



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
MEDICINSKI FAKULTET  
KLINIČKA MEDICINA

**PROSTORNO ODREĐIVANJE POLOŽAJA  
KALEMA U GOLENJAČI POSLE  
REKONSTRUKCIJE PREDNJEG  
UKRŠTENOG LIGAMENTA KOLENA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori:

Prof. dr Miroslav Milankov  
Prof. dr Slobodan Tabaković

Kandidat:

dr Aleksandar Đuričin

Novi Sad, 2018. godina

*Koristim ovu priliku da se posebno zahvalim mojim mentorima prof. dr Miroslavu Milankovu i prof. dr Slobodanu Tabakoviću na svesrdnoj pomoći i podršci koju su mi pružali tokom izrade ove doktorske disertacije.*

*Veliku zahvalnost dugujem prof. dr Zoranu Milojeviću i profesoricu matematike Nadi Rakić na ukazanoj pomoći i uloženom vremenu i trudu tokom izrade ovog rada.*

*Zahvaljujem se svim zaposlenim na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju, kao i na Medicinskom fakultetu u Novom Sadu koji su učinili da ceo proces izrade doktorske disertacije bude lakši.*

*Neizmernu zahvalnost dugujem svojoj porodici za iskrenu podršku, razumevanje i ljubav koju mi pružaju.*

*Autor*

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**  
**MEDICINSKI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Aleksandar Đuričin
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr Miroslav Milankov, redovni profesor, Medicinski fakultet Novi Sad  Prof. dr Slobodan Tabaković, vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
Naslov rada: NR	Prostorno određivanje položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina

Godina: GO	2018.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Srbija, Hajduk Veljkova 3
Fizički opis rada: FO	(broj poglavlja 7 / stranica 156 / slika 27 / grafikona 20 / tabela 19 / referenci 368 / priloga 5)
Naučna oblast: NO	Medicina
Naučna disciplina: ND	Ortopedska hirurgija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	koleno; povrede prednjeg ukrštenog ligamenta; rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta; golenjača; kost-ligament čašica-kost kalem; nestabilnost zgloba; algoritmi; ishod terapije
UDK	616.718.5-073:004 616.728.3-089.168
Čuva se: ČU	U biblioteci Medicinskog fakulteta u Novom Sadu, Hajduk Veljkova 3, Srbija
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	Osnovni cilj rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je dobijanje pune stabilnosti kolena u celom obimu pokreta. Bez obzira na razvoj operativne tehnike i rehabilitacije i dalje postoji jedan broj pacijenata koji nije u potpunosti zadovoljan rezultatom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, te je potrebno izvršiti ponovnu operaciju. Smatra se da je najčešći uzrok rane ponovne nestabilnosti loša pozicija kalema, tj. pozicija tunela koja nije na anatomskom mestu. Većina hirurga koji se bave ovom problematikom procenjuju poziciju kalema u golenjači na osnovu standardnih radiograma: prednje-zadnje i bočne projekcije, što svakako nije dovoljno precizno. U ekonomski

razvijenim zemljama poziciju kalema određuju analizirajući snimke kompjuterizovane tomografije (CT) ili magnetne rezonance (MRI). Prvenstveno zbog smanjenja doze zračenja kojoj se izlažu pacijenti prilikom kompjuterizovane tomografije, ali i iz ekonomskih razloga bilo bi korisno razvijanje jednog lako dostupnog, jeftinog ali preciznog i jednostavnog metoda određivanja položaja kalema u golenjači. Osnovni cilj ovog istraživanja bio je da se dokaže značaj pozicije kalema u golenjači i mogućnost svakodnevne kliničke primene novorazvijenog kompjuterskog programa u cilju određivanja prostorne pozicije kalema u golenjači iz samo dva standardna radiograma. Studija je bila eksperimentalno-prospektivnog karaktera. Eksperimentalni deo istraživanja sproveden je na Fakultetu tehničkih nauka (FTN) u Novom Sadu na Departmanu za proizvodno mašinstvo gde je na osnovu standardnih RTG snimaka (prednje-zadnje i bočne projekcije) razvijen kompjuterski program za određivanje prostornog položaja kalema u golenjači. U cilju verifikacije novorazvijenog programa realizovano je prostorno određivanje položaja kalema u golenjači obradom standardnih RTG snimaka (prednje-zadnje i bočne projekcije) kod 10 pacijenata kod kojih je izvršena primarna rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Dobijeni rezultati su upoređeni sa položajem kalema na CT snimcima koji su obezbeđeni za sve pacijente. Na taj način je eksperimentalnim putem utvrđena preciznost novorazvijenog softvera u određivanju prostornog položaja kalema u golenjači. Drugi deo istraživanja bilo je prospektivno kliničko ispitivanje koje je sprovedeno na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine u Novom Sadu. Ispitivanu grupu je činilo 120 pacijenata, oba pola, sa prekidom prednjeg ukrštenog ligamenta levog ili desnog kolena. Metodom slučajnog izbora pacijenti su podeljeni u četiri grupe od po 30 pacijenata prema veličini sagitalnog ugla (S) bušenja kanala u golenjači (S 60°-69,9° i S 70°-80°) i prema veličini transverzalnog ugla (T) bušenja kanala u golenjači (T 60°-69,9° i T 70°-80°). Grupa I 30 pacijenata (S 60°-69,9° i T 60°-

	<p>69,9°), grupa II 30 pacijenata (S 60°-69,9° i T 70°-80°), grupa III 30 pacijenata (S 70°-80° i T 60°-69,9°), grupa IV 30 pacijenata (S 70°-80° i T 70°-80°). Svi pacijenti su godinu dana nakon operacije prošli klinička ispitivanja po bodovnim skalama (Tegner bodovna skala, Lysholm bodovna skala i IKDC standard) i artrometrijska merenja. Rezultati dobijeni merenjem položaja kalema u golenjači, kliničkim ispitivanjima i artrometrijskim merenjima poređani su unutar svake grupe posebno, a izvršeno je i poređenje dobijenih rezultata između svih grupa. U ispitivanje su uključeni samo oni pacijenti koji su dali potpisani informisani pristanak da učestvuju u ispitivanju nakon detaljnog upoznavanja sa planiranom procedurom. Svaki pacijent je bio informisan o svrsi i načinu sprovođenja istraživanja, kao i o pregledima i merenjima koja će biti vršena. Statističkom analizom rezultata utvrđeno je da veličina greške prostornog određivanja položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena novorazvijenim kompjuterskim programom nije statistički značajna, a kompjutersko određivanje položaja kalema u golenjači omogućava iste rezultate kao i CT snimci. Sumiranjem zaključaka nakon sveobuhvatne analize dobijenih rezultata istraživanja, može se zaključiti da pozicija kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena utiče na postoperativni funkcionalni rezultat.</p>
<p>Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP</p>	<p>22.06.2017.</p>
<p>Datum odbrane: DO</p>	

<p>Članovi komisije:</p> <p>(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)</p> <p>KO</p>	<p>predsednik:</p> <p>član:</p> <p>član:</p> <p>član:</p> <p>član:</p>
---	--

# University of Novi Sad

## Faculty of Medicine

### Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD Thesis
Author: AU	Aleksandar Đuričin
Mentor: MN	Miroslav Milankov, MD, Ph.D., full professor Slobodan Tabaković, Ph.D., associate professor
Title: TI	Determination of in-space position of tibial graft after reconstruction of anterior cruciate ligament of the knee
Language of text: LT	Serbian (latin)
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year:	2018.



PY	
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Novi Sad, Serbia, Hajduk Veljkova 3
Physical description: PD	(number of chapters 7 / pages 156 / pictures 27 / graphs 20 / tables 19 / citations 368 / supplements 5)
Scientific field SF	Medicine
Scientific discipline SD	Orthopedic surgery
Subject, Key words SKW	Knee; Anterior Cruciate Ligament Injuries; Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Tibia; Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts; Joint Instability; Algorithms; Treatment Outcome
UC	616.718.5-073:004 616.728.3-089.168
Holding data: HD	Library of Medical Faculty of Novi Sad, Hajduk Veljkova 3, Serbia
Note: N	
Abstract: AB	The main goal of reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee is to obtain complete knee stability in the full range of movement. Regardless of the development of operational techniques and rehabilitation, there is still a number of patients who are not completely satisfied with the result of reconstruction of the anterior cruciate ligament, and a re-operation is required. It is believed that the most common cause of the instability is the bad position of the graft, i.e. position of the tunnel that is not at the anatomical place insertion. Most surgeons who deal with this problem evaluate the position of the graft in the tibia based on standard radiograms: anterior-posterior and lateral projections, which is not

precise enough. In economically developed countries, the position of the graft is determined by analyzing images of computerized tomography (CT) or magnetic resonance (MRI). Primarily due to a decrease in the radiation dose exposed to patients during computerized tomography, but also for economic reasons, it would be useful to develop an easily accessible, inexpensive but precise and simple method for determining the position of the graft in the tibia. The main goal of this examination was to prove the significance of the position of the graft and the possibility of daily clinical use of the newly developed computer program in order to determine in-space position of the graft in only two standard radiograms. The study was experimental-prospective. The experimental part of the research was conducted at the Faculty of Technical Sciences (FTN) in Novi Sad at the Department of Production Engineering, where a computer program for determining in-space position of the graft in the tibia was developed on the basis of standard RTG images (anterior-posterior and lateral projections). In order to verify the newly developed program, in-space determination of the position of the graft in the tibia by processing standard RTG images (anterior-posterior and lateral projections) was performed in 10 patients in which the primary reconstruction of the anterior cruciate ligament was performed. The obtained results were compared with the position of the grafts on CT images provided to all patients. In this way, the accuracy of newly developed software in determining in-space position of the graft in the tibia was determined experimentally. The second part of the study was a prospective clinical trial conducted at the Clinic for Orthopedic Surgery and Traumatology at the Clinical Center of Vojvodina in Novi Sad. The investigated group consisted of 120 patients, both sexes, with a break of the anterior cruciate ligament of the left or right knee. By random selection, patients were divided into four groups of 30 patients according to the size of the sagittal angle (S) of the tunnel drilling in the tibia (S 60°-69,9° and S 70°-80°) and according to the transversal angle (T) of the drill tunnel in the tibia ( T 60°-69,9° and T 70°-80°). Group I 30

	<p>patients (S 60°-69.9° and T 60°-69.9°), group II 30 patients (S 60°-69.9° and T 70°-80°), group III 30 patients (S 70°-80° and T 60° -69.9°), group IV 30 patients (S 70°-80° and T 70°-80°). All of the patients underwent clinical trials by scales (Tegner score scale, Lysholm score scale and IKDC standard) and arthrometric measurements one year after surgery. The results obtained by measuring the position of the graft in the tibia, clinical trials and arthrometric measurements were classified separately in each group, and obtained results were compared between all groups. The study included only those patients who gave signed informed consent to participate in the study after being thoroughly informed about planned procedure. Each patient was informed about the purpose and method of conducting the research, as well as the examinations and measurements to be performed. Statistical analysis of the results showed that the size of the error in measuring in-space determination of the position of the graft in tibia after reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee by a newly developed computer program was not statistically significant, and the computer determination of the position of the graft in the tibia provides the same results as the CT images. Summarizing the conclusions after a comprehensive analysis of the obtained results of the study, it can be concluded that the position of the graft in tibia after reconstruction of the anterior cruciate ligament affects the postoperative functional result.</p>
<p>Accepted on Senate on: AS</p>	<p>22 June 2017</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p>president: member: member: member: member:</p>

## SADRŽAJ:

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	ISTORIJAT.....	3
1.2	ANATOMSKO-HISTOLOŠKE KARAKTERISTIKE UKRŠTENIH LIGAMENATA.....	5
1.2.1	EMBRIONALNI RAZVOJ .....	5
1.2.2	DESKRIPTIVNA ANATOMIJA.....	7
1.2.3	HISTOLOŠKA GRAĐA .....	9
1.2.4	VASKULARIZACIJA UKRŠTENIH LIGAMENATA .....	11
1.2.5	INERVACIJA UKRŠTENIH LIGAMENATA .....	14
1.3	BIOMEHANIKA ZGLOBA KOLENA .....	15
1.4	POVREDE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA .....	18
1.4.1	MEHANIZAM NASTANKA POVREDE.....	19
1.5	DIJAGNOSTIKA POVREDE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA.....	21
1.5.1	ANAMNEZA .....	22
1.5.2	KLINIČKI PREGLED .....	22
1.5.3	DOPUNSKA DIJAGNOSTIKA .....	26
1.6	TRETMAN POVREDA PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA KOLENA.....	29
1.7	CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	35
1.7.1	CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....	35
1.7.2	HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA:.....	35
<b>2</b>	<b>MATERIJAL I METODE.....</b>	<b>37</b>

2.1	PROGRAMSKO REŠENJE ZA ODREĐIVANJE PARAMETARA INSERCIJE KALEMA NA OSNOVU PREDNJE-ZADNJIH I BOČNIH RTG SNIMAKA.....	38
2.2	POREĐENJE DOBIJENOG PROSTORNOG UGLA BUŠENJA SA CT SNIMCIMA.....	43
2.3	NEKE KARAKTERISTIKE ISPITANIKA.....	46
2.3.1	POLNA STRUKTURA.....	46
2.3.2	STAROSNA STRUKTURA.....	47
2.3.3	ANTROPOMETRIJSKA MERENJA.....	48
2.3.4	OBRAZOVNA STRUKTURA.....	52
2.3.5	STRANA POVREDE.....	52
2.3.6	UDRUŽENE POVREDE.....	54
2.3.7	STAROST POVREDE.....	54
2.3.8	VRSTA SPORTA.....	55
2.3.9	NIVO AKTIVNOSTI.....	56
2.3.10	UZROK I MEHANIZAM POVREĐIVANJA.....	58
2.4	OPERATIVNI ZAHVAT.....	60
2.5	PRAĆENJE RADIOLOŠKIH PARAMETARA.....	62
2.6	PRAĆENJE KLINIČKIH REZULTATA.....	64
2.6.1	ISPITIVANJE FUNKCIJE.....	64
2.6.2	ARTROMETRIJSKA MERENJA.....	65
2.7	STATISTIČKA OBRADA PODATAKA.....	66
<b>3</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>67</b>
3.1	REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA.....	67
3.2	REZULTATI KLINIČKOG DELA ISTRAŽIVANJA.....	70
3.2.1	FUNKCIONALNI REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	70
3.2.1.1	IKDC standard.....	70
3.2.1.2	Tegner bodovna skala aktivnosti.....	71

3.2.1.3	Lysholm bodovna skala.....	73
3.2.1.4	Artrometrijsko merenje .....	74
3.2.2	REZULTATI RADIOGRAFSKIH MERENJA .....	75
3.2.2.1	M1: Frontalni tibijalni index CL/MLx100 (%).....	75
3.2.2.2	M2: Frontalni tibijalni ugao (u stepenima) .....	77
3.2.2.3	M3: Sagitalni tibijalni indeks AC/APx100 (%) .....	77
3.2.2.4	M4: Sagitalni tibijalni ugao (u stepenima).....	78
3.2.2.5	M5: Nagib tibijalnog platoa (u stepenima) .....	79
3.2.3	KORELACIJA RADIOGRAFSKIH PARAMETARA I KLINIČKIH REZULTATA.....	80
<b>4</b>	<b>DISKUSIJA.....</b>	<b>85</b>
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>114</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>116</b>
<b>7</b>	<b>PRILOZI .....</b>	<b>147</b>

## 1 UVOD

Prednji ukršteni ligament kolena (*Ligamentum Cruciatum Anterius - LCA*) jedan je od četiri najvažnija ligamenta koja su odgovorna za stabilnost kolena. Ovaj ligament sprečava prednje pomeranje golenjače u odnosu na butnu kost, ali je značajan i u obezbeđivanju bočne i rotatorne stabilnosti kolena. Istovremeno, on daje doprinos i normalnoj kinematici kolena (1,2). Povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena najčešće nastaje za vreme sportskih aktivnosti i predstavlja "početak kraja kolena" (3). Osobe sa povredom ovog ligamenta imaju veću verovatnoću zadobijanja dodatnih povreda mekotkivnih i koštanih struktura kolena te sledstveno brži razvoj sekundarnih degenerativnih promena.

Interesovanje za nestabilnost kolena zbog povreda prednjeg ukrštenog ligamenta počelo je pre više od sto godina. Brojni ortopedski hirurzi koji su se bavili ovom problematikom objavili su veliki broj procedura, a danas se ova operativna procedura izvodi u vidu artroskopski asistirane rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i predstavlja jednu od najizvođenijih operacija u ortopediji. U poslednje tri decenije u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena primenjuje se srednja trećina ligamenta čašice (*lig. patellae*), pa je vremenom ova tehnika postala "zlatni standard". Međutim, poslednje decenije sve se više koriste tetive polutetivnog (*m. semitendinosus*) i unutrašnjeg pravog mišića buta (*m. gracilis*), kao i alokalemi. Svaka od ovih tehnika ima svojih prednosti i nedostataka i zato su uzrok mnogobrojnih istraživanja i oprečnih mišljenja (4-6).

Osnovni cilj rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je dobijanje pune stabilnosti kolena u celom obimu pokreta. Bez obzira na razvoj operativne tehnike i rehabilitacije i dalje postoji jedan broj pacijenata koji nije u potpunosti zadovoljan rezultatom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, te je potrebno izvršiti ponovnu operaciju. Uzroci koji dovode do ponovne nestabilnosti kolena su greške u hirurškoj tehnici, problemi u

vezi sa korišćenim kalemom i neotkrivene nestabilnosti kolena. Smatra se da je najčešći uzrok rane ponovne nestabilnosti loša pozicija kalema, tj. pozicija tunela koja nije na anatomskom mestu prijanjanja (7,8). Češće je uzrok loša pozicija tunela u butnoj kosti (9,10), ali i loša pozicija tunela u golenjači dovodi do ponovne nestabilnosti. S obzirom da od položaja tunela u butnoj kosti i golenjači zavisi položaj kalema, u poslednje vreme prevladava stav da je neophodno da se umesto konvencionalne, neanatomske, prilikom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tuneli buše u poziciji unutar anatomskih pripoja. Tako bi se postigla anatomska rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta, ponovo uspostavila stabilnost, normalna kinematika kolena i ubrzao oporavak pacijenta (11).

Većina hirurga koji se bave ovom problematikom procenjuju poziciju kalema u golenjači na osnovu standardnih radiograma: prednje-zadnje i bočne projekcije, što svakako nije dovoljno precizno (12,13). U ekonomski razvijenim zemljama poziciju kalema određuju analizirajući snimke kompjuterizovane tomografije (CT) ili magnetne rezonance (MRI) (14). Prvenstveno zbog smanjenja doze zračenja kojoj se izlažu pacijenti prilikom kompjuterizovane tomografije, ali i iz ekonomskih razloga bilo bi korisno razvijanje jednog lako dostupnog, jeftinog ali preciznog i jednostavnog metoda određivanja položaja kalema u golenjači, što je i predmet ove studije.

Ukoliko se ovim istraživanjem eksperimentalno dokaže da novorazvijeni kompjuterski program može uspešno da se primenjuje za precizno određivanje položaja kalema u golenjači, ovaj metod će nam postati dostižan po znatno nižoj ceni, jer će se dobijati iz samo dva standardna radiograma, a ne na osnovu CT ili MRI snimanja, čija je cena nesumnjivo veća. Podatak da će se za analiziranje položaja kalema praviti samo dva standardna RTG snimka, prednje-zadnja i bočna projekcija, ukazuje na to da će pacijenti biti izloženi višestruko nižim dozama jonizujućeg zračenja u poređenju sa CT snimanjem.

Velik je klinički i ekonomski značaj adekvatnog operativnog rešavanja povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Učestalost ovih povreda je poslednjih decenija u porastu, a povezana je sa povećanjem broja saobraćajnih povreda i sve većim brojem ljudi koji se rekreativno i profesionalno bave sportskim aktivnostima. Uspešna rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta artroskopskim putem smanjuje ukupne troškove lečenja, skraćuje dužinu trajanja rehabilitacije i omogućava brži povratak pacijenta svakodnevnim životnim i radnim aktivnostima. Resocijalizacija i povratak poslu i sportskim aktivnostima na nivo pre povrede u što kraćem vremenskom roku, kao i činjenica da se najčešće radi o mlađoj



populaciji, čine ovo istraživanje društveno opravdanim. U prilog naučnoj opravdanosti ide činjenica da u literaturi još uvek nije objavljeno razvijanje kompjuterskog programa za određivanje položaja kalema u golenjači samo analizom standarnih, prednje-zadnjih i bočnih radiograma operisanog kolena, kao zamena za određivanje položaja kalema drugim radiografskim metodama (CT, MRI).

