mogu biti: povećanje obima pokreta u zglobu, jačanje mišićne snage, povećanje izdržljivosti mišića i poboljšanje neuromuskularne kontrole. Prilikom propisivanja terapijskih vježbi neophodno je definisati: vrstu vježbe, intenzitet, trajanje, frekvenciju i brzinu izvodenja, trajanje odmora između vježbi (58,84). Sve terapijske vježbe se mogu izvoditi u zatvorenom i otvorenom kinetičkom

lancu. Postoje različite metode vježbi jačanja sa progresivnim opterećenjem (De Lormov i Votkinsov režim, Oksfordov i Sandersov program i dr) (85).

Postoji različita podjela terapijskih vježbi. Naredna slika na jednostavan i detaljan način predstavlja jednu od mogućih klasifikacija terapijskih vježbi.



Slika 16. Klasifikacija terapijskih vježbi. ROM, Range of motion (Modified from Irrgang J.J.)

(Preuzeto iz: Rehabilitation In: Fu,F.H. and Stone, D (Eds).Sport Injuries: Mechanisms, Prevention,Treatment.Baltimore,William & Wilkins.)

U daljem tekstu fokus će se staviti na definiciju, cilj, način izvođenja i efekte izokinetičkih vježbi.

Izokinetičke vježbe primarno pripadaju dinamičkom tipu vježbe tokom kojih se dešava pokret u zglobu ili dijelu tijela. U dinamički tip vježbi spadaju još i izotoničke, te vježbe sa progresivnim opterećenjem. Izvođenje dinamičkih vježbi je mnogo funkcionalnije i bolje imitira funkcionalni obrazac kretanja u odnosu na staticke. Sve dinamičke vježbe mogu da se provode u koncentričnom i ekscentričnom modu.

Izokinetička vježba predstavlja vježbu koja se izvodi sa promjenjivim otporom, a uz konstantnu brzinu tokom cijelog obima pokreta. Izokinetički trening se provodi na specijalno dizajniranim dinamometrima (mašinama) i on može biti: koncentrično/koncentrični, koncentrično/ekscentrični i ekscentrično/ekscentrični.

Ovaj model vježbanja koji uvodi Džejms Perin predstavlja revoluciju u rehabilitacionom pristupu jer nudi sasvim drugačiji koncept od do tada primjenjivanog. Tradicionalni način vježbi jačanja je podrazumjevalo vježbe sa promjenjivom brzinom a različitim opterećenjem. Kasnih šezdesetih godina prošlog vijeka, tačnije 1967. godine, objavljen je i prvi originalni naučni rad koji svjedoči o pozitivnim efektima izokinetičkog treninga (86).

Izokinetička vježba znači da se ona izvodi sa konstantnom brzinom (u rasponu od 1°/sec do 1000°/sec) sa promjenjivim otporom. Promjenjivi otpor znači da je ovo jedini način vježbanja tokom kojeg se mišić može maksimalno opteretiti kroz cijeli obim pokreta. Ovo je od posebnog značaja jer se izbjegava zamor i preopterećenje što predstavlja apsolutnu sigurnost za pacijenta jer nikad nije izložen otporu koji ne može savladati. Izokinetička vježba sadrži tri glavne komponente: ubrzanje, usporenje i raspon opterećenja (87).

Prednosti izokinetičkog vježbanja su: efikasnost, sigurnost, promjenjivi otpor, smanjenje kompresivnih sila na zglob prilikom većih brzina, fiziološko prilagođavanje kroz različit spektar brzina, validan, objektivan, ponovljiv trening uz kompjuterski asistiran vizuelni i zvučni feedback (88).

Nedostatak ove vrste vježbi predstavlja djelimično ne funkcionalan obrazac pokreta jer se pri niskim brzinama povećavaju kompresivne sile na zglob, a primjena većih brzina ne imitira dobro funkcionalni obrazac koji se dešava prilikom sportskih aktivnosti (88).

Imajući u vidu sve naprijed navedeno može se zaključiti da su izokinetičke vježbe sigurne i mogu se primjenjivati tokom svih faza rehabilitacije pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. Međutim, vodeći se osnovnim postulatom u rehabilitaciji ovih pacijenata, a to je da se rehabilitacioni program prilagođava fiziologiji zarastanja grafta, najčešće ove terapijske vježbe primjenjujemo nakon 3 mjeseca od hirurškog liječenja. U ovom postoperativnom periodu graft je spremna za opterećenja na niskim ugaonim brzinama koji se koriste tokom izokinetičkog testiranja. Tek nakon analize i interpretacije rezultata izokinetičkog testa natkoljene muskulature u mogućnosti smo kreirati ciljani izokinetički trening koji će se provoditi za svakog pacijenta individualno, a koji će rezultovati u bržem i kvalitetnijem završetku rehabilitacije. To nikako ne znači da se kineziterapijski program postoperativne rehabilitacije pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta sastoji samo i isključivo od izokinetičkih vježbi. Naprotiv, ova vrsta terapijskih vježbi pokazuje svoju efikasnost tek kao nadopuna tradicionalnom programu vježbanja

(u zavisnosti od faze rehabilitacije - izometričke, izotonične, vježbe sa progresivnim opterećenjem) (81). Da bi kliničar uspješno kreirao kineziterapijski program on mora da razumije fiziologiju mišićne kontrakcije i procesa jačanja mišićne snage. Primjena submaksimalnog opterećenja u jačanju ciljanog mišića ili mišićne grupe stimuliše kratko trzajuća mišićna vlakna i omogućavaju pacijentu da vježbe provodi sa niskim, bezbolnim intenzitetom u ranoj fazi rehabilitacije uz progresiju ka vježbama većeg intenziteta koje stimulišu brzo trzajuća vlakna u kasnijim rehabilitacionim fazama (89). Dakle, izokinetičke vježbe služe u rehabilitaciji pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta za poboljšanje mišićne jačine, snage i izdržljivosti kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenice.

Primjena izokinetičkih vježbi kod pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta započinje se u kratkom luku (od 30-60 stepeni fleksije u koljenu) sa submaksimalnim opterećenjem. U tu svrhu primjenjuju se ugaone brzine 60 do 180°/sec. Rehabilitacioni izokinetički program provodi se po tzv. protokolu rehabilitacije spektra brzina (90). Nakon opšteg programa zagrijavanja koji se obavlja na statičkom biciklu pri opterećenju od 75 W u trajanju od 6 minuta, izvode se trominutne vježbe istezanja kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenica. Potom se pacijent pozicionira na stolici izokinetičkog dinamometra. Fiksiraju se grudni koš, karlica i natkoljenica, a potkoljenica se pozicionira i fiksira prema standardizovanom protokolu na polugu dinamometra. Nakon dva do tri minuta zagrijavanja, objašnjenja i pokazivanja pacijentu načina izvođenja terapijske, izokinetičke vježbe započinje se izokinetički trening. Protokol spektra brzina se sastoji od etapnih vježbi ekstenzije i fleksije u koljenu u amplitudi od 30-60 stepeni. Započinje se sa 10 ponavljanja pokreta fleksije i ekstenzije na ugaonoj brzini 60 °/sec sa maksimalnom snagom i bez pauze. Potom slijedi pauza (odmor) od 90 sec. Nakon odmora ista terapijska vježba izvodi se na ugaoni brzinama od 90°/sec, 120°/sec, 150°/sec i 180 °/sec. Ugaone brzine se više ne povećavaju jer nisu bliske funkcionalnom obrascu pokreta u koljenu već se trening nastavlja ali u suprotnom smjeru – od 180°/sec do 60°/sec. Na svakoj ugaonoj brzini provodi se po 10 terapijskih vježbi sa maksimalnom snagom bez pauze što ukupno predstavlja 100 terapijskih vježbi. Ovaj ukupni zbir od 100 terapijskih, izokinetičkih vježbi predstavlja jedan ciklus protokola rehabilitacije spektra brzina. Izokinetički trening u kratkom luku se provodi na niskim ugaonim brzinama zbog reakcije ubrzanja i usporenja. Ubrzanje je dio amplitude pokreta u kome ekstremitet ubrzava da bi "uhvatilo" postavljenu ugaonu brzinu, a usporenje je dio amplitude pokreta u kojoj ekstremitet usporava i to je stvarno izokinetičko opterećenje kojim se

stimuliše jačanje ciljanog mišića. Zato je opterećenje na trenirani mišić veće pri niskim ugaonim brzinama u odnosu na visoke što nam govori da pri niskim ugaonim brzinama jačamo mišićnu snagu, a pri većim izdržljivost. Protokol rehabilitacije spektra brzina postoji i za veće ugaone brzine od  $180^{\circ}/\text{sec}$  do  $300^{\circ}/\text{sec}$  i provodi se prema istim principim kao i na niskim ugaonim brzinama (90).

Efikasnost izokinetičkog treninga natkoljene muskulature kod pacijenta nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta pokazali su brojni istraživači (91,92,93,94,95). Pozitivni efekti ovog načina vježbanja su se prvenstveno pokazali u skraćenju vremena rehabilitacije i postignutim optimalnim neuromišićnim performansama natkoljene muskulature koja su objektivizirana izokinetičkim testom. Rehabilitacija ovih pacijenta je završena sa optimalnim kvalitetom brže nego što bi se ona postigla primjenom isključivo tradicionalnog kineziterapijskog programa bez izokinetičkih vježbi.

## **2. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA**

### **RADNA HIPOTEZA**

1. Funkcionalni status kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta semi-T/gracilis metodom koji su rehabilitovani standardnim protokolom je poboljšan u odnosu na preoperativno funkcionalno stanje.
2. Funkcionalni status kod pacijenata sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta je poboljšan nakon ligamentoplastike semi-T/gracilis metodom i provedene postoperativne rehabilitacije sa primjenjenim kombinovanim (standardnim i izokinetičkim) protokolom u odnosu na preoperativni funkcionalni nalaz.
3. Pacijenti koji postoperativnu rehabilitaciju provode uz primjenu kombinovanog (standarnog i izokinetičkog) protokola imaju bolji ishod liječenja nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta 6 i 9 mjeseci postoperativno u odnosu na pacijente rehabilitovane uz primjenu isključivo standardnog rehabilitacionog protokola.
4. Disbalans natkoljene muskulature značajno utiče na funkcionalni status koljena kod pacijenata sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta preoperativno i postoperativno i ne dostiže vrijednosti kontrolne grupe zdravih.
5. Pacijenti 9 mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligament postižu zadovoljavajući kvalitet života.

### **3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

1. Izvršiti procjenu ishoda rehabilitacije kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta graftom tetiva m. semitendinosus-a i m gracilis-a, koji su rehabilitovani standardnim protokolom,
2. Izvršiti evaluaciju ishoda rehabilitacije kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta graftom tetiva m. semitendinosus-a i m gracilis-a, kod kojih je uz standardni protokol rehabilitacije primijenjen i izokinetički rehabilitacioni protokol,
3. Uporediti ishod rehabilitacije kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta graftom tetiva m. semitendinosus-a i m gracilis-a, primjenom standardnog i kombinovanog (standardnog i izokinetičkog) protokola,
4. Istražiti u kojoj mjeri disbalans mišića natkoljenica utiče na funkcionalni status koljena,
5. Izvršiti procjenu kvaliteta života kod pacijenata 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena tetivama hamstringsa.

## **4. ISPITANICI I METODE**

### **4.1. ISPITANICI:**

Prospektivnom kliničkom studijom praćeno je ukupno 105 ispitanika. Ispitanici su podjeljeni u tri grupe:

I.     **Grupu A** sačinjavali su pacijenati (n=35) nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama hamstringsa koji su proveli rehabilitaciju po standardnom protokolu, a čija je evaluacija učinjena: preoperativno, te 3, 6 i 9 mjeseci postoperativno.

II.    **Grupu B** činili su pacijenti (n=35) nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama hamstringsa koji su proveli rehabilitaciju primjenom kombinacije standardnog i izokinetičkog rehabilitacionog protokola. Evaluacija i ovih pacijenata je provedena: preoperativno, te 3, 6 i 9 mjeseci postoperativno.

III.   **Grupu C** (kontrolnu grupu), sačinjavalo je 35 zdravih ispitanika koji su po godinama starosti i polu uporedivi sa pacijentima iz grupe A i B, a koji nikad nisu imali povrede zglobova koljena niti drugih zglobova donjih ekstremiteta.

#### **4.1.1. Kriterijumi za uključivanje u istraživanje (grupa A i B):**

- Artroskopska ligamentoplastika prednjeg ukrštenog ligamenta hamstrings graftom učinjena u fazi njegove hronične insuficijencije
- Osobe oba pola,
- Osobe starosti od 18-35 godina na dan operacije,
- Osobe bez ranijih povreda i operacija struktura istog ili kontralateralnog koljena,
- Osobe bez ranijih povreda i/ili operacija na drugim zglobovima donjih ekstremiteta.

#### **4.1.2. Kriterijumi za isključivanje iz istraživanja:**

- Pacijenti sa bilateralnom lezijom prednjeg ukrštenog ligamenta,
- Ranije operacije na istom koljenu ili drugim zglobovima donjih ekstremiteta,
- Ranije operacije na kontralateralnom koljenu,
- Trudnoća,
- Artrofibroza ili neka druga komplikacija nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta,
- Udružene sistemskih bolesti,
- Pacijenti mlađi od 18 i stariji od 35 godina na dan operacije,
- Udružene povrede meniskusa i/ili hrskavice tokom aktuelne povrede prednjeg ukrštenog ligamenta

#### **4.2. METODE:**

Svi pacijenti iz grupe A i B su operisani na Odjeljenju za ortopedsku hirurgiju Zavoda za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" u Banjoj Luci od strane istog hirurškog tima tokom 2016. i 2017. godine. Pacijenti su operisani u fazi hronične insuficijencije prednjeg ukrštenog ligamenta istom hirurškom tehnikom – artroskopskom rekonstrukcijom prednjeg ukrštenog ligamenta uz primjenu mekotkivnog hamstrings grafta (titive m. semitendinosus-a i m. gracilis-a). Nakon kliničkog pregleda od strane ortopeda i obavljenih dijagnostičkih procedura (MR koljena) svi pacijenti kojima je indikovano hirurško liječenje su proveli preoperativno ambulantni fizikalni tretman.

Postoperativnu rehabilitaciju pacijenti iz grupe A su provodili ambulantno u mjestu stanovanja i po potrebi stacionarno u Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" u Banjoj Luci (Odjeljenje V) uz primjenu standardnog rehabilitacionog protokola (modifikovanog M. Strobel rehabilitacionog protokola), sa kojim su u usmenoj i pismenoj formi upoznati na dan

otpusta sa Odjeljenja za ortopedsku hirurgiju Zavoda za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" u Banjoj Luci. Pacijenti iz grupe B su postoperativnu rehabilitaciju provodili ambulantno u mjestu stanovanja tokom prva tri mjeseca postoperativno pod istim uslovima kao i pacijenti iz grupe A, ali su nakon procjene mišićne snage izokinetičkim testom, istu su nastavljali stacionarno na Odjeljenju V Zavoda uz primjenu kombinacije standardnog i izokinetičkog rehabilitacionog protokola u trajanju od 21 dan.

#### **4.2.1. TERAPIJSKE INTERVENCIJE**

U terapijske intervencije ubrajamo vrstu primjenjenog rehabilitacionog protokola kod ispitanika grupe A i grupe B. To su standardni rehabilitacioni protokol za pacijente iz grupe A i kombinovani (standardni + izokinetički rehabilitacioni protokol) za pacijente iz grupe B.

##### ***STANDARDNI REHABILITACIONI PROTOKOL***

Standardni rehabilitacioni protokol predstavlja ubrzani postoperativni rehabilitacioni protokol modifikovan po M. J. Strobel-u, po kome se provodi rehabilitacija nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta hamstrings graftom u Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" u Banjoj Luci (96). Sastoji se od 4 faze.

##### **Faza I (PRVA POSTOPERATIVNA NEDJELJA)**

Ciljevi: kontrola bola i upale, povećanje obima pokreta.

U prvoj postoperativnoj nedjelji preduzimaju se sljedeće mjere:

1. Pozicioniranje - Koljeno u tutor ortozi sa 0 stepeni ekstenzije,
2. Termoterapija - Krioterapija u vidu lokalne primjene leda u specijalno prilagođenim pakovanjima na svaka 2 sata u trajanju od 15-20 minuta,
3. Oslonac: 50% tjelesne težine (hod sa podlakatnim štakama)
4. Kineziterapija: Pasivne vježbe na kinetiku (CPM), aktivno-potpomognute i aktivne vježbe do granice bola (bez hiperekstenzije), vježbe manuelne trakcije, vježbe mobilizacije patele i manuelna limfna drenaža,
5. Elektroterapija: Neuromuskularna elektrostimulacija četverouglim impulsima tokom prvih 8 nedjelja postoperativno.

6. Medikamentozna terapija: NSAIL tokom prvih 10 dana postoperativno uz preparate magnezijuma.

#### Faza II (OD DRUGE DO DEVETE POSTOPERATIVNE NEDJELJE)

U ovom periodu akcenat u rehabilitaciji se stavlja na dalje povećanje obima pokreta u operisanom koljenu.

Ciljevi: povećanje obima pokreta u operisanom koljenu i poboljšanje propriocepcije

1. Pozicioniranje: nošenje ortoze noću sa 0 stepeni ekstenzije u operisanom koljenu do kraja četvrte postoperativne nedjelje,
2. Oslonac: 50% tjelesne težine (hod sa podlakatnim štakama) do kraja četvrte postoperativne nedjelje kad je dozvoljen pun oslonac na operisanu nogu,
3. Kineziterapija: Vježbe mobilizacije patele, limfna drenaža, hidrokineziterapija u cilju povećanja obima pokreta u operisanom koljenu nakon zarastanja ožiljaka od artroskopije, statičke vježbe jačanja za kvadriceps i mišiće zadnje lože natkoljenice u zatvorenom kinetičkom lancu,
4. Elektroterapija: Neuromuskularna elekrostimulacija za kvadriceps i dalje.
5. Proprioceptivni trening: Vježbe balansa u stojećem položaju sa stajanjem na jednoj nozi na različitim vrstama podloga (stabilnim i nestabilnim – balans ploča, različite vrste balansera).

#### Faza III (OD DEVETE DO ŠESNAESTE POSTOPERATIVNE NEDJELJE)

U periodu do devete postoperativne nedjelje trebalo bi da je uspostavljena pokretljivost operisanog koljena u punoj fiziološkoj amplitudi i sada se počinje sa kineziterapijskim programom u cilju jačanja mišića stabilizatora operisanog koljena.

Cilj: postizanje punog funkcionalnog kapaciteta operisanog koljena (pun obim pokreta i dinamička stabilnost koljena uz proprioceprivnu reeduksiju).

1. Pun oslonac na operisanu nogu.

2. Kineziterapija: terapijske vježbe iz ranije opisanih faza uz uvođenje vježbi jačanja mišića pokretača koljenog zglobo u zatvorenom i otvorenom kinetičkom lancu (vožnja stacionarnog bicikla sa opterećenjem, čučnjevi, skokovi). Reeducacija sheme hoda.
3. Proprioceptivni trening: uvođenje složenijih vježbi balansa i koordinacije (vježbe preskakanja konopca, stajanje na jednoj nozi sa otvorenim i zatvorenim očima sa različitim pozicijama operisanog koljena – od pune ekstenzije, do različitih amplituda fleksije).
4. Za sportiste (rekreativne i aktivne) počinje se sa sport-specifičnim kineziterapijskim programom od kraja trinaeste postoperativne nedjelje striktno uz stručni nadzor.

#### **Faza IV (OD ŠESNAESTE DO DVADESET DRUGE POSTOPERATIVNE NEDJELJE)**

Cilj: Potpuni povratak svakodnevnim i sport-specifičnim aktivnostima ukoliko se radi o pacijentu koji se rekreativno ili aktivno bavi sportom.

1. Pun oslonac na operisanu nogu
2. Kineziterapija: vježbe progresivnog jačanja mišića stabilizatora operisanog koljena.
3. Proprioceptivni trening: vježbe balansa i koordinacije tokom sport-specifičnih aktivnosti.

#### **Faza V ( 6-12. MJESECI POSTOPERATIVNO)**

U ovoj fazi provode se napredne sport-specifične aktivnosti.

##### **4.2.1.1. *IZOKINETIČKI REHABILITACIONI PROTOKOL:***

Nakon objektivizacije neuromuskularnih parametara mišića natkoljenica izokinetičkim testiranjem koje je izvršeno nakon 3 mjeseca od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta, ukoliko se nađe klinički značajan bilateralni mišićni disbalans, pacijentu se preporučuje provođenje ciljanog izokinetičkog rehabilitacionog programa. Kao klinički značajan bilateralni mišićni deficit ekstenzora i fleksora koljena smatra se onaj preko 25%. Izokinetički rehabilitacioni program podrazumijeva individualno prilagođeno vježbanje na izokinetičkom sistemu, prema planu koji propisuje ljekar specijalista fizikalne medicine i rehabilitacije nakon analize rezultata izokinetičkog testa. Izokinetičko vježbanje omogućava razvoj maksimalne sile tokom cijelog

obima pokreta uz prilagođavanje, akomodaciju otpora na bol ili zamor zbog čega se ne može pojaviti preopterećenje mišića i zglobnih struktura, a ciljano i brzo se koriguje nađeni deficit u istostranoj ili bilateralnoj mišićnoj snazi dinamičkih stabilizatora koljena. Pacijenti iz grupe B su uz standardni rehabilitacioni protokol provodili i izokinetički. Izokinetički trening pacijenti su provodili na izokinetičkom sistemu Biodek 4 Pro u trajanju od deset dana, 30 minuta dnevno, 5 puta sedmično (radnim danima uz pauzu u dane vikenda), a nakon prvog postoperativnog izokinetičkog testiranja učinjenog tri mjeseca nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstings graftom.

Protokol izokinetičkog vježbanja se sastojao od:

1. Petominutnog zagrijavanja na stacionarnom biciklu (75 okretanja u minuti, 50 W)
2. Trominutnim vježbama istezanja kvadricepsa i mišića zadnje lože natkonjenica, te
3. Planskih, individualno prilagođenih vježbi na izokinetičkom sistemu po protokolu rehabilitacije spektra brzina. Odabrana brzina, broj serija i broj ponavljanja u svakoj seriji zavisi od stepena nađenog mišićnog disbalansa i cilja koji želimo postići – jačanje mišićne snage i izdržljivosti (89).

#### **4.2.2. METODE PROCJENE ISHODA REHABILITACIJE**

Nakon informisanja ispitanika o ciljevima i načinu provođenja istraživanja, pacijenti su potpisali pismenu saglasnost za učestvovanje u istom. Evaluacija funkcionalnog statusa provedena je: preoperativno, te 3, 6 i 9 mjeseci postoperativno. Ova procjena izvršena je uzimanjem: anamnestičkih podataka, kliničkim pregledom, ispunjavanjem funkcionalnog skora (modifikovani Tegner Lysholm skor – Prilog 1) (97), koncentrično/koncentričnim i ekscentričnim izokinetičkim testiranjem natkoljene muskulature na izokinetičkom dinamometru Biodek Pro 4 Sistem na dvije ugaone brzine 60 i 180°/sec (68), te procjenom funkcionalnih testova propriocepcije (test stajanja na jednoj nozi i test skakanja na jednoj nozi) (98). Procjenu kvaliteta života vršili smo ispunjavanjem (Anterior Cruciate Ligament Quality of Life Questionnaire) upitnika za procjenu kvaliteta života nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta (Prilog 2) (99).

#### 4.2.1.2. Anamnistički podaci (intervju):

Za dobijanje osnovnih podataka o pacijentu koristili smo metodu intervjeta s posebnim osvrtom na: prisustvo bola, osjećaj nestabilnosti, pojavu otoka nakon većeg opterećenja i ograničenja u aktivnostima svakodnevnog života.

#### 4.2.1.3. Tokom kliničkog pregleda svakog pacijenta evaluirali smo:

4.2.2.2.1. Šemu hoda, postojanje otoka, promjenu boje i postojanje mehaničkih oštećenja kože – inspekcijom (58),

4.2.2.2.2. Temperaturu kože, prisustvo balotmana i lokalizaciju zone bol palpacijom (58),

4.2.2.2.3. Stabilnost koljena: Lahman testom i Pivot šift testom (53).

Lahman test je najsenzitivniji test za procjenu stabilnosti koljena kod pacijenata sa rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta. Izvodi se u ležećem položaju na leđima sa koljenom flektiranim za 30 stepeni i sa maksimalno mogućom relaksacijom natkoljene muskulature. Jednom rukom ispitivač fiksira natkoljenicu, a drugom vuče potkoljenicu prema naprijed. Test je pozitivan ukoliko se evidentira prednja translacija tibije u odnosu na femur. Rezultate testova stabilnosti smo prikazali kao pozitivan ili negativan test. Pivot šift test je test tibijalne anterolateralne subluksacije i obavlja se pri unutrašnjoj rotaciji potkoljenice u valgus stresu i progresivnoj fleksiji. U položaju fleksije od 0 do 30° traktus iliotibialis subluksira tibiju anterolateralno. Prilikom fleksije od 30° iliotibijalna veza mijenja ulogu ekstenzora u fleksora koljena te se tibia iz anterolateralne subluksacije naglo vraća u neutralan položaj, što se vidi i osjeti kao preskok. Rezultat testa je ocjenjivan kao pozitivan ili negativan.

4.2.2.2.4. Obim natkoljene muskulature kao pokazatelj stanja mišića mjerili smo na 10, 15 i 20 cm iznad gornje ivice patele centimetarskom trakom prvo na zdravoj, pa na operisanoj nozi. Nakon tri uzastopna mjerena od strane istog ispitivača, uzimali smo prosječnu vrijednost kao konačan rezultat mjerena (58).

4.2.2.2.5. Obim pokreta u koljenima (zdravom i operisanom) mjerili smo goniometrom u supiniranom položaju iz pune ekstenzije do maksimalno moguće fleksije po „0“-oj metodi. Prvo smo mjerili obim pokreta u zdravom, a potom u oprisanom koljenu. Vrijednost mjerena je iskazana u stepenima. Takođe smo za konačan rezultat uzeli prosječnu vrijednost od tri uzastopna mjerena od strane istog ispitivača (58).

#### 4.2.2.3. Evaluacija pacijenata funkcionalnim testovima:

4.2.2.3.1. Nakon kliničkog pregleda svaki ispitanik je ispunio funkcionalni skor (modifikovani Tegner Lysholm skor) koji nam daje značajne podatke o subjektivnom osjećaju pacijenta vezano za operisano koljeno: postojanje bola, otoka, nestabilnosti, “otkazivanja” ili “blokade” koljena. Ovaj skor uzima u obzir i postojanje poteškoća u aktivnostima svakodnevnog života (hramanje, upotreba pomagala pri hodu, penjanje uz stepenice, čučanj). Ukupan broj bodova je 100. Rezultat interpretiramo kao loš (do 65 bodova), slab (65-83 boda), dobar (84-90 bodova) i odličan (91-100 bodova).

4.2.2.3.2. Procjenu kvaliteta života kod pacijenata poslije povrede prednjeg ukrštenog ligamenta vršili smo Upitnikom za procjenu kvaliteta života pacijenata nakon rupture LCA (Anterior Cruciate Ligament Quality of Life Questionnaire) testom (vrijednost od 0-100 bodova).