## 1.1 ISTORIJAT

U prošlosti, prednji ukršteni ligament je bio struktura od koje se bežalo i koju skalpel nije doticao. Pravi interes za povrede, a samim tim i rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena počinje sredinom XIX veka kada su braća *Weber* (15) iz Gotingena u Nemačkoj otkrili njegovu pravu anatomsku građu, odnosno da se vlakna prednjeg ukrštenog ligamenta sastoje iz dva odvojena snopa čija se zategnutost menja u zavisnosti od ugla pod kojim je koleno savijeno. Nakon ovog otkrića usledile su druge studije koje su dovele do toga da je prvu rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta uradio *Mayo Robson* (16) 1895. godine u Velikoj Britaniji tako što je prednji i zadnji ukršteni ligament prišio na mesto njihovih anatomske pripoja na butoj kosti. Od tada se operativna tehnika usavršavala i sve do današnjih dana rekonstrukcija ovog ligamenta postala je jedna od najčešćih ortopedskih operacija.

*Hey Groves* (17) je 1917. godine izveo prvu rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta koristeći bedreno-golenjačnu traku (*tractus iliotibialis*) kao kalem. Italijanski ortoped *Ricardo Galleazi* (18) je 1934. godine prvi opisao tehniku rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena pomoću autografta načinjenog od tetive polutetivnog mišića (*m. semitendinosus*).

*Campbell* (19) 1935. godine prvi put do tad koristi kalem napravljen od srednje trećine ligamenta čašice, prepatelarnog retinakuluma i dela tetive četvoroglavog mišića buta (*m. quadriceps*) sa bazom na golenjači. U njegovom radu od sedamnaest opisanih slučajeva rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta, devetoro je pokazalo odličan rezultat i vratilo se aktivnom igranju fudbala nakon 6 do 10 meseci posle operacije. *Macey* (20) 1939. godine opisuje tehniku u kojoj se kao kalem koristi tetiva polutetivnog mišića (*m. semitendinosus*), iako je pet godina pre njega to uradio *Galleazi*, ali naučna zajednica nije registrovala *Galleazi*-evu publikaciju. *Jones* (21) 1963. godine objavio je ideju o korišćenju kalema od srednje trećine ligamenta čašice. Nije odvajao ligament od golenjače, nije ni pravio tunel u

golenjači, ali je uzimao deo kosti sa čašice. Tunel u butnoj kosti je zbog kratkog kalema morao da se buši blizu prednje ivice interkondilarnog useka. Ligament je učvršćivan za periost na mestu izlaza iz butne kosti. Prijavio je jedanaest uspešno operisanih slučajeva. Nekoliko godina kasnije, 1969. *Franke* (22) je prvi put koristio slobodni koštano-tetivno-koštani (*Bone-Tendon-Bone - BTB*) kalem od četvrtine ligamenta čašice sa pripadajućim koštanim pripojima koji je fiksirao implantiranjem koštanih pripoja u plato golenjače i kondil butne kosti. Svoje rezultate je prikazao 1976. godine na Simpozijumu o ski traumi i sigurnosti skijanja gde je prijavio blizu sto slučajeva rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligament kolena.

*Galway i MacIntosh* (23) su 1972. godine fenomen, koji je opisao *Hey Groves* još 1920. godine, nazvali "Pivot shift test".

*Torg i sar.* (24) su 1976. godine opisali test kojim se utvrđuje prekid prednjeg ukrštenog ligamenta kolena i nazvali ga "Lachman test" u čast svog profesora. Princip testa opisan je ranije (*Noullis* 1875. godine, *Trillat* 1948. godine, *Ritchey* 1960. godine), ali ipak njihov doprinos u dijagnozi prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kolena ostao je neprepoznat.

Tokom sedamdesetih godina prošlog veka došlo je do razvoja sintetičkih ligamenata, pa su tako *Rubin i sar.* (25) 1975. godine razvili eksperimentalni model prednjeg ukrštenog ligamenta kolena načinjen od Dacron-a. Osamdesetih godina pojavljuju se prvi sintetički modeli ovog ligamenta pojačani karbonskim vlaknima, a počinje da se razvija i artroskopija kao hirurška tehnika. Upotreba sintetičkih ligamenata povukla je za sobom veliki broj komplikacija, te se na kraju odustalo od primene sintetičkih materijala u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Hirurzi koji su sve češće operacije radili artroskopski, nisu prihvatili upotrebu sintetičkih kalema, već ostali verni konceptu autokalema, između ostalog, bili su *Clancy* (26), *Noyes* (27), *Gillquist* (28), *Rosenberg* (29) i mnogi drugi.

Devedesetih godina tehnika koja je zbog jednostavnosti i dobrih rezultata počela široko da se primenjuje podrazumevala je korišćenje slobodnog "kost-tetiva-kost" kalema od srednje trećine ligamenta čašice. Ova, tzv. *Jones*-ova procedura, doduše, imala je i postoperativne komplikacije u smislu problema sa ekstenzornim mehanizmom kolena i čestom ukočenošću kolena. Zbog toga su *Lipscomb i sar.* (30) 1982. godine za rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena počeli da koriste tetive hamstringa (*m. semitendinosus* i *m. gracilis*) sa pripojem na golenjači, dok je *Friedman* (31) 1988. godine prvi uveo artroskopski asistiranu tehniku u ovu proceduru. *Howel* (32), *Rosenberg* i *Pinczewski* (33-35)

su takođe koristili tetivu hamstringa u tri ili četiri snopa fiksirajući ih posebnim zavrtnjima što je poznato kao „*all-inside*“ tehnika. Poslednjih godina počela se koristiti „*double-bundle*“ tehnika rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Ova tehnika podrazumeva posebnu rekonstrukciju prednje-unutrašnjeg i zadnje-spoljašnjeg snopa vlakana čime se dobija anatomski najpribližnija rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta. Tehniku „*double-bundle*“ opisali su 2003. godine *Marcacci* i sar. (36). Razvoj hirurgije prednjeg ukrštenog ligamenta na ovim prostorima počeo je šezdesetih godina prošlog veka (37). Na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju u Novom Sadu su osamdesetih godina urađene mnogobrojne eksperimentalne studije i radovi vezani za povrede ukrštenih ligamenata kolena i meniskusa. *Krajčinović* i sar. (38) su 1980. godine objavili rad o rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena *Kennet-Jones*-ovom tehnikom, dok su *Mikić* i sar. (39) 1987. godine objavili eksperimentalnu studiju vezanu za vaskularizaciju ukrštenih ligamenata i povrede meniskusa u psa. *Vukadinović* (40) je napisao doktorsku tezu o eksperimentalnim istraživanjima kvaliteta ligamenata, tetiva i fascija u rekonstrukciji ukrštenih ligamenata u psa, a *Savić* (41) je odbranio doktorsku disertaciju sa temom: “Transplantacija ukrštenih ligamenata kolena u eksperimentalnim uslovima”. Artroskopska hirurgija zgloba kolena u Novom Sadu počinje 1992. godine kada je načinjena prva parcijalna meniscektomija. Prvu artroskopski asistiranu ligamentoplastiku prednjeg ukrštenog ligamenta kolena u Novom Sadu na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju uradio je *Milankov* (42) 1998. godine. Sedam godina kasnije implantiran je prvi alokalem. Do danas je na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju u Novom Sadu urađeno preko 4000 rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena.

Smatra se da budućnost rekonstrukcije ligamenata leži u primeni bioimplantata načinjenih od kultura ćelija i tkiva. Veliki broj istraživanja u tom pravcu već se sprovode (43,44).

## **1.2 ANATOMSKO-HISTOLOŠKE KARAKTERISTIKE UKRŠTENIH LIGAMENATA**

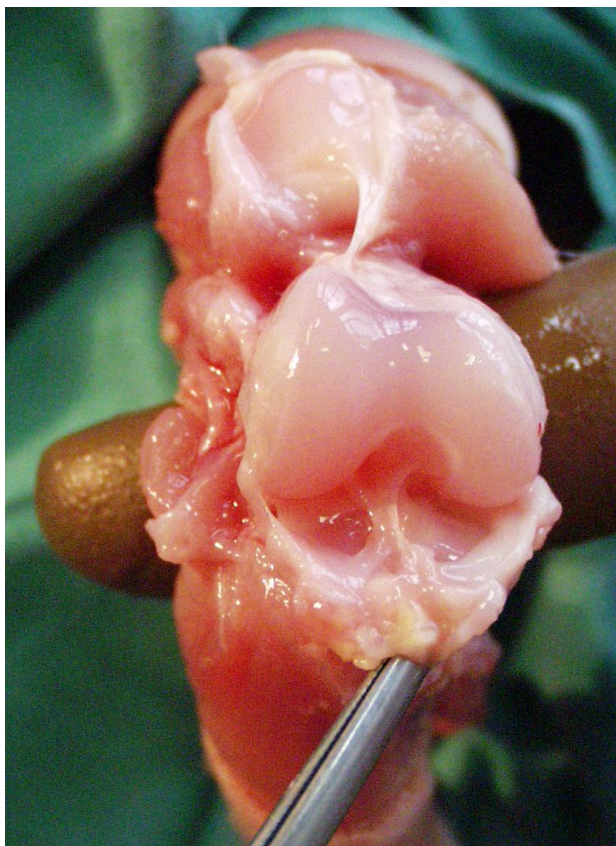
### **1.2.1 EMBRIONALNI RAZVOJ**

Kompleksnost kolenog zgloba, ali i njegova značajna uloga u normalnoj kinematici kretanja, doprineli su da se o njegovom embriogenom razvoju u prethodnim decenijama pisalo više nego o bilo kom drugom zglobu. Gametni pupoljci donjih ekstremiteta se

pojavljuju u četvrtoj nedelji intrauterinog razvoja, dok hondrifikacija butne kosti i kostiju potkolenice započinje u šestoj nedelji embriogeneze. Između okrajaka butne kosti i golenjače se nalazi jedna vrpca mezenhimalnog tkiva, koja se tokom vremena kondenzuje, pomera put napred i kranijalno i predstavlja početak razvoja čašice (41). Pojavom obrisa zglobnog prostora u osmoj gestacijskoj nedelji počinje embrionalni razvoj zgloba kolena (45). Tada se pojavljuju brojne manje šupljine u predelu kondila butne kosti i čašice, koje se spajaju i daju veću šupljinu, tako da u naredne dve i po nedelje zglob kolena postaje jedinstvena celina obložena sinovijalnom membranom.

Embriogeneza menisko-ligamentarnih struktura unutar kolena ne može biti posmatrana kao izolovan proces, jer se razvoj svih struktura kolena, i koštanih i mekotkivnih, odvija paralelno i povezano. U periodu oko pedesetog dana od oplođenja jajne ćelije započinje razvoj ligamenta čašice u vidu produžetka tetive četvoroglavog mišića natkolenice (*m. quadriceps*), dok 52-og dana započinje razvoj oba ukrštena ligamenta. Zadnji ukršteni ligament razvija se ranije od prednjeg. Krajem osme nedelje (oko 55-og dana), u mezenhimalnom tkivu nalazi se gotovo u celini formirani i prednji i zadnji ukršteni ligament, sa vlaknima koja su već tada zauzela pravac pružanja koja će zadržati i kod odraslih. Jasno diferenciranje između prednjeg roga spoljašnjeg meniskusa i prednjeg ukrštenog ligamenta uočava se tokom devete nedelje gestacijskog razvoja (46).

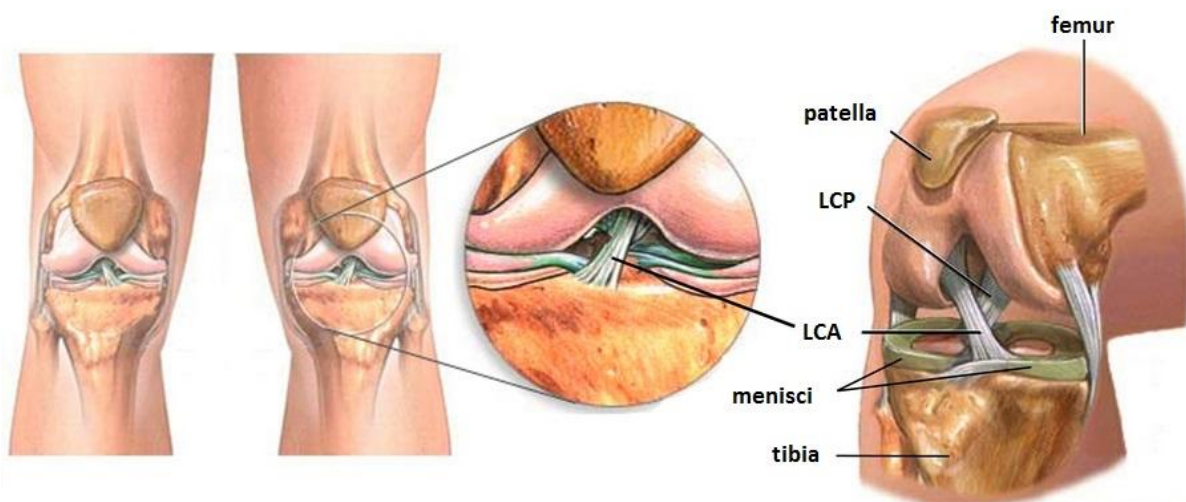
Sa unutrašnje strane zgloba kolena, u devetoj nedelji uočava se kondenzacija zglobne kapsule što predstavlja početak razvoja unutrašnjeg bočnog, dok je razvoj spoljašnjeg bočnog ligamenta nezavistan od zglobne kapsule. Formiranje spoljašnjeg bočnog ligamenta u desetoj nedelji je završeno, a unutrašnjeg bočnog je u završnoj fazi. U zadnjem delu zglobnog prostora kolena mogu se primetiti vlakna koja se pružaju od zadnjeg roga spoljašnjeg meniskusa ka zadnjem ukrštenom ligamentu i predstavljaju *Wrisberg*-ov meniskofemoralni ligament (Slika 1).



Slika 1. Prednji ukršteni ligament fetusa starog XX nedelja (preuzeto sa [http://www.sporttraumatologie.com/szs video/esska/1 the development of the knee %20j n rogez.pdf](http://www.sporttraumatologie.com/szs%20video/esska/1%20the%20development%20of%20the%20knee%20j%20n%20rogez.pdf))

### 1.2.2 DESKRIPTIVNA ANATOMIJA

Zglob kolena (*articulatio genus*) povezuje butnu kost (*femur*) sa golenjačom (*tibia*) i na taj način čini kariku u lancu nedeljive celine lokomotornog aparata. Treći koštani element čini sezamoidna čašična kost (*patella*). To je najveći zglob čoveka. Stabilnost zglobu kolena daju ligamenti, zglobna kapsula i pripoji mišića. Stabilnost zavisi od zajedničkog delovanja aktivnih i pasivnih stabilizatora kolena. Aktivni stabilizatori su mišići i njihove tetive koje se pripajaju u predelu zgloba kolena, dok se u pasivne strukture ubrajaju ligamentarni aparat kolena, zglobna kapsula, meniskusi i sama zglobna tela (41). Ligamentarni aparat kolena sačinjavaju spoljašnji i unutrašnji kolateralni ligament (*lig. collaterale laterale et mediale*), zglobna kapsula (*capsula articularis*), prednji i zadnji ukršteni ligament (*lig. crutiatum anterius et posterius*), kao i unutrašnji i spoljašnji meniskus (*meniscus medialis et lateralis*) (47) (Slika 2).

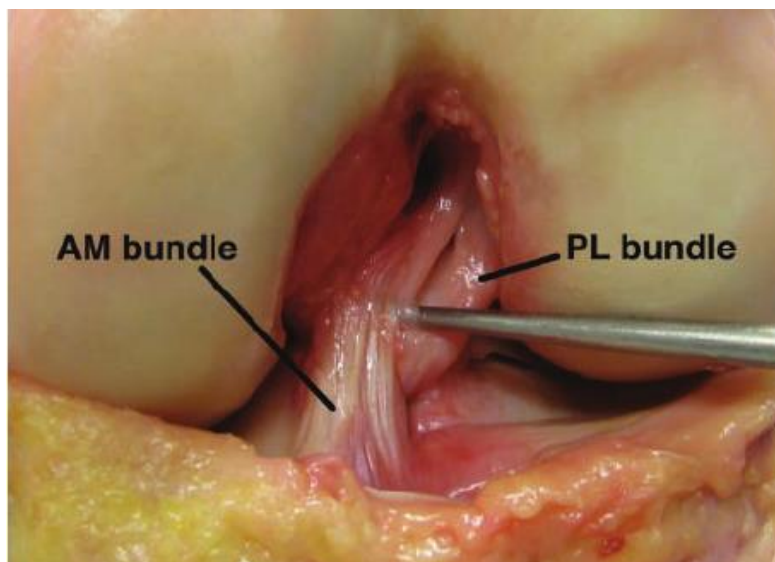


Slika 2. Ligamentarni aparat zgloba kolena (preuzeto sa <http://travmaorto.ru/24.html>)

Ukršteni ligamenti kolena (*ligamenta cruciata genus*) su snažne, kratke i međusobno ukrštene strukture koje ispunjavaju prostor između kondila butne kosti. Oni daju najveći doprinos prednje-zadnjoj, bočnoj i rotatornoj stabilnosti kolena (48,49). Utvrđeno je da ne postoje razlike u stabilnosti kolena u odnosu na stranu i pol, kako u odraslom, tako i u dečjem uzrastu (38,40,50).

Prednji ukršteni ligament kolena ima oblik vrpce dužine od 22 do 41 mm (prosečno 32 mm), a prečnik se kreće u rasponu od 7 do 12 mm (prosečno 11 mm), koja se na donjem kraju pripaja na prednjem međukondilarnom polju golenjače (*area intercondylaris anterior*) i pruža se put spolja, te se gornjim krajem pripaja na zadnjem delu unutrašnje strane spoljašnjeg kondila butne kosti (39,41). Oblik i površina poprečnog preseka prednjeg ukrštenog ligamenta su različiti u odnosu na visinu preseka i menjaju se od gornjeg ka donjem pripoju (51). Oblik poprečnog preseka je nepravilan, a površina se kreće od oko 33 mm<sup>2</sup> u gornjem delu samog ligamenta, u srednjem 35 mm<sup>2</sup>, a 42 mm<sup>2</sup> u blizini donjeg pripoja (52).

Prednji ukršteni ligament ima dva snopa, prednje-unutrašnji (anteromedijalni) i zadnje-spoljašnji (posterolateralni), što ima značaja u funkcionalnoj i patološkoj anatomiji. Prednje-unutrašnji snop polazi od gornjeg dela pripoja na butnoj kosti, a završava se na prednje-unutrašnjem delu donjeg pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta. Zadnje-spoljašnji snop, koji je dominantniji, završava se na zadnje-spoljašnjem delu pripoja na golenjači. Istraživanja su pokazala da postoji i treći, tzv. intermedijerni snop, koji nije prisutan uvek, a koji se nalazi između prednje-unutrašnjeg i zadnje-spoljašnjeg snopa (53-55) (Slika 3).



Slika 3. Raspored snopova kolagenih vlakana prednjeg ukrštenog ligamenta (preuzeto sa <http://www.performanceorthosports.com/DOUBLEBUNDLEACL.html>)

Zadnji ukršteni ligament pruža se od zadnjeg međukondilarnog polja golenjače prema unutra i na gore i svojim gornjim krajem pripaja se na unutrašnji kondil butne kosti. Prednji i zadnji ukršteni ligament su približno iste dužine, ali je zadnji nešto deblji nego prednji. Njegova veličina zavisi od visine i težine osobe, kao i od veličine kondila butne kosti i golenjače (56). Prema nekim istraživanjima zadnji ukršteni ligament je dva puta jači od prednjeg (57,58). Kod zadnjeg ukrštenog ligamenta nema uvijanja vlakana oko njihove uzdužne osovine, za razliku od prednjeg, kod koga su kolagena vlakna idući od butnog do pripoja na golenjači uvrnuta za skoro 180° (59).

Ligamenti se međusobno ukrštaju, a dolazi i do interligamentarnog uvrtnja snopova oba ligamenta. Sinovijalna opna se uvlači u interkondilarni prostor sa prednje i zadnje strane, prekriva ligamente čineći da oni i interkondilarna jama budu unatarzglobne ali ekstrasinovijalne strukture kolennog zgloba (60).

### 1.2.3 HISTOLOŠKA GRAĐA

Ukršteni ligamenti kolena, poput tetiva mišića, imaju takvu građu koja odslikava sile koje deluju na njih. Zahvaljujući svojoj histološkoj građi ukršteni ligamenti obezbeđuju stabilnost zgloba kolena, ali i apsorbuju sile kojima je ovaj zglob svakodnevno izložen.

Međucelijski matriks ukrštenih ligamenata sličan je kao i kod drugih ligamenata i čine ga kolagena vlakna, razdvojena tankim retikularnim vlaknima, i elastična vlakna, ali u znatno

manjem broju nego kolagena i sačinjavaju do 5% suve mase tkiva. Vlakna kolagena su postavljena paralelno, u smeru delovanja sila i čine 70-80% suve materije tkiva. Ligamenti spadaju u grupu hipocelularnih tkiva, a ćelije koje se mogu naći u strukturi ligamenata imaju karakteristike fibroblasta. One su izdužene, nalaze se između kolagenih vlakana, dok su na poprečnom preseku zvezdastog oblika. Sadržaj vode u ligamentima je 60-70%, koja nema neku biomehaničku funkciju. Osim kolagenih i elastičnih vlakana, vode i fibroblasta, u ligamentima se nalazi i proteoglikanski matriks.

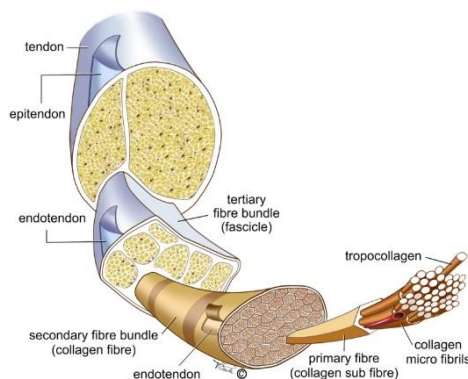
Molekularna strukturalna organizacija ligamenata je u službi boljeg prenosa i amortizacije sila istezanja kojima su tokom kretanja oni izloženi. Velika otpornost na sile izvlačenja i rastezanja koju pokazuju ligamenati i tetive zasniva se prvenstveno na specifičnim osobinama kolagenih vlakana, kao i na njihovom jedinstvenom rasporedu u prostoru koji je prilagođen mehaničkom opterećenju. Molekule kolagena čine tri polipeptidna lanca koja su međusobno uvijena i tako formiraju oblik heliksa koji se sintetise u ćelijama, a izbacuje se u međućelijski prostor u obliku prokolagena koji je solubiln. Molekuli prokolagena su polučvrsti uzdužni elementi sa srednjom dužinom od 280-300 nm koji se u vanćelijskom prostoru razdvajaju stvarajući konačan oblik kolagena (trokolagen). Tako nastali molekuli kolagena (1-2 nm) se udružuju stvarajući u prvi mah mikrofibrile (3-4 nm), a potom dodatnim spajanjem subfibrile (10-20 nm). Veći broj subfibrila formira fibrile (50-500 nm). Elektronskom mikroskopijom je utvrđeno da je prednji ukršteni ligament sastavljen od dve vrste kolagenih fibrila. Predominantni su fibrili širokog dijametra, dok se u manjem broju mogu naći fibrili malog promera. Potrebno je naglasiti da ovaj njihov odnos bitno utiče na biomehanička svojstva ligamenta (49).

Između kolagenih vlakana se u međućelijskoj materiji u manjoj količini nalazi i proteoglikan sastavljen od mukopolisaharida hondroitin-sulfata i proteina i čini samo oko 1% suve materije ligamenta. Međutim, iako se nalazi u ovako malim količinama deluje da ima značajnu ulogu u specifičnoj interakciji fibrila kolagena. Mehanizam kojim to čini još nije u potpunosti utvrđen, ali se zna da ima vrlo važnu ulogu u regulisanju fibrilogeneze, pa na taj način utiče na konačnu debljinu kolagenih fibrila. Proteoglikani ligamenata su najvećim delom u obliku visokomolekularnih aglomerata formiranih nekovalentnim vezama proteoglikanskih podjedinica sa hijaluronskom kiselinom i vezujućim proteinom. Uloga tog vezujućeg proteina je da stabilizuje i ojača vezu proteoglikanskih podjedinica i hijaluronske kiseline. Formirani fibrili, zajedno sa fibroblastima uronjeni u proteoglikanski matriks,



sačinjavaju fascikuluse, a više povezanih fascikulusa sačinjava ligament okružen epiligamentom (61) (Slika 4).

Utvrđeno je da postoji razlika u građi prednjeg ukrštenog i unutrašnjeg bočnog ligamenta, a ogleda se u prisustvu fibrila različite debljine, što verovatno ima dodatnog uticaja, pored i ostalih lokalnih faktora na regenerativne, odnosno reparativne procese koji se odvijaju nakon njihovog oštećenja (62).



Slika 4. Histološka građa ligamenata (preuzeto sa <https://vearlemedicalart.com/gallery2/structure-of-tendons>)

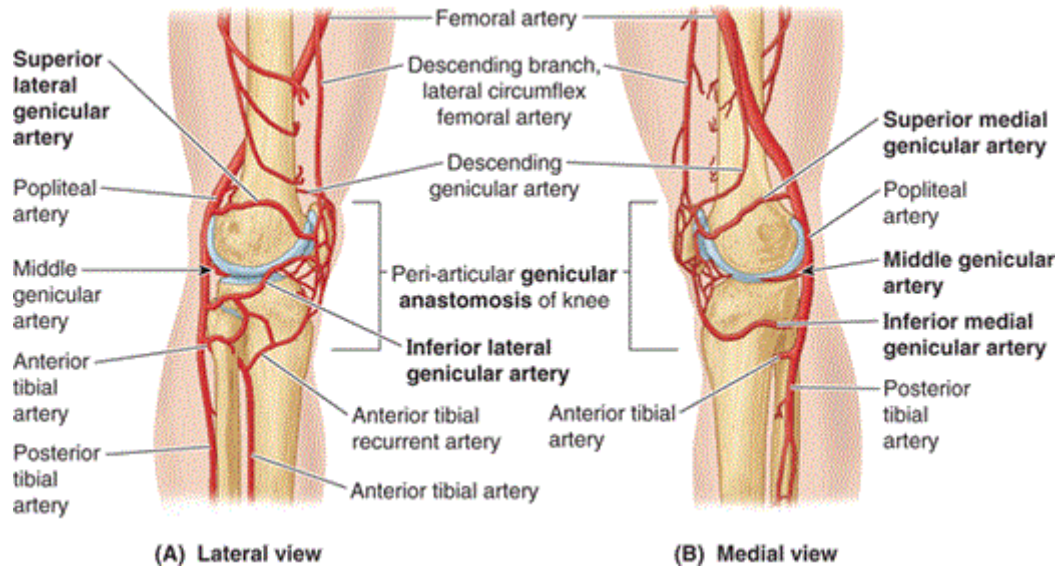
#### 1.2.4 VASKULARIZACIJA UKRŠTENIH LIGAMENATA

Ukršteni ligamenti kolena se, u najvećoj meri, ishranjuju preko srednje arterije kolena (*a. genus media*) koja je grana zatkolene arterije (*a. popliteae*) i od nje se odvaja sa zadnje strane kolena u nivou zglobne pukotine (42,48). Kada probije zglobnu kapsulu, ulazi u međukondilarni prostor gde se grana i daje mnogobrojne ogranke za oba ukrštena ligamenta i meniskuse (63-65). Terminalni završetci ove arterije se pružaju duž ligamenata stvarajući epiligamentarnu mrežu od koje se odvajaju kapilari koji pod pravim uglom ulaze u ligamente unutar kojih se pružaju uzdužno (66). Ovi krvni sudovi dopiru do ligamenata posredstvom sinovijalne ovojnice prednje i zadnje čaure zgloba koja oblaže ukrštene ligamente u potpunosti (67,68), a na njih prelazi u predelu pripoja na butnoj kosti i golenjači (67-69). Treba napomenuti da srednja arterija kolena ne ulazi u sastav velike mreže zgloba kolena. Pripoji oba ligamenta na butnoj kosti su u najvećoj meri vaskularizovani od strane srednje arterije kolena. Malim delom, butni i golenjačni pripoj oba ligamenta se ishranjuju krvnim sudovima koji penetrišu iz koštanog tkiva na mestu pripoja. Pojedini autori su opisali i stvaranje anastomozne mreže između ove dve vrste krvnih sudova (64-66). Manjim delom, pogotovo prednji deo prednjeg ukrštenog ligamenta i njegov pripoj na golenjači, ishranjuje se

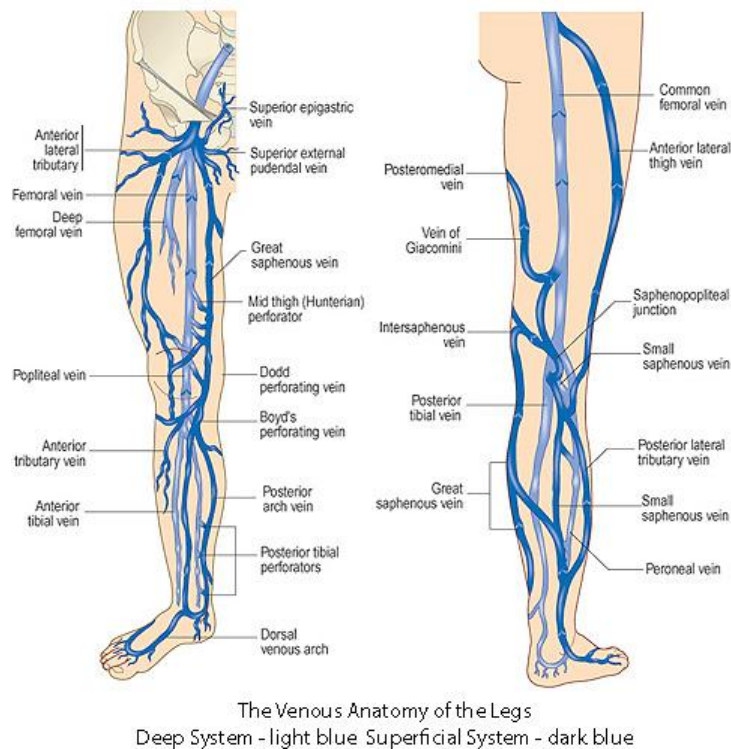
preko krvnih sudova koji dolaze preko podčashičnog masnog jastučeta. Takođe, ishrana prednjeg ukrštenog ligamenta se delimično odvija i iz sinovijalne tečnosti (69,70). Na mestu pripoja ligamenta za kost se, po nekim autorima, nalazi avaskularna zona jer nema anastomoza krvnih sudova ligamenta i koštane podloge. Ima i onih koji smatraju da su krvni sudovi u predelu pripoja ukrštenih ligamenata završnog karaktera i imaju oblik lučnih terminalnih petlji tako da je vaskularna mreža ligamenata nezavisna od kosti (71). Mreže krvnih sudova u predelu pripoja butne kosti i golenjače se pružaju niz ligament subsinovijalno gradeći periligamentarni splet (67,68). Od ovog spleta se poprečno odvajaju manje grane koje se spajaju i tako grade uzdužnu interligamentarnu mrežu (69). Periligamentarna mreža krvnih sudova je razvijenija nego interligamentarna, a najmanje vaskularizovani su centralni delovi ligamenata (Slika 5).

Zbog uvijenosti ligamenata oko svoje uzdužne osovine dolazi do kompresije krvnih sudova i do pojave manje vaskularizovane zone središnjeg dela ligamenta (67,69). Upravo zbog ovakve vaskularizacije nije moguće zarastanje ukršenih ligamenata i ubrzo nakon njihovog kidanja dolazi do atrofije patrljaka (46,72). Mreža krvnih sudova prednjeg ukrštenog ligamenta je manje razgranata i oskudnija u odnosu na zadnji (70,73), što se može objasniti činjenicom da je zadnji ukršteni ligament u bližem kontaktu sa sinovijalnom ovojnicom zadnje kapsule zgloba koja prelazi na pripoj ligamenta pokrivajući ga duž čitave zadnje strane. Istraživanja su pokazala da je vaskularizacija butnih pripoja ukrštenih ligamenata, pogotovo prednjeg, bolja nego na golenjači (67-69). Ova činjenica ima klinički značaj u smislu izbora metoda lečenja njihovih povreda (68,69,71).

Venska drenaža se odvija preko venskih sudova postavljenih uzdužno duž ukrštenih ligamenata, a zatim preko vena sinovijalne ovojnice zadnje kapsule zgloba i manjim delom podčashičnog masnog jastučeta (73) (Slika 6).



Slika 5. Arterije kolena (preuzeto sa <https://sites.google.com/site/jointssydneyteddikelseyabby/home/knee-joint>)



Slika 6. Venski sistem donjeg ekstremiteta (preuzeto sa <https://sites.google.com/site/jointssydneyteddikelseyabby/home/knee-joint>)

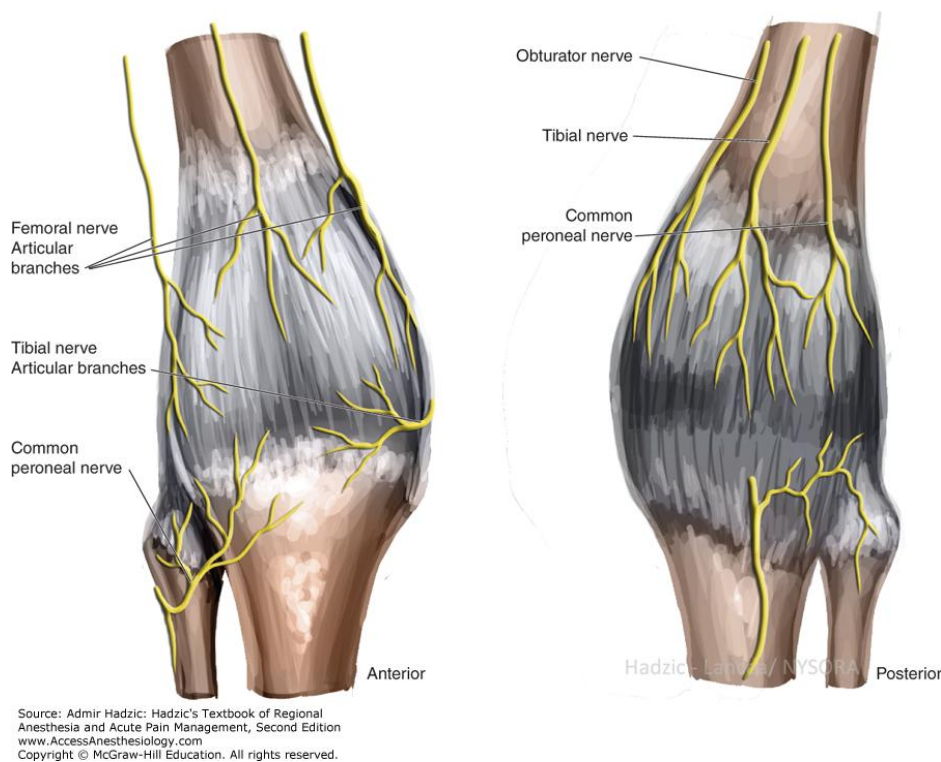
### 1.2.5 INERVACIJA UKRŠTENIH LIGAMENATA

Inervacija ukrštenih ligamenata kolena mora se posmatrati u sklopu inervacije ostalih ligamenata, mišićnih pripoja i zglobne čaure. Centralni nervni sistem reguliše kretanje na osnovu povratnih informacija svih pomenutih struktura. Zglob kolena je inervisan od strane velikog sedalnog živca (*n. ischiadicus*) od kojeg se odvajaju unutrašnji i spoljašnji zatkoleni živci koji sa zadnje strane probijaju zglobnu čauru te preko sinovijalne ovojnice dolaze do ukrštenih ligamenata (74). Prednji deo kolena, kao i manji deo prednjeg ukrštenog ligamenta dobija inervaciju od grana butnog živca (*n. femoralis*) (Slika 7).

Ukrštene veze kolena imaju veoma razvijenu intra i periligamentarnu mrežu (75-77). Postoje dve vrste nervnih vlakana, velika proprioceptivna (mehanoreceptori) i mala nociceptivna vlakna. U unutrašnjosti zgloba kolena nalazi se pet tipova mehanoreceptora, od toga četiri se nalaze u samom prednjem ukrštenom ligamentu. Tri aferentna senzorna živca daju vlakna za mehanoreceptore kolena. To su zadnji, spoljašnji i unutrašnji zglobni nerv. Mehanoreceptori pretvaraju fizičke nadražaje koji se javljaju u toku kretanja u specifični neuralni signal koji se aferentnim vlaknima prenosi u centralni nervni sistem koji kontroliše i reguliše sve voljne i nevoljne pokrete. Centralni nervni sistem analizira kinesteziju zgloba kolena, tj. poziciju, pokret, brzinu i ubrzanje, na osnovu sumacije informacija od strane proprioceptivnih vlakana i ne odgovara na svaki pojedinačni podsticaj mehanoreceptora (77,78). Postoje tri vrste mehanoreceptora u ligamentima kolena. Dve vrste *Ruffini*-jevih završetaka (77-79) su sporoadaptirajući mehanoreceptori. Oni reaguju na male promene u tenziji ligamenta, a potrebna je veoma mala sila da ih pobudi. Treća vrsta mehanoreceptora su *Pacini*-jeva telašca koja su najčešće zastupljena. Ona imaju sposobnost brze adaptacije i aktiviraju se pri svakom pokretu (78-80). Broj mehanoreceptora u predelu pripoja ligamenta na butnoj kosti je veći nego na golenjači (80). Treba napomenuti da do reakcije mehanoreceptora i slanja povratnih informacija ne dolazi kada je zglob kolena savijen pod uglom od 30 stepeni.

U predelu zgloba kolena, osim mehanoreceptora, postoje i nociceptivna vlakna koja prenose bol sa različitih struktura kolena. Ovi slobodni nervni završetci se prostiru ispod sinovijalne ovojnice duž mreže krvnih sudova (79). Najbrojniji su u predelu bočnih ligamenata, zatim u zadnjem ukrštenom ligamentu, a najmanji broj nervnih završetaka je u predelu prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (80,81).

Ukršteni ligamenti kolena, pomoću svog mehanoreceptornog sistema koji reaguje na tenziju koja je prisutna u toku pokreta zgloba, pružaju centralnom nervnom sistemu informacije o samim ligamentima, kao i o njihovom odnosu sa ostalim strukturama u kolenu. Na osnovu tih informacija centralni nervni sistem može da proceni brzinu, pravac kretanja, ubrzanje i poziciju zgloba kolena i na taj način da reguliše kretanje.



Slika 7. Inervacija kolena (preuzeto sa <http://www.nysora.com/mobile/regionalanesthesia/3012-essentials-of-regional-anesthesia-anatomy.html>)

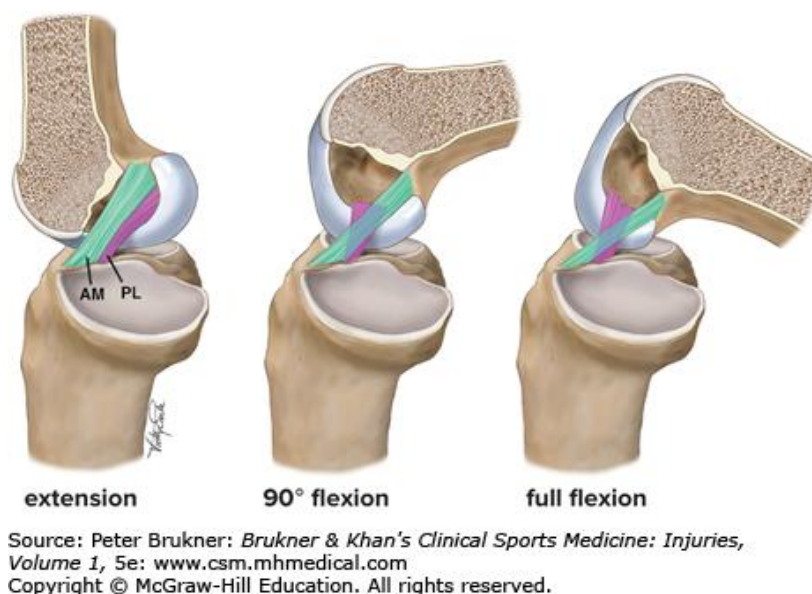
### 1.3 BIOMEHANIKA ZGLOBA KOLENA

Pravilno funkcionisanje svih strukturalnih delova u zglobu kolena neophodno je kako bi se obezbedila stabilnost i sinhronost pokreta, kao i zaštita od povreda celog organizma. Bilo kakva patološka promena na strukturama zgloba kolena će tokom vremena dovesti do poremećaja u kretanju, što će sledstveno izazvati velike posledice na sve životne aktivnosti čoveka i na taj način na fizički i psihički integritet svakog pojedinca i društva u celini.