4.2.2.4. Izokinetičko testiranje natkoljene muskulature je učinjeno na izokinetičkom dinamometru Biomed Pro 4 Sistem. Prije samog testiranja ispitanici su upoznati o načinu izvođenja mjerena i sigurnosti mjerena. Protokol testiranja se sastojao u sljedećem: nakon zagrijavanja vožnjom stacionarnog bicikla pri otperećenju od 75W (submaksimalni nivo opterećenja) u trajanju od 5 minuta provele su se vježbe istezanja kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenice u pojedinačnom trajanju od tri minute. Ovako pripremljen ispitanik pozicionirao se na stolicu izokinetičkog dinamometra. Testiranje se izvršilo standardizovanom metodom mjerena u sjedećem položaju sa fleksijom od 110-125° u kukovima, a trup i gornji ekstremiteti su fiksirani pojasevima i trakama radi eliminacije učešća mišićnih gupa ovih regija u testiranju. Donja poluga izokinetičkog dinamometra sa "jastučetom" je fiksirana na 3 cm iznad medijalnog maleolusa. Prilikom testiranja mjerili su se mišićni parametri obe natkoljenice, prvo zdrave a zatim operisane noge. Tokom testiranja obim pokreta u koljenima iznoio je 0-90°. Prilikom testiranja je korigovana sila gravitacije. Izvršeno je koncentrično/koncentrično i ekscentrično testiranje mišića natkoljenica na dvije ugaone brzine (60°/sec i 180°/sec), čime smo stekli uvid u moment sile (peak torque) koji je mjerilo jačine mišića, moment sile izražen prema tjelesnoj masi (peak torque to body weight) kako za kvadricepse, tako i za mišiće zadnjih loža natkoljenica, kao i uvid u mišićnu snagu, izvršeni rad i odnose mišića agonista/antagonista (klasični i funkcionalni HQ indeks). Na kraju testiranja obrađeni podaci se prikazuju u vidu izvještaja štampanih na dva lista od kojih jedan predstavlja uvid u kvantitativne, a drugi u kvalitativne rezultate testa. Da bi bili sigurni da je testiranje korektno učinjeno moramo obratiti pažnju na nekoliko stvari: identifikovati mjereni zglobovi, identifikovati ugaone brzine na kojima je mjerjenje vršeno, provjeriti u kojem su numeričkom mjernom sistemu prikazani rezultati, provjeriti validnost mjerena (da li je učinjena korekcija gravitacije i da li je koeficijent varijacije u dozvoljenim granicama –za veće mišićne grupe dozvoljen je koeficijent varijacije do 15%). Vrijednosti dobijenih parametara softver dinamometra uporedio je sa parametrima zdravih ispitanika (dobijenim

multicentričnim studijama i integrisanim u sam softver). Tako smo dobili izračunate parametere: istostranu i bilateralnu razliku u vrijednostima momenta sile, momenta sile prema tjelesnoj masi, prosječnoj snazi i izvršenom radu između kvadricepsa i hamstringsa. Ovi parametri su od ključnog značaja za procjenu rezultata liječenja rupture prednjeg ukrštenog ligamenta i jedan od prediktora povratka sportskim aktivnostima (rekreativnim ili aktivnim). Na kraju testiranja iz dobijenih rezultata matematičkom formulom izračunali smo klasični i funkcionalni HQ indeks. Klasični HQ indeks je omjer antagonist (koncentrično)/agonist (koncentrično) izražen u procentima za lijevu i desnu nogu. Normativi za klasični HQ indeks za koljeno iznose od 0.6-0.7. Funkcionalni HQ indeks ili dinamički indeks predstavlja omjer antagonista (ekscentrično)/agonisti (koncentrično). Normativ za koljeni zgrob, odnosno mišiće natkoljenica je  $\geq 0.7$ .

Izokinetički aparat nam omogućava testiranje neuromuskularnih performansi mišića stabilizatora koljena, te na osnovu nađenog mišićnog disbalansa provođenje i terapijskog dijela tj. ciljani rehabilitacioni program vježbanjem na izokinetičkom sistemu. Nakon provedenog terapijskog izokinetičkog protokola, na ponovljenom testiranju (u ovom istraživanju u 6 i 9. mjesecu postoperativno) u mogućnosti smo da objektivno procijenimo efekat primijenjenog izokinetičkog treninga.

#### 4.2.2.5. Procjenu propriocepcije ispitali smo primjenom dva funkcionalna testa:

##### 4.2.2.5.1. Test stajanja na jednoj nozi i

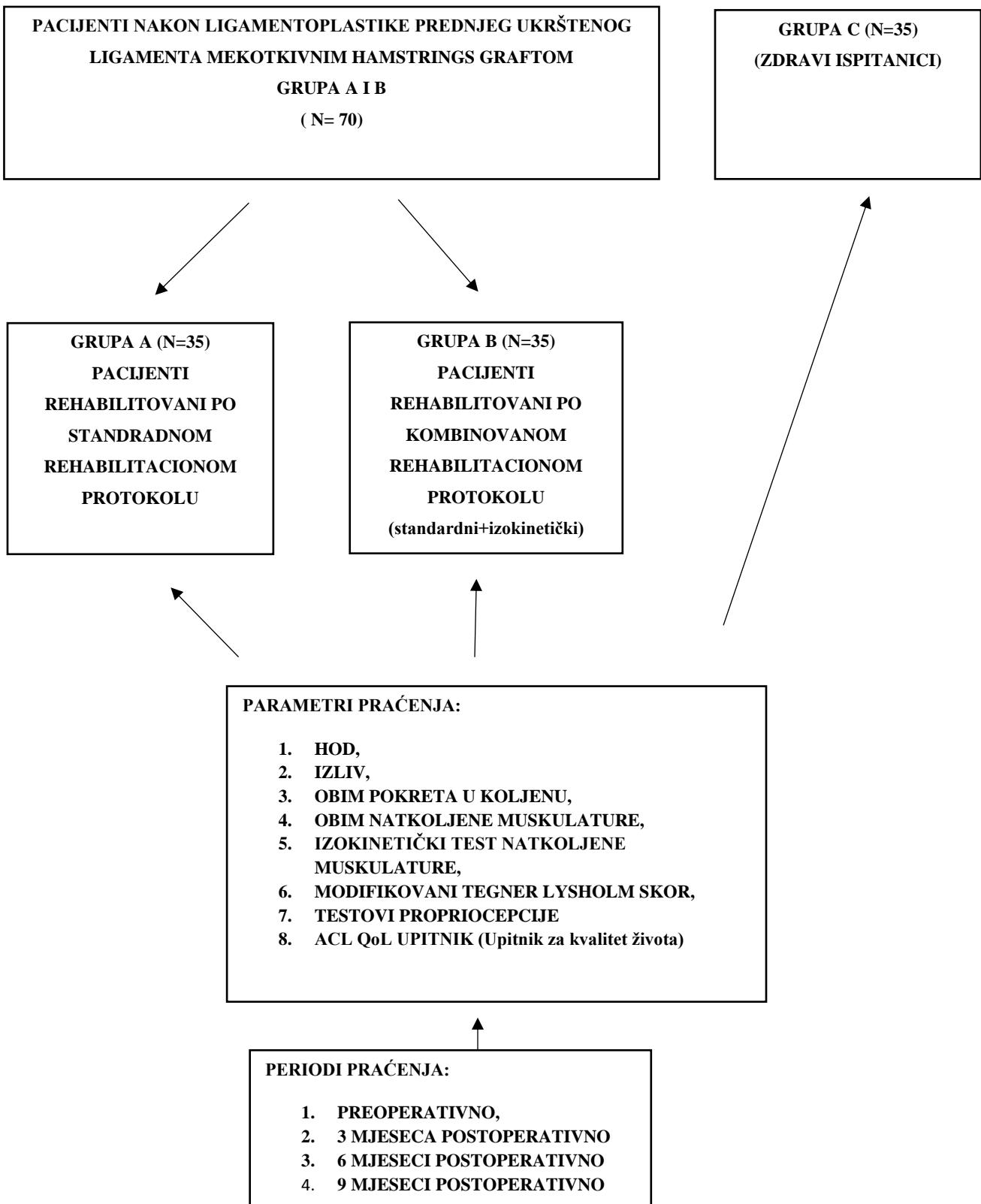
##### 4.2.2.5.2. Test skakanja na jednoj nozi.

Test stajanja na jednoj nozi izvodio se tako što je ispitanik stao u širinu kukova sa rukama prekrštenim na leđima uz oslonac jednom nogom o podlogu. Za normalan nalaz smatrali smo se da je ispitanik u mogućnosti održavati se u položaju na jednoj nozi u trajanju od 30 sekundi. Prvo smo mjerili zdravu, pa povrijeđenu nogu. Test su ispitanici izvodili prvo otvorenih, a zatim zatvorenih očiju. Test skakanja na jednoj nozi ispitanici su izvodili tako što su blago flektirali kukove, flektirali trup sa rukama prekrštenim na leđima i sa startne linije iz mjesta skakali udalj, što je više moguće uz doskok na istu nogu. U doskoku se ispitanik morao zadržati 2 sekunde da bi se test smatrao validnim. Ukoliko je ispitanik prilikom testiranja dva puta doskočio ili se pri-

doskoku desilo da su suprotna nogu ili jedna od ruku došli u kontakt s podlogom, testiranje se ponavljalo. Rezultat testiranja je mjerena distanca od startne linije do vrhova prstiju ispitanka izraženo u centimetrima. Za svaki od navedenih testova izvodila se po tri mjerenja i uzimali smo u obzir prosječnu vrijednost. Dobar funkcionalni rezultat prilikom izvođenja funkcionalnih testova podrazumjevao je restauraciju propriocepcije na operisanoj nozi u vrijednosti 85% od vrijednosti zdrave noge.

#### **4.3. STATISTIČKE METODE**

Podaci su obrađeni u statističkom programu SPSS verzija 20 (IMB). Rezultati deskritivne statistike predstavljeni su mjerama centralne tendencije (mean) i mjerama varijabilnosti (SD i SE). Statistička obrada podataka učinjena je Studentovim t-testom za nezavisne uzorke, testom analize varijacije (ANOVA) i planskom komparacijom. Naime, da bi se izbjegla pojava statističke greške tipa I, primjenjen je Bonferroni test. Kao statistička značajnost u istraživanju uzeta je vrijednost p <0,05.



Slika 17. Šematski prikaz metodologije istraživanja

## 5. REZULTATI

### 5.1. DESKRIPTIVNA STATISTIKA

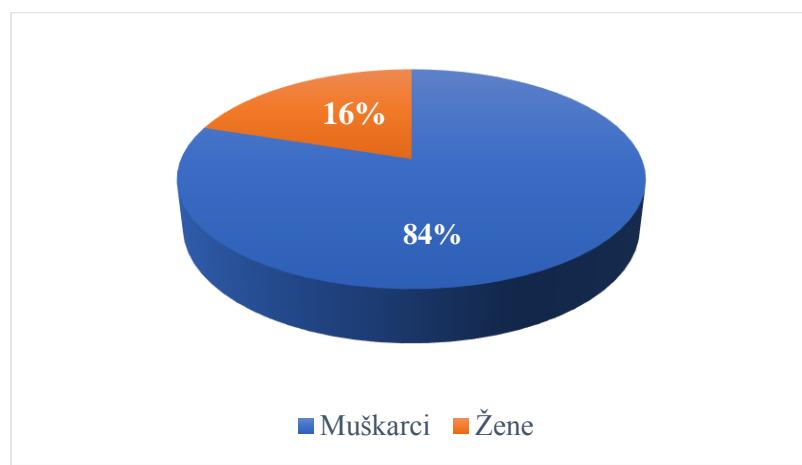
Metodama deskriptivne statistike predstavićemo kvalitativne osobine ispitivanog uzorka tj. njegove demografske karakteristike (polne i starosne) kao i mehanizam nastanka povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

#### 5.1. 1. Osobine ispitivanog uzorka prema polu

Tabela 1. Polna struktura ispitivanog uzorka

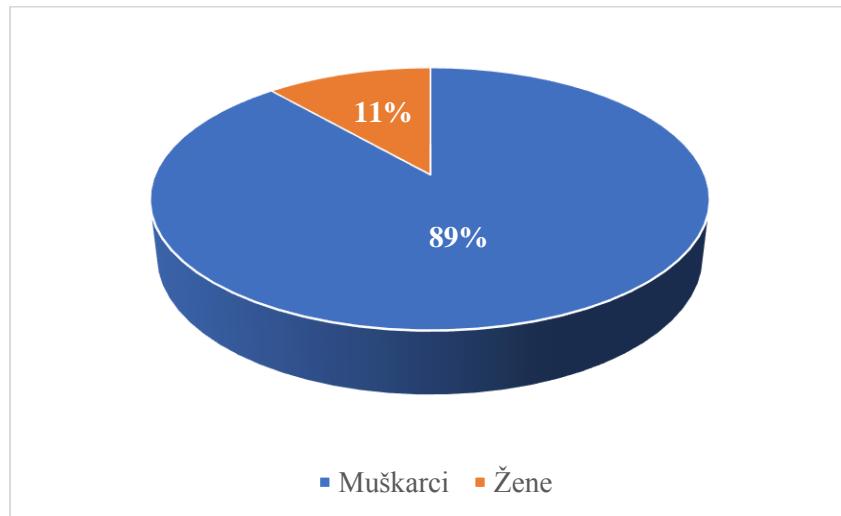
	<b>Broj ispitanika (%)</b>
<b>Muški</b>	<b>88 (84%)</b>
<b>Ženski</b>	<b>17 (16%)</b>
<b>Ukupno</b>	<b>105 (100%)</b>

Uočavamo iz Tabele 1. i Slike 18. da u ispitivanoj populaciji od ukupno 105 ispitanika dominiraju osobe muškog pola. Muškarci su u odnosu na ispitanice zastupljeniji nešto više od pet puta.

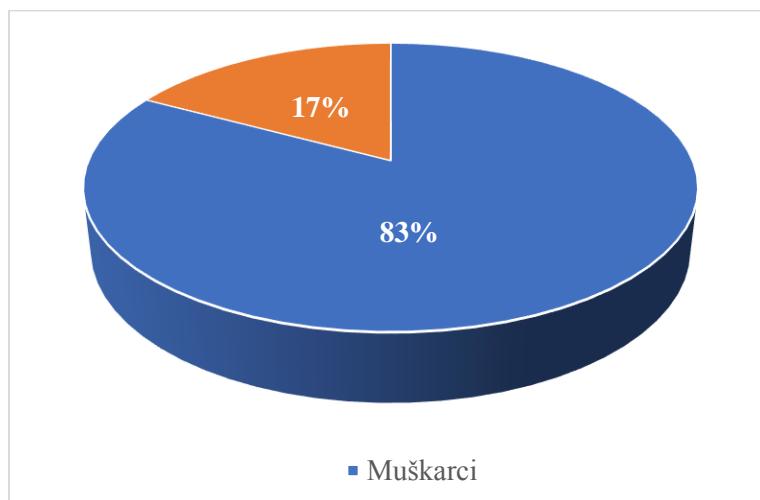


Slika 18. Distribucija ispitivanog uzorka prema polu izražena u procentima (%).

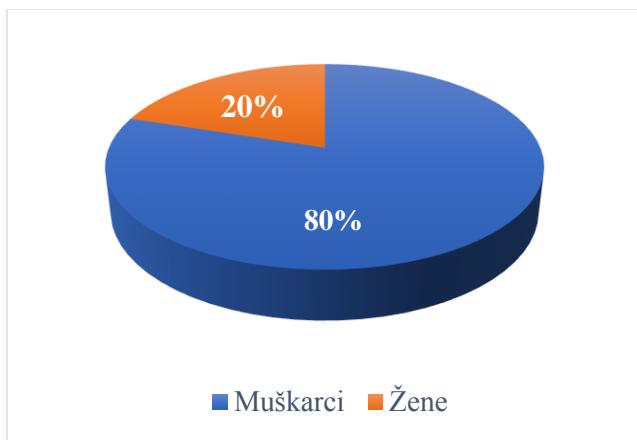
Gledajući polnu zastupljenost u ispitivanim grupama zaključujemo iz naredne tri slike (Slika 19-21.) da su ispitivane grupe homogene i da svaka od njih odslikava stanje jednako onom koji prikazuje slika praćenog parametra u ukupno posmatranoj populaciji ( $p=0.75$ ).



Slika 19. Distribucija pacijenata grupe A prema polu izražena u procentima (%).  
Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim  
protokolom.



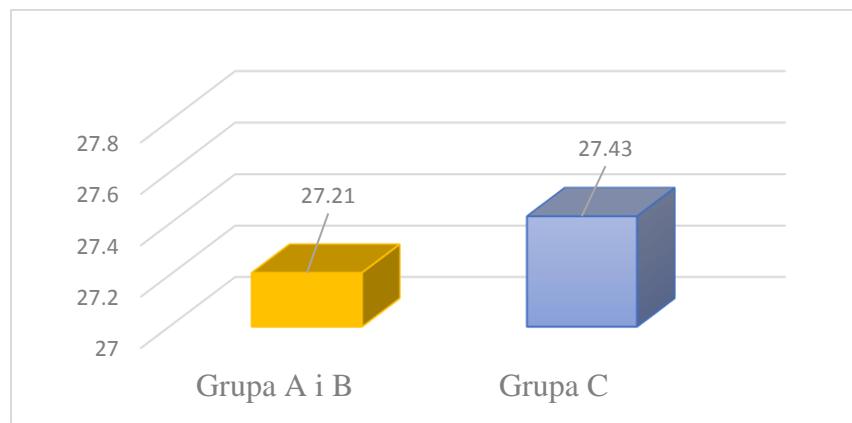
Slika 20. Distribucija pacijenata grupe B prema polu izražena u procentima (%).  
Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim  
protokolom



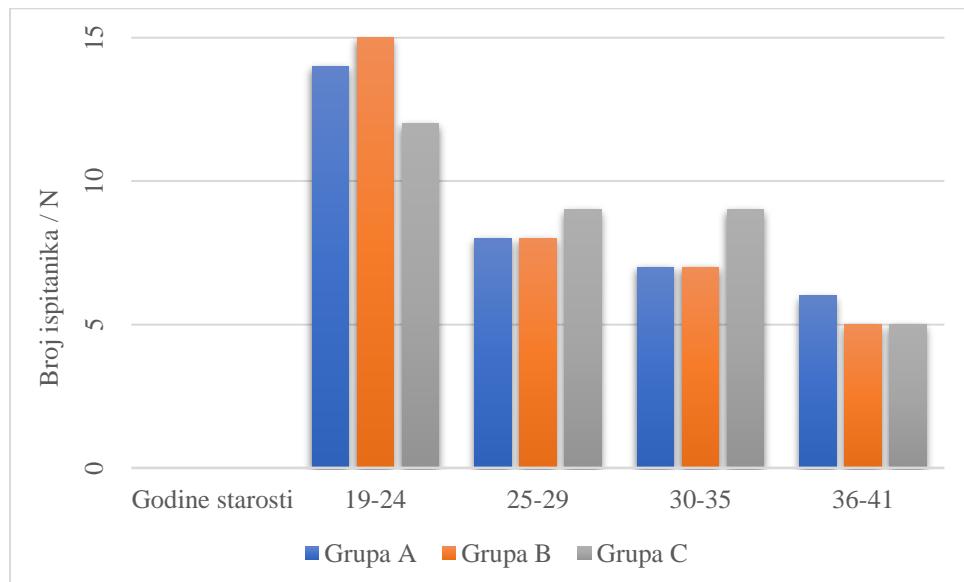
Slika 21. Distribucija ispitanika grupe C prema polu izražena u procentima (%)  
Grupa C- Zdravi ispitanici.

### 5.1.2. Osobine ispitivanog uzorka prema godinama starosti

Prosječna starost ispitanika u ispitivanoj populaciji iznosi  $27.29 \pm 5.94$  godina. Proučavajući ispitivani uzorak s aspekta pripadnosti grupama prema načinu liječenja tj. upoređujući starosnu dob operisanih ispitanika (Grupa A i Grupa B) u odnosu na kontrolnu grupu zdravih ispitanika (Grupa C) nije nađena statistički značajna razlika u ukupnom uzorku ( $p= 0.75$ ) ali ni unutar pojedinih dobnih kategorija ( $p= 0.62$ ). To se jasnije može sagledati iz Slike 22. i Slike 23.



Slika 22. Prosječne vrijednosti godina starosti ispitanika unutar grupa ( $p=0.75$ ). SE 1.45  
Grupa A i B- Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA;  
Grupa C- Zdravi ispitanici.



Slika 23. Starosna struktura ispitanika po grupama ( $p=0.62$ ).SE 1.09

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom;

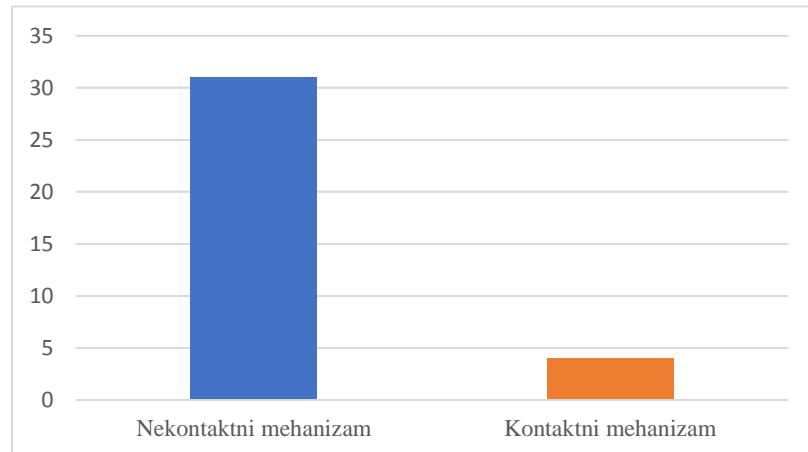
Grupa B- Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom;

Grupa C- Zdravi ispitanici.

Od ukupnog broja ispitanika koji su hirurški liječeni ligamentoplastikom prednjeg ukrštenog ligamenta graftom hamstringsa najveći je broj onih koji pripadaju starosnoj kategoriji od 25-35 godina. Takvih je u ukupnom uzorku operisanih bilo 43%. Ispitanici starosti između 19 i 24 godine slijede po učestalosti sa zastupljeničću od 41%. Najmanje su se povrijeđivali ispitanici uzrasta iznad 35 godina života (16% od ukupnog uzorka operisanih).

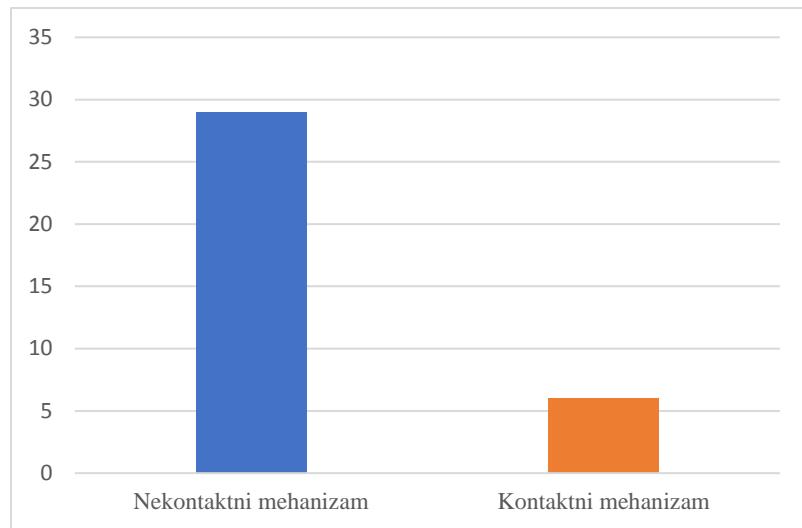
### **5.1. 3. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta**

Unutar ispitivane populacije pacijenata koji su hirurški liječeni ligamentoplastikom prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom (pacijenti iz grupe A i B) dominira nekontaktni mehanizam povrede. Ovim načinom povredu prednjeg ukrštenog ligamenta zadobilo je 85% pacijenata (Slika 24 i Slika 25).



Slika 24. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta- Grupa A  
(Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani  
standardnim protokolom)

Nije nađena statistički značajna razlika u mehanizmu povrede prednjeg ukrštenog ligamenta između ispitanika u odnosu na pripadnost grupi ( $t= 0.67$ ,  $p>0.05$ ).

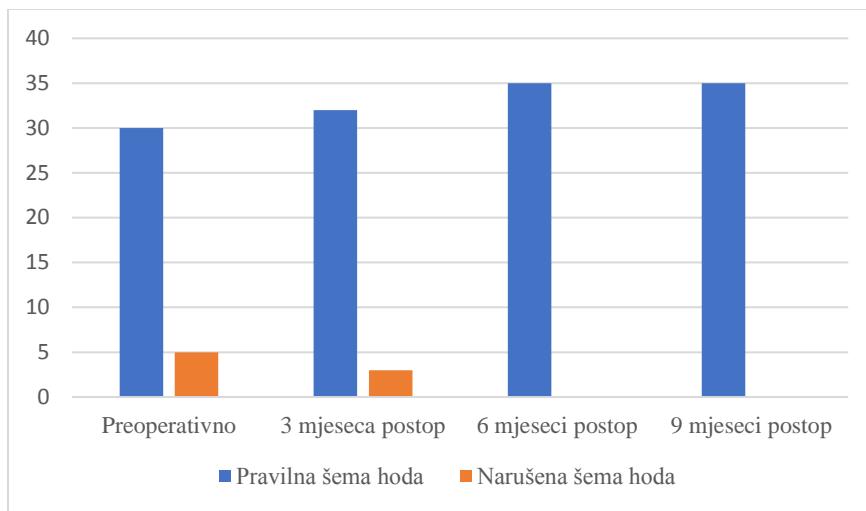


Slika 25. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta- Grupa B  
 (Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani  
 kombinovanim protokolom)

## **5.2 PROCJENA FUNKCIONALNOG ISHODA REHABILITACIJE PACIJENATA NAKON LIGAMENTOPLASTIKE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA**

### **5.2.1. Hod**

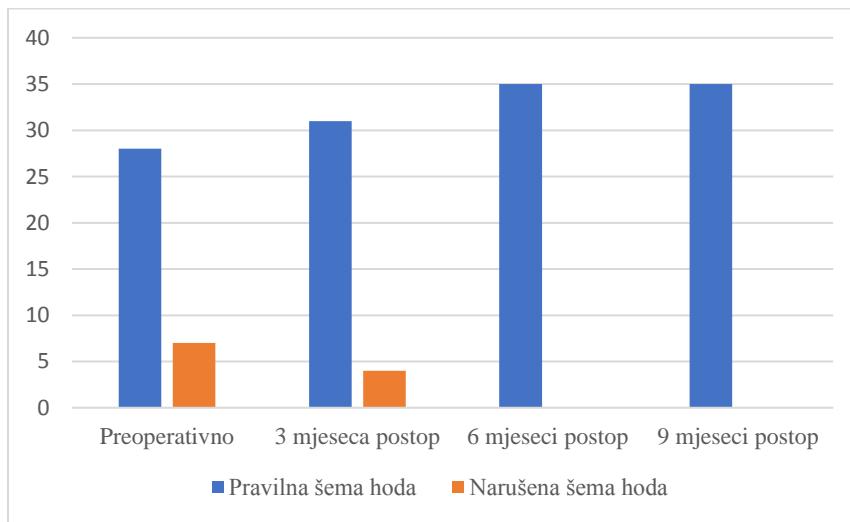
Unutar grupe A preoperativno narušenu šemu hoda imalo je 14.28% pacijenata. Nepravilnosti u hodu kod 8.57% pacijenata su se zadržale do kraja dvanaeste postoperativne nedjelje. Prilikom kliničkog pregleda 6 i 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim graftom hamstringsa pravilna šema hoda je postignuta kod svih pacijenata u ovoj grupi (Slika 26).