Koleno se tokom hoda odupire dejstvu sile koja nastaje pri kontaktu stopala sa podlogom tako da može da omogući savladavanje efekta inercije cele noge tokom faze njihanja ciklusa hoda. U kolenom zglobu vrše se dva osnovna pokreta, savijanje (*flexio*) i

opružanje (*extensio*), kao i pokreti privođenja (*adductio*), odvođenja (*abductio*) i unutrašnje i spoljne rotacije (*rotatio*), ali oni su znatno manjeg obima. U kolenu se vrše i translatorski pokreti: kompresija-distrakcija, unutrašnje-spoljašnja i prednje-zadnja translacija (38-40). Funkcionalna stabilnost kolena se postiže sinhronim delovanjem koštanih zglobnih površina, ligamenata, meniskusa i zglobne kapsule, koji predstavljaju pasivne stabilizatore i mišićima koji okružuju koleno tj. njihovim pripojima koji predstavljaju aktivne stabilizatore zgloba kolena (48). Prednji i zadnji ukršteni ligament čine centralni ligamentarni aparat kolena koji je osnovni stabilizator kolena u sagitalnoj ravni, a predstavlja i centar kinematike zgloba kolena (82). Njihova osnovna uloga je u ograničavanju prednje-zadnje translacije golenjače. Biomehantička efikasnost ligamenata u stabilizaciji zgloba kolena zavisi od stepena savijanja kolena zato što je funkcionalni ugao njihovog delovanja različit u odnosu na položaj u kom se koleno nalazi.

Prednji ukršteni ligament predstavlja složen sistem sastavljen od prednje-unutrašnjeg i zadnje-spoljašnjeg snopa koji se različito ponašaju tokom savijanja kolena (53,62). Kada je koleno potpuno opruženo, vlakna oba snopa su paralelna i imaju isti stepen zategnutosti. Kako se koleno savija dolazi do izduživanja i zatezanja prednje-unutrašnjeg snopa, a skraćivanja i opuštanja zadnje-spoljašnjeg snopa prednjeg ukrštenog ligamenta (67,70,76). Vlakna zadnjeg ukrštenog ligamenta u punoj ekstenziji su opuštena osim zadnje-kosog snopa (63). Prema *Muller*-u i *Menschik*-u (83,84) ukršteni ligament su, pored oblika kondila butne kosti, najznačajniji za normalnu kinematiku kolena. Oni iznose i da ligamenti imaju veoma značajnu ulogu pri prenošenju opterećenja tokom hoda, s tim da postoje razlike u opterećenju prednje-unutrašnjeg i zadnje-spoljašnjeg snopa. Utvrđeno je da pri savijanju većem od 45° prednji snop prednjeg ukrštenog ligamenta preuzima 90-95% opterećenja, dok su pri potpuno opruženom položaju kolena oba snopa podjednako opterećena (82). Zahvaljujući ovakvoj građi centralni ligamentarni aparat kolena vrši dve suprotne uloge. On omogućava stalnu mobilnost artikularnih površina obezbeđujući permanentni kontakt kroz ceo obim pokreta fleksije, a istovremeno i ograničava pokretljivost dajući otpor silama koje deluju na koleno tokom kretanja (85).



Slika 8. Međusobni odnos AM i PL snopa LCA pri savijanju i opružanju kolena (preuzeto sa <http://www.performanceorthosports.com/DOUBLEBUNDLEACL.html>)

Centralni ligamentarni aparat predstavlja osnovu pasivne stabilnosti zgloba kolena delujući u sve tri ravni, a ne samo u sagitalnoj (85,86). Da bi se mogla shvatiti suština funkcije centralnog ligamentarnog aparata razvijeni su određeni matematički sistemi, tj. modeli poput modela četiri stuba koji biomehaničke odnose u sagitalnoj ravni predstavljaju tako što su ukršteni ligamenti čvrste veze koji imaju pokretna hvatišta na butnoj kosti i golenjači (85). Međutim, ovi modeli u jednoj ravni nisu mogli da objasne fenomen labavosti zgloba kolena, ulogu bočnih ligamenata i unutrašnje i spoljašnje rotacije u transverzalnom preseku. Zato su mnogi autori pristupili ispitivanju fiziološke pokretljivosti kolena u tri dimenzije (87-89), što je posebno omogućeno razvojem kompjuterske tehnologije. Cilj ovih različitih sistema je da prihvate, prenesu i razlože sile opterećenja nastale na okrajcima butne kosti i golenjače. U okviru kretanja ligamenti predstavljaju osetljiv i prilagodljiv, međusobno povezani sistem, zglobna hrskavica statična, a meniskusi mobilna ležišta. Okolni mišići predstavljaju generatore sila pokreta i njihovog kočenja pod kontrolom kompleksnog neurološkog mehanizma (90).

Pokretljivost u kolenu je rezultat kombinovanog delovanja spoljašnjih i unutrašnjih sila. Tokom hoda mehanoreceptori u strukturama svih elemenata kolena prikupljaju informacije zahvaljujući kojima centralni nervni sistem vrši kontrolu kretanja i eventualno odgovora na spoljne sile koje deluju na njega. Rezultati mnogih studija su pokazali da su tenziona sile kojima su izloženi ukršteni ligamenti veće pri većim brzinama nego pri manjim (73,91). Ovo je verovatno samo posledica viskoznih osobina ligamenata, tj. same strukture

kolagenih fibrila i njihovog rasporeda. Koleno zato treba shvatiti kao kompleksan skup asimetrično pokretnih delova.

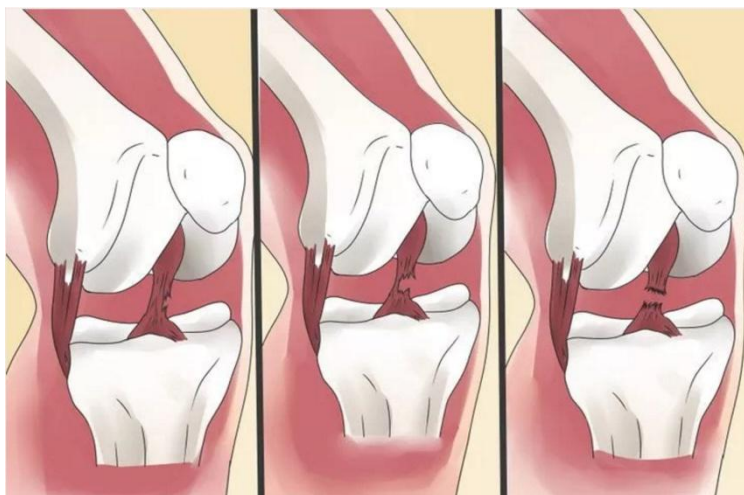
## 1.4 POVREDE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA

Učestalost povreda kolena je poslednjih decenija u porastu. Ovo je u vezi sa povećanjem broja saobraćajnih nezgoda i sve većim brojem ljudi koji se rekreativno i profesionalno bave sportskim aktivnostima. Povreda prednjeg ukrštenog ligamenta je najčešća ligamentarna povreda kolena. Prema epidemiološkim podacima, svake godine u Sjedinjenim Američkim Državama se dijagnostikuje oko 250.000 novih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, a više od 70% tih povreda je u populaciji koja se bavi sportom (92-94). Što se tiče evropskih zemalja, u Velikoj Britaniji učestalost ovakvih povreda je oko 8-9 na 100.000 stanovnika godišnje (95), a u Danskoj se godišnje javljaju tri povrede na 10.000 stanovnika, takođe sa većom učestalošću pojavljivanja među sportistima (96). Lečenje i rehabilitacija su često dugotrajni i skupi, a do potpunog oporavka i povratka profesionalnim i sportskim aktivnostima prođe više od 6 meseci.

Koleno je izloženo najvećem broju sportskih povreda u svim starosnim grupama. Sportske aktivnosti postaju važan deo savremenog načina života, a sve veći broj ljudi u njima učestvuje bilo kao profesionalni sportisti, rekreativci ili amateri. Sve veća popularnost ekstremnih sportova (snowboarding, skateboarding, ekstremni biciklizam) je još jedan od razloga povećane učestalosti povreda kolena, a samim tim i prednjeg ukrštenog ligamenta (97). Koleno zglob u sportu može biti oštećen akutnom traumom, a većina povreda nastaje u aktivnostima bez kontakta (98,99). Kidanje prednjeg ukrštenog ligamenta obično se dešava na njegovoj srednjoj trećini (90% slučajeva), a znatno ređe na butnom (7% slučajeva) i golenjačnom pripoju (3% slučajeva) (100).

Komitet za medicinski aspekt sporta Američkog lekarskog udruženja (101) definisao je tri stepena povrede prednjeg ukrštenog ligamenta. Prvi stepen – prekid manjeg broja vlakana ligamenta što se klinički manifestuje kao osetljivost u predelu kolena, ali bez nestabilnosti. Drugi stepen – prekid većeg broja vlakana ligamenta što se klinički manifestuje kao gubitak funkcije zgloba, ali bez nestabilnosti. Treći stepen – potpuni prekid prednjeg ukrštenog ligamenta sa potpunim gubitkom funkcije i sledstvenom nestabilnošću zgloba kolena (Slika 9).





*Slika 9. Stepeni povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (preuzeto sa <http://www.wikihow.com/Confirm-a-Partial-ACL-Tear>)*

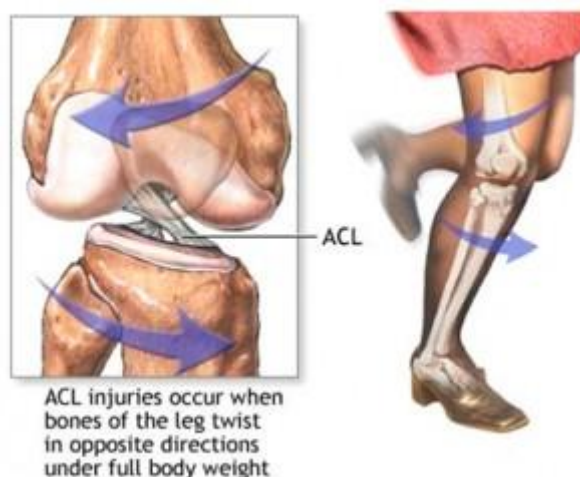
Zbog svoje specifične građe, zarastanje kod potpunog prekida prednjeg ukrštenog ligamenta nije moguće, tako da ubrzo nakon kidanja dolazi do atrofije patrljaka (65,67,68,102). Kod delimičnog prekida prednjeg ukrštenog ligamenta je, po mišljenju nekih autora, zarastanje moguće, ali otežano (35,54) i odvija se u tri faze. Prva faza je faza inflamacije i odvija se u prvih 72h u kojoj dolazi do nakupljanja seroznog izliva u ligamentu i okolnoj sinovijalnoj ovojnici. Druga faza je faza ćelijske proliferacije i reparacije matriksa, aktiviraju se fibroblasti i stvara se granulaciono tkivo i kolagena vlakana što dovodi do formiranja novog vanćelijskog matriksa u periodu od šest nedelja. U trećoj fazi remodelacije, tokom više meseci dolazi do sazrevanja novostvorenog vanćelijskog matriksa. Prednji ukršteni ligament koji je zarastao na ovakav način više nema otpornost i mehaničke karakteristike kao nepovređeni (103).

#### **1.4.1 MEHANIZAM NASTANKA POVREDE**

Povrede ligamenata zgloba kolena se dešavaju pri ekstremnim promenama pravca kretanja i rotacije kolena. Ortopedski hirurg *Palmer* (104) detaljno je opisao prednji ukršteni ligament i doneo novi pristup u razumevanju nastanka i tretmana povreda ukrštenih ligamenata kolena. On navodi četiri osnovna mehanizma odgovorna za povrede ligamenata.

Najčešći mehanizam povređivanja je odvođenje, savijanje i unutrašnja rotacija golenjače (spoljašnja rotacija kolena), koja dovodi do povrede unutrašnje strane zgloba kolena, tj. unutrašnjeg bočnog ligamenta, prednjeg ukrštenog ligamenta i unutrašnjeg meniskusa. Od jačine sile koja deluje na koleno zavisi da li će doći do povrede jedne, dve ili

sve tri strukture (105-107). U slučaju primicanja, savijanja i spoljašnje rotacije golenjače, koji je znatno ređi mehanizam povređivanja, dolazi do oštećenja spoljašnje strane zgloba kolena (105,108). Hiperekstenzioni mehanizam obično dovodi do prekida prednjeg ukrštenog ligamenta, a u slučaju dužeg delovanja sile i njenog pojačanja dolazi do istezanja i pucanja zadnje kapsule i zadnjeg ukrštenog ligamenta (105). Poslednji, četvrti mehanizam je prednje-zadnje iščašenje kolena koje dovodi do prekida samo prednjeg ili oba ukrštena ligamenta u zavisnosti od pravca iščašenja golenjače (34,101).



Slika 10. Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (preuzeto sa [http://cutemolin.blogspot.rs/2014\\_08\\_01\\_archive.html](http://cutemolin.blogspot.rs/2014_08_01_archive.html))

Anatomsku vezu između povreda ukrštenih ligamenata, meniskusa i unutrašnjeg ligamentarnog aparata su 1941. godine opisali *Brantigan* i *Voshell* (109), dok su *LeRoy* i sar. (110) 1944. godine pokazali da rotacija i odvođenje potkolenice dovodi do kombinovanih povreda prednjeg ukrštenog i unutrašnjeg bočnog ligamenta. *O'Donoghue* i sar. (111) su 1950. godine definisali “nesrećnu trijadu” koja nastaje dejstvom sile na potkolenicu dok je ona u položaju odvođenja i spoljašnje rotacije, a uključuje prekid unutrašnjeg bočnog ligamenta, oštećenje unutrašnjeg meniskusa i prekid prednjeg ukrštenog ligamenta. *Kennedy* i sar. (107) su 1974. godine u istraživanju na kolenima kadavera detaljno opisali mehanizam kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta. Pri spoljašnjoj rotaciji potkolenice od 40° do 50°, dok je koleno savijeno pod uglom od 90° isteže se, a zatim i kida unutrašnji kapsularni ligament, a ukoliko dođe i do delovanja sila odvođenja dolazi i do prekida unutrašnjeg bočnog ligamenta. Daljim delovanjem ili pojačanjem sile kida se i prednji ukršteni ligament (107).

Razmatrajući ulogu međukondilarnog useka u povredama prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, *Feagin* i sar. (112) su 1987. godine uveli pojam “sindrom suženog

međukondilarnog useka”. Kod suženog međukondilarnog useka opružanjem potkolenice ka unutra, koja je u unutrašnjoj rotaciji, dolazi do zatezanja zadnje-spoljašnjeg snopa prednjeg ukrštenog ligamenta i njegovog potiskivanja na međukondilarni greben što dovodi do njene autoamputacije. Određeni broj autora smatra da prekid prednjeg ukrštenog ligamenta ne može da bude izolovana povreda, što su zaključili nakon izvršenih eksperimenata u kojima su uvek nastajale udružene povrede drugih menisko-ligamentarnih struktura (113,114). Sa druge strane, opisan je izolovan prekid prednjeg ukrštenog ligamenta kolena bez udruženih povreda kod fudbalera koji je nastao u položaju hiperekstenzije kolena sa unutrašnjom rotacijom potkolenice uz fiksirano stopalo i jak udarac u koleno sa prednje-spoljašnje strane (115). *McMaster* i sar., takođe (116) nalaze da je izolovan prekid prednjeg ukrštenog ligamenta čest kod sportista i da nastaje kada je koleno u opruženom položaju, a potkolenica u unutrašnjoj rotaciji.

Postoji još jedan mehanizam koji dovodi do izolovane lezije prednjeg ukrštenog ligamenta, a to je doskok na savijeno koleno posle odskoka ili pada sa visine kod padobranaca. Povreda nastaje tako što ligament čašice vuče golenjaču napred, a težina tela gura butnu kost pozadi, izlažući na ovaj način prednji ukršteni ligament velikoj sili pri kojoj može doći do njegovog kidanja. Treba napomenuti da uz izolovano kidanje prednjeg ukrštenog ligamenta, često dolazi i do distenzije kapsule i struktura unutrašnje i spoljašnje strane kolena koje se obično previde, tako da je oporavak duži nego što se u početku očekuje (117).

Uz povredu ukrštenih ligamenata veoma su česte udružene povrede ostalih struktura kolena, pre svega zglobne kapsule i meniskusa. Klinički značaj udruženih povreda je da one dovode do veome brze pojave degenerativnih procesa na hrskavici zglobnih površina kolena (118,119).

## **1.5 DIJAGNOSTIKA POVREDE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA**

Postavljanje pravilne dijagnoze kod povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je neophodno radi planiranja odgovarajućeg lečenja, bilo neoperativnog ili operativnog. Ukoliko se to ne uradi, u velikom broju slučajeva dolazi do propadanja kolena, što se manifestuje tzv. „hroničnom nestabilnošću kolena“ (120). Posledica ovakvog stanja je brži razvoj degenerativnih promena. Dijagnostika sveže povređenog kolena je teška, često i za

veoma iskusnog ortopedskog hirurga. Zbog toga je ogroman značaj precizno uzetih anamnestičkih podataka o načinu povređivanja i subjektivnim tegobama pacijenta uz adekvatan klinički pregled i dopunske dijagnostičke procedure (RTG, CT i MRI).

### 1.5.1 ANAMNEZA

Uzimanje detaljne anamneze sa tačnim mehanizmom povređivanja predstavlja prvi korak kod pregleda svakog pacijenta sa povredom kolena. Pacijenti često navode da je do povrede došlo prilikom nagle promene pravca kretanja sa rotacijom kolena dok je stopalo fiksirano za podlogu, kao i prilikom rotacije kolena prilikom doskoka. Pacijenti opisuju da su osetili kao da je “nešto krcnulo” ili “nešto puklo” u kolenu nakon čega je došlo do gubitka stabilnosti, tj. “otkazivanja” kolena sa pojavom velikog, bolnog otoka u toku nekoliko narednih časova, najduže u prva 24 časa. U nekim slučajevima, iako je kapsulo-ligamentarna povreda kolena teška, pacijent nema izražene subjektivne tegobe zbog toga što se krv razliva oko kolena, dok često kod blažih povreda gde zglobna kapsula nije povređena, pacijent oseća jake bolove zbog toga što se sva krv iz povređenih struktura zadržava unutar zglobne kapsule i rasteže je.

### 1.5.2 KLINIČKI PREGLED

Posle uzete anamneze, klinički pregled ima najveći značaj u dijagnostici povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Sastoji se od inspekcije, palpacije i kliničkih testova za ispitivanje stanja meniskusa i ligamenata. Treba naglasiti da se uvek pregledaju oba kolena, prvo zdravo, a zatim povređeno.

**Inspekcijom** se kod akutnih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta može uočiti otok kolena, koji može biti velik i bolan, a ponekad minimalan ili čak i odsutan. Otok je prisutan zbog pucanja krvnih sudova koji ishranjuju prednji ukršteni ligament. Potrebno je utvrditi da li je otok nastao zbog izliva u kolenu, kada je ceo zglob difuzno otečen ili zbog procesa u periartikularnim mekim tkivima. Kod težih povreda, pored otoka može se videti i krvni podliv oko zgloba kolena ili gornjeg dela potkolenice. Kod zastarelih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta vidljiva je hipotrofija unutrašnjeg stegenog mišića (*m. vastus medialis*) zbog imobilizacije ili smanjene funkcije zgloba koju ograničava bol.

**Palpacijom** se utvrđuje priroda otoka u predelu kolena i procenjuje osetljivost i povreda bočnih ligamenata kolena. Za utvrđivanje prisustva izliva u kolenu koristi se test “balotmana čašice”. Ovaj test se izvodi tako što se dlanom jedne ruke istisne tečnost, ako

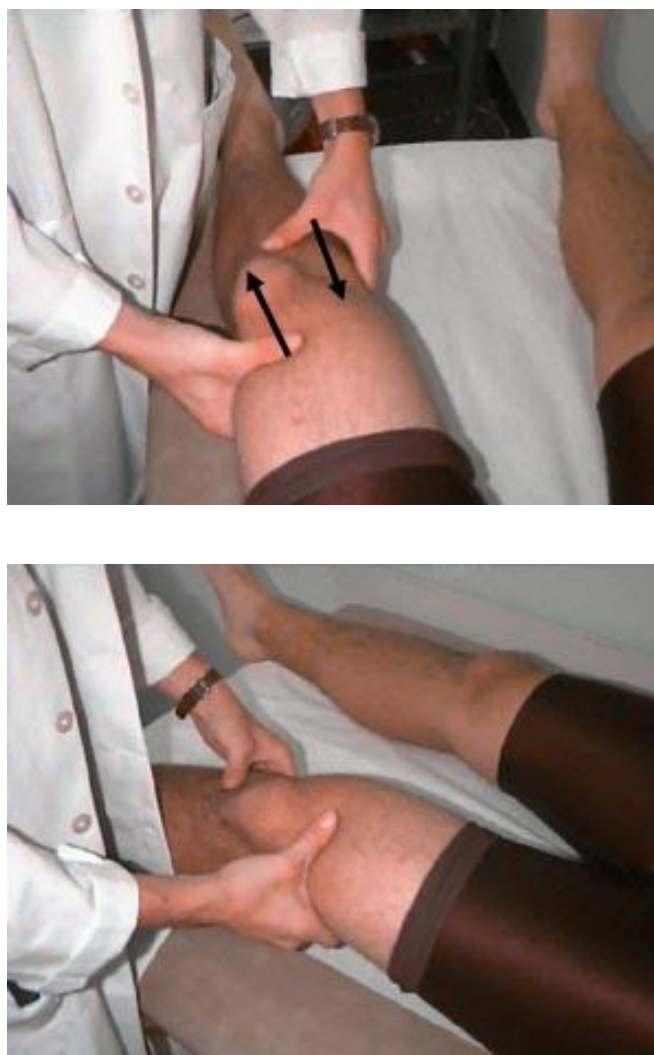
postoji, iz suprapatelarnog špaga put distalno, a drugom rukom se pritiska čašica da se proveriti da li postoji elastično ugibanje čašice ka kondilima butne kosti. Palpiranje bočnih ligamenata kolena se izvodi tako što se unutrašnji palpira od vrha unutrašnjeg epikondila butne kosti, unutrašnjom stranom zgloba kolena, do prednje-unutrašnje strane platoa golenjače, gde se ovaj ligament pripaja svojim donjim krajem. Spoljašnji se palpira od vrha spoljašnjeg epikondila butne kosti, spoljašnjom stranom zgloba kolena, do vrha glave lišnjače (121,122). Češće je povređen gornji pripoj unutrašnjeg bočnog ligamenta i donji pripoj spoljašnjeg bočnog ligamenta kolena. Bolnost na palpaciju ovih ligamenata iziskuje sprovođenje stres testova.

**Specijalni klinički testovi** su razvijeni radi određivanja tipa i stepena nestabilnosti, kao i radi procene postoperativnih rezultata rekonstrukcija kapsuloligamentarnog aparata kolena.

**Stres testovi za bočne ligamente kolena** podrazumevaju valgus (abdukcion) stres test koji se koristi za ispitivanje unutrašnje bočne nestabilnosti i varus (addukcion) stres test koji se koristi za ispitivanje spoljašnje bočne nestabilnosti kolena. Ukoliko se prilikom palpacije bočnih ligamenata, pojača bol izvođenjem ovih testova, to je siguran znak njihove lezije. Step en oštećenja se određuje veličinom “otvaranja” zgloba ka unutra, odnosno ka spolja. U slučaju da su ovi testovi pozitivni kada je koleno savijeno pod uglom od 30 stepeni, to je pouzdan znak potpunog prekida unutrašnjeg tj. spoljašnjeg ligamenta. Međutim, ukoliko su ovi testovi pozitivni i kada je koleno potpuno ispruženo, to može ukazati da postoji oštećenje zglobne kapsule i ukrštenih ligamenata kolena, obično prednjeg.

Dijagnostički najprecizniji testovi prednje nestabilnosti kolena su Lachman test i Pivot shift test (123-125).

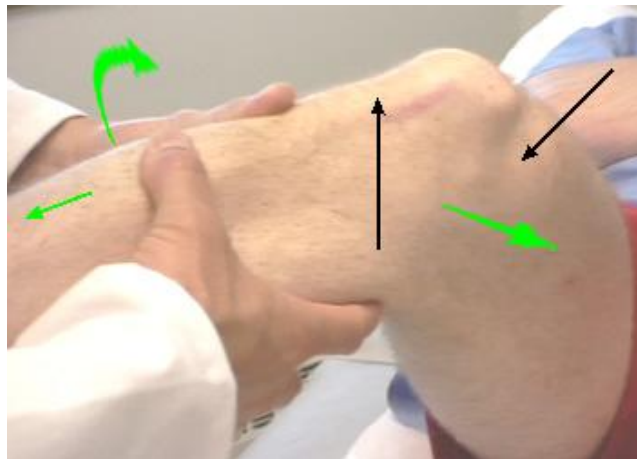
**Lachman test** (126) se izvodi tako što pacijent leži na leđima sa kolenom savijenim pod uglom od 30 stepeni. Stopalo je petom oslonjeno na podlogu, a potkolenica je u položaju neutralne rotacije. Jedna ruka stabilizuje butnu kost hvatanjem natkolenice u suprakondilarnom delu sa spoljašnje strane, a druga ruka hvata gornji okrajak golenjače sa zadnje-unutrašnje strane i povlači ga put napred (Slika 11). Lachman test je pozitivan ukoliko pri pomeranju golenjače put napred nema jasne tačke zaustavljanja (engl. “*end point*”), što se označava i kao Lachman test sa “mekim” zaustavljanjem. Test se smatra pozitivnim i ukoliko dolazi do gubitka normalnog konkavnog oblika ligamenta čašice. Lachman test je negativan ukoliko postoji jasna tačka zaustavljanja.



Slika 11. Pravilno izvođenje Lachman testa (preuzeto sa [http://www.sportsdoc.umn.edu/Clinical\\_Folder/Knee\\_Folder/Knee\\_Exam/lachmans.htm](http://www.sportsdoc.umn.edu/Clinical_Folder/Knee_Folder/Knee_Exam/lachmans.htm))

**Pivot shift test** (test subluksacionog preskoka) (34,127) opisan je od strane *MacIntosh*-a i *Galoway*-a 1972. godine (128). Ovaj test se izvodi tako što pacijent leži na leđima sa savijenim kukom i kolenom pod uglom od 90 stepeni, a postavljanjem ruke na stopalo potkolenica se postavi u unutrašnju rotaciju. Pošto se koleno orijentiše u valgus položaj, snažnim pritiskom druge ruke u gornje-spoljašnji deo potkolenice, započinje opuštanje kolena i kuka uz istovremenu spoljašnju rotaciju potkolenice (Slika 12). Ukoliko pod uglom od 30 stepeni nastane preskok u zglobu kolena uzrokovan prednjom subluksacijom golenjače, a kao posledica nedostatka prednjeg ukrštenog ligamenta, test je pozitivan. Ukoliko je prednji ukršteni ligament očuvan, test je negativan. Odvođenje ispitivane noge u kuku značajno povećava izražajnost testa. Ovaj test se najlakše izvodi kada je pacijent maksimalno relaksiran ili u anesteziji. Prema IKDC standardu rezultati ovog testa

se opisuju kao: normalan (kada je jednak na oba kolena); I stepen - skoro normalan (+ klizanje); II stepen - abnormalan (++) škljoca); III stepen - teška abnormalnost (+++ izražen preskok).



Slika 12. Pravilno izvođenje Pivot shift testa (preuzeto sa [http://www.sportsdoc.umn.edu/Clinical\\_Folder/Knee\\_Folder/Knee\\_Exam/pivot%20shift.htm](http://www.sportsdoc.umn.edu/Clinical_Folder/Knee_Folder/Knee_Exam/pivot%20shift.htm))

Treba pomenuti da se rotatorna nestabilnost kolena može ispitivati i pomoću drugih kliničkih testova (*Slocum*-ov “Anterior rotary drawer test” (30) i *Hughston*-ov “Jerk test” (112)), ali najveći značaj ipak imaju Lachman i Pivot shift test.

Precizan klinički pregled je teško sprovesti kod svežih povreda kolena zbog bola i mišićnog spazma. Takođe, kod svežih povreda za vreme pregleda može doći do refleksnog zatezanja zadnje lože mišića buta zbog zategnutosti kapsule usled prisustva izliva, tj. krvi u kolenu (103), što je izuzetno bolno za pacijenta i onemogućava pravilno izvođenje kliničkih testova. Mnogi autori preporučuju izvođenje kliničkog pregleda povređenog kolena isključivo u opštoj anesteziji (78,109,110,129), jer je tačnost otkrivanja povrede ligamenta u oko 83% slučajeva, a u slučaju da se pregled obavlja bez anestezije tačnost u postavljanju dijagnoze je oko 48%. Međutim, to je nepraktično i teško izvodljivo u svakodnevnoj praksi. Kod hroničnih slučajeva, klinički pregled je jednostavniji jer izvođenje ovih testova nije bolno za pacijenta (78,109,110,113). Smatra se da Lachman test daje najveću verovatnoću za postavljanje prave dijagnoze, ali ukoliko je negativan to ne mora značiti i nepostojanje prekida prednjeg ukrštenog ligamenta, a to se dešava zbog toga što izvođenje ovog testa prouzrokuje maksimalnu zategnutost većine ligamenata u kolenu (83).

### 1.5.3 DOPUNSKA DIJAGNOSTIKA

**Radiografsko snimanje** je obavezno kod svake sveže povrede zgloba kolena u minimum dva osnovna pravca (prednje-zadnja i bočna projekcija) kako bi se isključilo postojanje avulzionog preloma koštanih pripoja ligamenata ili udružene povrede (46,130). Treba pomenuti *Segond*-ov znak (20) koji je patognomoničan znak za prekid prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. To je mali avulzioni prelom ivice spoljašnjeg kondila golenjače sa pripadajućim pripojem zglobne kapsule i vidljiv je na standardnom radiografskom snimku u prednje-zadnjoj projekciji (34,77,103,131,132).

Osim standardne radiografije u rutinskoj kliničkoj praksi je i **stres radiografija** koja se obavlja u frontalnoj i sagitalnoj ravni. Princip je da ukoliko se pri izvođenju testa fioke na radiografiji dobije prednje-zadnje pomeranje golenjače za 3 mm, velika je verovatnoća da je došlo do prekida prednjeg ukrštenog ligamenta (77), a ukoliko se pri izvođenju valgus stres testa na radiografiji dobije “otvaranje” zgloba ka unutra za više od 4 mm u odnosu na suprotnu stranu, velika je verovatnoća da je došlo do prekida unutrašnjeg bočnog ligamenta. Treba napomenuti da je procenat uspešnosti ove dijagnostičke metode različit od autora do



autora, ali zajedničko stanovište je da ova metoda ima vrednost samo kod potpunih prekida ligamenata kolena, dok se za delimične prekide ne može smatrati pouzdanom zbog svoje relativno male uspešnosti. Ovo je potvrđeno rezultatima koje su objavili *Runkel* i sar. (133) 1993. godine nakon sprovedenog radiološkog ispitivanja Lachman testa kod 35 ispitanika kod kojih je hirurškim putem dokazan prekid prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Osetljivost ove metode kod potpunog prekida prednjeg ukrštenog ligamenta je bio 95%, a kod delimičnog prekida samo 23%. Treba istaći da se ovaj pregled mora vršiti u opštoj anesteziji zbog toga što se bez anestezije mogu dobiti lažno negativni rezultati.

**Artrografija** kolena je kao dijagnostička metoda potpuno prestala da se koristi u kliničkoj praksi i danas ima samo istorijski značaj.

Razvojem medicinske tehnologije, za precizno dijagnostikovanje mekotkivnih i koštanih povreda kolena u rutinsku primenu ušle su kompjuterizovana tomografija i nuklearna magnetna rezonanca.

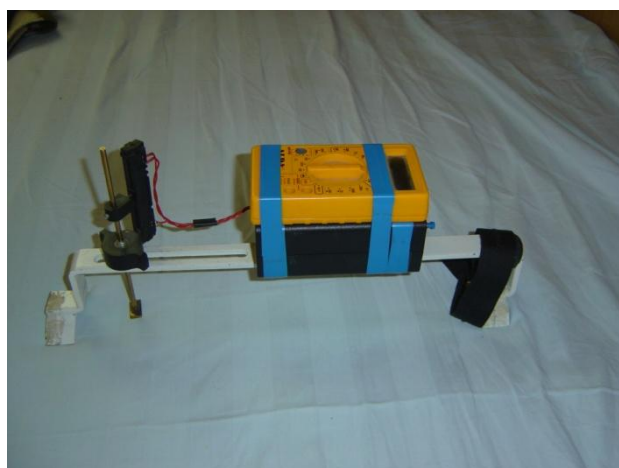
Neinvazivnost i eliminacija štetnog zračenja sa jedne strane, a sigurnost sa druge, doprineli su da **nuklearna magnetna rezonanca (NMRI)** kao dijagnostička metoda bude veoma popularna, kako kod lekara tako i kod pacijenata (Slika 13). Sigurnost ove metode je veoma velika za otkrivanje povrede prednjeg ukrštenog ligamenta i iznosi prema različitim autorima od 95-98,8% slučajeva (134-136) jer se snimanje obavlja u tri ravni (sagitalna, frontalna i koronalna). Magnetna rezonanca se primenjuje i za evaluaciju postoperativnih rezultata, s obzirom da prikazuje strukture koje se ne vide radiografski niti artroskopski, kao što su npr. ciste subhondralne kosti (137,138) ili prelomi zadnje strane spoljašnjeg kondila golenjače (“*kissing contusion*”) (139-141).



Slika 13. MRI snimak intaktnog LCA (levo) i rupture LCA (desno)(preuzeto sa <http://aclsurgeryla.com/knee-joint-media>)

**Kompjuterizovana tomografija (CT)** nije metoda izbora za dijagnostiku povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena zbog velike doze zračenja kojoj se pacijent izlaže, kao i neophodne primene kontrastnih sredstava. Međutim, primenom ove metode u velikom broju slučajeva mogu se uočiti povrede ukrštenih ligamenata, i to prednjeg u 96,6%, a zadnjeg u 84% slučajeva (142), tako da se i kompjuterizovana tomografija može uspešno primenjivati u sredinama gde ne postoji mogućnost primene magnetne rezonance. Primenom artrografske kompjuterizovane tomografije pomoću dvostrukog kontrasta moguće je uočiti defekt ligamenta od 3 mm, a velika osetljivost ove metode ima praktičnu vrednost u dijagnozi pojedinih nerazjašnjenih slučajeva.

**Artrometrija** kao dijagnostička metoda skoro da i nema nikakav značaj. Artrometri, poput KT-1000 i Cybex, služe za procenu stabilnosti kod hroničnih povreda ligamenata kolena i omogućavaju objektivno praćenje i upoređivanje pokretljivosti golenjače u odnosu na butnu kost u milimetrima (mm) pre i nakon operacije (143-146).



*Slika 14. Artrometar*

**Artroskopija** se danas prvenstveno koristi u lečenju povreda meniskusa i koštano-hrskavičavih lezija. Kao dijagnostička metoda koristi se izuzetno retko u nejasnim slučajevima, s obzirom na postojanje i razvoj neinvazivnih metoda (147).

**Spektralna koštana scintigrafija** se radi u retkim slučajevima gde je klinička slika izmenjena, kao i u slučajevima kod kojih nije moguće primeniti opisane dijagnostičke metode. Lokalno pojačana aktivnost može se videti na oba pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta, ali češće na butnom (148).

Ukoliko se anamneza i klinički pregled pravilno urade, u najvećem broju slučajeva ortopedski hirurg može postaviti tačnu dijagnozu prekida prednjeg ukrštenog ligamenta bez drugih dijagnostičkih metoda. U slučajevima kada nije moguće adekvatno sprovesti klinički pregled ili je klinička slika nejasna, metoda izbora je svakako magnetna rezonanca.

## **1.6 TRETMAN POVREDA PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA KOLENA**

Danas je broj povreda meniskoligamentarnog aparata povećan do skoro epidemijskih razmera. I pored toga što je učestalost povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena svake godine u porastu, kao i znatnog broja ortopedskih hirurga koji se bave ovom problematikom, tretman povreda prednjeg ukrštenog ligamenta i dalje ostaje predmet mnogih dilema i oprečnih mišljenja. Cilj lečenja povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je ponovno uspostavljanje stabilnosti kolena, sa punim obimom pokreta, odnosno odlaganje pojave degenerativnih promena hrskavice i meniskusa, kao i zaštita kolena od dodatnih povreda. Uspešna rekonstrukcija ovog ligamenta omogućava povređenoj osobi normalno i samostalno obavljanje aktivnosti dnevnog života i povratak sportskim aktivnostima na najvišem nivou. Da bi se povrede ukrštenih ligamenata lečile na pravi način, potrebno je poznavanje njihove građe, uloge i biomehanike, a značajan je i podatak o postojanju udruženosti drugih povreda. Adekvatan način lečenja ovih povreda zavisi i od starosti pacijenta, njegove profesije, nivoa fizičke aktivnosti pre povrede, motivisanosti pacijenta za daljim lečenjem, kao i od zahteva i očekivanja samog pacijenta.

Tretman povreda ligamenata kolena zavisi i od sposobnosti njihovog spontanog zarastanja. Eksperimentalni radovi su pokazali da prednji ukršteni ligament ima malu sposobnost spontanog zarastanja (33,127), ali je kod delimičnog prekida to ipak moguće. Kasnije su i klinička ispitivanja pokazala da se 4-8 nedelja nakon potpunog prekida prednjeg ukrštenog ligamenta, na mestu prekida mogu uočiti avaskularne zone sa krvnim kapilarima koji imaju izgled kapilarnih petlji. Na taj način dolazi do skraćivanja krajeva pokidanih delova ligamenta (39), a godinu dana nakon prekida mogu se registrovati samo ostaci ligamenata na njegovim pripojima. U tom periodu, nakon godinu dana od povrede u velikom broju slučajeva može se uočiti prisustvo već izraženih degenerativnih promena na zgloboj hrskavici (107,108). Klinički je važan podatak da potpuni prekid ligamenta nastaje čak u 50% slučajeva nepotpuno pokidanih ukrštenih ligamenata (127). To i potvrđuju eksperimentalni

radovi u kojima je dokazano da se reparatorni procesi na mestu lezije ligamenta nisu odvijali, te je ligament na tom mestu bio manje vaskularizovan i tanji, što je posledica stalne tenzije ligamenta prilikom pokreta (149).

Pristup lečenju zavisi i od stepena oštećenja ligamenata, pa je tako kod povrede ligamenata prvog stepena gde nema kliničke nestabilnosti kolena, lečenje simptomatsko i konzervativno, a podrazumeva poštedu od posla uz elastičnu bandažu kolena i lokalno hlađenje u trajanju od nekoliko dana. Kod povreda drugog stepena, funkcija kolena je oštećena sa smanjenim obimom pokretljivosti i lokalnom reakcijom zgloba kolena, ali je ono i dalje stabilno. Lečenje je takođe neoperativno, uključuje postavljanje natkolene imobilizacije (77) (gips, ortoza) u trajanju od četiri do šest nedelja, a zatim sprovođenje rehabilitacionog tretmana. Rezultati ovakvog lečenja zavise od prirode same povrede, starosti pacijenta, udruženih patoloških stanja kolena, jačine okolne muskulature, ali i motivisanosti i upornosti samog pacijenta za oporavkom. Kod izvesnog broja pacijenata lečenih na ovaj način zaostaje određen stepen nestabilnosti kolena uz pojavu bola, izliva i slabosti mišića, a kao posledica svega toga dolazi do smanjenja obima dnevnih, radnih i životnih aktivnosti (150-152). Nestabilnost kolena koja se javlja kao posledica povrede prednjeg ukrštenog ligamenta dovodi do razvoja degenerativnih promena na zglobu kolena, kao i lezije meniskusa kod pacijenata koji su lečeni neoperativno (153). Ispitivanja su pokazala da su kod takmičarskih sportista subjektivni i funkcionalni rezultati konzervativnog lečenja značajno bolji u odnosu na ispitanike koji se nisu bavili sportom, pa je samim tim i povratak njihovim svakodnevnim i takmičarskim aktivnostima bio mnogo brži (154).

Poslednjih godina indikacije za rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta su znatno proširene. Stav je da treba operisati aktivne sportiste koji žele da nastave učešće u sportskim aktivnostima i nakon povrede, osobe sa potpunim prekidom prednjeg ukrštenog ligamenta i udruženom reparabilnom povredom meniskusa, multiligamentarne povrede kolena, kao i osobe sa izraženom nestabilnošću kolena koja se ispoljava tokom uobičajenih dnevnih aktivnosti (155). Danas je opšte prihvaćen stav da većina izolovanih ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta zahteva operativno lečenje (156,157). Jedino stanje gde ne postoji dilema oko operativnog lečenja jeste koštano otrgnuće pripoja ukrštenog ligamenta na butnoj kosti ili golenjači. U tom slučaju postoji apsolutna indikacija za ranu fiksaciju koštanog fragmenta (158,159). Mnoge starije osobe sa izolovanim prekidom prednjeg ukrštenog ligamenta mogu da budu lečene neoperativno ukoliko nemaju većih funkcionalnih

poteškoća u svakodnevnom životu i ako su spremni da smanje nivo fizičkih aktivnosti, ali moraju biti svesni postojanja umerenog rizika od naknadnih povreda meniskusa (129,160).