Slika 26. Šema hoda kod ispitanika grupe A – preoperativno, 3,6 i 9 mjeseci postoperativno.

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Narušenu šemu hoda preoperativno imalo je 20% pacijenata iz grupe B, a do trećeg postoperativnog mjeseca ista se zadržala kod njih 11.43%. Nakon ovog perioda svi pacijenti iz grupe B postigli su pravilan obrazac hoda (Slika 27).



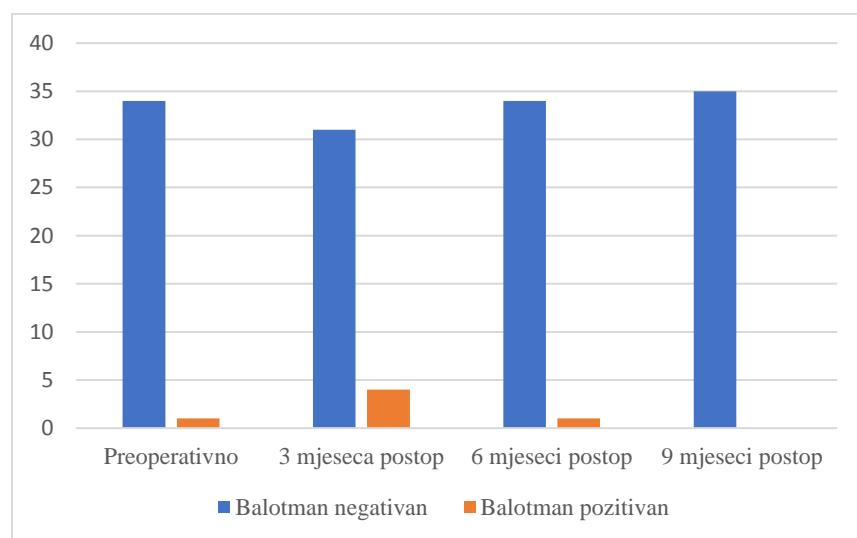
Slika 27. Šema hoda kod ispitanika grupe B – preoperativno, 3,6 i 9 mjeseci postoperativno.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Nije nađena statistički značajna razlika u šemi hoda kod ispitanika u odnosu na pripadnost grupi u navedenim periodima praćenja ( $t=0.62$ ,  $p>0.05$ ).

### 5.2.2. Balotman koljena

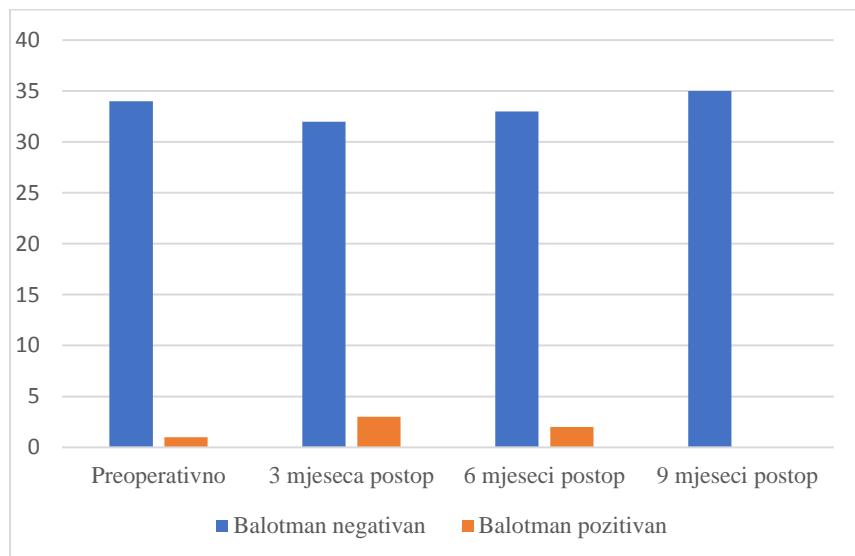
Kliničkim pregledom je prisustvo izljeva preoperativno nađeno kod jednog pacijenta (2.86 %) u grupi A. U toku prva tri mjeseca postoperativno izljev je evidentiran kod 4 (11.43 %) pacijenta iz ove grupe, a nakon 6 mjeseci kod jednog (2.86%). U devetom postoperativnom mjesecu kliničkim pregledom nije zabilježen izljev u operisanom koljenu kod pacijenata iz grupe A (Slika 28).



Slika 28. Prisustvo izljeva u koljenu kod pacijenata iz grupe A - preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci) nakon ligamentoplastike LCA.

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Kod pacijenata iz grupe B preoperativno izljev u koljenu je nađen kod jednog pacijenta (2.86%). Nakon 3 mjeseca postoperativno ovaj nalaz je nađen kod 3 (8.57%), a nakon pola godine nakon operacije kod 2 pacijenta (5.71%). Prilikom kliničkog pregleda učinjenog 9 mjeseci postoperativno nije bilo pacijenata sa pozitivnim balotmanom (Slika 29).



Slika 29. Prisustvo izljeva u koljenu kod pacijenata iz grupe B - preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci) nakon ligamentoplastike LCA.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Nije nađena statistički značajna razlika u prisustvu izljeva u operisanom koljenu kod pacijenata iz ispitivanih grupa u navedenim periodima praćenja ( $t=0.69$ ,  $p>0.05$ ).

### 5.2.3. Stabilnost koljena

Svi pacijenti koji su imali rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta koljena imali su na pregledu pozitivan Lahman test (100%). Nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta hamstrings graftom Lahman test je kod svih pacijenta bio negativan bez obzira na pripadnost grupi (Tabela 2).

Tabela 2. Broj ispitanika sa pozitivnim Lahman testom preoperativno i postoperativno u grupama A i B

	<b>Preoperativno (%)</b>	<b>3 mjeseca postop (%)</b>	<b>6 mjeseci postop (%)</b>	<b>9 mjeseci postop (%)</b>
<b>Grupa A</b>	35 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>Grupa B</b>	35 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

\* $p >0.05$ .

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Pozitivan Pivot šift test preoperativno je imalo 88.57% pacijenata u grupi A i 85.71% pacijenata iz grupe B. U šestom postoperativnom mjesecu ovaj test je bio pozitivan kod istog broja ispitanika (2.86%) iz obe ispitivane grupe pacijenata (Tabela 3).

Tabela 3. Broj ispitanika sa pozitivnim Pivot šift testom preoperativno i postoperativno u grupama A i B

	<b>Preoperativno (%)</b>	<b>3 mjeseca postop (%)</b>	<b>6 mjeseci postop (%)</b>	<b>9 mjeseci postop (%)</b>
<b>Grupa A</b>	31 (88.57%)	0 (0%)	1 (2.86%)	0 (0%)
<b>Grupa B</b>	30 (85.71%)	0 (0%)	1 (2.86%)	0 (0%)

\* $p >0.05$ .

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

#### 5.2.4. Obim pokreta u koljenu

Mali procenat pacijenta iz grupe A preoperativno nije postigao pun obim pokreta u povrijedjenom koljenu (8.57%). Prije operacije deficit od 10 stepeni pokreta u sagitalnoj ravni nađeno je kod 2 pacijenta iz ovog uzorka. U trećem mjesecu postoperativno deficit pokretljivosti u koljenu nađen je kod 14.28% pacijenta ove grupe ispitanika. U šestom i devetom postoperativnom mjesecu kod svih pacijenata iz grupe A u potpunosti je restaurirana pokretljivost u operisanom koljenu (Tabela 4).

Tabela 4. Obim pokreta u koljenu preoperativno i postoperativno kod pacijenata u grupi A

	<b>Preoperativno (%)</b>	<b>3 mjeseca postop (%)</b>	<b>6 mjeseci postop (%)</b>	<b>9 mjeseci postop (%)</b>
<b>Pun ROM</b>	32 (91.42%)	29 (82.86%)	35 (100%)	35 (100%)
<b>Deficit ROM-a od -5 °</b>	1 (2.86%)	3 (8.57%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>Deficit ROM-a od -10 °</b>	2 (5.71%)	3 (8.57%)	0 (0%)	0 (0%)

\* $p >0.05$ .

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Kod ispitanika u grupi B jedan pacijent (2.86%) preoperativno nije imao fiziološku pokretljivost u povrijedjenom koljenu. U trećem mjesecu postoperativno deficit pokretljivosti u koljenu zabilježen je kod 11.43% pacijenata iz ove grupe. Nakon 6 i 9 mjeseci od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom nađen je kod svih pacijenata grupe B pun obim pokreta u operisanom koljenu (Tabela 5).

Tabela 5. Obim pokreta u koljenu preoperativno i postoperativno kod pacijenata u grupi B

	<b>Preoperativno (%)</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Pun ROM</b>	33 (94.29%)	32 (91.42%)	35 (100%)	35 (100%)
<b>Deficit ROM-a od -5 °</b>	1 (2.86%)	1 (2.86%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>Deficit ROM-a od -10 °</b>	1 (2.86%)	2 (5.71%)	0 (0%)	0 (0%)

\* $p >0.05$ .

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Kod pacijenata iz grupe A i B preoperativno nije nađena statistički značajna razlika u deficitu pokretljivosti u povrijeđenom koljenu ( $t=0.84$ ,  $p>0.05$ ).

Nije nađena statistički značajna razlika u obimu pokretljivosti u operisanom koljenu kod pacijenata iz ispitivanih grupa 3 mjeseca postoperativno ( $t=1.06$ ,  $p>0.05$ ).

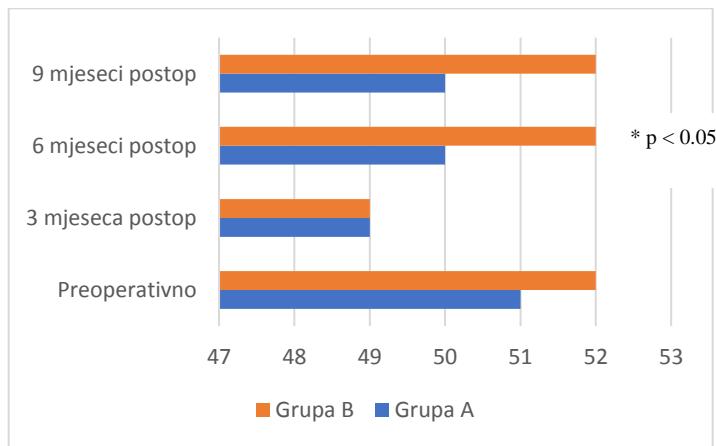
Takođe nije nađena statistički značajna razlika između nivoa preoperativne pokretljivosti u koljenu u odnosu na obim pokreta izmјeren u trećem mjesecu postoperativno kod pacijenata u grupi A ( $t=0.80$ ,  $p>0.05$ ) i pacijenata u grupi B ( $t=1.02$ ,  $p>0.05$ ).

### 5.2.5. Obim natkoljene muskulature

#### 5.2.5.1. Obim natkoljene muskulature na 10 cm iznad gornje ivice patele

Preoperativno nije nađena statistički značajna razlika u obimu natkoljene muskulature koji je mjerен na 10 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata iz grupe A i B ( $t=1.63$ ,  $p>0.05$ ) (Slika 30).

Obim natkoljene muskulature nije bio statistički značajan između pacijenata iz grupe A i B ni nakon 3 mjeseca od operacije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena ( $t=0.00$ ,  $p>0.05$ ) (Slika 30).



Slika 29. Prosječne vrijednosti obima natkoljenice mjereno na 10 cm

iznad gornje ivice patele kod pacijenata grupe A i grupe B

preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci)

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Nakon 6 mjeseci od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena hamstrings graftom obim natkoljenice na 10 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata iz grupe B je bio statistički značajno bolji u odnosu na pacijente iz grupe A ( $t=3.44$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 30).

Kod pacijenata iz grupe B u devetom postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena hamstring graftom takođe je nađen statistički značajno bolji obim natkoljenica u odnosu na isti kod pacijenata grupe A ( $t=3.44$ ,  $p<0.05$ ) iako se vrijednosti nisu mjenjale u odnosu na iste izmjerene u 6. postoperativnom mjesecu (Slika 30).

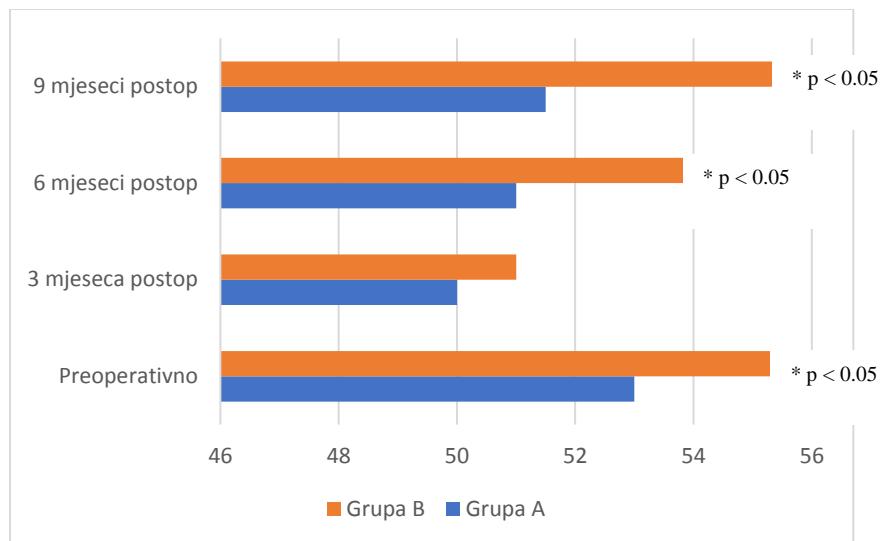
#### **5.2.5.2.Obim natkoljene muskulature na 15 cm iznad gornje ivice patele**

Obim natkoljenice mjeran preoperativno 15 cm iznad gornje ivice patele statistički je značajno veći kod pacijenata iz grupe B u odnosu na pacijente iz grupe A ( $t=3.52$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 31)

U trećem postoperativnom mjesecu nije nađena statistički značajna razlika u vrijednostima obima natkoljenice mjerena na 15 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata iz ispitivanih grupa ( $t=1.57$ ,  $p>0.05$ ) (Slika 31).

Nakon 6 mjeseci od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena hamstrings graftom obim natkoljenice na 15 cm iznad gornje ivice patele je statistički značajno bolji kod pacijenata iz grupe B u odnosu na pacijente iz grupe A ( $t=5.38$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 31).

Ova statistički značajna razlika u obimu natkoljenice izmjerena je i u 9. mjesecu postoperativno u korist pacijenata iz grupe B ( $t=5.72$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 31).



Slika 31. Prosječne vrijednosti obima natkoljenice mjereno na 15 cm iznad gornje ivice patele

kod pacijenata grupe A i grupe B preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci)

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

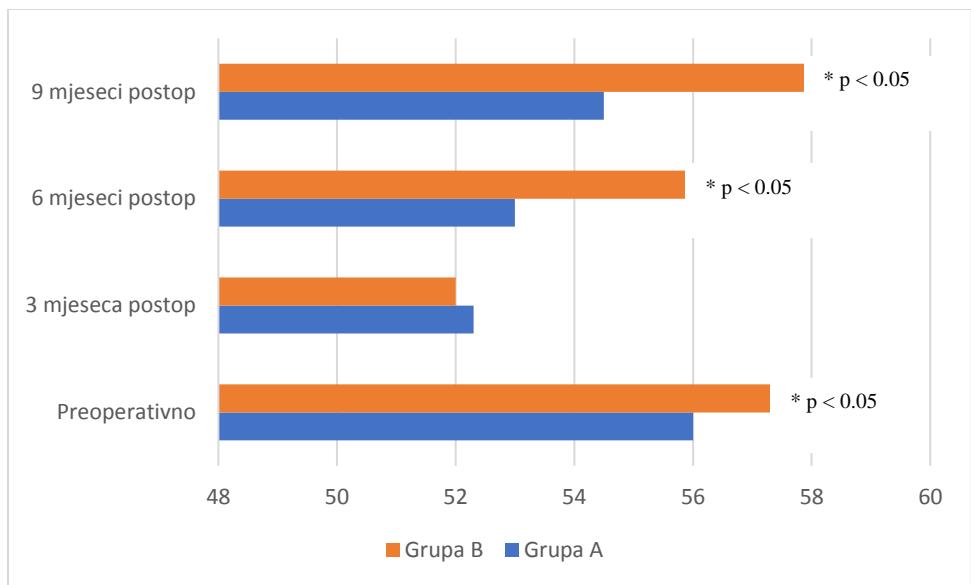
Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

### 5.2.5.3. Obim natkoljene muskulature na 20 cm iznad gornje ivice patele

Statistički značajno veći obim natkoljenica na 20 cm iznad gornje ivice patele izmјeren je preoperativno kod pacijenata iz grupe B ( $t=1.95$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 32).

U trećem mjesecu postoperativno nije zabilježena statistički značajna razlika u obimu natkoljenica na 20 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata iz ispitivanih grupa ( $t=0.54$ ,  $p>0.05$ ) (Slika 32).

Nakon 6 mjeseci od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta hamstrings graftom razlika u obimu natkoljenica je bila statistički značajno bolja kod pacijenata iz grupe B u odnosu na pacijente iz grupe A ( $t=4.44$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 32).



Slika 32. Prosječne vrijednosti obima natkoljenice mjereno na 20 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata grupe A i grupe B preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci)  
Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.  
Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Statistički značajno bolje vrijednosti obima natkoljenice na 20 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata u grupi B zabilježen je u devetom postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena ( $t=4.04$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 32).

### 5.2.6. Rezultati izokinetičkog testiranja

#### 5.2.6.1. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini $60^\circ/\text{sec}$

Preoperativno su se pacijenti iz grupe A i B statistički značajno razlikovali u vrijednostima obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini  $60^\circ/\text{sec}$  ( $t=3.80$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 6 i 7).

U trećem mjesecu postoperativno nije izmjerena statistički značajna razlika u vrijednostima obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini  $60^\circ/\text{sec}$  ( $t=0.77$ ,  $p>0.05$ ) (Tabela 6 i 7).

Tabela 6. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za kvadricepse mjereno na 60°/sec kod ispitanika grupe A

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	312.5/3.47	299.5/2.87	300.4/3.63	307.2/3.83
<b>Povrijedena noga (Mean/SD)</b>	236.2/9.01	218.2/3.00	240.5/6.7	256.7/8.2
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	<b>*24.42/6.20</b>	27.15/4.36	<b>*19.94/6.98</b>	<b>*16.44/7.93</b>

\*  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

U šestom mjesecu nakon ligamentoplastike izmjerene su statistički značajno veće vrijednosti praćenog parametra kod pacijenata uz grupe B ( $t=7.19$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 6 i 7).

U posljednjem praćenom periodu, 9 mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta hamstrings graftom, obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu bio je statistički značajno bolji kod pacijenata u grupi B ( $t=4.82$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 6 i 7).

Tabela 7. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za kvadricepse mjereno na 60°/sec kod ispitanika grupe B

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	317.6/1.09	300.3/3.11	310.7/3.56	317.4/4.35
<b>Povrijedena noga (Mean/SD)</b>	245.2/2.56	222.4/2.93	268.5/7.69	286.4/8.03
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	22.80/1.82	25.94/3.02	<b>*13.58/7.40</b>	<b>*9.77/6.19</b>

\*  $p<0.05$

Grupa B- Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

### 5.2.6.2. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za hamstringse na ugaonoj brzini 60°/sec

Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za mišiće zadnje lože natkoljenica nije se statistički značajno razlikovao kod pacijenata u ispitivanim grupama preoperativno ( $t=0.19$ ,  $p>0.05$ ), u

trećem mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta ( $t=0.16$ ,  $p>0.05$ ) i u devetom mjesecu postoperativno ( $t=0.71$ ,  $p>0.05$ ) (Tabela 8 i Tabela 9).

Tabela 8. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za hamstringe mjereno na  $60^\circ/\text{sec}$  kod ispitanika grupe A

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	170.2/1.04	156.7/1.23	165.4/4.41	168.6/1.56
<b>Povrijeđena noga (Mean/SD)</b>	161.4/3.65	135.3/2.01	142.5/8.32	160.4/3.01
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	5.17/2.35	13.66/1.62	<b>*13.85/6.37</b>	4.87/2.29

\*  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Statistička značajnost u vrijednostima obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu za mišiće hamstrings nađeno je u 6. postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena ( $t=2.92$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 8 i Tabela 9).

Tabela 9. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu za hamstringe mjereno na  $60^\circ/\text{sec}$  kod ispitanika grupe B

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	172.1/1.76	155.3/2.11	168.5/6.23	170.3/1.34
<b>Povrijeđena noga (Mean/SD)</b>	164/1.29	136.2/1.98	167.7/5.87	168.6/3.21
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	4.71/ 1.53	12.3/ 2.01	<b>*0.04/ 6.05</b>	1.00/ 2.26

\*  $p<0.05$

Grupa B- Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

### **5.2.6.3.Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini $180^\circ/\text{sec}$**

Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu kvadricepsa pri ugaonoj brzini od  $180^\circ/\text{sec}$  statistički su se značajno razlikovale između pacijenata iz ispitivanih

grupa u 6. i 9. mjesecu ( $t=2.08$ ,  $t=3.93$ ,  $p<0.05$ ) nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom.

Tabela 10. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za kvadricepse mjereno na 180°/sec kod ispitanika grupe A

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	237.1/2.26	212.1/1.96	221.5/7.34	229.3/7.28
<b>Povrijeđena noga (Mean/SD)</b>	216.6/1.85	208.2/1.43	211.5/6.87	216.4/5.02
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	8.65/2.01	1.84/1.67	<b>*4.52/7.11</b>	<b>*5.63/6.15</b>

\*  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Iste bile su značajno bolje kod ispitanika iz grupe B (Tabela 10 i 11).

Tabela 11. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za kvadricepse mjereno na 180°/sec kod ispitanika grupe B

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	241.2/1.07	214.3/1.73	231.6/6.79	235.1/7.28
<b>Povrijeđena noga (Mean/SD)</b>	219.1/3.28	209.4/2.04	223.7/6.23	232.4/6.92
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	9.16/2.18	2.29/ 1.89	<b>*3.45/ 6.51</b>	<b>*1.15/7.1</b>

\*  $p<0.05$

Grupa B- Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom

#### 5. 2.6.4. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za hamstringe na ugaonoj brzini 180°/sec

Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu hamstringsa mjereno na ugaonoj brzini 180°/sec nisu se statistički značajno razlikovale preoperativno, tri i devet mjeseci postoperativno nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta ( $t=0.57$ ,  $t=0.15$ ,  $t=0.01$ ;  $p>0.05$ ) (Tabela 12 i 13).

Tabela 12. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za hamstringe mjereno na 180°/sec kod ispitanika grupe A

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	127.8/1.83	125.2/1.38	146.4/1.81	170.5/1.02
<b>Povrijeđena noga (Mean/SD)</b>	115.6/2.36	109.8/2.33	136.3/1.25	169.1/2.35
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	9.55/2.01	12.30/ 1.86	6.90/1.53	0.82/ 2.2

\*  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Statistički značajna razlika u vrijednostima mjenenog parametra kod pacijenata iz grupe A i B nađena je u šestom postoperativnom mjesecu nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom ( $t=1.57$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 12 i 13).

Tabela 13. Prosječne vrijednosti obrtnog momenta sile u odnosu na tjelesnu težinu (Nm) za hamstringe mjereno na 180°/sec kod ispitanika grupe B

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Zdrava noga (Mean/SD)</b>	125.7/2.65	112.7/2.01	158.3/5.48	169.9/1.95
<b>Povrijeđena noga (Mean/SD)</b>	112.6/1.30	110.5/1.27	156.1/6.32	169.3/1.92
<b>Deficit (Mean/SD)</b>	10.42/ 1.96	1.95/1.64	*1.39/ 5.9	0.35/1.94

\*  $p<0.05$

Grupa B- Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

#### 5.2.6.5. Deficit ekscentrike mišića zadnje lože natkoljenice

Statistički značajne razlike u prosječnim vrijednostima deficit ekscentrike mišića zadnje lože natkoljenica izmjerene su u šestom i devetom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta ( $t=6.20$ ,  $t=7.10$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 14).

Tabela 14. Prosječne vrijednosti deficit ekscentrike mišića zadnje lože natkoljenica kod pacijenata iz grupe A i grupe B - preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci) nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Grupa A (Mean/SD)</b>	27.85/2.04	35.62/3.15	26.43/6.78	25.3/5.98
<b>Grupa B (Mean/SD)</b>	26.73/1.98	36.02/3.34	17.81/ 7.25	15.03/7.05
<b>t-vrijednost</b>	t=1.01	t=0.43	t=6.20	t=7.10
<b>p-vrijednost</b>	p>0.05	p>0.05	<b>*p&lt;0.05</b>	<b>*p&lt;0.05</b>
<b>* p&lt;0.05</b>				

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Prosječne vrijednosti ekscentrike mišića hamstring grupe bile su statistički značajno bolje kod pacijenata iz grupe B u šestom i devetom postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta ( $t=6.20$ ,  $t=7.10$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 14).

#### 5.2.6.6. Klasični omjer agonista/antagonista (H/Q ratio)

Statistički značajna razlika u prosječnim vrijednostima klasičnog omjera agonista/antagonista kod pacijenta iz tri poređene grupe nije izmjerena preoperativno kao ni u trećem mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta (Tabela 15 i Tabela 16).

Tabela 15. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) klasičnog omjera agonista/antagonista preoperativno kod pacijenata iz grupe A, B i C

	<b>N (%)</b>	<b><math>\Sigma^2</math></b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	2415	68	17.31
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	2380	67	16.75
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	2345	69	17.12
<b>Total</b>	105 (100%)	7140	68	16.92

**\*f=0.12, p=0.89, p>0.05**

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

Tabela 16. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) klasičnog omjera agonista/antagonista 3 mjeseca nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe A, B i C

	N (%)	$\Sigma^2$	Mean	SD
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	2205	63	16.03
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	2135	61	14.71
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	2145	69	17.31
<b>Total</b>	105 (100%)	6755	64.33	16.26

\* $f=2.35$ ,  $p=1.0$ ,  $p>0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

U šestom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta pacijenti iz grupe A i B statistički su se značajno razlikovali u prosječnim vrijednostima klasičnog H/Q omjera u odnosu na zdrave ispitanike i to u korist pacijenata iz grupe A ( $f=3.84$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 17).

Tabela 17. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) klasičnog omjera agonista/antagonista 6 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe A, B i C

	N (%)	$\Sigma^2$	Mean	SD
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	2065	59	13.59
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	2170	62	15.35
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	2415	69	17.31
<b>Total</b>	105 (100%)	6650	63.33	15.91

\* $f=3.48$ ,  $p=0.25$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

U devetom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta pacijenti iz grupe A i B statistički su se značajno razlikovali u prosječnim vrijednostima klasičnog H/Q omjera u odnosu na zdrave ispitanike i to u korist pacijenata iz grupe A ( $f=4.68$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 18).