Potrebno je naglasiti da je nestabilnost kolena, pored bola i povremenih izliva u kolenu, najznačajnija posledica kasno dijagnostikovanih i neadekvatno lečenih prekida ukrštenih ligamenata kolena. Ona je osnovni uzrok poremećaja funkcije kolena, a samim tim doprinosi otežanom kretanju i čini skoro nemogućim aktivnosti vezane za aktivno bavljenje sportom poput trčanja, skakanja i nagle promene pravca. Ukoliko postane hronična, završava se osteoartrozom sa jasno vidljivim znacima na radiogramu. Koštano-hrskavičave lezije, defekti kondila butne kosti i golenjače, subhondralna skleroza, osteofiti, subhondralne ciste, kalcifikacije ligamenata i meniskusa, suženje zglobne pukotine i poremećaji osovine donjeg ekstremiteta su posledice hronične nestabilnosti kolena. Zbog toga lečenje hronične nestabilnosti kolena mora da bude hirurško, ukoliko fizikalno lečenje ne da rezultate (161).

Do danas, opisan je velik broj operativnih tehnika koje se koriste u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, ali su se u poslednje dve decenije izdvojile dve operativne tehnike koje se najčešće koriste u kliničkoj praksi. To su modifikovana *Clancy*-eva tehnika, gde se kao kalem koristi srednja trećina ligamenta čašice kao kost-tetiva-kost (*Bone-Tendon-Bone-BTB*) kalem i operativna tehnika gde se kao kalem koriste četvorostruko presavijene tetive unutrašnjeg pravog mišića i polutetivnog mišića buta (*m. gracilis* i *m. semitendinosus*, *anglosasonski-hamstring*) i to kao auto ili alokalemi (26). U brojnim istraživanjima je objavljeno da ne postoji statistički značajna razlika između ove dve tehnike (5,162,163). *Miller* i *Gladstone* (164) smatraju da je kalem kost-tetiva-kost izbor za osobe koje se bave zahtevnim fizičkim aktivnostima (fudbaleri, skijaši, atletičari, itd.), dok je za fizički manje zahtevne ili starije osobe, metoda izbora rekonstrukcija pomoću tetiva hamstringa. Intraartikularna rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kod koje se kao kalem koristi bedreno-golenjačna traka, sve je ređe u upotrebi zbog loših postoperativnih rezultata u smislu nestabilnosti i propratnih tegoba. Ona se može koristiti kao dopunska ekstraartikularna procedura u funkciji pojačanja, zajedno sa jednom od dve najčešće intraartikularne tehnike. Iako je operativna tehnika u kojoj se Ahilova tetiva koristi kao kalem jednostavna, a postoperativni rezultati zadovoljavajući u 77-85% slučajeva, ova tehnika se koristi kao dopunska, odnosno preporučuje se kao jedna od „procedura za spasavanje“ (165). Treba samo pomenuti da je moguće načiniti kalem i od centralnog dela tetive četvoroglavog mišića iznad čašice (166). Ipak, u rutinskoj kliničkoj praksi u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena najviše se koristi srednja trećina ligamenta čašice i tetive

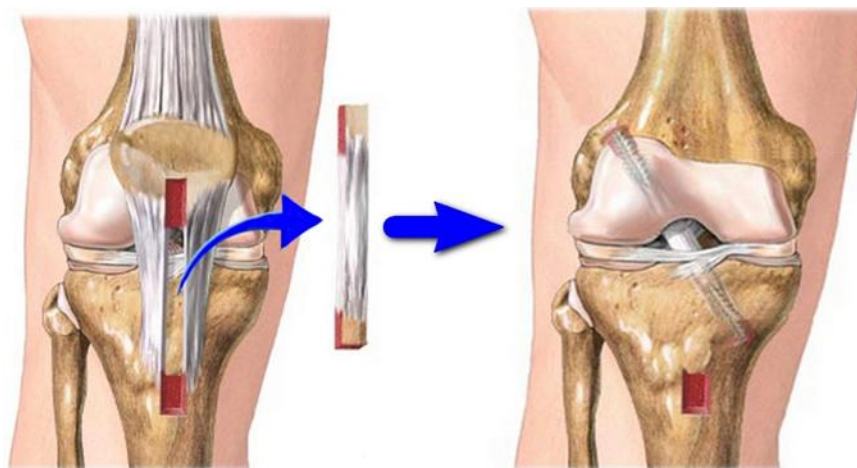
polutetivnog i pravog unutrašnjeg mišića buta. Svaka od ove dve tehnike imaju svoje prednosti i mane i zato su uzrok mnogobrojnih istraživanja na ovom polju (Slika 15).



Slika 15. Alokalemi (A-tetiva m. tibialis anterior; B-tetiva hamstring; C-Ahilova tetiva; D-BTB kalem)(preuzeto sa <http://jbjs.org/content/97/13/1059>)

Današnji stav je da u tretmanu povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena pristup mora biti individualan, tj. da odabir kalema, odnosno tehnike koja će se koristiti u velikoj meri zavisi od osobina samog pacijenta kao što su uzrast, njegovo zdravstveno stanje, prirode povreda samih ligamenata, stanja ostalih struktura zgloba kolena, zahteva pacijenata za fizičkim i sportskim aktivnostima, utreniranosti i profesije pacijenta (90). Takođe, treba imati u vidu i biomehaničke karakteristike i specifičnosti ligamenta, kako onog koji se rekonstruiše, tako i onih koji služe kao kalemi. Prednji ukršteni ligament je prosečno širok 10 mm, debljine oko 5 mm, sa prosečnom površinom poprečnog preseka od oko 50 mm<sup>2</sup>.

“Zlatan standard” u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je primena srednje trećine ligamenta čašice kao kost-tetiva-kost kalem. Ova tehnika je pokazala svoju pravu vrednost uvođenjem artroskopa u operativno lečenje prekida prednjeg ukrštenog ligamenta. Autokalem od ligamenta čašice je širok oko 10 mm, debljine oko 4 mm, četvorougaoanog je oblika sa prosečnom površinom na preseku od 35 do 40 mm<sup>2</sup> (36) i po svojim biomehaničkim karakteristikama veoma je sličan prednjem ukrštenom ligamentu, a u poređenju sa drugim biološkim materijalima pokazuje bolje osobine (167-169) (Slika 16). Odlični i dobri postoperativni rezultati primene ove tehnike kreću se u intervalu od 70 do 93% (168-175). U preko 95% slučajeva nakon ove procedure, pacijenti imaju stabilno koleno bez osećaja propadanja i „izdavanja“ koje su imali preoperativno (151).



Slika 16. Rekonstrukcija LCA korišćenjem BTB kalema (preuzeto sa <http://travmaorto.ru/24.html>)

Ova operativna tehnika i pored dobrih postoperativnih rezultata, ima svojih nedostataka. Uzimanje srednje trećine ligamenta čašice uzrokuje slabost ekstenzornog aparata kolena. To može dovesti do kontrakture i pojave ili pojačanja bola u predelu čašice i donjeg okrajka butne kosti, što su i najčešće komplikacije ove operativne tehnike (176). Takođe, česta komplikacija pogotovo kod pacijenata ženskog pola je i slabost četvoroglavog mišića natkolenice koja može da traje i do dve godine posle operacije (177,178). Postoperativno, do fleksornih i ekstenzornih kontraktura dolazi u 10-20% slučajeva (161,179). Pojava fibroznog čvora u predelu međukondilarne jame ili na mestu izlaska kalema na platou golenjače dovodi do ekstenzorne bolne kontrakture, tzv. “*Cyclops syndrome*” (180,181). Još jedna značajna komplikacija nakon ove operativne tehnike je bol koji se javlja u 4-19% slučajeva (151,154,159,161,182). Ovaj postoperativni bol je često vezan za smanjenu pokretljivost, krepitacije i izlive u kolenu. Nešto ređe komplikacije ove operativne tehnike uključuju prelom čašice, prekid najčešće donjeg pripoja ligamenta čašice i hernijaciju masnog tkiva kroz defekt ligamenta čašice (183-187).

Rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta gde se kao kalem koriste tetive pregibača kolena (engl. *hamstring muscles*) najčešće podrazumeva uzimanje tetive i polutetivnog i pravog unutrašnjeg mišića buta. Ovakav kalem je prečnika oko 8 mm, a površina poprečnog preseka mu je oko 50 mm<sup>2</sup>, što je skoro identično nepovređenom prednjem ukrštenom ligamentu, a dva puta je otporniji na kidanje od njega (188). Moguća je rekonstrukcija i pomoću kalema koji je načinjen samo od tetive polutetivnog mišića, ali su rezultati lošiji nego kod upotrebe kalema koji je načinjen od tetiva oba pomenuta mišića (189-192). Funkcionalni rezultati ove metode slični su rezultatima kod upotrebe srednje

trećine ligamenta čašice, ali uz manji postoperativni bol, brži oporavak četvoroglavog mišića buta, a na mestu uzimanja kalema tegobe su minimalno izražene (193,194). Uz to, uzimanje kalema ne dovodi do većeg slabljenja snage i funkcije mišića pregibača kolena.

Transplantaciona hirurgija koštano zglobnog sistema se poslednjih godina sve više razvija i primenjuje u kliničkoj praksi. Poslednjih deset godina napravljen je veliki napredak u primeni alokalema u hirurgiji kolena, i to ne samo u lečenju povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, već i osteohondralnih lezija i povreda meniskusa. Idealan alokalem prednjeg ukrštenog ligamenta trebao bi da u potpunosti reprodukuje anatomske i biomehaničke karakteristike prirodnog ligamenta, da nije imunogen za primaoca, da je što manje podložan infekciji i malignoj transformaciji, da brzo omogućava stabilnost i pokretljivost, da je odgovarajuće veličine i oblika, kao i da je pogodan za dugotrajno skladištenje.

U rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta najčešće korišćeni alokalem je kost-tetiva-kost alokalem, a nešto ređe se koristi alokalem Ahilove tetive i bedreno-golenjačna traka. Danas se najčešće koriste smrznuti liofilizirani alokalemi koji imaju sačuvan biološki i znatno smanjen imunološki potencijal tako da nije potrebna imunosupresivna terapija (195). Alokalemi su sve češće u upotrebi zbog povećanog broja ponovnih rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena kao i niza prednosti u praksi. Pre svega, nema lokalnih komplikacija u predelu mesta uzimanja autokalema (bol, krepitacije, slabost mišića natkolenice itd.), smanjuje se vreme trajanja operacije, zahteva manju inciziju nakon ugradnje alokalema, brža je i lakša rehabilitacija. Sve to dovodi do veće ekonomske isplativosti alokalema (196). Poređenjem postoperativnih rezultata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena alo, odnosno autokalemima, utvrđeno je da su u ranom postoperativnom periodu pacijenti sa alokalemom imali manju bol i bolju funkciju, a da nakon pet godina praktično nema statistički značajne razlike kada je funkcionalni rezultat u pitanju (197-199).

U zapadnim zemljama se već više od dve decenije koriste alokalemi iz koštanih banaka (200). Na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine u Novom Sadu od 2005. godine postoji koštano-tetivna banka te se alokalemi rutinski koriste za rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Kako do sada u humanoj ortopediji nisu opisani slučajevi transplantacije ukrštenih ligamenata sa donora, verovatno će se u budućnosti tretman ovih povreda razvijati u tom pravcu.



## **1.7 CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA**

### **1.7.1 CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

Ciljevi ovog istraživanja su:

1. Utvrđivanje preciznosti, prihvatljivosti i veličine eventualne greške novorazvijenog kompjuterskog programa za prostorno određivanje položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena i poređenje dobijenih rezultata sa pozicijom kalema utvrđenom CT snimcima.
2. Utvrđivanje postojanja razlike u prostornom položaju kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena korišćenjem različitih sagitalnih i transverzalnih uglova bušenja.
3. Upoređivanje različitih uglova bušenja tunela u golenjači sa kliničkim nalazom nakon jedne godine od operacije.
4. Utvrđivanje postojanja korelacije između prostornog položaja kalema u golenjači i funkcionalnog nalaza nakon jedne godine od operacije.

### **1.7.2 HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA:**

1. Veličina greške prostornog određivanja položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena novorazvijenim kompjuterskim programom nije statistički značajna, a kompjutersko određivanje položaja kalema u golenjači omogućava iste rezultate kao i CT snimci.
2. Ne postoji statistički značajna razlika u prostornom položaju kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena korišćenjem različitih sagitalnih i transverzalnih uglova bušenja.

3. Ne postoji statistički značajna razlika u kliničkom nalazu ukoliko je tunel u golenjači bušen pod različitim uglovima.
  
4. Adekvatna pozicija kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena jedan je od osnovnih preduslova za dobar postoperativni funkcionalni rezultat.

## **2 MATERIJAL I METODE**

Sprovedeno kliničko istraživanje sadržalo je dva dela, eksperimentalni i klinički deo.

Eksperimentalni deo istraživanja podrazumevao je pravljenje kompjuterskog programa za prostorno određivanje položaja kalema u golenjači nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena.

Drugi deo istraživanja bilo je kliničko ispitivanje kojim je obuhvaćeno ukupno 120 pacijenata kod kojih je urađena rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. U ispitivanje su uključeni samo oni pacijenti koji su dali potpisani informisani pristanak da učestvuju u ispitivanju nakon detaljnog upoznavanja sa planiranom procedurom. Svaki pacijent je bio informisan o svrsi i načinu sprovođenja istraživanja, kao i o pregledima i merenjima koja će biti vršena.

Kriterijumi za uključivanje pacijenata u istraživanje:

U istraživanje su bili uključeni pacijenti starosne dobi od 18 do 40 godina koji su primljeni na Kliniku za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine u Novom Sadu radi operativnog lečenja prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kolena i koji su potpisali informisani pristanak za uključivanje u ispitivanje (Prilog 1 i Prilog 2).

Kriterijumi za isključivanje pacijenata iz istraživanja:

- kod kojih tokom istraživanja dođe do razvoja težih opšte-hirurških komplikacija.
- koji ne žele više da učestvuju u istraživanju bez obaveze da tu svoju odluku obrazlažu.

Eksperimentalni deo istraživanja sproveden je na Fakultetu tehničkih nauka (FTN) u Novom Sadu na Departmanu za proizvodno mašinstvo gde je na osnovu standardnih RTG snimaka (prednje-zadnje i bočne projekcije) razvijen kompjuterski program za određivanje prostornog položaja kalema u golenjači. U cilju verifikacije novorazvijenog programa realizovano je prostorno određivanje položaja kalema u golenjači obradom standardnih RTG snimaka (prednje-zadnje i bočne projekcije) kod 10 pacijenata kod kojih je izvršena primarna rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Dobijeni rezultati su upoređeni sa položajem kalema na CT snimcima koji su obezbeđeni za sve pacijente. Na taj način je eksperimentalnim putem utvrđena preciznost novorazvijenog softvera u određivanju prostornog položaja kalema u golenjači.

Drugi deo istraživanja bilo je prospektivno kliničko ispitivanje koje je sprovedeno na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine u Novom Sadu. Ispitivanu grupu je činilo 120 pacijenata, oba pola, sa prekidom prednjeg ukrštenog ligamenta levog ili desnog kolena. Metodom slučajnog izbora pacijenti su podeljeni u četiri grupe od po 30 pacijenata prema veličini sagitalnog ugla (S) bušenja kanala u golenjači (S 60°-69,9° i S 70°-80°) i prema veličini transverzalnog ugla (T) bušenja kanala u golenjači (T 60°-69,9° i T 70°-80°). Grupa I 30 pacijenata (S 60°-69,9° i T 60°-69,9°), grupa II 30 pacijenata (S 60°-69,9° i T 70°-80°), grupa III 30 pacijenata (S 70°-80° i T 60°-69,9°), grupa IV 30 pacijenata (S 70°-80° i T 70°-80°). Svi pacijenti su godinu dana nakon operacije prošli klinička ispitivanja po bodovnim skalama (Tegner bodovna skala, Lysholm bodovna skala i IKDC standard) i artrometrijska merenja. Rezultati dobijeni merenjem položaja kalema u golenjači, kliničkim ispitivanjima i artrometrijskim merenjima poređani su unutar svake grupe posebno, a izvršeno je i poređenje dobijenih rezultata između svih grupa.

## **2.1 PROGRAMSKO REŠENJE ZA ODREĐIVANJE PARAMETARA INSERCIJE KALEMA NA OSNOVU PREDNJE-ZADNJIH I BOČNIH RTG SNIMAKA**

Eksperimentalni deo istraživanja, određivanje parametara insercije kalema obuhvata niz aktivnosti koje zahtevaju precizno definisanje karakterističnih tačaka na golenjači, merenje karakterističnih uglova i njihovu matematičku obradu. Za potrebe automatizacije ovih aktivnosti razvijeno je posebno programsko rešenje upotrebom programskog jezika C++ u programskom okruženju Visual Studio 2010. Za implementaciju funkcija manipulacije grafičkim elementima kao i merenja željenih veličina na snimcima je izabrana VTK

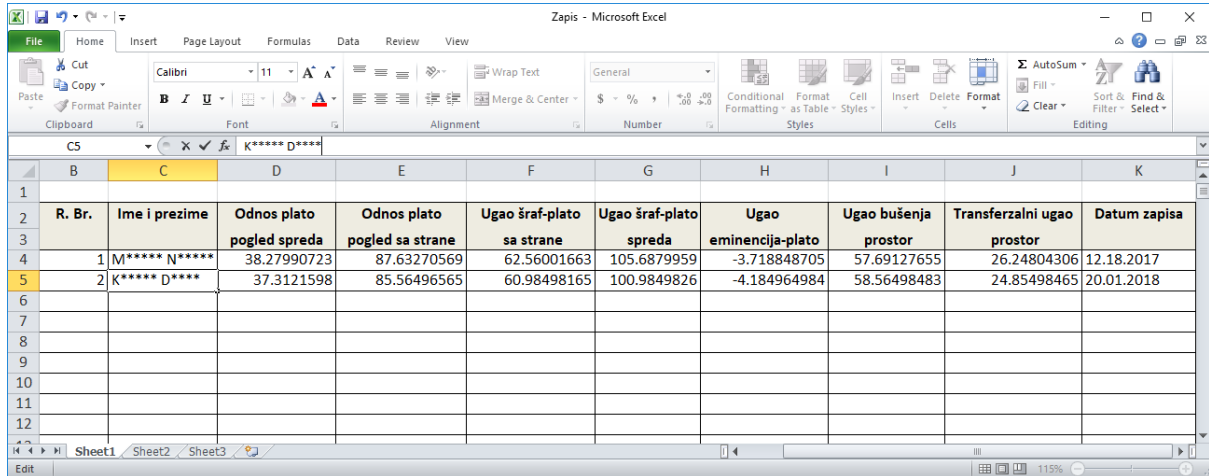
(Visualisation Toolkit) biblioteka, verifikovana softverska podrška za razvoj softvera za obradu snimaka u medicini i 3D grafici. VTK biblioteka poseduje veliki broj klasa sa funkcijama koje omogućavaju: učitavanje različitih formata snimaka, njihovu manipulaciju i omogućava generisanje 3D prikaza visokog kvaliteta. Na slici 17 levo, prikazan je dijalog prozor koji je deo korisničkog interfejsa razvijenog programskog rešenja sa parametrima za selekciju karakterističnih tačaka, dok je na slici 17 desno, prikazan izlazni prikaz sa proračunatim parametrima.