Tabela 18. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) klasičnog omjera agonista/antagonista 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe A, B i C

	<b>N (%)</b>	<b><math>\Sigma^2</math></b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	2170	62	15.35
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	2030	58	12.66
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	2415	69	17.31
<b>Total</b>	105 (100%)	6615	63	15.76

\* $f=4.68$ ,  $p=0.01$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

Radi potvrde ovih rezultata, a da bi izbjegli statističku grešku tipa I, nađene vrijednosti smo testirali planiranom komparacijom uz upotrebu Bonferroni testa. Dobijena je vrijednost Bonferroni faktora korekcije od 0.29 što potvrđuje gore prikazane rezultate ANOVA testa.

#### 5.2.6.7. Funkcionalni HQ omjer agonista/antagonista

Prosječne vrijednosti funkcionalnog omjera agonista/antagonista između tri grupe ispitanika preoperativno su se statistički značajno razlikovale (Tabela 19).

Tabela 19. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) funkcionalnog omjera agonista/antagonista preoperativno kod pacijenata iz grupe A, B i C

	<b>N (%)</b>	<b><math>\Sigma^2</math></b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	17.85	0.51	0.15
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	18.55	0.53	0.13
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	23.80	0.68	0.12
<b>Total</b>	105 (100%)	60.20	0.57	0.15

\* $f=16.88$ ,  $p=0.001$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici

Ispitanici unutar ispitivanih grupa u odnosu na praćeni parametar su se statistički značajno razlikovale u 3. postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta ( $f=9.70$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 20).

Tabela 20. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) funkcionalnog omjera agonista/antagonista 3 mjeseca preoperativno kod pacijenata iz grupe A, B i C

	N (%)	$\Sigma^2$	Mean	SD
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	19.60	0.56	0.13
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	19.25	0.55	0.15
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	23.80	0.68	0.12
<b>Total</b>	105 (100%)	62.65	0.6	0.15

\* $f=9.70$ ,  $p=0.001$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici

U šestom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta pacijenti iz grupe A i B statistički su se značajno razlikovali u prosječnim vrijednostima funkcionalnog H/Q omjera u odnosu na zdrave ispitanike i to u korist pacijenata iz grupe A ( $f=3.28$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 21).

Tabela 21. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) funkcionalnog omjera agonista/antagonista 6 mjeseci postoperativno kod pacijenata iz grupe A, B i C

	N (%)	$\Sigma^2$	Mean	SD
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	20.65	0.59	0.17
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	22.05	0.63	0.15
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	23.80	0.68	0.17
<b>Total</b>	105 (100%)	66.50	0.63	0.15

\* $f=3.28$ ,  $p=0.41$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici

U devetom mjesecu nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom pacijenti iz grupe B imali su statistički značajno poboljšanje u funkcionalnom omjeru agonista/antagonista u odnosu na ispitanike iz grupe A ( $f=3.94$ ,  $p<0.05$ ) (Tabela 22).

Tabela 22. Prosječne vrijednosti i analiza varijance (ANOVA) funkcionalnog omjera agonista/antagonista 9 mjeseci postoperativno kod pacijenata iz grupe A, B i C

	<b>N (%)</b>	<b><math>\Sigma^2</math></b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	20.83	0.60	0.16
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	23.45	0.67	0.13
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	23.80	0.68	0.12
<b>Total</b>	105 (100%)	68.08	0.65	0.14

\* $f=3.94$ ,  $p=0.22$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici

#### 5.2.7. Funkcionalni skor (modifikovani Tegner Lyschholm skor)

Poredeći prosječne vrijednosti modifikovanog Tegner Lysholm skora između pacijenata grupe A i grupe B nađena je statistički značajna razlika kako preoperativno, tako i u svim postoperativnim periodima praćenja (Tabela 23).

Tabela 23. Prosječne vrijednosti modifikovanog Tegner Lysholm skora kod pacijenata grupe A i grupe B preoperativno i postoperativno (3,6 i 9 mjeseci)

	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Grupa A (Mean/SD)</b>	72.00/6.68	68.00/6.01	83.00/7.21	91.00/6.25
<b>Grupa B (Mean/SD)</b>	76.00/6.23	73.00/5.93	95.00/8.02	100.00/6.98
<b>t-vrijednost</b>	t=2.85	t=1.88	t=8.76	t=5.21
<b>p-vrijednost</b>	<b>* p&lt;0.05</b>	<b>* p&lt;0.05</b>	<b>* p&lt;0.05</b>	<b>* p&lt;0.05</b>

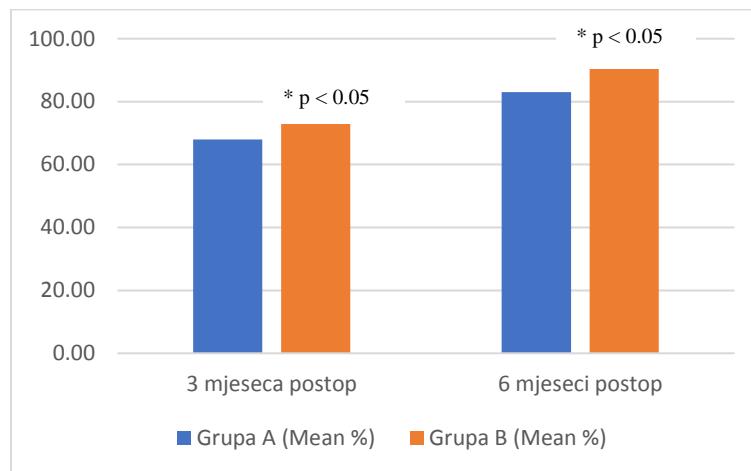
\*  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

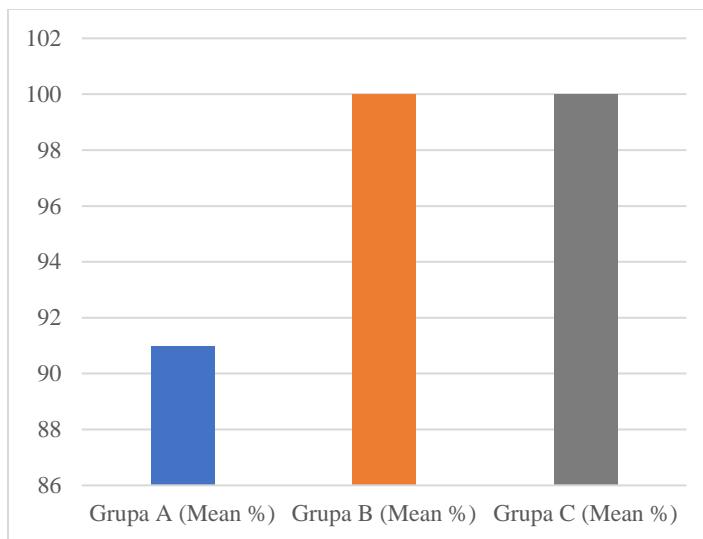
Poredeći prosječne vrijednosti praćenog skora unutar svake grupe nađena je statistički značajna razlika u istim između 3. i 6. mjeseca nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata u grupi A ( $t=6.00$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 33).

Statistički značajna razlika u istom vremenskom intervalu nađena je i kod pacijenata u grupi B ( $t=13.47$ ,  $p<0.05$ ) (Slika 33).



Slika 33. Razlike u prosječnim vrijednostima modifikovanog Tegner Lysholm skora 3 i 6 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta  
Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.  
Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Iz Slike 34 vidljivo je da su pacijenti iz grupe B devet mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta postigli jednak rezultat modifikovanog Tegner Lysholm skora kao i zdravi ispitanici.



Slika 34. Razlike u prosječnim vrijednostima modifikovanog Tegner Lysholm skora u 9.

mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

### 5.2.8. 5.2.8. Testovi propriocepcije

#### 5.2.8.1. Test stajanja na jednoj nozi

Nađena je preoperativno statistički značajna razlika u prosječnim vrijednostima testa stajanja na jednoj nozi u ispitivanom uzorku (Tabela 24).

Tabela 24. Prosječne preoperativne vrijednosti testa stajanja na jednoj nozi (sec) i analize varijacije (ANOVA) kod pacijenata grupe A, B i C

	N (%)	$\Sigma^2$	Mean	SD
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	430.50	12.30	0.89
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	444.50	12.70	0.91
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	1025.50	29.30	5.32
<b>Total</b>	105 (100%)	1900.50	18.1	8.55

\* $f=329.67$ ,  $p=0.01$ ,  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici

U svim postoperativnim periodima praćenja pacijenti iz grupe A i B su se statistički značajno razlikovali u prosječnim vrijednostima testa stajanja na jednoj nozi (Tabela 25).

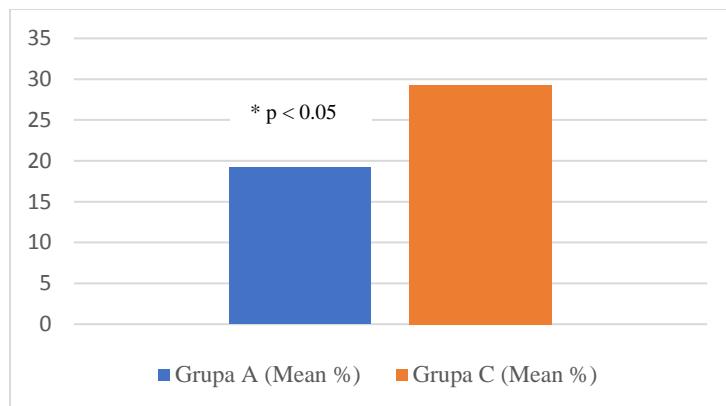
Tabela 25. Prosječne postoperativne vrijednosti testa stajanja na jednoj nozi (cm) kod pacijenata grupe A i B  
(3, 6 i 9 mjeseci postoperativno)

	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Grupa A (Mean/SD)</b>	12.60/6.28	13.70/7.42	19.2/8.46
<b>Grupa B (Mean/SD)</b>	13.40/7.35	17.01/9.20	28.3/6.67
<b>t-vrijednost</b>	t=2.53	t=7.28	t=5.06
<b>p-vrijednost</b>	<b>* p&lt;0.05</b>	<b>* p&lt;0.05</b>	<b>* p&lt;0.05</b>
<b>* p&lt;0.05</b>			

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

U devetom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta nađena je statistički značajna razlika u prosječnim vrijednostima testa stajanja na jednoj nozi kod pacijenata iz grupe A u odnosu na zdrave ispitanike (Slika 35).

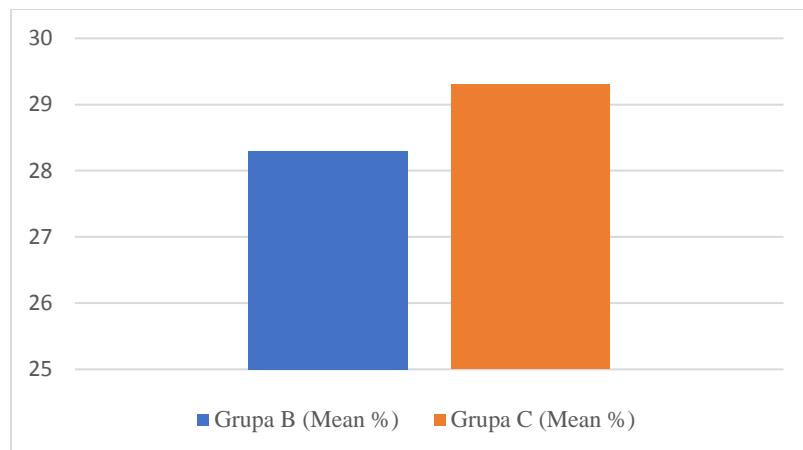


Slika 35. Prosječne vrijednosti testa stajanja na jednoj nozi 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe A i grupe C ( $t=9.7, p<0.05$ )

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

Nije nađena statistički značajna razlika u prosječnim vrijednostima testa stajanja na jednoj nozi kod pacijenata iz grupe B u odnosu na zdrave ispitanike devet mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom (Slika 36).



Slika 36. Prosječne vrijednosti testa stajanja na jednoj nozi 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe B i grupe C ( $t=0.73, p>0.05$ )  
 Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.  
 Grupa C – Zdravi ispitanici.

#### 5.2.8.2. Test skakanja na jednoj nozi

Nađena je statistički značajna razlika u preoperativnim prosječnim vrijednostima skoka na jednoj nozi kod ispitanika iz grupa A, B i C (Tabela 26).

Tabela 26. Prosječne preoperativne vrijednosti testa skakanja na jednoj nozi (cm) i analize varijacije (ANOVA) kod pacijenata grupe A, B i C

	N (%)	$\Sigma^2$	Mean	SD
<b>Grupa A</b>	35 (33.33%)	3395	97	4.29
<b>Grupa B</b>	35 (33.33%)	3500	100	4.94
<b>Grupa C</b>	35 (33.33%)	3955	113	10.59
<b>Total</b>	105 (100%)	10850	103.33	9.97

\* $f=48.94, p=0.01, p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici

Kod pacijenata grupa A i B nađena je statistički značajna razlika u prosječnim vrijednostima skoka na jednoj nozi u svim postoperativnim periodima nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta izuzev u trećem postoperativnom mjesecu (Tabela 27).

Tabela 27. Prosječne postoperativne vrijednosti testa skakanja na jednoj nozi (cm) kod pacijenata grupe A i B (3, 6 i 9 mjeseci postoperativno)

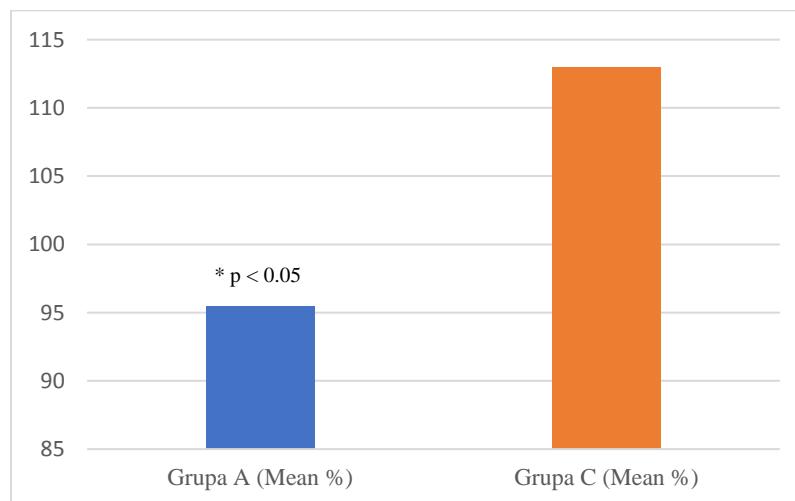
	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Grupa A (Mean/SD)</b>	93/1.89	95.5/4.56	100/6.36
<b>Grupa B (Mean/SD)</b>	96/2.23	99.7/7.01	112.6/6.67
<b>t-vrijednost</b>	t=1.33	t=6.51	t=4.98
<b>p-vrijednost</b>	p>0.5	* p<0.05	* p<0.05

\*  $p<0.05$

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Poredeći prosječne vrijednosti skoka na jednoj nozi kod pacijenata iz grupe A u odnosu na zdrave ispitanike nađena je statistički značajna razlika u praćenom parametru u devetom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta (Slika 21).

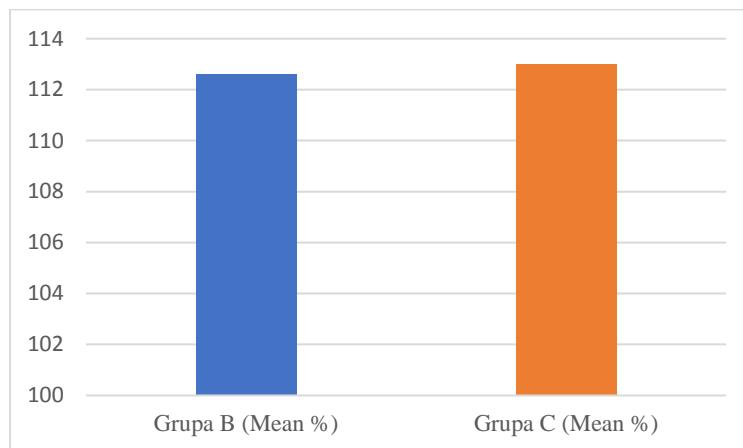


Slika 36. Prosječne vrijednosti testa skakanja na jednoj nozi 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe A i grupe C ( $t=8.18, p<0.05$ )

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

Devet mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom nije nađena statistički značajna razlika između pacijenata iz grupe B u odnosu na zdrave ispitanike (Slika 22).



Slika 37. Prosječne vrijednosti testa skakanja na jednoj nozi 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata iz grupe B i grupe C ( $t=0.73, p>0.05$ )  
Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.  
Grupa C – Zdravi ispitanici.

#### **5.2.9. Upitnik za kvalitet života nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (Anterior Cruciate Quality of Life Questionnaire)**

Prosječne vrijednosti upitnika za procjenu kvaliteta života kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta (ACL QoL Questionnaire) nisu se statistički značajno razlikovale kod pacijenata iz grupe A i B preoperativno i u prva tri mjeseca postoperativno (Tabela 28).

Statistički značajna razlika zabilježena je u promjeni ovog parametra u šestom i devetom postoperativnom mjesecu kod pacijenata iz ispitivanih grupa i to u korist pacijenata iz grupe B (Tabela 26).

Tabela 28. Prosječne vrijednosti Upitnika za procjenu kvaliteta života kod pacijenata grupe A i B  
preoperativno i postoperativno (3, 6 i 9 mjeseci postoperativno)

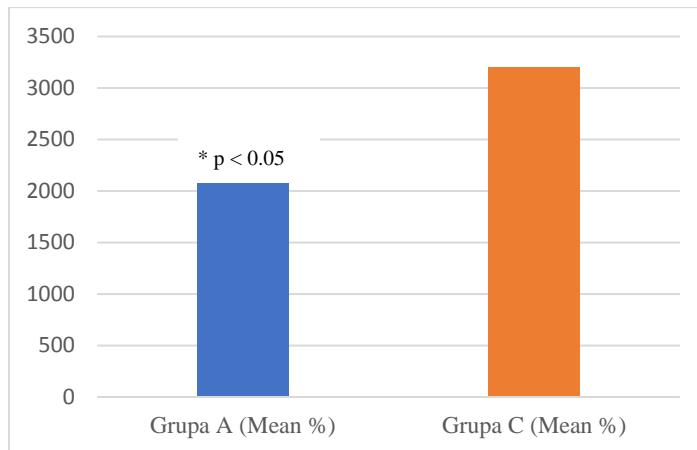
	<b>Preoperativno</b>	<b>3 mjeseca postop</b>	<b>6 mjeseci postop</b>	<b>9 mjeseci postop</b>
<b>Grupa A (Mean/SD)</b>	1020/1.56	816/2.69	1122/5.98	2141/7.57
<b>Grupa B (Mean/SD)</b>	990/1.14	841.5/3.65	1336.5/6.45	2596/8.29
<b>t-vrijednost</b>	t=0.38	t=0.37	t=2.40	t=3.25
<b>p-vrijednost</b>	p>0.05	p>0.05	* p<0.05	* p<0.05

\* p<0.05

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

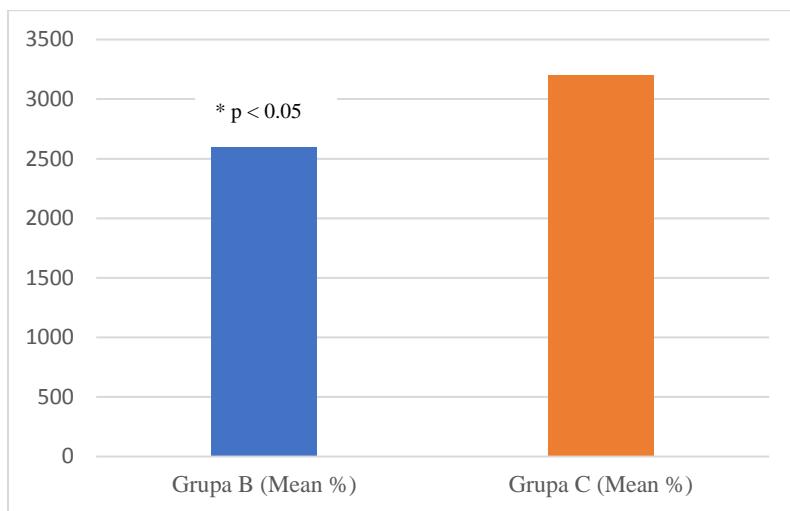
Gledano iz ugla procjene povratka svakodnevnim, radnim i sportskim aktivnostima pacijenti iz grupe A su u devetom postoperativnom mjesecu imali 66,9% vrijednosti od vrijednosti ACL QoL upitnika kod zdravih ispitanika što je predstavljalo statistički značajnu razliku (Slika 38).



Slika 38. Prosječne vrijednosti upitnikaza procjenu kvaliteta života 9 mjeseci  
nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata  
iz grupe A i grupe C  
(t=7.40, p<0.05)

Grupa A - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani standardnim protokolom.  
Grupa C – Zdravi ispitanici.

Pacijenti iz grupe B imali su nešto bolji procenat praćenog upitnika (81,12%) u odnosu na zdrave ispitanike ali je i ovaj rezultat zabilježen kao statistički značajan (Slika 39).



Slika 39. Prosječne vrijednosti upitnika za procjenu kvaliteta života

9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta

kod pacijenata iz grupe B i grupe C

( $t=8.51, p<0.05$ )

Grupa B - Ispitanici nakon ligamentoplastike LCA rehabilitovani kombinovanim protokolom.

Grupa C – Zdravi ispitanici.

## **6. DISKUSIJA**

### **6.1. Epidemiologija povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena s osvrtom na pol i dob**

Epidemiološki podaci za rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta koljena kod nas i u zemljama regiona su dosta oskudni. Incidenca povrede prednjeg ukrštenog ligamenta nije precizno definisana iako je jedna od najčešće izvještavanih povreda u ortopedskoj literaturi. U opštoj populaciji se smatra da se ona desi kod 30 - 78 na 100 000 stanovnika (100).

Istraživalo se na raznim poljima, dominantno oko izbora optimalnog tretmana. U svjetskoj literaturi, nakon devedesetih godina prošlog vijeka kada je bio svojevrstan "bum" epidemioloških publikacija o ovoj temi, ne postoji veći broj novijih saznanja iz oblasti (101, 102, 103).

Neke svjetske studije ukazivale su na činjenicu da je kod žena aktivnih sportista, ali rekreativaca, učestalost rupture prednjeg ukrštenog ligamenta koljena dva do deset puta češća u odnosu na muškarce (104, 105).

Navode se i različite incidence ove povrede u odnosu na vrstu sporta. Tako se kod fudbalerki ruptura ovog ligamenta dešava 2.4 puta češće od fudbalera (106). Kao objašnjenje prikazuju se brojni razlozi za to i uglavnom su vezani za anatomske i biomehaničke karakteristike ali i hormonske promjene, vremenske uslove tokom sportskih aktivnosti, vrste sportske obuće i sportskih terena. Istraživalo se o različitim anatomskim odlikama prednjeg ukrštenog ligamenta i mjestima njegovih pripoja na butnoj kosti i golenjači (107). Ispitivan je i uticaj hormonskih promjena tokom menstrualnog ciklusa kod žena na povredu ove veze (106). Dokazano je da veća učestalost povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kod žena nastaje kao posljedica razlika u neuromišićnoj adaptaciji i tehnikama doskoka koji se značajno razlikuju između muškaraca i žena (107). Međutim, najbitnije je to da su rezultati nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i završene postoperativne rehabilitacije u periodu praćenja od dvije godine bez značajnijih razlika u odnosu na pol (108, 109).

Naše istraživanje je pokazalo da je u ispitivanom uzorku prednji ukršteni ligament koljena povreda koja se dešavala većinom muškaracima. Imajući u vidu sve naprijed navedeno, rezultati našeg

istraživanja bili bi u negativnoj korelaciji sa navedenom literaturom. Ovaj rezultat bi se mogao prodiskutovati sa više aspekata. Jedan od značajnih faktora je nepostojanje tačnih epidemioloških podataka u našoj zemlji vezano za incidencu i prevalencu provede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena ne smo kod sportista nego i u opštoj populaciji. Uzorak našeg istraživanja su podaci registrovani isključivo iz operativnog protokola Odjeljenja za ortopedsku hirurgiju Zavoda za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Dr Miroslav Zotović" Banja Luka. Ovim istraživanjem nisu obuhvaćeni pacijenti kod kojih je registrovano puknuće prednjeg ukrštenog ligamenta koljena prilikom ortopedskih pregleda u navedenoj ustanovi, a koji su liječeni konzervativno. Takođe, nismo imali uvid u epidemiološke podatke pacijenata sa ovom povredom u drugim ustanovama u Republici Srpskoj. Dakle, jedan od uzroka je nepostojanje nacionalnog registra za rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta na državnom nivou.

Učestalije povrede ovog ligamenta kod muškaraca se mogu objasniti i dalje njihovom većom participacijom u sportu u odnosu na žene. U našoj zemlji ne postoje relevantni podaci koji bi ukazivali na broj žena sportista iako je to u drugim evropskim zemljama dobro evidentirano. Jedna od zemalja u kojoj je broj žena sportista značajno visok je Španija u kojoj je 2003. godine osnovana "Komisija- Žene u sportu" čija je funkcija promocija žena u sportu, istraživanje o ženama u sportu sa različitih aspekata (sociološkog, pedagoškog, obrazovnog, zdravstvenog, ekonomskog i društvenog) (110). Dalje, jedan od mogućih razloga kojim se može objasniti rezultat ovog istraživanja je i češća odluka o konzervativnom liječenju kod žena (111). Ova činjenica smanjuje njihov ukupan broj u ispitivanom uzorku (imajući u vidu primarni izvor podataka koji su korišteni za istraživanje).

Aktuelni stavovi, ipak, svjedoče da rezultati ovog istraživanja idu u korak sa novim epidemiološkim saznanjima.

Kohortna studija na 1841 ispitanika sa periodom praćenja od 21 godine zaključila je da se ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta dešava kod 59% muškaraca prosječne starosti  $29\pm11$  godina. Utvrđena je incidencija izolovane rupture prednjeg ukrštenog ligamenta kod 68.6 na 100 000 osoba godišnje. Nađena je veća prevalenca povrede ove strukture zglobova koljena kod muškaraca u odnosu na žene. Gledajući kroz prizmu starosne dobi, primjećen je značajan porast povređivanja kod muškaraca dobi od 14-18 godina i od 26-35 godina. Incidenca povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena je u periodu od 2005-2010. godine iznosila 184.9/100 000 stanovnika (112).

U starosnoj kategoriji od 26-35 godina incidence ove povrede u istom periodu iznosila je 115.3/100 000 stanovnika. Kao jedan od rezultata ove studije je evidentiran i sve veći porast rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta u SAD-u. U periodu od 2005 - 2010 godine za 30% se povećao broj godišnje učinjenih rekonstrukcija ovog ligamenta kako kod muškaraca tako i kod osoba ženskog pola. Razlozi za ovu činjenicu mogu biti, s jedne strane želja pacijenata za što brži povratak na nivo aktivnosti od prije povređivanja ali i mogućnost preventivnog efekta rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta na razvoj artrotskih promjena u koljenu (112).

## **6.2. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta**

Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena dešavaju se na dva načina: nekontaktnim i kontaktnim mehanizmom (113).

Ovo istraživanje je pokazalo da je nekontaktni mehanizam povrede uzrokovaо rupture prednjeg ukrštenog ligamenta kod preko 80% pacijenata u ispitivanom uzorku (114).