Slika 17. Prikaz dijaloga razvijene aplikacije sa parametrima za selekciju

Sa slike 17 levo, može se videti da se u procesu određivanja željenih parametara vrši selekcija deset karakterističnih tačaka sa RTG snimaka i to su: početne i krajnje tačke platoa golenjače na oba snimka (tačke 1, 2, 5 i 6), zatim početne i krajnje tačke kalema u obe projekcije (tačke 3, 4, 7 i 8), kao i tačke koje se nalaze na bočnom snimku i pripadaju uglu platoa golenjače (*posterior tibial slope*) (tačke 9 i 10). Razvijena aplikacija omogućava uvećavanje detalja na snimcima prilikom selekcije odgovarajućih tačaka, kako bi se one što preciznije selektovale. Izlaz iz aplikacije nakon proračuna prikazan je na slici 17 desno. Čini ga nova slika koja se sastoji od originalnih snimaka i sa ucrtanim selektovanim tačkama, na osnovu njih generisanim linijama i izračunatim uglovima koji su značajni za istraživanje u ovom radu. Uglovi su označeni odgovarajućom bojom, dok su u dnu slike upisane proračunate vrednosti kako uglova, tako i odnosa na platou golenjače u obe projekcije od

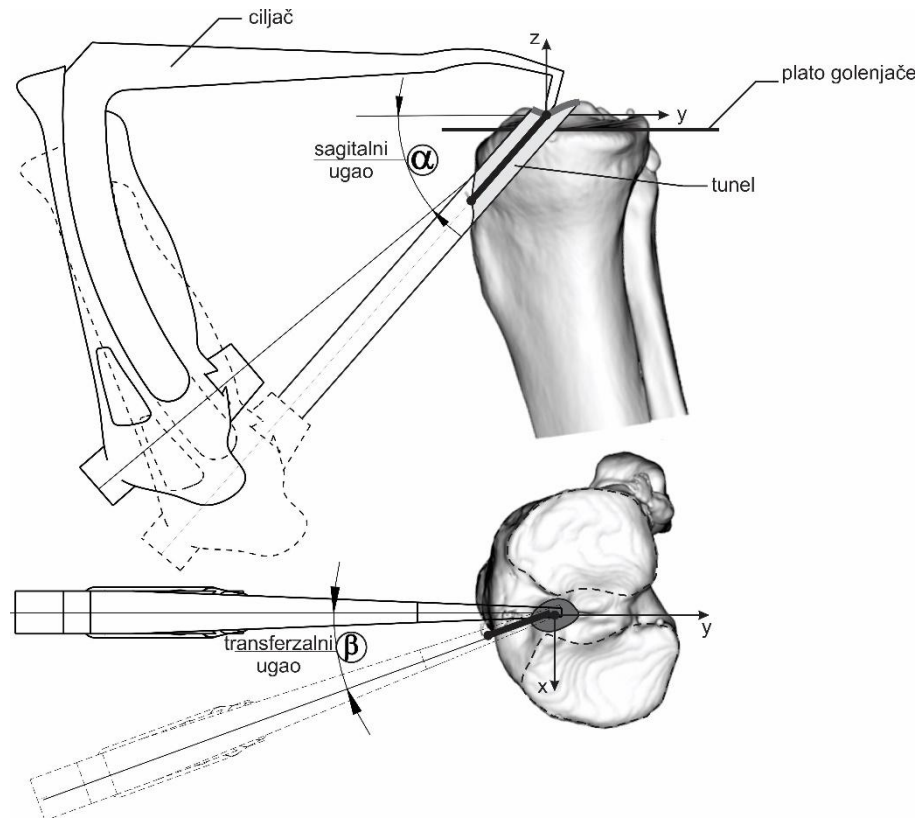
presečne tačke kalema sa platoom golenjače. Aplikacija omogućava snimanje proračunatih vrednosti u MS Excel tabelu, za potrebe dalje analize i statističke obrade. Na slici 18 je prikazan izgled tabele koja pored imena i prezimena pacijenta i datuma merenja sadrži sve potrebne parametre.



R. Br.	Ime i prezime	Odnos plato pogled spreda	Odnos plato pogled sa strane	Ugao šraf-plato sa strane	Ugao šraf-plato spreda	Ugao eminencija-plato	Ugao bušenja prostor	Transferzalni ugao prostor	Datum zapisa
1	M*****N*****	38.27990723	87.63270569	62.56001663	105.6879959	-3.718848705	57.69127655	26.24804306	12.18.2017
2	K*****D*****	37.3121598	85.56496565	60.98498165	100.9849826	-4.184964984	58.56498483	24.85498465	20.01.2018

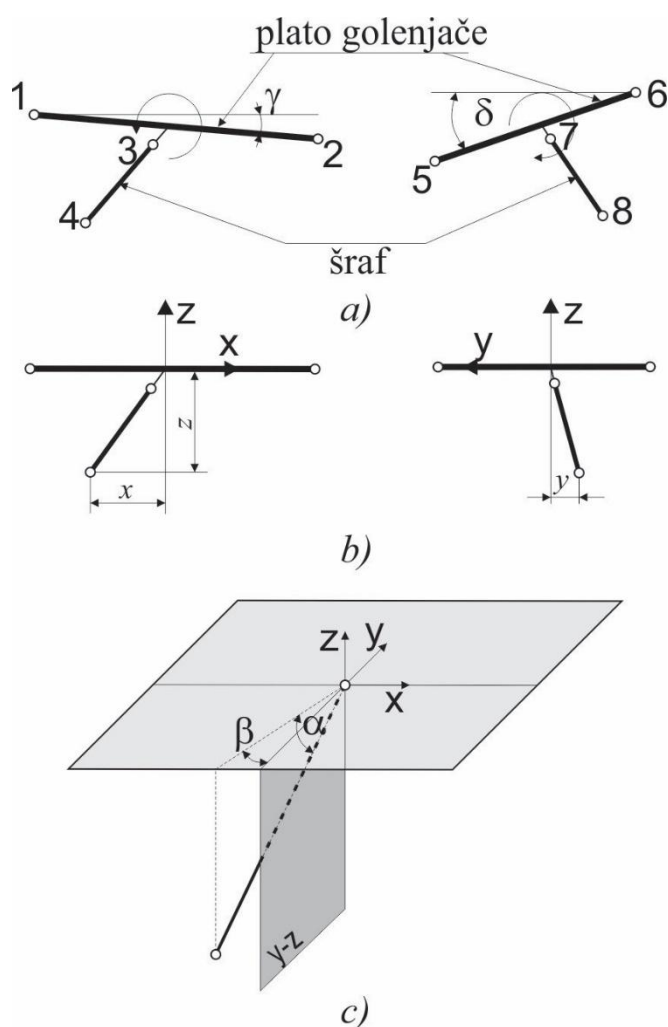
Slika 18. Izgled izlazne tabele

Pored određivanja uglova u projekcijama sa snimaka, razvijena aplikacija omogućava i određivanje prostornih uglova kalema (sagitalnog i transferzalnog, slika 19).



Slika 19. Parametri insercije kalema

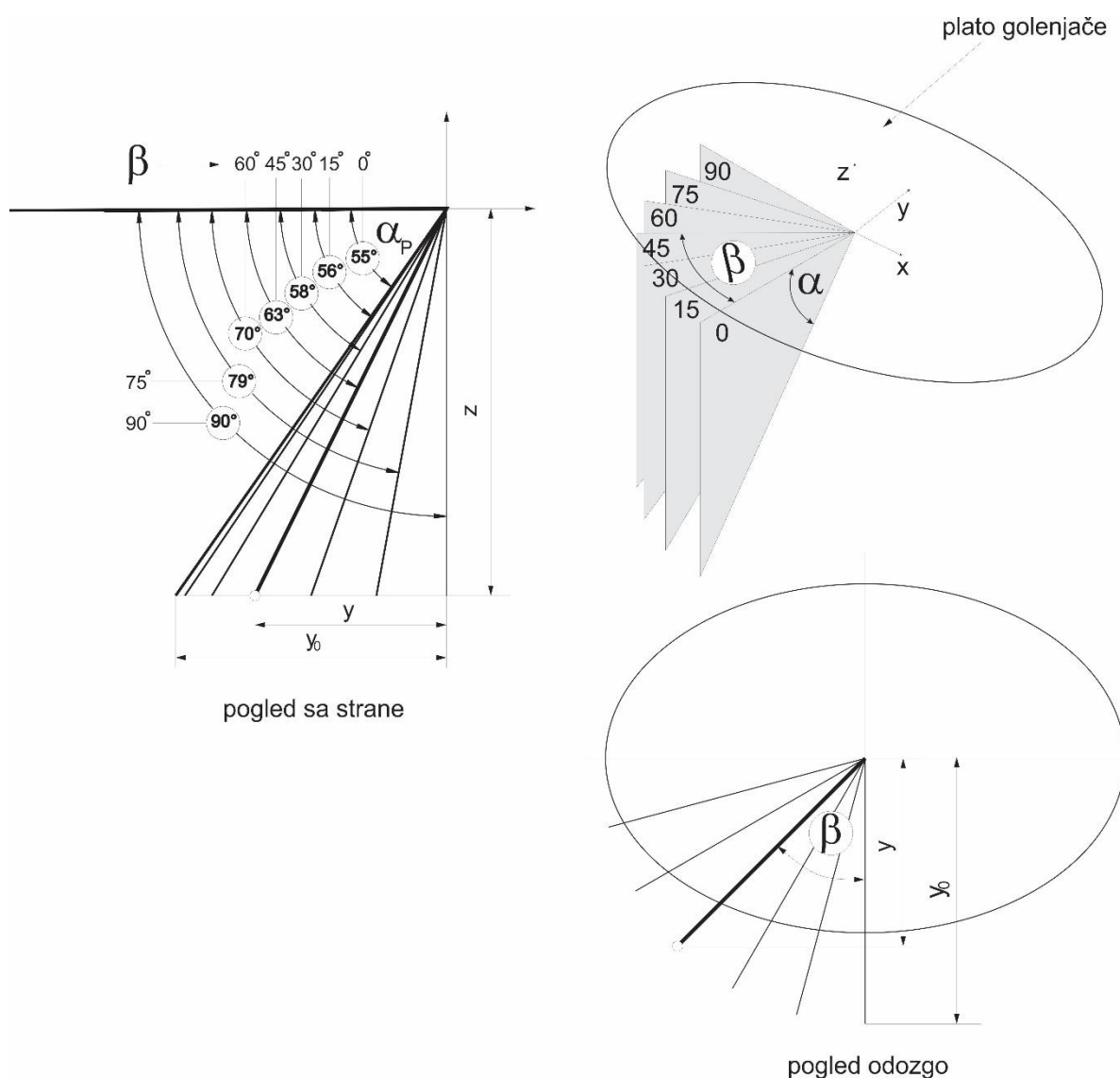
Pre proračuna prostornih uglova potrebno je obe projekcije postaviti u odgovarajući položaj. Prethodno selektovane tačke sa snimaka prikazane su na slici 20a. Koordinatni sistem se postavlja u tačku preseka kanala sa ravni koja određuje plato golenjače. Da bi se odgovarajuće projekcije uskladile, potrebno je da se ova ravan u obe projekcije vidi kao horizontalna linija ( $x$ - $y$  ravan). Prvi korak predstavlja određivanje uglova platoa golenjače u obe projekcije sa horizontalom (uglovi  $\gamma$  i  $\delta$ ). Rotacijom tačaka 4 i 8 oko presečnih tačaka za odgovarajuće uglove dobijaju se povezane projekcije (Slika 20b). Iz tako rotiranih pogleda dobijaju se koordinate krajnje tačke kalema, iz pogleda spreda  $x$  i  $z$  koordinate, dok se iz pogleda sa strane dobija  $y$  koordinata. Druga tačka koja pripada liniji je presečna tačka kalema sa platoom golenjače i biće postavljena u koordinatni početak (Slika 20c).



Slika 20. Princip podešavanja selektovanih parametara sa RTG snimaka

Ugao bušenja (sagitalni ugao -  $\alpha$ ) određuje se između generisane prostorne linije kalema i njene projekcije na  $x$ - $y$  ravan. Transverzalni ugao ( $\beta$ ) se određuje između projekcije linije kalema na  $x$ - $y$  ravan i vektora u negativnom  $y$  pravcu (Slika 20c). Da bi se ugao bušenja

video u pravoj veličini, potrebno je snimak sa strane ( $y$ - $z$  ravan) napraviti tako da zraci prilikom snimanja budu normalni na ravan bušenja, što je veoma teško izvesti. Takođe, ukoliko je transversalni ugao  $0^\circ$ , ugao bušenja u pogledu sa strane bio bi u pravoj veličini. Zbog postizanja položaja kalema što bliže anatomskoj poziciji, transversalni ugao prilikom zahvata uvek je različit od  $0^\circ$ . Na slici 21 dat je prikaz vrednosti izmerenog transversalnog ugla (ugao bušenja  $55^\circ$ ) u pogledu sa strane u funkciji od sagitalnog ugla prilikom zahvata za vrednosti sagitalnog ugla od  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $75^\circ$ . Sa slike se vidi da je za vrednost  $0^\circ$ , sagitalni ugao u pravoj veličini. Za ostale vrednosti projektovani ugao raste, tako da je za očekivati da će na RTG snimcima generisanim u pogledu sa strane, projektovani ugao  $\alpha_p$  između kalema i platoa golenjače biti veći od stvarnog ugla bušenja  $\alpha$ .



Slika 21. Veza između sagitalnog ugla  $\alpha$ , transversalnog ugla  $\beta$  i projektovanog sagitalnog ugla  $\alpha_p$



Matematički postupak određivanja sagitalnog ugla u projekciji u pogledu sa strane ( $\alpha_P$ ) na osnovu poznatog sagitalnog ( $\alpha$ ) i transverzalnog ugla ( $\beta$ ) sa slike 21 je definisan izrazima (1) - (4).

$$\tan \alpha = \frac{z}{y_0}; \quad z = \tan \alpha \cdot y_0 = \text{const} \quad (1)$$

$$y = y_0 \cdot \cos \beta \quad (2)$$

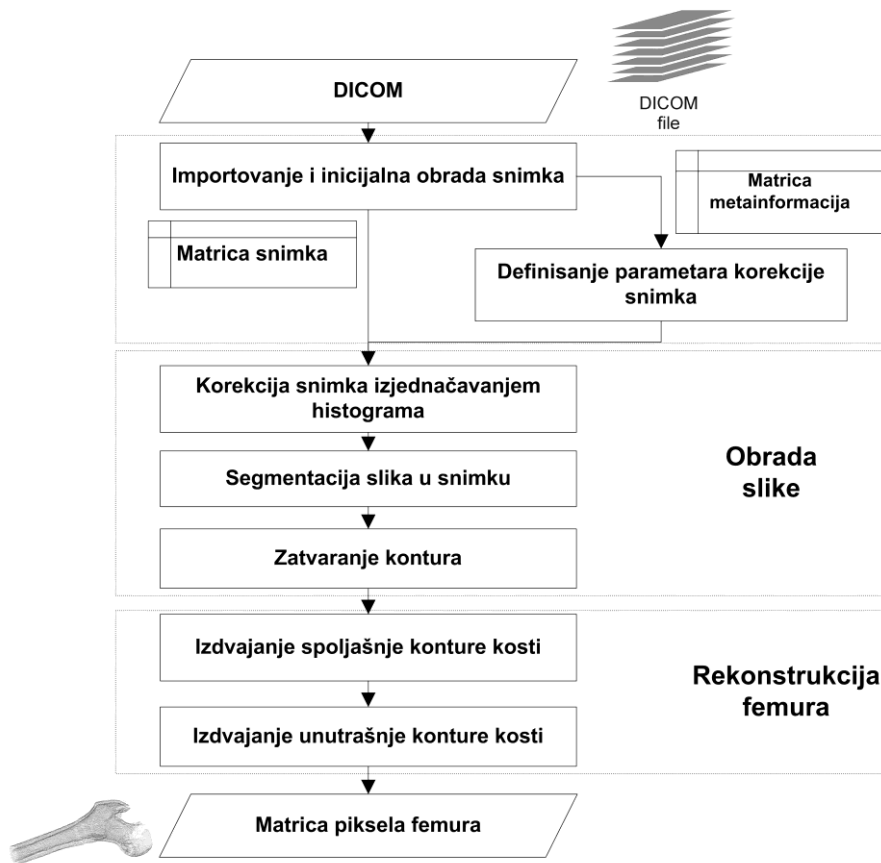
$$\tan \alpha_P = \frac{z}{y} = \frac{\tan \alpha \cdot y_0}{y_0 \cdot \cos \beta} = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \quad (3)$$

$$\alpha_P = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \alpha}{\cos \beta}\right) \quad (4)$$

## 2.2 POREĐENJE DOBIJENOG PROSTORNOG UGLA BUŠENJA SA CT SNIMCIMA

Eksperimentalni deo istraživanja, čiji je cilj procena upotrebne vrednosti razvijenog kompjuterskog programa za prostorno određivanje kalema u golenjači i metoda primenjenih u njemu, realizovan je na kontrolnoj grupi od deset pacijenata. Kod svih pacijenata u kontrolnoj grupi izvršena su dva snimanja: RTG snimanje kolena u dve standardne projekcije nakon operacije, kao osnova za analizu primenom programa i snimanje CT metodom kao kontrolna metoda.

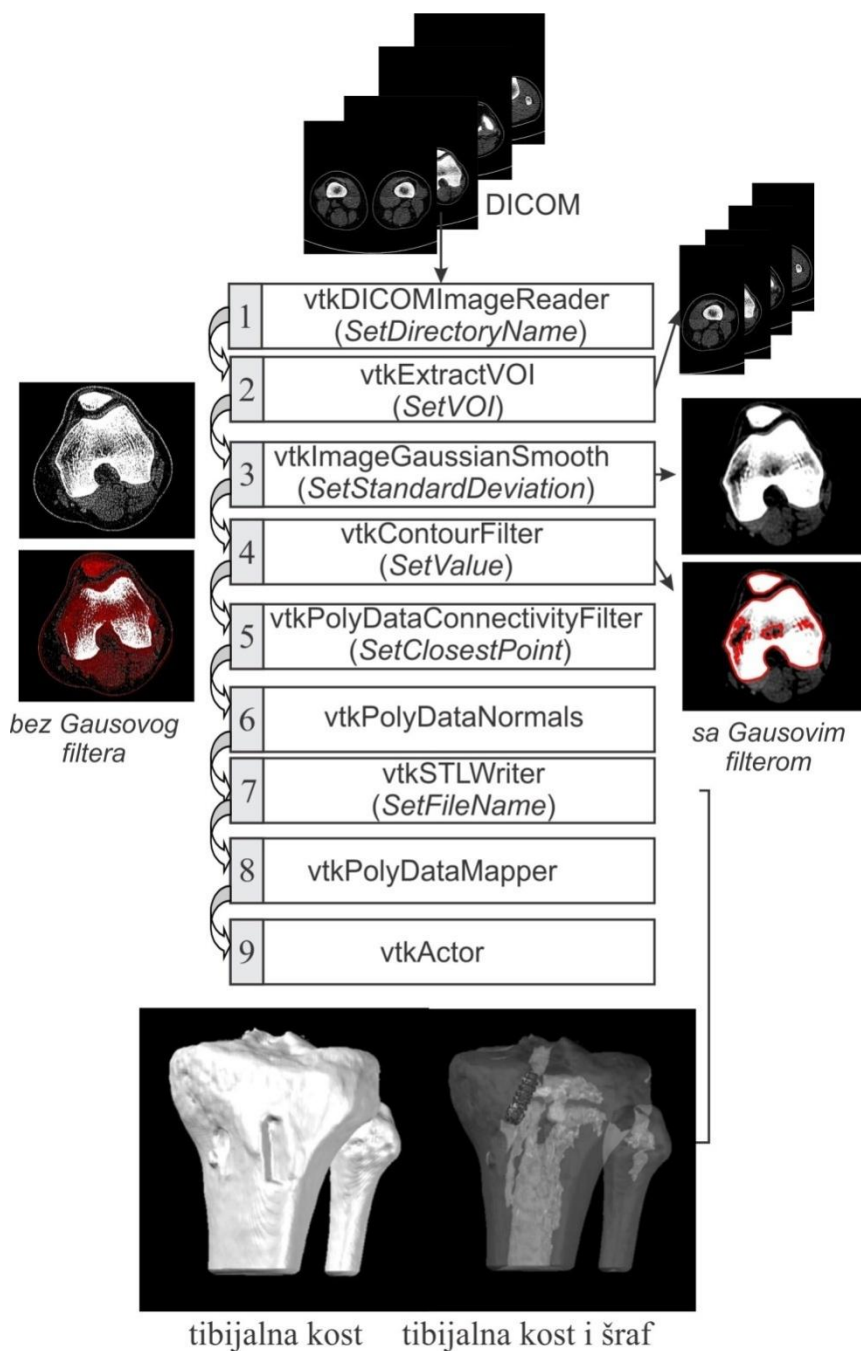
Prvu fazu eksperimentalnog dela istraživanja je predstavljala prostorna (3D) rekonstrukcija golenjače i šrafa. Za te potrebe je primenjeno korigovano programsko rešenje za rekonstrukciju kosti femura razvoj endoproteza zgloba kuka po meri pacijenata razvijeno na Fakultetu tehničkih nauka u predhodnom periodu (201). Njegovom primenom se iz dijagnostičkog snimka dobijenog CT metodom vrši izdvajanje elemenata koštanog tkiva i u ovom slučaju šrafa i formiranje 3D modela koji se može koristiti za precizna merenja elemenata položaja, orijentacije i dimenzija željenih elemenata. Na slici 22 je prikazan postupak koji je primenjen na rekonstrukciju DICOM snimka kao rezultata CT snimanja.