Dosadašnja istraživanja govore u prilog dominacije nekontaktnog mehanizma povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. U literaturi nalazimo podatke da je u 75% slučajeva ovaj mehanizam odgovoran za njegovu povredu (114).

Imajući u vidu sve navedeno možemo zaključiti da je nekontaktni mehanizam povređivanja, kao rezultat biomehaničkih i sport- specifičnih karakteristika naučna istina koja se iznova potvrđuje.

Razumjevanje nekontaktnog mehanizma povrede ovog ligamenta je osnova za kreiranje preventivnih programa. Zbog povećanja incidence ove povrede u svijetu koja za sobom povlači i veće troškove liječenja, a u određenom broju slučajeva ostavlja i ozbiljne posljedice, povećan je i interes za istraživanje u ovoj oblasti. Prospektivne kohortne studije koriste epidemiološke metode istraživanja vezano za identifikaciju faktora rizika za nekontaktni mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (114,115). Rezultati ovih studija su opisne prirode i ne ispituju uzročno-posljedičnu vezu između identifikovanih faktora rizika i povrede prednjeg ukrštenog ligamenta što može dovesti do pogrešnog tumačenja uticaja faktora rizika (116).

Iz mehaničkog ugla gledanja, povreda prednjeg ukrštenog ligamenta koljena nastaje kad na ovaj ligament djeluje prekomjerna sila istezanja. Nekontaktni mehanizam povrede nastaje kad se kod osobe unutar koljena prekomjerne sile istezanja same generišu postavljanjem noge u rizične položaje koji do toga dovode.

Trenutna literatura sugeriše da su faktori u sagitalnoj ravni koljena odgovorni za opterećenje na prednji ukršteni ligament. Smanjen ugao fleksije u koljenu, prejak kvadriceps i sile podloge koje djeluju na zadnji dio koljena u sagitalnoj ravni uzrokuju prejak moment sile kvadricepsa koji se ispoljava u vidu prejake sile istezanja na prednji ukršteni ligament koljena. Iako je dokazano da je valgusna sila koja djeluje na koljeno spolja povezana sa povredama prednjeg ukrštenog ligamenta, u aktuelnim studijama nema dokaza da valgusno-varusne sile i sile unutrašnje-vanske rotacije same po sebi mogu izazvati provedu prednjeg ukrštenog ligamenta nekontaktnim mehanizmom bez ovih promjena u sagitalnoj ravni (115).

Sigurno je da će se u budućnosti sve više istraživati na temu preventivnih programa povrede prednjeg ukrštenog ligamenta i da će ti programi imati svoje sport-specifične karakteristike ali će osnov za njihovo provođenje i dalje detaljno proučavanje biomehanike mehanizma povrede.

### **6.3. Hod kod pacijanta nakon rupture i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta**

Dokazano je da pacijenti nakon povrede i rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena imaju značajne promjene u kinematici, kinetici i energetskim obrascima hoda. Ove promjene se dešavaju kao posljedica mišićne adaptacije i neuromišićnog reprogramiranja uzrokovane bolom i/ili nestabilnošću. Njihova svrha je stabilizacija povrijeđenog koljena pri hodu i sprečavanje ponovnih povreda tokom hoda.

Različite israde u hodu imaju pacijenti nakon akutne rupture prednjeg ukrštenog ligamenta i oni u fazi njegove hronične insuficijencije. Pacijenti nakon akutne rupture ovog ligamenta razvijaju obrazac "izbjegavanja kvadricepsa" koji služi smanjenju sile prednjeg smicanja u koljenu pri hodu. Ovaj obrazac hoda može biti uzrokovani otokom i bolom, te mišićnom inhibicijom kvadricepsa. Patološki obrazac hoda kod pacijenata sa akutnom rupturom prednjeg ukrštenog

ligamenta koljena opisan je kod pacijenata preoperativno i 6 nedjelja postoperativno. Nakon ovog perioda, kad se postoperativnom rehabilitacijom eliminišu navedeni uzroci, kod pacijenata se šema hoda vraća na uobičajeni obrazac od prije povrede. Kod pacijenata sa nestabilnošću u povrijeđenom koljenu uzrokovanim hroničnom rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta ne razvija se fenomen "izbjegavanja kvadricepsa". Poredeći stepen prednje translacije golenjače u odnosu na butnu kost nađeno je da je isti značajno manji kod pacijenta sa hroničnom insuficijencijom prednjeg ukrštenog ligamenta. Ova činjenica je posljedica mišićne koaktivacije i stabilizacije koljena tokom hoda, osobito tokom faze oslonca, kroz duži period aktivacije m. vastus laterala i m. vastus medialisa. Dužom aktivacijom navedenih mišića sprečavaju se rotatori pokreti u koljenu tj. pivotiranje. EMG studije su pokazale da m. biceps femoris proizvodi dodatnu aktivnost tokom hoda kod pacijenata sa hroničnom insuficijencijom prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. Ovaj mišić kao sinergista prednjeg ukrštenog ligamenta svojom dodatnom kontrakcijom smanjuje stepen prednje translacije golenjače u odnosu na butnu kost pri hodu, neposredno prije faze zamaha (117).

Različite su metode ispitivanja šeme hoda kod pacijenata nakon povrede i rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. U savremenim uslovima iste se prate elektromiografski, trodimenzionalnim prikazom hoda u tzv. laboratorijama hoda putem snimanja sistemima kamera pod različitim uglovima, te Zebris trakom kao jednim od mogućih alata. U ovom istraživanju procjena šeme hoda vršena je inspekcijom tokom kliničkog pregleda pacijenata u definisanim periodima praćenja (118).

Činjenica je da, ukoliko je hirurško liječenje završeno prema pravilima ortopedske struke, svi pacijenti nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta postoperativno postižu normalan obrazac hoda. Upitno je samo vrijeme postizanja ovog cilja i uticaj primjenjenih alata tokom provođenja postoperativne rehabilitacije.

Istraživanja pokazuju da se 6 mjeseci postoperativno kod većine pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta bez obzira na izbor grafta i tehnike fiksacije postiže normalan obrazac hoda (119).

Devita i saradnici su izvjestili da pacijenti nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta hodaju sa  $10^{\circ}$  većom fleksijom u koljenu tri nedelje postoperativno. U prvih 6 nedelja postoperativno pacijenti nakon ligamentoplastike su imali ispade pri hodu ali je nakon 4 mjeseca, a posebno nakon 8 mjeseci šema hoda kod ovih pacijenata restaurirana u potpunosti (120).

Rezultati ovog istraživanja u potpunosti pozitivno korelira sa rezultatima naprijed navedenih istraživanja. U ispitivanom uzorku nešto manje od 35% pacijenata preoperativno imalo je narušenu šemu hoda koji se evidentirao inspekcijom tokom kliničkog pregleda. Postoji mogućnost postojanja i većeg broja pacijenata sa narušenom šemom hoda u ispitivanom uzorku da su se koristile sofisticirane metode ispitivanja. Kod ovog broja pacijenata je ista evidentirana najvjerojatnije zbog manjeg funkcionalnog kapaciteta povrijedjenog koljena uzrokovanim slabosti mišića koji nisu uspjevali da spriječe prednju translaciju golenjače u odnosu na butnu kost. U prva četiri postoperativna mjeseca (u zavisnosti od pripadnosti grupama) nešto manje od 20% pacijenata je imalo još uvijek, u nekoj mjeri, narušenu šemu hoda. U 6. postoperativnom mjesecu svi pacijenti imali su normalan obrazac hoda koji se zadržao i u 9. postoperativnom mjesecu kao posljednjem vremenskom intervalu istraživanja.

#### **6.4.      Balotman koljena**

Prisustvo tečnosti u zglobu koljena može biti rezultat traume, preoptrećenja ili posljedica neke sistemske bolesti. Dobro poznавање patoanatomije zgloba koljena je od neprocjenjive važnosti u postavljanju pravilne dijagnoze i strategije liječenja. Traumatski izljev u zglob koljena najčešće nastaje kao rezultat povrede ligamenata, koštanih struktura i meniskusa ali se može razviti i u okviru sindroma prenaprezanja. Atraumatski razlozi za zglobni izljev su: infekcija, artroza, tumori, giht ili neko od oboljenja iz palete upalnog reumatizma (121).

Inflamacija se prema vremenu trajanja može biti: akutna, subakutna i hronična (prolifrativna). Akutna faza traje 1-3 dana, javlja se neposredno nakon povrede i karakteriše se prisustvom 5 kliničkih znakova (bol, topota, otok, crvenilo i gubitak funkcije). Subakutna faza traje od

momenta povređivanja do navršenog jednog mjeseca od povrede, a kasnije upalni proces koji se javi nakon trauma smatra se hroničnom upalnom fazom.

Akutnu fazu upale karakterišu promjene u mikrocirkulaciji sa dominacijom periferne vazokonstrikcije, a zatim i vazodilatacije uzrokovane oslobođanjem medijatora upale. Dolazi do povećane kapilarne permeabilnosti sa povećanim nivoom ekstracelularne tečnosti i povećanim nivoom albumina, elemenata sistema komplementa, fibrinogena, imunoglobulina i medijatora upale (IL1 i 6, TNF i dr).

U subakutnoj fazi dominira dolazak fagocita na mjesto upale, u početku dominantno polimorfonukleara a kasnije makrofaga. U slučaju da je uzrok upale eliminisan, iz subakutne faze možemo očekivati oporavak u smislu tkivne reparacije. Tokom faze remodelacije, aktivacijom fibroblasta uz stvaranje novih kolagenih vlakana dolazi do reparacije (122). Međutim, zbog same prirode prednjeg ukrštenog ligamenta koljena i njegove histološke građe, te pozicije unutar zgloba koljena, ovaj ligament nakon parcijalne i/ili kompletne rupture nema sposobnost reparacije. Stoga da bi se postigla potpuna stabilnost koljenog zgloba nakon ove povrede optimalan tretman je njegova anatomska rekonstrukcija.

Izljev u koljenu, koji se objektivno manifestuje otokom, neposredno nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta koljena rezultat je krvarenja u zglob i upalne reakcije na to krvarenje. Postoje istraživači koji izvještavaju o učestalosti od 22% pacijenata sa preoperativno pozitivnim balotmanom nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta (122).

Dijagnoza se postavlja inspekcijom i palapacijom koljena tokom kliničkog pregleda. Tretmanom akutne povrede prednjeg ukrštenog ligamenta primjenom PRICE protokola zaustavlja se proces krvarenja u zglobu koljena i smanjuju se posljedice inflamacije.

Kod pacijenata sa hroničnom insificijencijom prednjeg ukrštenog ligamenta koljena postoji mogućnost prisustva hroničnog sinovitisa koji nastaje kao rezultat hronične nestabilnosti zgloba i posljedičnog nadražajnog efekta na sinovijalnu membranu. Ovaj efekat sigurno se patofiziološki može povezati sa destrukcijom artikularne hrskavice i uvodom u razvoj artrotskih promjena na zglobu koljena (123).

Nakon artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta, postoperativni otok i izliv je rezultat manje ili veće hirurške traume koja uzrokuje upalni proces.

Grupa autora izvještava o prisustvu bola i izljeva u zglobu koljena u 6. postoperativnoj nedjelji nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta (124). Nasuprot njima, ima istraživača koji su pokazali prisustvo izljeva u koljenu kod 68% pacijenata nakon ligamentoplastike 3 mjeseca postoperativno i one su pozitivno korelirale sa povredama meniskusa. Nakon 6 postoperativnog mjeseca nimo našli studije koje ukazuju na prisustvo izljeva u operisanom koljenu (125).

Rezultati našeg istraživanja pozitivno koreliraju sa podacima iz navedene literature. Imajući u vidu veličinu uzorka, kod ispitanika grupe A i B našli smo čak i manju postoperativnu učestalost izljeva u koljenu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom u metodološki definisanim periodima praćenja.

## **6.5. Stabilnost koljena**

Staticka stabilnost koljena je osnovni cilj hirurškog tretmana prednjeg ukrštenog ligamenta koljena nezavisno od izbora hirurške tehnike, grafta i tehnike fiksacije.

Prednji ukršteni ligament se pripaja na prednjem dijelu interkondilarne zone golenjače i ide prema nazad i spolja na zadnjem zidu spoljašnjeg kondila butne kosti. Opisana su dva glavna njegova snopa, anteromedijalni i posterolateralni, iako neki autori svjedoče o prisustvu i trećeg (intermedijarnog) snopa (15).

Imajući u vidu da je prednji ukršteni ligament koljena odgovoran za anteroposteriornu rotatornu stabilnost testovi kojima se ove vrste stabilnosti ispituju su standardizovane. Dva su klinička testa procjene stabilnosti koljena u navedenim ravnima- Lahman test i Pivot šift test.

Ajeni i saradnici revidirali su 65 preglednih članaka u zadnjih 10 godina i utvrdili da je postoperativni negativan nalaz pivot šift testa pokazatelj dobrog funkcionalnog rezultata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (126).

Rezultati ovog istraživanja govore u prilog značajnog napretka u stabilnosti koljena od preoperativnog nivoa do devetog mjeseca nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom.

Među ispitivanim grupama nije bilo statistički značajne razlike kad je u pitanju postoperativna statička stabilnost koljena, jer su testovi stabilnosti (Lahman test i Pivot shift test) kod svih ispitanika postoperativno bili negativni, što govori u prilog adekvatno provedenom hirurškom liječenju i stabilnosti grafta m. semitendinosus-a i m. gracilis-a.

U studiji iz 2016. godine grupa poljskih autora iznosi iste rezultate (127). Istraživanje provedeno u Norveškoj 2007. godine svjedoči takođe postignutom cilju operativnog liječenja kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta u periodu praćenja od 2 godine postoperativno (128).

Cilj artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta je postizanje ponovne statičke stabilnosti koljena ali sprečavanje oštećenja drugih zglobovnih struktura (meniskusa i hrskavice) koje bi vodile ubrzanom razvoju artrotskih promjena.

## **6.6. Obim pokreta u koljenu**

Restauracija obima pokreta u zglobu koljena nakon povrede i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena jedan je od osnovnih ciljeva u rehabilitaciji ovih pacijenata. Ovaj cilj je potrebno postići i preoperativno kako bi se stekli potrebni preduslovi za postoperativnu punu pokretljivost (129).

Povratak punog obima pokreta u koljenu nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta i njegove ligamentoplastike jedan je od faktora koji utiču na dugoročne rezultate ovog liječenja i rehabilitacije (130).

Studije su pokazale da dugotrajni gubitak ekstenzije od 5 stepeni iscrpljuje funkcionalno aktivne osobe više nego hronična nestabilnost. Ovaj deficit vodi do povećanja prednjeg opterećenja na strukture zgloba koljena i izaziva patelofemoralni bol i slabost kvadricepsa (131).

Grupa američkih autora navodi da je postizanje pune ekstenzije primarni cilj zbog restauracije šeme hoda ali i eliminisanja refleksne inhibicije kvadricepsa. Oni su potvrdili da je ovo jedan od krucijalnih ciljeva rehabilitacije. Potvrdili su da je stepen ekstenzije postignut u 4. postoperativnoj nedjelji pozitivno korelirao sa istom u 12 postoperativnoj nedjelji (132).

Dokazano je, takođe, da svi pacijenti nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena postižu punu ekstenziju u prvoj godini nakon operacije (132).

Gubitak fleksije takođe uzrokuje ispadne u hodu u smislu preopterećenja na strukture skočnog zgloba i kuka, ograničava izvođenje čučnja, te penjanja uz i silaska niz stepenice. Samim tim i kvalitet života vezan za samostalan hod i provodenje aktivnosti svakodnevnog života je u značajnoj mjeri ograničeno (133).

Rezultati ovog istraživanja ukazuju da je u ispitivanom uzorku 10% pacijenata preoperativno imalo manji deficit pokretljivosti dominantno fleksije u povrijđenom koljenu. Limit u postizanju normalne kinematike u koljenu zadržao se i do kraja 3. mjeseca postoperativno kod malog broja pacijenata iz obe ispitivane grupe. Nakon 6 mjeseci od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta nije bilo pacijenata iz ispitivanih grupa kod kojih nije postignut pun obim pokreta u operisanom koljenu. Ova činjenica ukazuje da je jedan od osnovnih ciljeva peroperativne i postoperativne rehabilitacije pacijenata nakon rupture i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligament mekotkivnim graftom hamstringsa postignut u potpunosti.

## **6.7. Obim natkoljene muskulature**

Obim natkoljene mukulature je jedna od standardizovanih metoda procjene stanja mišića i utvrđivanja eventualnog postojanja mišićne hipotrofije (58). Imajući u vidu da je postizanje biomehanički definisanog ipsi i kontralateralnog odnosa između mišića agonista/antagonista jedan od ciljeva postoperativne rehabilitacije, smatramo da je nepotrebno dodatno obrazlagati mjesto i značaj ove metode procjene stanja mišića kod pacijenata nakon povrede i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta.

S obzirom na metodologiju mjerjenja možemo smatrati ovaj vid procjene značajnim ali uz napomenu da ima i elemente subjektivnosti. U savremenom evaluacionom sistemu ovaj vid procjene se rjeđe izvodi i koristi u istraživanjima jer su dostupne sofisticiranije metode tipa dinamometrije (statičke i dinamičke) i EMG ispitivanja.

Neposredno nakon povrede dolazi do hipotrofije kvadricepsa za 30% a isti se zadržava do 6. postoperativnog mjeseca. Atrofija kvadricepsa nastaje naglo nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta i izražena je u ranom postoperativnom periodu nakon ligamentoplastike. Najveći stepen atrofije kvadricepsa dešava se unutar prve dvije nedelje postoperativno. Takođe period od prva tri mjeseca je "kritičan" jer se graft zbog fiziologije zarastanja ne smije izložiti opterećenju koje bi ga ugrozilo (134).

Deficit mišića zadnje lože natkoljenica kreće se u literaturi od 10-30% nakon povrede (135).

Obim natkoljene muskulature kod pacijenata u ovom istraživanju mjerен na 10 cm od gornje ivice patele preoperativno se nije značajno razlikovao kod pacijenata iz grupe A i grupe B. Malo je studija koje su ispitivale ovaj parametar u preoperativnom periodu. U jednom od naših ranijih istraživanja izvjestili smo o statistički značajnom poboljšanju obima natkoljenice na 10 cm iznad gornje ivice patele 3 tri mjeseca postoperativno u odnosu na preoperativno mjerjenje (136). Primjena kineziterapijskog programa iz prve dvije faze primjenjenog standarnog rehabilitacionog protokola dovodi do poboljšanja mišićne snage natkoljene muskulature bez bojazni od preopterećenja grafta. Time je pokazan pozitivan efekat rane postoperativne rehabilitacije kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. S obzirom da je isti rehabilitacioni protokol postoperativne rehabilitacije primjenjen kod pacijenata iz grupe A i grupe B smatramo da je nađeni rezultat u trećem postoperativnom mjesecu očekivan. Gledajući napredak mišićne snage koji je nastao kao rezultat dvije različite terapijske intervencije u ispitivanim grupama pokazali smo da izokinetički trening kao nadopuna standardnom protokolu jačanja mišićne snage daje i statistički značajno bolji rezultat. On se očitovao u izmjerenim većim vrijednostima obima natkoljenice na 10 cm iznad gornje ivice patele kod pacijenata iz grupe B u

odnosu na grupu A. Isti odnos se održao i nakon devet mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

Kad su u pitanju izmjerene vrijednosti obima natkoljene muskulature na 15 cm iznad gornje ivice patele u ispitivanom uzorku imali smo značajne razlike kod ispitanika dvije praćene grupe pacijenata. Pacijenti iz grupe B imali su kliničkim mjeranjem manji deficit u obimu natkoljenice u odnosu na ispitnike u grupi A. Primarni uzrok ove razlike za sada je nepoznat. Postoji mogućnost da je kod pacijenata grupe B vrijeme od povrede do operacije bilo kraće ili da su se brže uključivali u ambulanti fizički tretman u odnosu na pacijente iz grupe A ali su ovo, za sada samo pretpostavke. U trećem postoperativnom mjesecu se pacijenti nisu statistički značajno razlikovali u vrijednostima ovog parametra, ali se razlika statistički značajno zadržala u periodima 6 i 9 mjeseci nakon artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta hamstrings graftom.

Proučavajući izmjerene vrijednosti obima natkoljene muskulature na 20 cm iznad gornje ivice patele zaključujemo da su se pacijenti iz ispitivanih grupa razlikovali u vrijednostima praćenog parametra preoperativno, te 6 i 9 mjeseci postoperativno. Pacijenti iz grupe B su imali veće poboljšanje u restauraciji mišićne snage natkoljenica u odnosu na ispitanike grupe A što potvrđuje superiornost primjene izokinetičkih vježbi u trećem mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

U cjelini gledano, vrijednosti obima natkoljenice nakon povrede i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena statistički su značajno bolje u 6. i 9. postoperativnom mjesecu kod pacijenata iz obe ispitivane grupe ali je ta značajnost veća kod pacijenata iz grupe B što je rezultat ciljanog izokinetičkog treninga.

Ove rezultate ćemo osvijestiti i iz ugla izokinetičkog mjerjenja jačine mišića natkoljenica i njihovog kontralateralnog i ipsilateralnog odnosa koji su od presudnog značaja za procjenu efekta primjenjenog izokinetičkog treninga.

Svi navedeni rezultati istraživanja pozitivno koreliraju sa dosadašnjim naučnim istinama (137).

## **6.8. Izokinetička mjerena mišićna performansi natkoljene muskulature**

Anatomska pozicija zglobova koljena koji je smješten usred kinetičkog lanca donjih ekstremiteta uzrokuje izloženost struktura ovog zglobova velikim opterećenjima koji mogu dostići višestruku tjelesnu težinu u toku faze oslonca na jednoj nozi tokom sportskih aktivnosti (138).

Ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta uzrokuje nestabilnost koja predstavlja potencijalni uzrok sekundarnih oštećenja ostalih struktura u koljenu što može voditi ranijem razvoju degenerativnih promjena (123). Iz ovih razloga dinamička stabilnost koljena koja se postiže adekvatnom snagom mišića natkoljenica i njihovim međusobnim balansom je krucijalna za zaštitu koljena od oštećenja ostalih zglobovnih struktura.

Da bi postigli adekvatnu mišićnu snagu i izdržljivost kvadricepsa i hamstringsa, koji su osnova dinamičke stabilnosti koljena, potrebno je provesti ciljani individualno prilagođen kineziterapijski program. Dakle, poštujući fiziologiju zarastanja grafta, primjenom različitih vrsta terapijskih vježbi u različitim fazama nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta potrebno je ojačati fleksore i ekstenzore koljena, poboljšati njihovu izdržljivost i biomehanički ih adekvatno izbalansirati. Jedan od parametara tokom propisivanja kineziterapijskog programa je, osim vrste primjenjene terapijske vježbe, i njen intenzitet i trajanje, kao i trajanje perioda odmora između njih. Takođe, bitno je definisati broj serija primjenjenih vježbi i broj ponavljanja unutar jedne serije (58). Ukoliko je kineziterapijski program stručno kreiran i adekvatno sproveden njegovi efekti ne mogu izostati.

Jedan od načina objektivne procjene mišićnih performansi (jačine, snage, rada, izdrživosti) je dinamomatrija (statička i dinamička). Nakon standardizovane metodologije mjerena na izokinetičkim dinamometrima dobijamo izvještaj u pismenoj formi za svakog ispitanika. Ovaj izvještaj sadrži parametre jačine (peak torque, peak torque ro body weight), snage (prosječna snaga), rada (prosječan rad), izdržljivosti, te klasičnog omjera agonista/antagonista. Na osnovu izokinetičkog testiranja imamo uvid i u snagu ekscentrične kontrakcije mišića zadnje lože

natkoljenica, te izračunamo matematičkom formulom funkcionalni omjer agonista u odnosu na antagoniste.

Prednosti ove metode mjerena mišićnih performansi kvadricepsa i hamstringsa su: objektivan uvid u stanje testirane muskulature, mogućnost propisivanja ciljanog kineziterapijskog programa, ponovljivost mjerena i mogućnost poređenja u smislu procjene efekta propisane terapije. Druge mogućnosti su formiranje baze podataka specifičnih populacija (aktivni sportisti, rekreativci, pacijenti sa određenim oboljenjima) koji će nam poslužiti za definisanje normativnih vrijednosti za navedene populacione grupe na državnom nivou. Ovo posebno može biti interesantno sportskim klubovima iz različitih oblasti jer se u svakom trenutku može dati uvid u fizičku spremnost sportiste, mogućnost eventualne povrede i dobru perspektivu za razvoj preventivnih sport-specifičnih programa. Interes bi svakako trebao biti i državnih institucija iz oblasti sporta i medicine.

U zadnjih desetak godina mnogo se istraživalo u oblasti mišićnog oporavka natkoljene muskulature nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta. Brojne istraživače interesovali su različiti aspekti mišićnog oporavka nakon povrede ove strukture i njegove hirurške rekonstrukcije.

Jedan od kriterijuma za procjenu napretka oporavka nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta je nivo slabosti kvadricepsa i mišića zadnje lože natkoljenica.

#### **6.8.1. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini 60°/sec**

Iako je veza između snage kvadricepsa i funkcionalnog statusa koljena u jednom periodu bila sporna, nađeni su čvrsti dokazi da snažan kvadriceps stabilizuje koljeni zgrob pri hodu i svim ostalim aktivnostima svakodnevnog života kod pacijenata nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta. Snaga kvadricepsa je nakon rupture ovog ligamenta u većoj mjeri smanjena u odnosu na hamstringe zbog neuromišićnog disbalansa nastalog oštećenjem proprioceptivnih elemenata i adaptacije na fenomen "izbjegavanja kvadricepsa" pri hodu (139).

Pojedini autori ističu duplo veći deficit jačine i snage kvadricepsa u odnosu na mišiće zadnje lože natkoljenica kod pacijenata nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta i u ranim fazama nakon njegove ligamentoplastike (140). Zato je od izuzetnog značaja provođenje preoperativne i rane postoperativne rehabilitacije kako bi se hipotrofija kvadricepa što bolje držala "pod kontrolom" uz primjenu neuromišićne elektrostimulacije i kineziterapijskog programa. Terapijske vježbe u ovim periodima nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta i njegove rekonstrukcije provode se zbog sigurnosti isključivo u zatvorenom kinetičkom lancu i pod uglom fleksije u koljenu koji je veći od 45 stepeni. Neophodno je ponoviti da postoperativni izliv u koljenu uz bol izaziva refleksnu inhibiciju kvadricepsa i da iz tih razloga do kraja treće postoperativne nedjelje pacijentima ne uvodimo vježbe jačanja jer ih oni niti su u stanju provoditi, niti one čak i ako bi se primjenile ne mogu biti efikasne (141).

Ovo istraživanje se bavilo uticajem izokinetičkih vježbi na stepen oporavka mišićne jačine i snage natkoljene muskulature nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Kod pacijenata iz grupe A koji su rehabilitovani standardnim protokolom (bez izokinetičkih vježbi) preoperativno je nađena statistički značajno slabija jačina kvadricepsa odnosu na pacijente iz grupe B. Jedan od mogućih uzroka je vrijeme provedeno od povrede do operacije ali se nismo detaljno bavili ovim pitanjem. Sigurno je da se buduća istraživanja mogu i trebaju provesti na ovu temu. Gledajući postoperativne rezultate za procjenu jačine kvadricepsa na ugaonoj brzini od  $60^{\circ}/sec$  statistički značajne razlike nađene su kod pacijenata iz ispitivanih grupa u šestom i devetom postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta. Izmjerena jačina kvadricepsa u ovim periodima praćenja bila je statistički značajno bolja kod pacijenata iz grupe B tj. onih koji su proveli rehabilitaciju uz primjenu kombinovanog rehabilitacionog protokola sa uključenim izokinetičkim vježbama.

Grupa njemačkih istraživača izvjestila je o sličnim rezultatima (142).

Kline i saradnici su dokazali u studiji iz 2015. godine da je vrijednost obrtnog momenta sile za kvadriceps na ugaonoj brzini od  $60^{\circ}/sec$  u 6 mjesecu nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta patelarnim graftom statistički značajno bio niži od očekivanog i da se povratak u sportske aktivnosti nije mogao preporučiti ispitanicima koji su u ovim istraživanju učestvovali. Sigurno je jedan od uzroka ove diskrepance naših rezultata i navedene studije razlika u izboru grafta, a shodno tome i vrste primjenjenog postoperativnog rehabilitacionog protokola (143).

Jong-Hul Li i saradnici proučavali su efekat ubrazanog rehabilitacionog protokola u trajanju od 12 nedjelja i izokinetičkim mjeranjem utvrdili da nije došlo do statistički značajnog poboljšanja jačine kvadricepsa 3 mjeseca postoperativno kod pacijenata iz ispitivanog uzorka. Ovaj rezultat pozitivno korelira sa rezultatima našeg istraživanja (144).

Istraživači iz Poljske su dokazali takođe pozitivan efekat izokinetečkih vježbi koje su se provodile u okviru rehabilitacionog programa u periodu od 16-24 postoperativne nedjelje a koji se ogledao u statistički značajnom poboljšanju vrijednosti obrtnog momenta sile za kvadriceps na ugaonoj brzini od 60 °/sec (145).

#### **6.8.2. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za hamstringse na ugaonoj brzini 60°/sec**

Poznato je da mišići zadnje lože natkoljenica "čuvaju" prednji ukršteni ligament koljena jer smanjuju prednju translaciju golenjače u odnosu na butnu kost s jedne strane, a s druge strane smanjuju opterećenje na ovaj ligament. Snaga hamstringsa povezana je sa funkcionalnim statusom koljena i ima značajan uticaj na vrijednosti klasičnog i funkcionalnog H/Q omjera. Snaga hamstringsa je kritična komponenta svih preventivnih programa u cilju izbjegavanja povrede prednjeg ukrštenog ligamenta. Faktori koji utiču na snagu mišića zadnje lože natkoljnica su: dužina mišića, mišićna aktivacija, trening, zamor, ugao kuka i koljena (dužina koštane poluge) (146).

Imajući u vidu da se povreda prednjeg ukrštenog ligamenta često dešava pri doskoku imalo bi smisla sportiste "naučiti" da prilikom fleksije u koljenu povećaju fleksiju u kuku i na taj način smanje opterećenje na prednji ukršteni ligament što bi smanjilo i učestalost rupture (147).

Kod pacijenata koji se odluče za konzervativni tretman nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta koljena kineziterapijski program jačanja hamstringsa je osnov rehabilitacije (148).

Ukoliko ortoped indikuje hirurški tretman u smislu artroskopski asistirane rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom (tetivama m. semitendinosusa i m. gracilisa) za očekivati je da će se samim izborom grafta oslabiti mišići zadnje lože natkoljenice.

Na mjestu uzimanja grafta u prvih nedjelju dana postoje i znaci reaktivne upale što sa svoje strane dovodi slabijoj mišićnoj snazi. Grupa istraživača izvjestila je da je nakon uzimanja hamstringa grafta za rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta snaga muskulature zadnje lože natkoljenice oslabila za 17% (149).

Predmet našeg istraživanja bio je procjena mišićne snage ispitanika nakon povrede i ligamentoplasike prednjeg ukrštenog ligamenta i procjena efekta izokinetičkog treninga na povećanje mišine jačine, snage i izdržljivosti muskulature zadnje lože natkoljenica.

Rezultati do kojih smo došli svjedoče da se ispitanici iz grupe A i B nisu statistički značajno razlikovali u jačini hamstringsa mjerenoj na  $60^\circ/\text{sec}$ : preoperativno, tri i devet mjeseci postoperativno.

Statistički značajno poboljšanje potvrđeno je u 6. postoperativnom mjesecu kod ispitanika koji su provodili izokinetičke vježbe kao nadopunu standarnom kineziterapijskom programu. Imajući u vidu biomehaniku i sinergističku ulogu hamstringsa na prednji ukršteni ligament, te ciljeve rane postoperativne rehabilitacije u kojoj jačanje mišića nije primarni cilj dobijeni rezultati su očekivani.

U jednom od ranijih istraživanja prikazali smo značajan napredak u mišićnoj jačini i snazi mišića hamstrings grupe preoperativno i 6 mjeseci postoperativno nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata koji su proveli rehabilitaciju primjenom standardnog rehabilitacionog protokola (136).

Ovo nam govori da se u periodu od 6 mjeseci ukoliko se pridržavamo i pravilno provodimo elemente rehabilitacionih protokola restauracija mišićne snage sigurno postiže, a ukoliko primjenimo specifični trening u vidu uvođenja izokinetičkih vježbi ovaj efekat je brži i bolji.

Nepostojanje značajnih razlika u vrijednostima obrtnog momenta sile na  $60^\circ/\text{sec}$  u 9. postoperativnom mjesecu možemo objasniti linearnom progresijom već postojećeg poboljšanja

nađenog u 6. postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

#### **6.8.3. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini $180^{\circ}/\text{sec}$**

Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za kvadricepse na ugaonoj brzini  $180^{\circ}/\text{sec}$  je, zapravo, pokazatelj izdržljivosti kvadricepsa.

Potrebno je, kratko, da se podsjetimo šta je razlika između snage i izdržljivosti. Snaga mišića je njegova sposobnost da proizvede silu protiv otpora. Mišićna izdržljivost je sposobnost mišića da izvodi neku određenu aktivnost duže vrijeme. Mišići se sastoje od dva tipa mišćnih vlakana: sporih i brzih. Spora su odgovorna za izdržljivost mišića, a brza za snagu. Postoje dva podtipa brzih vlakana: A i B. Tip A je značajan za snagu i izdržljivost, a tip B za eksplozivnost (148).

Naprijed navedene činjenice su nam važne s aspekta definisanja ciljeva postoperativne rehabilitacije u različitim fazama kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

Trening izdržljivosti se koncipira na primjenu malih optereženja kroz duži broj serija i ponavljanja. Snagu mišića jačamo primjenom većih opterećenja, a malim brojem ponavljanja.

Izdržljivost i snaga kvadricepsa nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena koreliraju sa stepenom rezultata liječenja ove povrede. Mikelsen i saradnici pokazali su da su dobra snaga i izdržljivost kvadricepsa uticala da se pacijenti brže vrate na nivo aktivnosti od prije povređivanja (149).

Ovo istraživanje je pokazalo da su pacijenti iz grupe B koji su provodili postoperativnu rehabilitaciju primjenom kombinovanog rehabilitacionog protokola imali značajno bolje vrijednosti obrtnog momenta sile kvadricepsa na ugaonoj brzini od  $180^{\circ}/\text{sec}$  u 6. i 9. mjesecu nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta od pacijenata koji su rehabilitovani primjenom standardnog protokola rehabilitacije. Preoperativno i u trećem postoperativnom mjesecu nisu se značajno razlikovali je je i mišićna jačina bila slabija (ispod prosječna).

Potvrdu navedenih činjenica nalazimo u brojnim studijama jer je slabost kvadricepsa nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta dobro dokumentovana oblast (150,151,152,153).

Nismo našli studije koje opovrgavaju rezultate ovog istraživanja.

#### **6.8.4. Obrtni moment sile u odnosu na tjelesnu težinu za mišiće hamstrings grupe na ugaonoj brzini 180°/sec**

Izdržljivost i snaga hamstringa nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta nisu toliko dobro dokumentovani kao što je to slučaj sa oporavkom ovih osobina kod kvadricepsa.

Postavlja pitanje šta se dešava sa snagom i izdržljivošću mišića zadnje lože ako izbor grafta padne na mekotkivni hamstrings graft? Suijkerbuik i saradnici su 1992. godine prvi opisali sposobnost regeneracije tetiva hamstringa. Identifikovano je nekoliko faktora koji mogu negativno uticati na proces regeneracije tetiva hamstringa nakon uzimanja grafta. To su upotreba nesteroidnih antiinflamatornih lijekova, pušenje i šećerna bolest. Poznavanje mogućnosti regeneracije tetiva hamstringa nakon uzimanja grafta neophodna su i za kreiranje rehabilitacionih programa prilagođenih primjenjenoj hirurškoj tehnici. Regeneracija tetiva hemstringa je mjerena MR natkoljenice i nađeno je da se njena stopa u toku prve godine nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kreće u prosjeku oko 70% (154).

Postoji nekoliko studija koje su se bavile uticajem regeneracije tetiva mišića zadnje lože natkoljenica nakon uzimanja hamstrings grafta na klinički ishod rehabilitacije nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. Ovo se, prije svega, odnosi na restauraciju mišićne snage hamstringa. Hoi i saradnici su pokazali da pacijenti nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom bez regeneracije imaju više od četiri puta veći deficit mišićne snage u odnosu na pacijente kod koji su regenerisane i titive m. semitendinosus-a i m. gracilis-a. Nađena je korelacija između broja regenerisanih tetiva i stepena funkcionalnog deficit-a (154,155,156,157).

Naše istraživanje je pokazalo da se pacijenti iz grupa A i B značajno ne razlikuju u vrijednostima obrtnog momenta sile za mišiće zadnje lože natkoljenice na ugonoj brzini od 180°/sec u svim

perodima praćenja izuzev u 6.postoperativnom mjesecu. Pacijenti koji su nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom rehabilitovani primjenom kombinovanog rehabilitacionog protokola imali su značajno bolju izdržljivost u ovom periodu praćenja. Ovaj rezultat možemo objasniti primjenom izokinetičkih terapijskih vježbi na različitim ugaonim brzinama kojim smo značajno poboljšali izdržljivost kod pacijenata iz grupe B.

Karanikas i saradnici izvjestili su da je snaga i izdržljivost hamstringsa nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim graftom hamstringsa u manjem deficit u odnosu na kvadricepse ali da se isti zadržavaju i nakon godinu dana od operacije (158).

Grupa južnokorejskih autora svjedoči progresivnom oporavku mišićne snage i izdržljivosti natkoljene muskulature nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Oni su izvjestili o postizanju 70% snage i izdržljivosti natkoljene muskulature operisane noge u odnosu na neoperisanu u prvoj godini nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenata tetivama m. semitendinosus-a i m. gracilis-a (159).

#### **6.8.5. Deficit ekcentrike zadnje lože natkoljenice**

Mišići zadnje lože natkoljenice su po svojoj funkciji ekstenzori kuka i fleksori koljena. Kao takvi stvaraju ključnu snagu za sportske performance i često se povrijeđuju. Pokreti ekstenzije u kuku i fleksije u koljenu postižu se koncentričnom kontrakcijom hamstringsa. Ekscentrična kontrakcija je kontrakcija mišića prilikom koje se njegova dužina povećava (58). Ova vrsta kontrakcije se često dešava u aktivnostima svakodnevnog života, a osobito tokom sportskih aktivnosti. Prilikom ekscentrične kontrakcije hamstringsi vrše neku vrstu laganog "kočenja" u koljenu koje se suprotstavlja koncentričnoj kontrakciji fleksora kuka pri hodu u fazi oslonca pete o podlogu. Drugim riječima, ekscentrična kontrakcija hamstringsa prilikom hoda daje osobine fleksibilnosti, funkcionalnosti i gracioznosti hoda.

Ekscentrični trening je posebno efikasan za postizanje jačine i funkcionalne mobilnosti i fleksibilnosti, te se kao takav, koristi za poboljšanje mišićnih i funkcionalnih performansi u medicinskim rehabilitacionim protokolima ali i u sportskim (160).

Ekscentrične vježbe se provode najčešće u otvorenom kinetičkom lancu. One su se prema primjenjenim protokolima našeg istraživanja počele provoditi u 9. postoperativnoj nedjelji. Ovom činjenicom objašnjavamo da je procječan deficit ekscentrike bio statistički značajno manji kod pacijenata iz grupe B (kombinovani rehabilitacioni protokol) tek u 6. i 9. postoperativnom mjesecu jer su tokom izokinetičkog treninga provođene vježbe ekcentrike mišića zadnje lože natkoljenica kao nadopuna ekscentričnim vježbama koje su se provodile kod pacijenata rehabilitovanih po standardnom rehabilitacionom protokolu.

Dvije prospективne kohortne studije su ispitivale uticaj ekscentričnog treninga primjenom izokinetičkih sistema. Krojser i saradnici zaključili su da nakon godinu dana od provedenog desetodnevног ekscentričnog treninga za mišiće zadnje lože natkoljenica kod pacijenata sa rupturom mišića nije došlo do rerupture istih (161). Da Silva je potvrđio ove rezultate nešto kraćem periodu praćenja (8 mjeseci) (162).

Prosječna vrijednost deficit ekscentrike kod pacijenata grupe B iznosila je 15,03% u 9. postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom. Napominjemo da se deficit ekscentrike mišića zadnje lože natkoljenica izmjerene izokinetičkim dinamometrom od 15% mogu smatrati urednim za pacijente koji učestvuju u aktivnostima svakodnevnog života i koje se rekreativno bave sportom. Na osnovu ove činjenice zaključujemo da smo kod pacijenata koji su postoperativnu rehabilitaciju nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta proveli uz primjenjen kombinovani protokol restaurirana ekscentrična snaga mišića zadnje lože natkoljenica u potpunosti za razliku od pacijenata rehabilitovanih standardnim protokolom.

#### **6.8.6. Klasični omjer agonista/antagonista (H/Q ratio)**

Kvadriceps i mišići zadnje lože natkoljenice djeluju antagonističkim silama na golenjaču i tako ostvaruju značajnu ulogu u stabilizaciji zglobova koljena. Hamstringi su agonisti prednjeg ukrštenog ligamenta i imaju protektivnu ulogu u amplitudi 15-30° fleksije koja i predstavlja najčešću poziciju za njegovu povredu (87,91,93). Kod pacijenata nakon rupture ovog ligamenta deficit u snazi hamstringa može biti indikator loše funkcije koljena. S druge strane, ukoliko imamo refleksnu

inhibiciju kvadricepsa ona može rezultovati jačim mišićima zadnje lože natkoljenice. Deficiti mišične snage kvadricepsa i hamstringsa su česti nakon povrede i rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Zaostala slabost mišića bilo koje od navedenih mišičnih grupa utiče na omjer hamstringsi/kvadriceps (HQ ratio) i dovode do dinamičke nestabilnosti koja može biti izražena u toj mjeri da poveća rizik za nove povrede. Ovo je tazlog zbog kojeg je kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta HQ omjer snažan prediktor funkcije operisanog koljena (163).

Mjer i saradnici su pokazali da je snaga hamstringa kod žena sportista nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta značajno smanjena u odnosu na zdrave žene sportiste što nije bio slučaj sa snagom kvadricepsa (164). Kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta Hohman i saradnici su utvrdili da jačina i snaga kvadricepa i hamstringa nije prediktor funkcije koljena. Ipak, uzimajući u obzir rezultate studije Kanusa i Jarvinena koji su objavljeni prije dvadeset pet godina HQ omjer ima značanu ulogu u procjeni rizika za povrede struktura koljenog zglobovi i mišića zadnje lože natkoljenice, posebno za mogućnost predviđanja i prevencije novih povreda (165).

Odnos između obrtnog momenta sile kvadricepsa i hamstringa proučavan je skoro trideset godina i standardizovana je njegova normativna vrijednost koja iznosi 0.6.

Ako su vrijednosti HQ omjera veće, mišići zadnje lože natkoljenice imaju veći funkcionalni kapacitet za pružanje stabilnosti koljenu. Ovo smanjuje i prednju translaciju golenjače u odnosu na butnu kost i anterolateralnu subluksaciju. Većina autora smatra da je vrijednost HQ omjera parametar praćenja efekata rehabilitacije i povratka sportskim aktivnostima (164,165).

U našoj studiji ispitanici iz grupe A i B se nisu međusobno razlikovali u prosječnim vrijednostima HQ omjera preoperativno i tri mjeseca postoperativno.

U šestom i devetom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta pacijenti iz obe grupe su se statistički značajno razlikovale u prosječnim vrijednostima HQ omjera u odnosu na zdrave ispitanike, a posebno pacijenti iz grupe A. To nam govori da su pacijenti koji su provodili postoperativnu rehabilitaciju po kombinovanom protokolu postigli bolju snagu hamstringa u ovim periodima praćenja i samim tim i bolji HQ omjer što ukazuje na efikasnost izokinetičkog treninga primjerenog u okviru kombinovanog rehabilitacionog protokola. Ova činjenica takođe

ukazuje da pacijenti 6 i 9 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta nisu bili u riziku povrede istog i/ili kontralateralnog koljena.

Hemstra sa grupom istraživača potvrdio je da je najbolji terapijski efekat u cilju jačanju hamstringsa a samim tim i boljih vrijednosti HQ omjera dao provedeni ekscentrični izokinetički trening (166). Ovo saznanje nas uvodi u definiciju i objašnjenje značaja mjerjenje funkcionalnog (dinamičkog) HQ omjera.

#### **6.8.7. Funkcionalni omjer agonista/antagonista (H/Q ratio)**

Funkcionalni omjer hamstringsa i kvadricepsa predstavlja odnos vrijednosti obrtnog momenta sile ekscentrične kontrakcije hamstringsa i vrijednosti obrtnog momenta sile koncentrične kontrakcije kvadricepsa (167).

Dakle, gledano sa aspekta pokretljivosti u koljenu, obe kontrakcije izazivaju ekstenziju koljena. Smatra se da ovaj odnos opisuje mišićne odnose u zglobu koljena i da se povećavaju njegove vrijednosti sa brzinom.

Ovaj parameter je posebno bitan kao faktor predikcije povreda i dobro je proučen u sportskoj literaturi, osobito vezano za performance u fudbalu. Mišićne performanse tokom fudbalskih aktivnosti su mnogo bolje prikazane funkcionalnom HQ omjeru od klasičnog jer je veća učestalost ekscentrične kontrakcije hamstringsa kao sport-specifičnog obrasca. Pokazalo se da deficiti u funkcionalnom HQ omjeru značajno utiču na učestalost povreda. Zabilježeno je da igrači sa neliječenim funkcionalnim deficitom imaju 4,66 puta veći rizik od povrede mišića zadnje lože natkoljenice i/ili prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (168,169).

S aspekta ovog praćenog parametra najznačajniji rezultat našeg istraživanja je da se u šestom i devetom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta pacijenti koji su provodili rehabilitaciju kombinovanim rehabilitacionim protokolom koji se sastojao između ostalog i od ekscentričnog treninga za hamstringse imaju bolje vrijednosti funkcionalnog HQ omjera u odnosu na ispitanike koji isti nisu provodili. Takođe, ovi pacijenti se u ovim postoperativnim periodima praćenja nisu značajno razlikovali od zdravih ispitanika što potvrđuje superiornost

primjene kombinovanog rehabilitacionog protokola u odnosu na standardni kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama m semitendinosus-a i m. gracilis-a.

Sve dostupne studije koje su ispitivale uticaj ekscentričnog treninga hamstringsa na funkcionalni HQ omjer kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta pozitivno su korelirale sa našim rezultatima (170,171,172).

## **6.9. Modifikovani Tegner Lysholm skor**

Modifikovani Tegner Lysholm skor za koljeno u medicinsku literaturu je uveden 1982. godine, a revidiran 1985. godine. Jedan je od najčešće korištenih alata za procjenu rezultata ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta iako samo mjeri aktivnosti svakodnevnog života. Ovaj funkcionalni test procjenjuje bol, otok i nestabilnost. Ovi parametri se ocjenjuju intervalno prema aktivnostima u kojima se javljaju. Iako su se brojni faktori u tretmanu povrede i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta mijenjali, ovaj test je ostao kao jedan od najčešće korištenih testova koji se koristi za procjenu napretka liječenja kod ove populacije pacijenata i najčešće se koristila u procjeni pacijenata 6, 9 i 12 mjeseci postoperativno kao pokazatelj oporavka tokom prve godine nakon operacije (97,173).

Risberg i saradnici su pokazali da ovaj skor ima malu senzitivnost da otkrije promjene koje se dešavaju tokom vremena i da se zbog toga ne preporučuje kao alat u procjeni ishoda hiruškog liječenja i rehabilitacije nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta (172).

Drugi autori izvjestili su o odgovarajućoj pouzdanosti ove skale kada su testirani u kombinovanim uzorcima pacijenata s različitim poremećajima koljena, uključujući povrede ligamenata i meniskusa, patelofemoralne bolove i degenerativne bolesti zglobova (173).

Američka grupa autora potvrđuje njegovu primjenu i 40 godina nakon prve primjene.

Rezultati do kojih smo došli tokom ovog istraživanja govore da su pacijenti koji su postoperativnu rehabilitaciju provodili primjenom kombinovanog rehabilitacionog protokola imali značajno bolje

vrijednosti modifikovanog Tegner Lysholm skora u svim periodima praćenja u odnosu na ispitanike iz grupe A. Potrebno je naglasiti da su se vrijednosti ovog skora značajno kroz vrijeme povećavale i kod pacijenata grupe A ali je to poboljšanje bilo manje od pacijenta iz grupe B. Najvažniji zaključak je da su pacijenti koji su postoperativnu rehabilitaciju provodili primjenom kombinovanog rehabilitacionog protokola u 9.postoperativnom mjesecu dostigli vrijednosti modifikovanog Tegner Lysholm skora zdravih ispitanika.

U jednoj od ranijih studija ispitivali smo uticaj organizovane rehabilitacije standardnim rehabilitacionim protokolom i potvrdili da su se u periodima praćenja (1, 3 i 6 mjeseci postoperativno) vrijednosti skora značajno povećavale (136).

Grupu danskih autora zanimalo je efekat intenzivnog treninga mišićne snage kvadricepsa u ranom postoperativnom periodu na nivo oporavka funkcije koljena. U studiji tokom koje su pacijenti praćeni 20 nedjelja zabilježen je značajan porast vrijednosti Tegner Lysholm skora (174).

Na osnovu svega navedenog možemo zaključiti da se terapijske intervencije koje se primjenjuju nakon povrede i ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena, a koje značajno poboljšavaju funkciju zglobova koljena utiču i na značajno poboljšanje vrijednosti modifikovanog Tegner Lysholm skora.

## **6.10. Testovi propriocepcije**

Mnogi savremeni rehabilitacioni protokoli sadrže elemente proprioceptivnog treninga kao jednog od ključnih elemenata restauracije funkcije zglobova koljena nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta.

Poznato je da prednji ukršteni ligament sadrži mehanoreceptore, uključujući Goldzijeve tetivne organe, Paćinijeve korpusule i Rufinijeve nervne završetke (175).

Ovi receptori čine dio refleksnog luka u kojem prednja translacija golenjače rezultuje kontrakcijom mišića zadnje lože natkoljenica koji predstavlja protektivni mehanizam. Ova kontrakcija se dešava na nivou refleksnog luka. Stoga se može očekivati da će ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta

dovesti do prekida refleksnog luka jer je rupturom eliminisan prvi element refleksnog luka, receptor (175).

Opšte prihvaćena definicija propriocepcije je da je to osjećaj za položaj jednog dijela tijela u odnosu na druge i sposobnost detekcije pokreta u zglobu (kinestezija). Propriocepcija je važan dio somatosenzornog nervnog sistema (146).

Postoje studije sa oprečnim rezultatima vezano za deficit propriocepcije nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta ali i o njenom postoperativnom oporavku (176).

Pojedini autori navode da se oporavak propriocepcije može očekivati i objektivizirati 5 do 12 mjeseci nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. Ima i onih koji smatraju da je oporavak propriocepcije nakon rekonstrukcije ovog ligamenta moguć i do kraja druge godine od operacije (177).

Postoji nekoliko načina procjene stanja propriocepcije. Mi smo u našem istraživanju koristili dva testa: test stajanja na jednoj nozi i test skakanja na jednoj nozi.

#### **6.10.1. Test stajanja na jednoj nozi**

Par randomiziranih kliničkih studija je proučavalo uticaj neuromuskularnog treninga kao sastavnog dijela rehabilitacionog programa kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena (178,179,180,181).

Risberg i saradnici su imali bolje funkcionalne skorove i rezultate proprioceptivnih testova stajanja i skakanja na jednoj nozi tek u šestom mjesecu postoperativno ali je oporavak bio evidentiran kod manjeg broja ispitanika i do kraja druge godine nakon rekonstrukcije ovog ligamenta (172).

Bruneti sa svojim timom istraživača objavio je rezultate dvostruko slijepo placebo kontrolisane randomizovane studije u kojoj je proučavao uticaj vibracione platforme na oporavak propriocepcije kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta. On je izvjestio da je 9 mjeseci postoperativno zabilježeno statistički značajno poboljšanje propriocepcije

u odnosu na preoperativni nivo i da ove vrijednosti se nisu značajno razlikovale od zdravih ispitanika.

Mozi i saradnici su ispitivali stanje propriocepcije u trećem postoperativnom mjesecu nakon provođenih vježbi proprioceptivne reeduksacije. Oni svjedoče statistički značajnom oporavku propriocepcije u odnosu na preoperativni nivo, ali naravno, u kratkom periodu praćenja (182).

Naši rezultati ukazuju da postoji značajna razlika u prosječnim vrijednostima testa stajanja na jednoj nozi kod pacijenta iz grupe A i B preoperativno u odnosu na zdrave ispitanike što je i očekivano jer se nakon povrede gubi proprioceptivna uloga prednjeg ukrštenog ligamenta. S napredovanjem u funkcionalnom oporavku obima pokreta i mišićne snage, dešava se i napredak u propriocepciji kod ispitanika u obe grupe ali sa konstantno značajno boljim rezultatima praćenog parametra kod pacijenata koji su rehabilitaciju proveli primjenom kombinovanog postoperativnog rehabilitacionog protokola. Nakon devet mjeseci od ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena pacijenti koji su proveli rehabilitaciju primjenom standardnog protokola imali su značajno niže vrijednosti propriocepcije od zdravih ispitanika. Pacijenti koji su imali značajan progres u jačanju mišićne snage primjenom izokinetičkih vježbi imali su i bolji oporavak propriocepcije. Prosječne vrijednosti testa stajanja na jednoj nozi kod ovih pacijenata nisu se statistički značajno razlikovale od zdravih ispitanika. Ovaj rezultat možemo osvijestiti i iz bolje proprioceptivne uloge mišića jer ne smijemo zaboraviti da i mišići imaju značajnu ulogu u ovoj oblasti. Sigurno je da su potrebna dodatna istraživanja na ovu temu kako bi se došlo do novih naučnih saznanja.

#### **6.10.2. Test skakanja na jednoj nozi**

Test skakanja na jednoj nozi jedan je od testova procjene propriocepcije i stabilnosti koljena kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta. Ovaj test se često koristi u cilju procjene mogućnosti povratka sportskim aktivnostima. Da bi se pristupilo izvođenju ovog testa moraju se ispuniti sljedeći uslovi: pun obim pokreta u koljenu, dobra mišićna snaga natkoljene muskulature i negativan Lahman test (148).

Dokazano je da test skakanja na jednoj nozi pokazuje dobru pouzdanost i senzitivnost u različitim periodima mjerena propriocepcije nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta.

Dubljanin-Raspopović sa saradnicima izvještava o pozitivnom efektu rane primjene vježbi proprioceptivne reeduksije na funkcionalni status koljena 4 mjeseca nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta. U ovoj studiji su rezultati testa stanja na jednoj nozi i testa skakanja na jednoj nozi bili statistički značajno bolji kod ispitanika koji su u ranom postoperativnom periodu započeli vježbe proprioceptivnog oporavka. Ovo poboljšanje je pozitivno koreliralo i sa poboljšanjem mišićne snage, te vrijednostima Tegner i Lysholm skora (77).

U našem istraživanju pacijenti nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta su se značajno razlikovali od zdravih ispitanika. Postoperativno, u svim periodima praćenja izuzev u trećem postoperativnom mjesecu nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta, nađen je značajno bolji oporavak propriocepcije kod pacijenata koji su proveli izokinetički trening u okviru kombinovanog rehabilitacionog protokola.

Kline i saradnici su pokazali pozitivnu korelaciju između testa skakanja na jednoj nozi i snage kvadricepsa. Vrijednosti ovih parametara u 3 mjesecu nakon ligamentoplastike bili su značajan prediktor poboljšanja kinematike u sagitalnoj ravni u 6 mjesecu postoperativno (183). Ovu činjenicu su opozvali grčki istraživači u studiji objavljenoj 2012. godine (184) .

U martu ove godine američki istraživači su izjavili da su vrijednosti obrtnog momenta sile ekstenzora koljena pozitivno povezane sa vrijednostima testa skakanja na jednoj nozi. Međutim, vrijednosti testa skakanja na jednoj nozi treba tumačiti s oprezom jer su testovi dali značajnije poboljšanje u odnosu na izokintički test. Trenutna izokinetička ispitivanja „zlatnog standarda“ pri sporovima brzini (ISO60) pružila su pozitivnu korelaciju sa vrijednostima svih funkcionalnih testova. To je razlog što je ova studija podržala kontinuiranu upotrebu izokinetičkih ispitivanja prilikom ispitivanja spremnosti pojedinca i povratka u sport (183).

Izgledno je da naprekom tehnologije u budućnosti možemo očekivati pojavu izokinetičkih sistema koji će moći sa velikom senzitivnošću i specifičnosću izmjeriti i parametre proprioceptivnog oporavka nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena.

## **6.11. Upitnik za procjenu kvaliteta života nakon rupture prednjeg ukrštenog ligamenta**

Mnogim pacijentima povreda i hirurško liječenje rupture prednjeg ukrštenog ligamenta koljena umnogome promjeni život. To je razlog zbog čega je osim procjene same funkcije zgloba koljena nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta neophodno procijeniti i zadovoljstvo pacijenata efektima navedenog liječenja i provedene postoperativne rehabilitacije.

Tokom posljednje decenije vlastita procjena pacijenata i iskazivanje zadovoljstva nakon ligamentoplastike i provedene postoperativne rehabilitacije zbog povrede prednjeg ukrštenog ligamenta postaju važan dodatak postoperativnoj kliničkoj procjeni.

Anterior Cruciate Quality of Life Questionnaire je jedan od upitnika koje je priznat kao internacionalni alat u procjeni kvaliteta života pacijenta nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta (185).

Mohtadi i saradnici su razvili subjektivni instrument za mjerjenje kvaliteta života za hroničnu insuficijenciju prednjeg ukrštenog ligamenta, ACL-QOL, i ustanovili da je u stanju razlikovati pacijente koji su liječeni konzervativno i hirurški. Ovo je instrument procjene sa specifičnim pitanjima za pacijente sa ovom patologijom (186).

Prema meta-analizi Filbaja i saradnika stopa subjektivnog zadovoljstva pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta obično je između 70 i 95% (187).

Ukupni srednjeročni i dugoročni rezultati nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta ocijenjeni su kao dobri.

Kvalitet života kod naših pacijenta nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena i provedene devetomjesečne postoperativne rehabilitacije bio je u skladu sa dostupnim podacima iz savremene literature. Preoperativno i u trećem mjesecu postoperativno nije nađeno značajna diskrepanca u zadovoljstvu kvalitetom života nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta između ispitivanih grupa. Kod pacijenata koji su provodili postoperativnu rehabilitaciju

po standardnom protokolu nađeno je značajno slabiji rezultat praćenog upitnika u odnosu na zdrave ispitanike. Kvalitet života pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta mekotkivnim hamstrings graftom kod pacijenata koji su provodili postoperativnu rehabilitaciju primjenom kombinovanog protokola rehabilitacije bio je značajno bolji. U odnosu na zdrave ispitanike, 66,9% pacijenta koji su proveli rehabilitaciju po standarnom protokolu, izjasnili su se dobrom kvalitetom života. U grupi pacijenata koji su povodili postoperativnu rehabilitaciju primjenom kombinovanog protokola koji je sadržao i izokinetički trening, ovo zadovoljstvo je bilo nešto veće i iznosilo je 81,12% od procjene kvaliteta života zdravih ispitanika.

## **7. ZAKLJUČAK:**

Zaključci ovog istraživanja su:

1. Funkcionalni ishod rehabilitacije pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama m. semitendinosus-a i m. gracilisa koji su rehabilitovani primjenom standardnog protokola rehabilitacije je bolji u odnosu na preoperativno stanje jer su postignuti su osnovi ciljevi rehabilitacije: statički stabilno koljeno, bez izljeva, pune amplitude pokreta, zadovoljavajuće mišićne snage natkoljenica i stanja propriocepcije. Međutim, pacijenti iz ove grupe su značajno odstupali u osnosu na zdrave ispitanike u pogledu rezultata funkcionalnog skora (modifikovani Tegner Lysholm skor) i upitnika za kvalitet života (ACL QoL).
2. Funkcionalni ishod rehabilitacije pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama m. semitendinosus-a i m. gracilisa koji su rehabilitovani primjenom kombinovanog protokola rehabilitacije tokom kojeg je primjenjen ciljani izokinetički trening uspješno su završili rehabilitaciju 9 mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom bez odstupanja u praćenim parametrima u odnosu na zdrave ispitanike.
3. Uspješno je završena rehabilitacija pacijenata iz ispitivanog uzorka nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom primjenom obe vrste primjenjenog rehabilitacionog protokola ali su efekti kombinovanog protokola bili bolji, dominantno na restauraciju mišićne snage i propriocepcije, a samim tim i kvalitet života.
4. Mišićni disbalans značajno utiče na funkcionalni status koljena kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. S obzirom da kvadriceps i hamstringi antagonističkim silama djeluju na stabilnost koljena, jedan od krucijalnih zadataka rehabilitacije je postići njihovu dobru mišićnu snagu i balans (kako ipsilateralni tako i kontralateralni). Tako postizanjem preporučenih normativnih vrijednosti klasičnog i

funkcionalnog HQ omjera postižemo optimalan, ciljni rezultat rehabilitacije. Pacijent se sigurno može vratiti u punom kapacitetu svojim aktivnostima svakodnevnog života ali i sportskim aktivnostima.

5. Kvalitet života pacijenata koji su rehabilitovani primjenom kombinovanog (standardnog + izokinetičkog) rehabilitacionog protokola nakon 9 mjeseci nije se značajno razlikovao od zdravih ispitanika, dok su ispitanici rehabilitovani standardnim protokolom imali značajno slabiji rezultat upitnika za procjenu kvaliteta života od zdravih ispitanika.

U odnosu na postavljene hipoteze istraživanje je pokazalo da je:

1. Funkcionalni status kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta semi-T/gracilis metodom koji su rehabilitovani standardnim protokolom je poboljšan u odnosu na preoperativno funkcionalno stanje.
2. Funkcionalni status kod pacijenata sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta je poboljšan nakon ligamentoplastike semi-T/gracilis metodom i provedene postoperativne rehabilitacije sa kombinovanim (standardnim i izokinetičkim) rehabilitacionim protokolom.
3. Pacijenti koji postoperativnu rehabilitaciju provode uz primjenu kombinovanog (standarnog i izokinetičkog) protokola imaju bolji ishod liječenja nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta 6 i 9 mjeseci postoperativno u odnosu na pacijente rehabilitovane samo uz primjenu standardnog protokola rehabilitacije.
4. Disbalans natkoljene muskulature značajno utiče na funkcionalni status koljena kod pacijenata sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta preoperativno i postoperativno. Dokazano je da su pacijenti koji su nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotkivnim hamstrings graftom rehabilitovani primjenom kombinovanog rehabilitacionog protokola dostigli vrijednosti jačine i snage natkoljene muskulature na nivou istih kod kontrolne grupe zdravih ispitanika.

5. Kvalitet života pacijenta 9 mjeseci nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena primjenom mekotkivnog hamstrings grafta i kombinovanog rehabilitacionog protokola postižu kvalitet života u nivou istog kod zdravih ispitanika.

Rezultati ovog istraživanja ukazuju da su sve radne hipoteze u potpunosti potvrđene izuzev dvije, koje su djelimično potvrđene. One se odnose na nivo mišićne snage pacijenata nakon ligamentoplastike i provedene rehabilitacije i kvalitet života. Prepostavili smo da se mišićna snaga kod ovih pacijenata ne dostiže u prvih 9 mjeseci postoperativno u nivou iste kod zdravih ispitanika. Istraživanje je pokazalo da je isto primjenom izokinetičkog treninga moguće i da izokinetički trening, kada i kome je dostupan, jedan od krucijalnih alata u rehabilitaciji pacijenta nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog liamenta mekotivnim hamstrings graftom. Takođe, prepostavili smo da se pacijenti nakon ligamentoplastike i provedene rehabilitacije značajno ne razlikuju u pogledu kvaliteta života, a istraživanje je pokazalo je to naučna istina samo kod pacijenata rehabilitovanih primjenom kombinovanog (standardnog+ izokinetičkog) protokola.

Nasuprot gore navedenom, sve nulte hipoteze su odbačne izuzev dijelova dvije hipoteze, a koja se odnosi na postizanje jednake mišićne snage natkoljene muskulature kod pacijenata nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena mekotivnim hamstrings graftom i zdravih ispitanika 9 mjeseci postoperativno i kvaliteta života.

## **8. LITERATURA:**

1. Nikolić V. Sportska traumatologija, Zagreb: Medicinska naklada; 2010.
2. Sanders TL, Kremers HM, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med* 2016; 44(6):1502-7.
3. Boden BP, Dean GS, Feagrin JA Jr, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 2000; 23(6):573-8.
4. Hewet TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res* 2016; 34 (11):1843-1855.
5. Bączkowicz D, Skomudek A. Assessment of neuromuscular control in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Ortop Traumatol Rehabil* 2013; 15(3):205-14.
6. Failla MJ, Arundale AJ, Logerstedt DS, Snyder-Mackler L. Controversies in knee rehabilitation: anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med* 2015; 34(2):301-12.
7. Gföller P, Abermann E, Runer A, Hoser C, Pflüglmayer M, Wierer G, et al. Non-operative treatment of ACL injury is associated with opposing subjective and objective outcomes over 20 years of follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019; 27(8):2665-2671.
8. Ardern CL, Sonesson S, Forssblad M, Kvist J. Comparison of patient-reported outcomes among those who chose ACL reconstruction or non-surgical treatment. *Scand J Med Sci Sports* 2017; 27(5):535-544.
9. 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):50-59.
10. Krause M, Freudenthaler F, Frosch KH, Achtnich A, Petersen W, Akoto R. Operative Versus Conservative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Dtsch Arztebl Int* 2018; 115(51-52):855-862
11. Pastrone A, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction creating the femoral tunnel through the anteromedial portal. Surgical technique. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2011;4:52-56.

12. Herzog MM, Marshall SW, Lumnd JL, Pate V, Mack CD, Spang JT. Trends in Incidence of ACL Reconstruction and Concomitant Procedures Among Commercially Insured Individuals in the United States, 2002-2014. *Sports Health* 2018;10(6):523-531.
13. Kyritsis P, Witvrouw E. Return to Stpost after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Literature Review. *J Nov Physiother* 2014; 4:1-6.
14. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the menagment od anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best practiece &Research Clin Reumatology* 2019;33:33-47.
15. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Ciln Orthop Relat Res* 2007; 454:35-47.
16. Otsubo H, et al. The arrangement and attachment areas of three ACL bundles. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:127-134.
17. Davarinos N, O'Neill BJ, Curtin W. A Brief History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Advances in Orthopedic Surgery* 2014;1:1-6.
18. Norwood LA, Cross MJ. Anterior cruciate ligament:functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med* 1979; 7(1):23.
19. Shino K, Inoue M, Horibe S, et al. Maturation of allografts tendons transplanted into the knee. An arthroscopic and histological study. *J Bone Joint Surg Br* 1988; 70:556–560.
20. Falconiero RP, Di Stefano VJ, Cook TM. Revascularization and ligamentization of autogenous anterior cruciate ligament grafts in humans. *Arthroscopy* 1998; 14:197–205.
21. Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, et al. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* 1999; 15:741–749.
22. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, et al. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 1: biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med* 1999; 27:821–830.
23. O'Rahilly R. The early prenatal development of the human knee joint. *J Anat* 1951; 85:166–170.
24. Ellison AE, Berg EE. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 1985; 16:3–14.

25. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67:257–262.
26. Petersen W, Tillmann B. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Orthopade* 2002; 31:710–718.
27. Hu X, Chuli Z, Qiang Z, Tianshu D, Ming D, Yingchum W et al. A Systematic Review of Anterior Cruciate Ligament Femoral Footprint Location Evaluated by Quadrant Method for Single-Bundle and Double-Bundle Anatomic Reconstruction. *Arthroscopy* 2016; 32(8):1724-34.
28. Kummer B, Yamamoto Y. [Funktionelle Anatomie der Kreuzbaender]. *Arthroskopie* 1988; 1:2–10.
29. Relph N, Herrington L, Tyson S. The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis. *Physiotherapy* 2014; 100 (3):187-95.
30. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu, Z. Assessing proprioception: A critical review of method. *J Sport Health Sci* 2016; 5:80-90.
31. Proske U, Ganderia S. The proprioceptive Sences: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position, and Movement, and Muscle Force. *Physiol Rev* 2012; 92:1651-1697.
32. Dienst R, Burks R, Greis P. Anatomy and biomechanic of anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 2002; 33(4):605-20.
33. Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH. Biomechanical analysis of an anatomic ACL reconstruction. *Am J Sports Med* 2002; 30(5): 660-666.
34. Moglo KE, Shirazi-Adl A. Cruciate coupling and screw-home mechanism in passive knee joint during extension-flexion. *J Biomech* 2005; 38(5): 1075-1083.
35. Takai S, Woo SL-Y, Livesay GA, et al. Determination of the in situ loads on the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 1993; 11:686–695.
36. Sakane M, Fox RJ, Woo SL-Y, et al. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res* 1997; 15:285–293.
37. Andriacchi TP, Dyrby CO. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *J Biomech* 2005; 38:293–298.
38. Waite JC, Beard DJ, Dodd CA, et al. In vivo kinematics of the ACLdeficient limb during running and cutting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005; 13:377–384.

39. Yamamoto Y, Hsu Y, Woo SL, et al. Knee stability and graft function after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of a lateral and an anatomical femoral tunnel placement. *Am J Sports Med* 2004; 32:1825–1832.
40. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tear and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med* 2016; 44(6):1502-7.
41. Svantesson E, Senorski E, Baldari A, Ayeni O, Engebretsen L, Francheschi F, et al. Factors associated with additional anterior cruciate ligament reconstruction and register comparison: a systematic review on the Scandinavian knee ligament registers. *Br J Sports Med* 2019; 53:418–425.
42. Shafizadeh S, Jaecker V, Otchwemah R, Benarjee M, Naendrup JH. Current status of ACL reconstruction in Germany. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016;136(5):593-603.
43. Gianotti SM, Maschal SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J Sci Med Sport* 2009;12 (6):622-7.
44. Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91(10):2321-8.
45. Mall NA, Chalmers P, Moric M, Tanaka M, Cole B, Back B, et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med* 2014; 42(10):2363–2370.
46. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Ortho* 2000; 23:573–578.
47. Irelan ML. Special concerns of the female athlete. Sports injuries: mechanism, prevention, and treatment, Ed 2. Philadelphia, 1994, Williams & Wilkins, pp 153–187.
48. Wetters N, Weber AE, Wuerz TH, Schub DL, Mandelbaum BR. Mechanism of Injury and Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Operative Techniques in Sports Medicine*. 2015. Elsevier.
49. H. Koga et al. Mechanisms for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations From Female Team Handball and Basketball. *Am J Sports Med* 2010; 38(11):2218-25.

50. Felli L, Garlaschi G, Muda A, Tagliafico A, Formica M, Zanirato A, Alessio-Mazzola M. Comparison of clinical, MRI and arthroscopic assessments of chronic ACL injuries, meniscal tears and cartilage defects. *Musculoskelet Surg* 2016; 100 (3):231-238.
51. Noyes FR, Mooar LA, Moorman CT, et al. Partial tears of the anterior cruciate ligament: progression to complete ligament deficiency. *J Bone Joint Surg Br* 1989; 71:825-833.
52. Donaldson WF III, Warren RF, Wickiewicz T. A comparison of acute anterior cruciate ligament examinations. Initial versus examination under anesthesia. *Am J Sports Med* 1985;13:5-10.
53. Ostrowski JA. Accuracy of 3 diagnostic tests for anterior cruciate ligament tears. *J Athl Train* 2006; 41:120-121.
54. Benjamine A, Gokeler A, van der Schans CP. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36:267-288.
55. Sarimo J, Rantanen J, Heikkila J, et al. Acute traumatic hemarthrosis of the knee. Is routine arthroscopic examination necessary? A study of 320 consecutive patients. *Scand J Surgery* 2002; 91:361-364.
56. Benjamine A, Gokeler A, Van der Schans CP. Clinical diagnosis of an ACL rupture: A meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36: 267-288.
57. Jacob KM, Oommen AT. A retrospective analysis of risk factors for meniscal comorbidities in ACL injuries. *Indian J Orthop* 2012; 46(5): 566-569.
58. Jandrić S. Osnovi fizikalne medicine i rehabilitacije, Banjaluka: Grafomark Laktaši; 2005.
59. Liu SH, Osti L, Henry M, et al. The diagnosis of acute complete tears of the anterior cruciate ligament. Comparison of MRI, arthrometry and clinical examination. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77 B:586-588.
60. Dominik C, Raschke M, Herbst M. Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop.* 2016; 7(2): 82-93.
61. Stallenberg B, Gevenois PA, Sintzoff SA Jr, et al. Fracture of the posterior aspect of the lateral tibial plateau: radiographic sign of anterior cruciate ligament tear. *Radiology* 1993; 187:821-825

62. Fitzgerald SW et al. MR evaluation of the anterior cruciate ligament: Value of supplementing sagittal images with coronal and axial images. *Am J Radiol* 1993; 160: 1233.
63. Mink JH, Levy T, Crues JV III. Tears of the anterior cruciate ligament and the menisci of the knee: MR imaging evaluation. *Radiology* 1998; 167:169.
64. Griffin JW, Miller MD. MRI of the knee with arthroscopic correlation. *Clin Sports Med* 2013; 32(3): 507-523.
65. Ruzbarsky JJ, Konin G, Mehta N, Marx RG. MRI Arthroscopy Correlations: Ligaments of the Knee. *Sports Med Arthrosc Rev* 2017; 25(4):210-218.
66. van Grinsven S, van Cingel RE, Holla CJ, van Loon CJ. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18 (8):1128-44.
67. Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94(19):1737-48.
68. Micheo W, Hernandez L, Seda C. Evaluation, managment, rehabilitation and prevention ACL injury: current concepts. *PMR* 2010; 2(10): 935-944.
69. Steiner ME, Murray MM, Rodeo SA. Strategies to improve anterior cruciate healing and graft placement. *Am J Sport Med* 2008; 36(1):176-189.
70. Bottoni CR, Liddell TR, Trainor TJ, Freccero DM, Lindell KK. Postoperative range of motion following ACL reconstruction using autograft hamstrings: a prospective randomized clinical trial of early versus delayed reconstruction. *Am J Sports Med* 2008; 36(4): 656-662.
71. Kwok CS, Harrison T, Servant C. The optimal timing for ACL reconstruction with respect to the risk of postoperative stiffness. *Arthroscopy* 2013; 29(3): 556-565.
72. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after ACI reconstruction. *Am J Sports Med* 1990; 18: 292-299.
73. Mihajlović V. Terapijski fizikalni modaliteti, Podgorica: Unireks, Podgorica; 2011.
74. Ohkoshi Y, Ohkoshi M, Nagasaki S, et al. The effect of cryotherapy on intraarticular temperature and postoperative care after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med* 1999; 27:357- 362.

75. Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtys EM. Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clin Sport Med* 2008;27(3):405-424.
76. Cavanaugh JT, Powers M. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017;10:289-296.
77. Dubljanin-Raspopović E, Kadija M, Mirkov D, Bumbaširević M. Značaj vežbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca nakon rekonstrukcije prednje ukrštene veze. *Vojnosanit Pregl* 2011; 68(2):170-174.
78. Rambaud A, Ardern C, Thoreux P, Regnaux JP, Edouard P. Criteria for return to running after anterior cruciate ligament reconstruction: a scoping review. *Br J Sport Med* 2018; 52:1437-1444.
79. Deillito A, Rose SJ, McKown JM, et al. Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther* 1988; 68: 660-663.
80. Johnson RJ, Beynon BD. What do we really know about rehabilitation after ACL reconstruction? commentary on an article by L.M. Kruse, MD, et al.: "rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. a systematic review". *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94 (19): e148(1-2).
81. Pelegrinelli A, Guenka L, Cardoso J. Isokinetic Muscle Performance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Case-Control Study. *Int J Sports Phys Ther* 2018; 13(5):882-889.
82. Davies G, McCarty E, Manske R. ACL Return to Sport Guidelines and Criteria. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017;10(3):307-314.
83. Anderson MA, Gieck JH, Weltman A, Rutt RA, Denegar CR. The Relationships among Isometric, Isotonic, and Isokinetic Concentric and Eccentric Quadriceps and Hamstring Force and Three Components of Athletic Performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991; 14(3):114-20.
84. Shephard RJ. Exercise Prescription: Principles and Current Limitations. *Can Fam Physician* 1983; 29:1367-1370.
85. Hsieh CP, Wei TS, Wu CC. The early effects of isokinetic muscle training on knee joint muscle strength after modified double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Clin Exp Med* 2016; 9(7):14461-144470.

86. Lyngberg K, Ramsing B, Naweocku A, Harreby M, Danneskiold-Samsoe B. Safe and Effective Isokinetic Knee extension training in Rheumatoid Arthritis. *Arthritis&Rheumatism* 1994; 37(5):623-628.
87. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Consideration. *Sport Med* 2018; 48(10):765-785.
88. Voight ML, Hoogenboom B, Cook G. Functional training and Advanced Rehabilitation. *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete* (Fourth Edition). 2012. pp:503-523.
89. Tsaklis P, Abatzides G. ACL rehabilitation program using a combined isokinetic and isotonic strengthening protokol. *Isokinetics and Exercise Science*. 2002. 10:211-219.
90. Buckthorpe M, La Rosa G, Della Villa F. Restoringknee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther* 2019;14(1):159-172.
91. Fabis J. The impact of isokinetic training program on the peak torque of the quadriceps and knee flexors after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007; 9(5):527-31.
92. Dragičević-Cvjetković D, Bijeljac S, Palija S, Talić G, Nožica Radulović T, Kosanović Glogovac M, et al. Isokinetic testing in evaluation rehabilitation outcome after ACL reconstruction. *Med Arch* 2015; 69(1):21-3.
93. Baumgart C, Welling W, Hoppe MW, Freiwald J, Gokeler A. Angle-specific analysis of isokinetic quadriceps and hamstring torques and ratios in patients after ACL-reconstruction. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2018;10:23-31.
94. Strobel MJ, Schulz MS. Anterior Cruciate Ligament reconstruction with the semitendinosus-gracilis tendon transplant. *Orthopade* 2002;31 (8):758-69.
95. Gans I, Retzky J, Jones L, Tanaka M. Epidemiology od Recurrent Anterior Cruciate Ligament Injuries in Natolonal Collegiate Athletic Association Sports: The Injury Surveillance Program,2004-2014. *Orthop J Sports Med* 2018;6(6): 23-30.
96. Strobel MJ. ACL reconstruction with semitendinosus and gracilis tendon using the femoral double channel technique. *Knee Surg Sports raumatol Arthrosc* 2006; 14(3):204-213.
97. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Rel Res* 1985; 198: 43-49.

98. Fisher-Rasmussen T, Jensen PE. Proprioceptive sensitivity and performance in anterior cruciate ligament – deficient knee joints. *Scand J Med Sci Sport* 2000;10:85-89.
99. Kinikli GI, Celik D, Atay OA, Yuksel I. Anterioe Cruciate Ligament Quality of Life Questionnaire: Turkish Translation with Reliability, Validity, and Responsiveness Evaluation. *Orthop J Sports Med* 2014; 2(11): 34-36.
100. Casado M, Seijas R, Perez-Bellmunt A, Navvaro R, Ragazzi P, Alvarez P. Epidemiology of Primary Anterior Cruciate Ruptures in Men and Women. *Int J Spots Exerc Med* 2019;5:114-119.
101. Kaeding C, St-Jean B, Magnussen R. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med* 2017; 36(1):1-8.
102. Joseph A, Collins C, Henke N, Yard E, Fields A, Comstrock D. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train* 2013;48(6):810-817.
103. Lindefeld TN, Schmitt DJ, Hendy MP, Mangine RE, Noyes FR. Incidence of injury in indoor soccer. *Am J Sports* 1994. 22:364-371.
104. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 1995;23: 694-701.
105. Engstrom B, Johansson C, Tornkvist H. Socces injuries among elite female players. *Am J. Sports Med* 1991; 19: 372-375.
106. Gwinn DE, Wilckens JH, McDevitt ER, Ross G, Kao TC. The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. *Am J Sports Med* 2000; 28: 98-102.
107. Slauterback JR, Fuzie SF, Smith MP, Clark RJ, Xu K. The menstrual cycle, Sex hormones and Anterior Cruciate Ligament injury. *J Athl Train* 2002. 37:275-278.
108. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? *Orthop Clin North Am* 2002; 33:637-651.
109. Shelbourne KD, Grey T. Anterior cruciate ligament reconstruction with autologous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. *Am J Sports Med* 1997; 25:786-795.

110. Johnson RJ, Eriksson E, Haggmark T, Pope MH. Five-to ten –year follow-up evaluation after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Clin Orthop Relat Res 1984; 122-140.
111. <https://www.olympic.org/gender-equality>.
112. Bogunovic L, Matava MJ. Operative and nonoperative treatment options for ACL tears in the adult patient: A Conceptual Review. Phys Sportsmed 2013; 41 41 (4):33-40.
113. Sanders T, Kremers HM, Bryan A, Larson D, Dahm D, Levy B, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tear and Reconstruction:A 21-Year Population-Based Study. Am J Sports Med 2016; 44(6):1502-7.
114. Cerulli G, Benoit D L, Lamontagne M.*et al* In vivo anterior cruciate ligament strain behavior during a rapid deceleration movement: case report. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2003;11307–311.
115. Bing Y, William G. Mechanism of non-contact ACL injuries. Br J Sport Med 2010;41(1):47-51.
116. DeMorat G, Weinhold P, Blackburn T, et al. Aggressive quadriceps loading can induce non-contact anterior cruciate ligament injury. Am J Sports Med 2004; 3:2477–483.
117. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. Br J Sports Med 2005; 8(9): 324–329.
118. Knoll Z, Kocsis L, Kiss R. Gait patterns before and after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2004;12 (1):7-14.
119. Leporace G, Metsavath L, de Oliveira LP, Nadal J, Batista LA. Motor coordination during gait after anterior cruciate ligament injury: a systematic review of the literature. Rev Bras Ortop 2013;48 (4):293-299.
120. Gokeler A, Benjminse A, Van Eck CF, Webster KE, Schot L, Otten E. Return of normal gait as an outcome measurement in ACL reconstructed patients. A Systematic Review. Int J Sports Phys Ther. 2013; 8(4): 441–451.
121. DeVita P, Helseth J, Hortobagyi T. Muscles do more positive than negative work in human locomotion. J Exp Biol 2007; 210 (19): 3361–3373.
122. Keros P, Pećina M. Funkcijska anatomija lokomotornog sustava, Zagreb: Naklada Ljevak, Zagreb; 2006.

123. Milinković Z i sar. Sportska medicina u pitanjima i odgovorima, Beograd: Narodna knjiga. Alfa Beograd; 2010.
124. Cinque ME, Dornan GJ, Chahla J, Moatshe G, LaPrade R. High Rates of Osteoarthritis Develop After Anterior Cruciate Ligament Surgery: An Analysis of 4108 Patients. *Am J Sports Med* 2018;46 (8):2011-2019.
125. Rousseau R, Labruyere C, Kajetanek C, Deschamps O, Makridis K, Djian P. Complication after ACL reconstruction and their relation to the type of graft: A prospective study of 958 cases. *Am J Sports Med* 2019; 47(11):2543-2549.
126. Jacob KM, Oommen AT. A retrospective analysis of risk factors for meniscal comorbidities in ACL injuries. *Indian J Orthop* 2012; 46(5): 566-569.
127. Ayeni O, Chahal M, Tran M, Sprague S. Pivot Shift as an outcome measure after ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20 (4):767-77.
128. Krupa S, Krolikowska A, Reichert P. Postoperative Knee Joint Stability Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Ligament Advanced Reinforcement System. *Polim Med* 2016;46(2):155-161
129. Heijne A, Axelsson K, Werner S, Biguet G. Rehabilitation and recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: patients' experiences. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 21(3):221-234.
130. Bottoni CR, Liddell TR, Trainor TJ, Freccero DM, Lindell KK. Postoperative range of motion following ACL reconstruction using autograft hamstrings: a prospective randomized clinical trial of early versus delayed reconstruction. *Am J Sports Med* 2008; 36(4): 656-662.
131. Kwok CS, Harrison T, Servant C. The optimal timing for ACL reconstruction with respect to the risk of postoperative stiffness. *Arthroscopy* 2013; 29(3): 556-565.
132. Wierer G, Runer A, Gfoller P, Fink C, Hoser C. Extension deficit after anterior cruciate ligament reconstruction: Is arthroscopic posterior release a safe and effective procedure? *Knee* 2017;24(1):49-54.
133. Noll S, Garrison C, Bothwell J, Convay J. Knee Extension Range of Motion at 4 Weeks Is Related to Knee Extension Loss at 12 Weeks After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2015;3(5):23-29.

134. Shelbourn D, Urch S, Gray T, Freeman H. Loss of normal knee motion after anterior cruciate ligament reconstruction is associated with radiographic arthritic changes after surgery. *Am J Sports Med* 2012; 40(1):108-13.
135. Thomas A, Wojtys E, Brandon C, Palmieri-Smith M. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sci Med Sport* 2016;19(1):7-11.
136. Krishnan C, Williams G. Factors Explaining Chronic Knee Extensor Strength Deficits after ACL Reconstruction. *J Orthop Res* 2011; 29(5): 633–640.
137. Dragičević-Cvjetković D. Ishod rehabilitacije nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena. Magistarsta teza. 2014. Medicinski fakultet Banja Luka.
138. Soderberg GL, Ballantyne BT, Kestel KK. Reliability of lower extremity girth measurements after anterior cruciate ligament reconstruction. *Physiother Res Int* 1996;1 (1):7-16.
139. Mayer F, Schlumberger A, van Cingel R, Henrotin Y, Laube W, Schmidthleicher D. Training and testing in open versus closed kinetik chain. *Isokinetic and exercise Science* 2003; 11(4): 181-187.
140. Olestad B, Holm I, Gunderson R, Myklebust G, Risberg M. Quadriceps muscle weakness after anterior cruciate ligament reconstruction: A risk factor for knee osteoarthritis? *Arthritis Care & Research* 2010; 62(12):1706-1714.
141. Novaretti JV, Franciozi CE, Forgas A, Sasaki PH, Ingham S, Abdalla RJ. Quadriceps Strength Deficit at 6 Months After ACL Reconstruction Does Not Predict Return to Preinjury Sports Level. *Sports Health* 2018;10 (3):266-271.
142. Dubljanin-Raspopović E, Kadija M, Matanović D. Evaluation of the intensive rehabilitation protocol after ACL reconstruction. *Srp Arh Celok Lek* 2006; 134 (1112): 532-536.
143. Eitzen I, Grindem H, Nilstad A, Moksnes H, Risberg M. Quantifying Quadriceps Muscle Strength in Patients With ACL Injury, Focal Cartilage Lesions, and Degenerative Meniscus Tears: Differences and Clinical Implications. *Orthop J Sports Med* 2016;4 (10):256.245.

144. Kline P, Morgan K, Johnson D, Ireland M, Noehren B. Impaired Quadriceps Rate of Torque Development and Knee Mechanics After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Patellar Tendon Autograft. *Am J Sports Med* 2015; 43(10):2553-8.
145. Lee JC, Kim JY, Park GD. Effect of 12 Weeks of Accelerated Rehabilitation Exercise on Muscle Function of Patients with ACL Reconstruction of the Knee Joint. *J Phys Ther Sci* 2013; 25(12): 1595–1599.
146. Czamara A, Tomaszewski W, Bober T, Lunarski B. The effect of physiotherapy on knee joint extensor and flexor muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon. *Med Sci Monit* 2011; 17(1): 33–41.
147. Michael T. Curran, Lindsey K. Lepley, Riann M. Palmieri-Smith. Continued Improvements in Quadriceps Strength and Biomechanical Symmetry of the Knee After Postoperative Anterior CruciateLigament Reconstruction Rehabilitation: Is It Time to Reconsider the 6-Month Return-to-Activity Criteria? *J Athl Train* 2018; 53(6): 535–544.
148. Jonas L. Markström, Helena Grip, Lina Schelin, Charlotte K. Häger. Dynamic knee control and movement strategies in athletes and non-athletes in side hops: Implications for knee injury. *Scand J Med Sci Sports* 2019; 29(8): 1181–1189.
149. Nikolić Ž. Fizikalna medicina i rehabilitacija posle povreda lokomotornog sistema, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd; 2004.
150. Lee O, Lee Y. Changes in hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft and posterior cruciate ligament reconstruction with tibialis allograft. *Knee Surg Relat Res* 2020; 32: 27-34.
151. Cristiani R, Mikkelsen C, Forssblad M, Engström B, A.Stålman. Only one patient out of five achieves symmetrical knee function 6 months after primary anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019; 27(11): 3461–3.
152. Snyder-Mackler L, Delitto A, Bailey S, et al. Quadriceps femoris muscle strenght and functional recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized clinical trial of electrostimulation. *J Bone Surg* 1995; 77: 1166-1173.

153. Lieber RL, Silva PD, Daniel DM. Equal effectiveness of electrical and volitional strength training for quadriceps femoris muscle after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Res* 1996; 14: 131-138.
154. Suijkerbuik M, Reijman M, Lodewijks S, Punt J, Meuffels D. Hamstring Tendon Regeneration After Harvesting: A Systematic Review. *Am J Sports Med* 2015; 43(10):2591-8.
155. Choi JY, Ha JK, Shim JC, Yang SJ, Kim JG. Relationships among tendon regeneration on MRI, flexor strength, and functional performance after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft. *Am J Sports Med* 2012; 40(1):152-62.
156. Takeda Y, Kashiwaguchi S, Matsuura T, Higashida T, Minato A. Hamstring muscle function after tendon harvest for anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation with T2 relaxation time of magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med* 2006;34(2):281-288.
157. Tadokoro K, Matsui N, Yagi M, Kuroda R, Kurosaka M, Yoshiya S. Evaluation of hamstring strength and tendon regrowth after harvesting for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2004;32(7):1644-1650.
158. Snow BJ, Wilcox JJ, Burks RT, Greis PE. Evaluation of muscle size and fatty infiltration with MRI nine to eleven years following hamstring harvest for ACL reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94(14):1274-1282.
159. Karanikas K, Aramptzis A, Bruggeman G. Conservative versus operative treatment after ACL-rupture: influence on the muscle strength capability of the lower extremity. *Sportverletzung Sportschaden* 2005; 19(1):15-21.
160. Ko MS, Yang SJ, Ha JK, Choi JY, Kim JG. Correlation between hamstring flexor power restoration and functional performance test: 2-year follow-up after ACL reconstruction using hamstring autograft. *Knee Surg Relat Res* 2012; 24:113–119.
161. Lepley KL, Palmieri-Smith RM. Effect of Eccentric Strengthening After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength. *Journal of Sport Rehabilitation* 2013; 22: 150-156.
162. Crosier JL. Factors Associated with Recurrent Hamstring Injuries. *Sports Med* 2004; 34 (10): 681-695.

163. Da Silva JJ. Hamstring Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Skeletally Immature Patient. *Tech Knee Surg* 2009; 8: 47-53.
164. Baumgart C, Welling W, Hoppe M, Freiwald F, Goloker A. Angle-specific analysis of isokinetic quadriceps and hamstring torques and ratios in patients after ACL-reconstruction. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2018; 10: 23.
165. Myer G, Ford K, Kim D, Foss B, Liu C, Nick T, Hewett T. The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Clin J Sport Med* 2009; 19(1):3-8.
166. Järvelä T, Kannus P, Järvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients with or without accompanying injuries: A re-examination of subjects 5 to 9 years after reconstruction. *Arthroscopy* 2001;17 (8):818-25.
167. Hiemstra L. A., Webber S., MacDonald P. B. Knee strength deficits after hamstring tendon and patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicine and Science in Sports Medicine* 2000; 32: 1472-1479.
168. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am. J. Sports. Med* 1998; 26: 231-237.
169. Skling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2003; 13: 244-250.
170. Delextrat A., Gregory J, Cohen D. The Use of the Functional HQ Ratio to Assess Fatigue in Soccer. *Int. J. Sports. Med* 2010; 31: 192-197.
171. Greco CC, da Silva WL, Denadai BS, Denadai, C. Rapid hamstring/quadriceps strength capacity in professional soccer players with different conventional isokinetic muscle strength ratios. *J. Sci. Med. Sport* 2012; 11: 418-422.
172. Tegner Lysholm Score [internet]; 2009. [www.orthopaedicscores.com](http://www.orthopaedicscores.com).
173. Risberg MA, Holm I, Steen H, Beynnon BD. Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm score, and the Cincinnati knee score. A prospective study of 120 ACL reconstructed patients with a 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7(3):152-9.

174. Wang W, Liu L, Chang X, Jia ZY, Zhao JZ, Xu WD. Cross-cultural translation of the Lysholm knee score in Chinese and its validation in patients with anterior cruciate ligament injury, *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17(1):43-51.
175. Briggs K, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey W, Kocher M, Steadman R. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later. *Am J Sports Med* 2009;37(5):890-7.
176. Gokeler A, Benjaminse A, Heweth TE, Lephart SM, Engebresssten L et all. Proprioception deficits after ACL injury: are they clinically relevant? *Br J Sports Med* 2012; 46(3): 180-192.
177. Ordahan B, Küçükşen S, Tuncay I, Salli A, Uğurlu H. The effect of proprioception exercises on functional status in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2015; 28 (3):531-7.
178. Chouteau J, Testa R, Viste A, Moyen B. Knee rotational laxity and proprioceptive function 2 years after partial ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20(4):762-6.
179. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19:1798-1805.
180. T Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med* 1999; 27:699- 706.
181. Sugimoto D, Myer GD, McKeon JM, Hewett TE. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a critical review of relative risk reduction and numbers-needed-to-treat analyses. *Br J Sports Med* 2012; 46:979-988.
182. Liu-Ambrose T, Taunton JE, MacIntyre D, McConkey P, Khan KM. The effects of proprioceptive or strength training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scand. Scand J Med Sci Sports* 2003; 13:115-123.Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S. A comparative

- study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. Br J Sports Med 2008; 42(5):373-8.
183. Hunnicutt J, McLeod M, Slone S, Gregory C. Quadriceps Neuromuscular and Physical Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Athl Train 2020; 55(3):238-245.
184. Prodromos C. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Basic Science. 2012. Elvieser.
185. Williams T, Burley D, Evans L, Robertson A, Hardy L, Roy S, et al. The structural validity of the IKDC and its relationship with Quality of life following ACL reconstruction Scand J Med Sci Sports 2020; 30(9):1748-1757.
186. Mohtadi N. Development and validation of the quality of life outcome measure (questionnaire) for chronic anterior cruciate ligament deficiency. Am J Sports Med 1998; 26(3):350-9.
187. Filbay SR, Ackerman IN, Russell TG, Crossley KM. Factors related to quality of life in people with knee pain, stiffness or activity limitations 5 to 20 years following anterior cruciate ligament reconstruction. Osteoarthritis and Cartilage. 2015. 23(2): A 279-280.

**9. POPIS PRILOGA:**

- 9.1. Prilog 1. Modifikovani Tegner Lyschholm skor (97)
- 9.2. Prilog 2. Anterior Curciate Quality of Life Questionnaire (99)

## **Prilog 1. Obrazac modifikovanog Tegner Lysholm skora (97)**

### **TEGNER LYSHOLM KNEE SCORING SCALE**

IME I PREZIME \_\_\_\_\_ GOD.ROĐENJA \_\_\_\_\_

DIJAGNOZA\_\_\_\_\_

**U posljednje 4 nedjelje**

1.HRAMANJE	BOD	PRIJEM:	OTPUTST:
NIKAD	5		
BLAGO ILI POVREMENO	3		
IZRAŽENO I STALNO	0		

2.UPUTREBA POMAGALA	BOD		
NE KORISTI	5		
ŠTAP ILI ŠTAKA	2		
NEMOGUĆNOST OPTEREĆENJA	0		

3.BOL	BOD		
NEMA BOL	25		
NESTALAN I LAK ZA VRIJEME VELIKIH NAPORA	20		
IZRAZIT ZA VRIJEME VELIKIH NAPORA	15		
IZRAZIT PRI HODANJU DUŽEM OD 2 KM	10		
IZRAZIT PRI HODANJU KRAĆEM OD 2 KM	5		
STALAN	0		

<b>4. NESTABILNOST</b>	<b>BOD</b>		
NEMA NESTABILNOSTI	<b>25</b>		
RIJETKO TOKOM VJEŽBANJA ILI DRUGOG NAPORA	<b>20</b>		
ČESTO TOKOM VJEŽBANJA ILI DRUGOG VELIKOG NAPORA	<b>15</b>		
PONEKAD TOKOM SVAKODNEVNIH AKTIVNOSTI	<b>10</b>		
ČESTO TOKOM SVAKODNEVNIH AKTIVNOSTI	<b>5</b>		
PRI SVAKOM KORAKU	<b>0</b>		
<b>5.BLOKADA KOLJENA</b>	<b>BOD</b>		
NEMA BLOKADE I NEMA OSJEĆAJA POPUŠTANJA	<b>15</b>		
OSJEĆAJ POPUŠTANJA POSTOJI, ALI NEMA BLOKADE	<b>10</b>		
POVREMENA BLOKADA	<b>6</b>		
ČESTO	<b>2</b>		
BLOKADA EVIDENTNA NA PREGLEDU	<b>0</b>		

<b>6.OTOK</b>	<b>BOD</b>		
NEMA OTOKA	<b>10</b>		
OTOK NAKON VEĆIH NAPORA	<b>6</b>		
OTOK NAKON UOBIČAJENOG NAPORA	<b>2</b>		
STALNO PRISUTAN	<b>0</b>		

<b>7.PENJANJE UZ STEPENICE</b>	<b>BOD</b>		
BEZ PROBLEMA	<b>10</b>		
OTEŽANO U BLAŽEM STEPENU	<b>6</b>		
PENJANJE KORAK PO KORAK	<b>2</b>		
NEMOGUĆE	<b>0</b>		

8.ČUČANJ	BOD		
BEZ PROBLEMA	5		
MALO OTEŽANO	4		
NE ISPOD 90 STEPENI	2		
NEMOGUĆ	0		
	ZBIR:		

**INTERPRETACIJA REZULTATA:**

LOŠ – 65 BODOVA

SLAB – 65-83 BODA

DOBAR – 84-90 BODOVA

ODLIČAN – 90 -100 BODOVA

## **Prilog 2. Anterior Curcinate Quality of Life Questionnaire**

### **(Upitnik za procjenu kaliteta života nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koljena) (99)**

Ime i prezime: \_\_\_\_\_ Potpis: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

#### **Subjektivne tegobe i simptomi:**

##### **Zaokruži broj koji najbolje opisuje tvoje tegobe u zadnjih mjesec dana.**

1a. Koliko često imate epizode "otkazivanja" koljena i koliko je to "otkazivanje" izraženo?

Često "otkazivanje" **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Rijetko "otkazivanje"

1b. Koliko se često to "otkazivanje" koljena dešava?

Svakodnevno "otkazivanje" **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema nikad "otkazivanja"

2. S bilo kojom produženom aktivnošću (dužom od pola sata), koliko bola ili nelagode imate u koljenu?

Jak bol **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema bola

3. Koliko vas muči ukočenost ili gubitak pokreta u koljenu s obzirom na vašu cjelokupnu funkciju koljena?

Jake potekoće **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema poteškoća

4. Razmotrite ukupnu funkciju vašeg koljena i kako je ona povezana sa snagom vaših mišića.  
Koliko vam je slabo koljeno?

Izražena slabost **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema slabosti

**Slijedeća pitanja postavljaju se u vezi s vašim radnim aktivnostima tokom prošlog mjeseca.**

Ako trenutno niste zaposleni zbog drugih razloga nevezanih za problem s koljenom, stavite X u ovo polje.

**5. Koliko problema imate zbog koljena s okretanjem ili okretanjem tokom radnih aktivnosti?**

Koliko problema imate pri izvođenju čučnja tokom radnih aktivnosti?

Jake potekoće **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Bez poteškoća

**6. Koliko problema imate zbog koljena prilikom izvođenja čučnja rokom radnih aktivnosti?**

Jake potekoće **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Bez poteškoća

**7. Koliko vas brine odsustvovanje s posla zbog vaših problema ili ponovne povrede koljena?**

Izražena briga **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema zabrinutosti

**8. Koliko vas brine odsustvovanje iz "škole" ili s posla zbog liječenja povrede ACL-a?**

Izražena briga **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema zabrinutosti

**Rekreativne aktivnosti u učešće u sportu: Naredna pitanja vezana su za sposobnost učešća u sportu zbog povrede ACL-a u posljednjih mjesec dana.**

**9. Koliko ograničenja imate kod naglih okretanja i okretanja ili promjena smjera?**

Potpuno ograničenje **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema ograničenja

**10. Koliko vas zabrinjava što vaše sportske ili rekreativne aktivnosti mogu dovesti do pogoršanja stanja koljena?**

Izražena briga **0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100** Nema zabrinutosti

11. Kako se vaš trenutni nivo sportskih ili rekreativnih performansi poredi sa nivoom prije povrede?

Potpuno ograničenje 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema ograničenja

12. Koliko su se promijenila vaša očekivanja s obzirom na aktivnosti / sportove u kojima trenutno želite biti uključeni zbog statusa vašeg koljena?

Potpuno smanjena očekivanja 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Bez promjene očekivanja

13. Postoji li izražen oprez pri rekreativnim i/ili sportskim aktivnostima?

Izražen oprez 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Aktivnosti obavljam bez opreza

14. Koliko se plašite "otkazivanja koljena tokom rekreacije ili sporta?

Izražen strah 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Bez straha

15. Jeste li zabrinuti zbog uslova okoline kao što su mokro igralište, tvrda podloga ili vrsta poda u teretani gdje provodite vaše rekreativne ili sportske aktivnosti?

Izražena briga 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema zabrinutosti

16. Imate li frustracija zbog povrede ACL-a tokom sporskih aktivnosti?

Izražena briga 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema zabrinutosti

17. Koliko vam je teško potpuno se opustiti prilikom rekreativnih i/ili sportskih aktivnosti?

Izražene teškoće 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Bez poteskoća

18. Da li se bojite baviti kontaktnim sportovima? Ako se ne bavite kontaktnim sportovima iz drugih razloga osim koljena, označite ovo polje.

Izražen strah 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Bez straha

19. Koliko ste ograničeni u bavljenju svojim najvažnijim sportskim ili rekreativnim aktivnostima?

Potpuno ograničenje 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema ograničenja

20. Koliko ste ograničeni u bavljenju manje važnim sportskim ili rekreativnim aktivnostima?

Potpuno ograničenje 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema ograničenja

**Sljedeća pitanja se tiču vašeg životnog stila u zadnjih mjesec dana a koji je nezavisan od vaše radne i rekreativne ili sportske aktivnosti.**

21. Da li bez poteškoća o strane vašeg koljena obavljate sktivnosti kao što su nošenje djeteta, rad u bašti?

Izražene teškoće 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Bez poteškoća

22. Koliko je vaša sposobnost vježbanja i održavanja kondicije ograničena problemom s koljenom?

Potpuno ograničenje 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema ograničenja

23. Koliko vam je uživanje u životu ograničio problem s koljenom?

Potpuno ograničenje 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Nema ograničenja

24. Koliko često ste svjesni svog problema sa koljenom?

Stalno    0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Nikad

25. Utiče li problem s koljenom na vaše učešće u porodičnim aktivnostima?

Uvijek    0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Nikad

26. Jeste li promijenili svoj životni stil kako biste izbjegli potencijalno štetne aktivnosti na koljenu?

Apsolutna promjena 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Bez promjene

**Sljedeća pitanja odnose se na vaše stavove i osjećaje u vezi s nedostatkom ACL-a. Uzmimo u obzir posljednjih mjesec dana.**

27. Da li vas brine to što vaše takmičarske potrebe više nisu zadovoljene zbog vašeg problema s koljenom?

Izražena briga 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Nema zabrinutosti

28. Jeste li imali psihičkih poteškoća zbog "problema s koljenom"?

Izražene teškoće 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Bez poteškoća

29. Koliko često strepite zbog kolena?

Stalno    0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Nikad

30. Imate li manjak samopouzdanja zbog "problema" s koljenom?

Stalno    0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100   Nikad

31. Koliko se plašite ponovne povrede koljena?

Stalno      0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100      Nikad

Ime i prezime ispitiča: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

## **10. BIOGRAFIJA**

Dragana Dragičević-Cvjetković rođena je 18.04.1980. godine u Puli. Osnovnu školu pohađala je u Sarajevu i Banjoj Luci. Srednju Medicinsku školu završila je u 1998. godine u Banjoj Luci. Medicinski fakultet u Banjoj Luci završila je 2004. godine, a specijalistički ispit iz Fizikalne medicine i rehabilitacije na istom fakultetu položila je 2012. godine. Magistarski rad pod nazivom “Ishod rehabilitacije nakon ligamentoplastike prednjeg ukrštenog ligamenta koljena” odbranila je u julu 2014. godine. Izabrana u zvanje višeg asistenta na Katedri za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta u Banjoj Luci 2019. godine. Radila kao doktor medicine u Domu zdravlja Gradiška i tadašnjem Institutu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju “Mlječanica” K. Dubica. Zaposlena je u Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju “Dr Miroslav Zotović” u Banjoj Luci od juna 2007. godine. Član je i sekretar Udruženja fizijatara Republike Srpske. Nacionalni je delegat Udruženja fizijatara RS u ESPRM (Evropskom udruženju fizijatara). Autor je i koautor više stručnih i naučnih publikacija prezentovanih na domaćim i međunarodnim kongresima od kojih su neke objavljene u časopisima od državnog i međunarodnog značaja. Učestvovala u radu JUSAD studije. Udata je i majka dvoje djece.

Прилог 3.

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

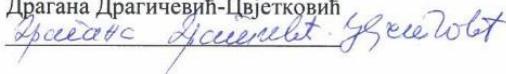
Изјављујем  
да је докторска дисертација

Наслов рада "ЕФЕКАТ ИЗОКИНЕТИЧКОГ ВЛЕЖБАЊА НА ФУНКЦИОНАЛНИ СТАТУС  
ПАЦИЈЕНТА НАКОН ЛИГАМЕНТОПЛИСТИКЕ ПРЕДЊЕГ УКРШТЕНОГ ЛИГАМЕНТА"

Наслов рада на енглеском језику "EFFECT OF ISOKINETIC EXERCISES ON FUNCTIONAL  
RECOVERY OF PATIENT AFTER LIGAMENTOPLASTY OF THE ANTERIOR CRUCIATE  
LIGAMENT"

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да докторска дисертација, у цјелини или у дијеловима, није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци, дана 01.12.2020. године

Потпис докторанта  
Драгана Драгичевић-Цвјетковић  


## Изјава 2

### Изјава којом се овлашћује Универзитет у Бањој Луци да докторску дисертацију учини јавно доступном

Овлашћујем Универзитет у Бањој Луци да моју докторску дисертацију под насловом "ЕФЕКАТ ИЗОКИНЕТИЧКОГ ВЛЕЖБАЊА НА ФУНКЦИОНАЛНИ СТАТУС ПАЦИЈЕНТА НАКОН ЛИГАМЕНТОПЛАСТИКЕ ПРЕДЊЕГ УКРШТЕНОГ ЛИГАМЕНТА"

која је моје ауторско дјело, учини јавно доступном.

Докторску дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (*Creative Commons*) за коју сам се одлучио/ла.

- Ауторство
- Ауторство – некомерцијално
- Ауторство – некомерцијално – без прераде
- Ауторство – некомерцијално – дијелити под истим условима
- Ауторство – без прераде
- Ауторство – дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Бањој Луци, дана 01.12.2020. године

Потпис докторанта  
Драгана Драгичевић-Цвјетковић  
Драгане Ђрђевић - Цвјетковић

### Изјава 3

#### Изјава о идентичности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора      Драгана Драгичевић-Цвјетковић

Наслов рада      "ЕФЕКАТ ИЗОКИНЕТИЧКОГ ВЛЕЖБАЊА НА  
ФУНКЦИОНАЛНИ СТАТУС ПАЦИЈЕНТА НАКОН  
ЛИГАМЕНТОПЛАСТИКЕ ПРЕДЊЕГ УКРШТЕНОГ ЛИГАМЕНТА"

Ментор      Проф. др Славица Јандрић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације идентична електронској  
верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

Потпис докторанта

У Бањој Луци, дана 01.12.2020. године

Драгана Драгичевић-Цвјетковић  