Slika 22. Postupak rekonstrukcije snimka

Ovako obrađeni dijagnostički snimci su posle generisanja modela golenjače i šrafa učitani u programski sistem AutoCAD, u kome je izvršeno precizno merenje ugla bušenja.

Drugi deo eksperimentalnog istraživanja predstavlja merenje ugla bušenja ( $\alpha$ ) i transverzalnog ugla ( $\beta$ ) primenom kompjuterskog programa opisanog u predhodnom poglavlju.



Slika 23. Model aplikacije za generisanje 3D modela golenjače i šrafa

Kao i kod aplikacije za određivanje parametara sa RTG snimaka i ovde je iskorišćena VTK biblioteka funkcija za C++ programki jezik koja omogućava efikasno učitavanje i obradu dijagnostičkih snimaka (u DICOM formatu) i formiranje prostornih modela objekata koji su rekonstruisani sa njih. Procedura prikazana na slici 23 obuhvata:

- Učitavanje tomografskih snimaka u DICOM formatu formiranih u skladu sa ISO 12052 standardom i njihova konverzija u oblik koji je pogodan za dalju matematičku obradu

- Izdvajanje područja u kojima se nalaze golenjača i šraf iz svake slike u DICOM snimku
- Obradu dobijenih snimaka odgovarajućim filterima slike koji omogućuju efikasnije detektovanje koštanog i metalnog materijala u snimku. Na taj način se eliminišu neželjeni elementi slike
- Izdvajanje ivica golenjače i šrafa, čime se kompletan snimak svodi na izabrane elemente
- Zatvaranje kontura koje opisuju ivice objekata na pojedinačnim slikama snimka
- Matematička obrada dobijenih rezultata u cilju definisanja normala na željene površine koje su neophodne za formiranje 3D modela željenih elemenata iz snimka
- Formiranje stl datoteke koja sadrži 3D modele golenjače i šrafa
- Prikaz formirane datoteke

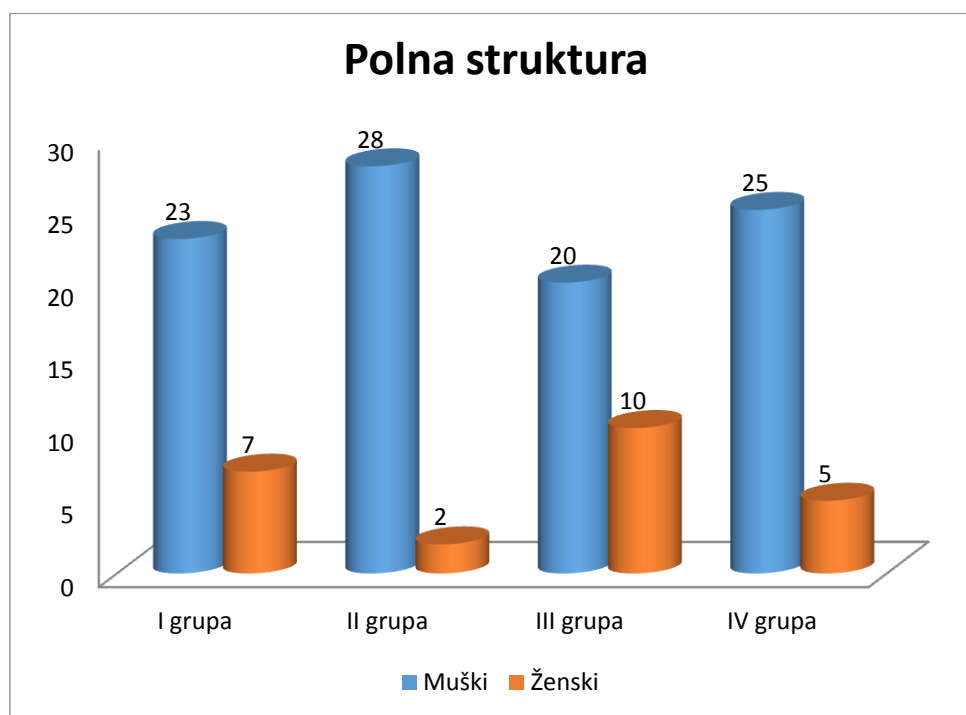
Opisana procedura formiranja 3D modela na osnovu DICOM snimaka je izvorno razvijena za potrebe rekonstrukcije elemenata skeletnog sistema na osnovu dijagnostičkih snimaka i predstavlja sistematski prilaz ovoj problematici. Kao takva omogućava formiranje univerzalno primenljivih aplikacija čiji rezultati mogu da se koriste za različite svrhe u ortopedskoj hirurgiji.

## **2.3 NEKE KARAKTERISTIKE ISPITANIKA**

### **2.3.1 POLNA STRUKTURA**

U sprovedenom istraživanju učestvovalo je ukupno 120 pacijenata oba pola. Od tog broja 80% (96) bili su muškarci, a 20% (24) su bile osobe ženskog pola. Postoji statistički značajna razlika u zastupljenosti polova ( $\chi^2=43,200$ ;  $df=1$ ;  $p=0,000$ ). Zastupljenost polova po grupama u zavisnosti od različitih sagitalnih i transverzalnih uglova bušenja tunela u golenjači prikazana je na grafikonu 1.

Grafikon 1. Prikaz polne strukture ispitanika



Rezultati pokazuju da je u sve četiri grupe veća zastupljenost muškaraca. Najveća polna razlika je bila u II grupi, a najmanja u III grupi, gde razlika nije bila statistički značajna ( $p > 0,05$ ).

### 2.3.2 STAROSNA STRUKTURA

Starosna struktura pacijenata u ukupnom uzorku i po grupama je predstavljena u tabeli 1.

Tabela 1. Starosna struktura ispitanika po grupama i ukupno

Grupa	N	Prosek	SD	Min	Max
Grupa I	30	25,50	7,18	18	40
Grupa II	30	25,00	5,68	18	40
Grupa III	30	25,70	7,56	18	40
Grupa IV	30	28,60	7,59	18	40
Ukupno	120	26,20	7,10	18	40

SD-standardna devijacija; Min-najniža vrednost; Max- najveća vrednost; N-broj ispitanika

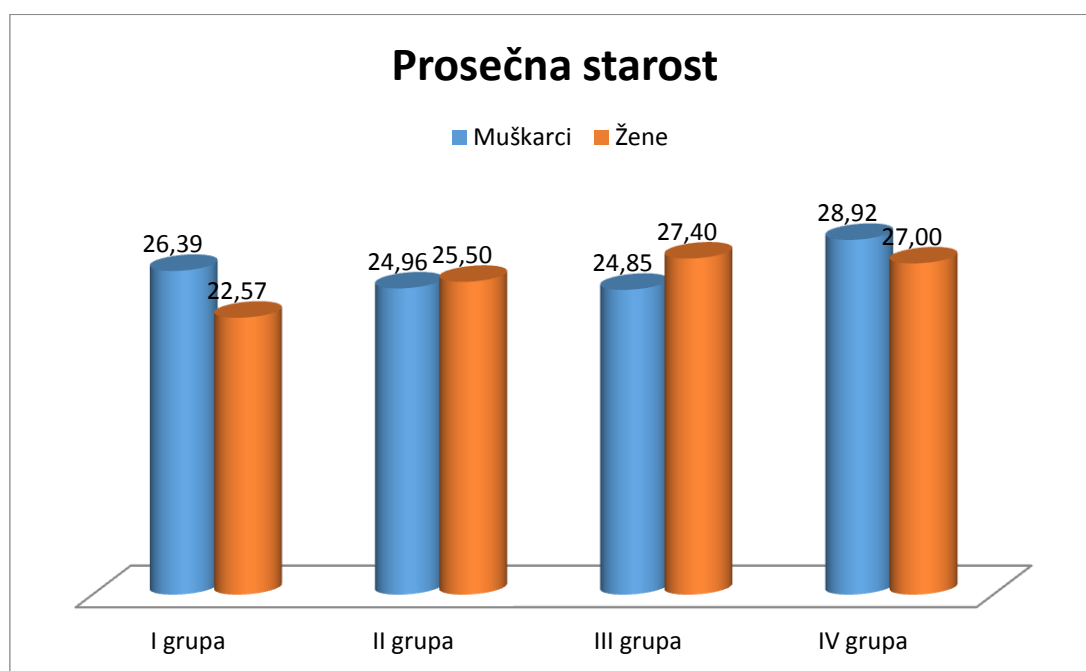
Starost ispitanika se kretala u intervalu od 18 do 40 godina u svim ispitivanim grupama. Prosečna starost ispitivanih pacijenata je iznosila  $26,20 \pm 7,10$  godina. Najstariji su bili pacijenti iz IV grupe  $28,60 \pm 7,59$  godina, a najmlađi su bili iz grupe II  $25,00 \pm 5,68$  godina (Tabela 1).

Raspodela starosti ispitanika nije u skladu sa normalnom raspodelom ( $p < 0,05$ ), pa su rezultati Kruskal Valis testa pokazali da nije bilo statistički značajnih razlika između grupa ( $p > 0,05$ ).

Rezultati Man-Vitnijevog U testa su pokazali da nije bilo statistički značajnih polnih razlika u ukupnom uzorku ( $Z = -0,734$ ;  $p = 0,463$ ).

Prosečna starost pacijenata po polu i grupama je predstavljena na grafikonu 2.

Grafikon 2. Prosečna starost muškaraca i žena po grupama



Sa grafikona 2 se uočava da su muškarci bili stariji u I i IV grupi, a žene u II i III grupi. Zbog malog broja žena u grupama nije rađena statistički značajna polna razlika.

### 2.3.3 ANTROPOMETRIJSKA MERENJA

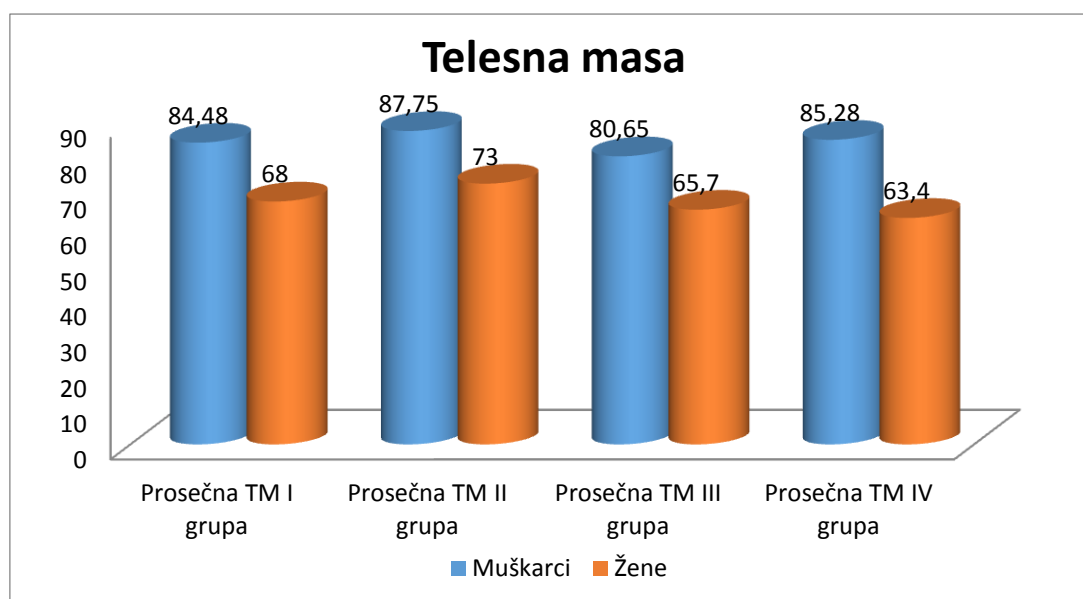
Od antropometrijskih karakteristika posmatrana je telesna masa, visina tela i izvedena karakteristika indeks telesne mase.

Telesna masa kod pacijenata muškog pola se kretala u intervalu od 63 do 110 kg i u proseku je iznosila 84,84 kg, dok se kod ženskog pola kretala u intervalu od 52 do 93 kg i u proseku je iznosila 66,50 kg. Najveću prosečnu masu tela su imali muškarci koji su pripadali grupi II  $87,75 \pm 10,47$  kg, a statistički značajno manju telesnu masu ( $Z = -2,073$ ;  $p=0,038$ ) su imali ispitanici iz III grupe  $80,65 \pm 10,84$  kg. Najveću prosečnu masu tela kod žena su imale pacijentkinje iz II grupe  $73,00 \pm 8,48$  kg, a najmanju iz IV grupe  $63,40 \pm 4,76$  kg. Deskriptivna statistika za masu tela po polu, ukupno i po grupama je predstavljena u tabeli 2.

Tabela 2. Deskriptivna statistika za masu tela (kg) po polu, ukupno i po grupama

Pol	Grupa	N	Prosek	SD	Min	Max
Muški	Grupa I	23	84,48	9,22	70	106
	Grupa II	28	87,75	10,45	70	110
	Grupa III	20	80,65	10,84	65	100
	Grupa IV	25	85,28	10,52	63	107
	Ukupno	96	84,84	10,46	63	110
Ženski	Grupa I	7	68,00	16,11	52	93
	Grupa II	2	73,00	8,48	67	79
	Grupa III	10	65,70	7,44	53	76
	Grupa IV	5	63,40	4,76	58	70
	Ukupno	24	66,50	10,16	52	93

Grafikon 3. Prosečna vrednost telesne mase po polu i po grupama

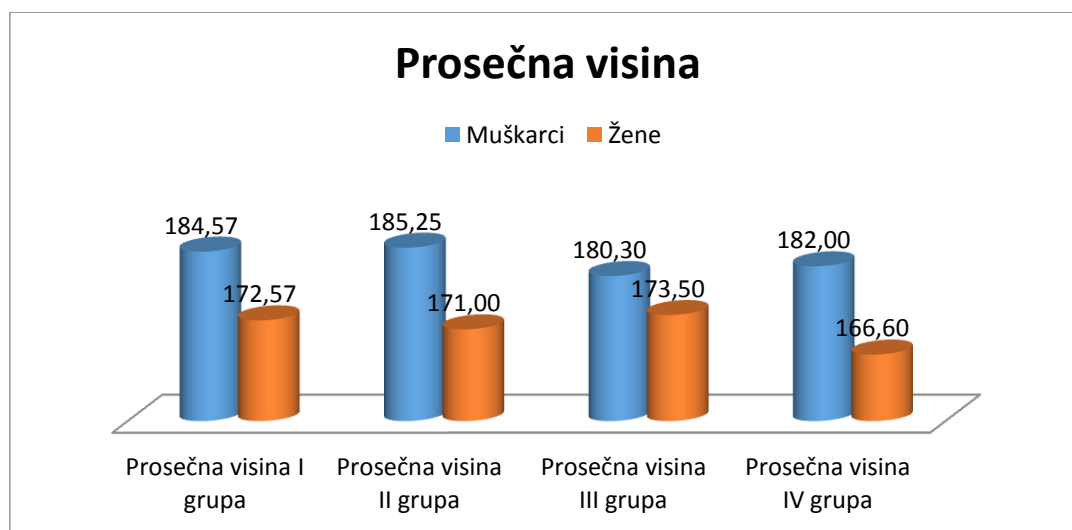


Telesna visina kod pacijenata muškog pola se kretala u intervalu od 170 do 204 cm i u proseku je iznosila 183,82 cm, dok se kod ženskog pola kretala u intervala od 156 do 187 cm i u proseku je iznosila 171,58 cm. Najveću prosečnu telesnu visinu su imali muškarci koji su pripadali grupi II  $185,25 \pm 7,55$  cm, a najmanju ispitanici iz IV grupe  $182,00 \pm 5,74$  cm. Najveću prosečnu visinu tela kod žena su imale pacijentkinje iz III grupe  $173,50 \pm 6,10$  cm, a najmanju iz IV grupe  $166,60 \pm 6,15$  cm (Grafikon 4). Man-Vitnijev U test je pokazao statistički značajnu polnu razliku u visini tela u ukupnom uzorku ( $Z=-6,094$ ;  $p=0,000$ ). U tabeli 3 su predstavljeni deskriptivni podaci za visinu tela po polu, ukupno i po grupama.

Tabela 3. Deskriptivna statistika za visinu tela (cm) polu, ukupno i po grupama

Pol	Grupa	N	Prosek	SD	Min	Max
Muški	Grupa I	23	184,57	6,37	175	197
	Grupa II	28	185,25	7,55	170	204
	Grupa III	20	183,25	6,95	173	194
	Grupa IV	25	182,00	5,74	173	194
	Ukupno	96	183,82	6,73	170	204
Ženski	Grupa I	7	172,57	7,46	164	187
	Grupa II	2	171,00	1,41	170	172
	Grupa III	10	173,50	6,10	162	182
	Grupa IV	5	166,60	6,15	156	172
	Ukupno	24	171,58	6,90	156	187

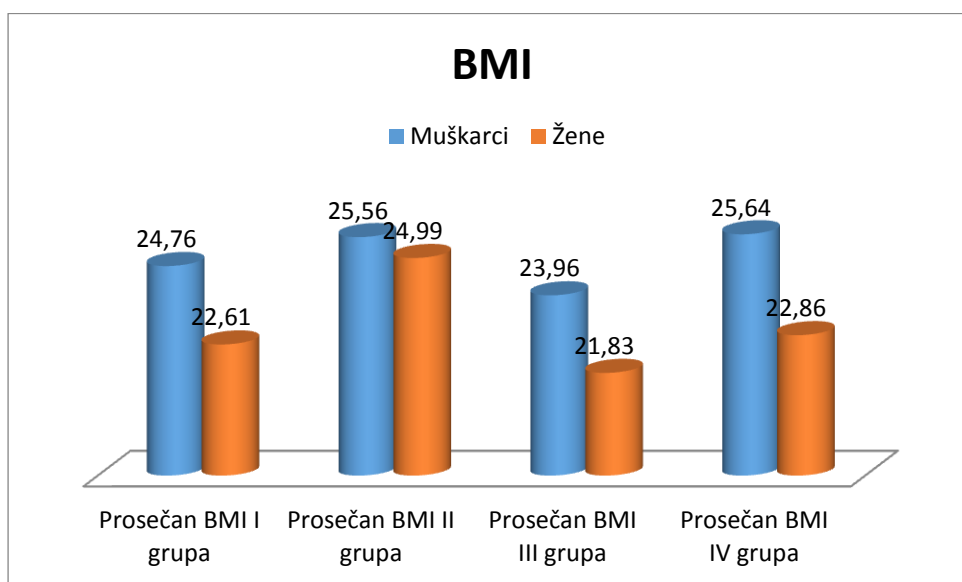
Grafikon 4. Prosečna vrednost telesne visine po polu i po grupama



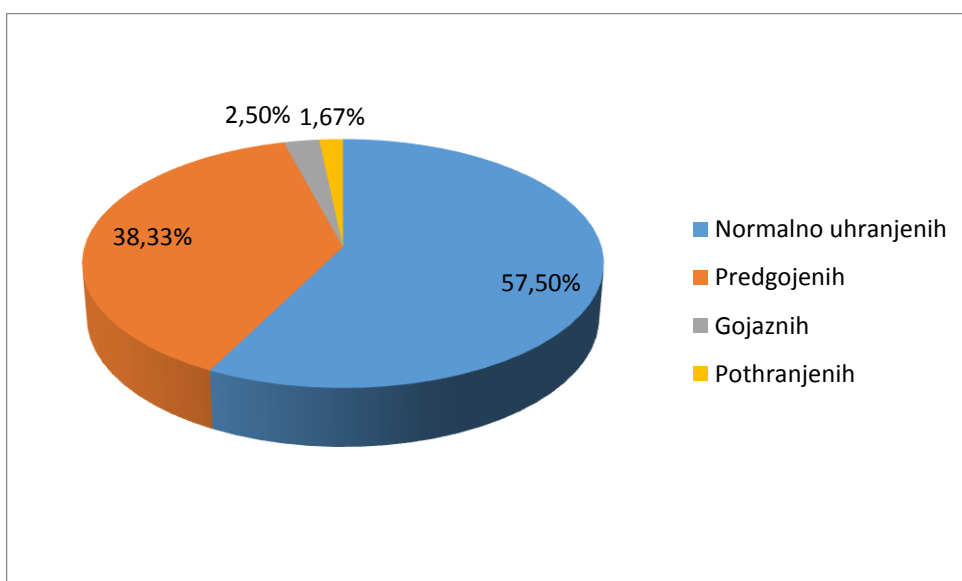


Indeks telesne mase (BMI) kretao se u rasponu od  $17,32 \text{ kg/m}^2$  do  $30,77 \text{ kg/m}^2$ , a prosečna vrednost na celom uzorku iznosila je  $24,55 \pm 2,73 \text{ kg/m}^2$ , što znači da je prosečna uhranjenost ispitanika bila normalna (Grafikon 5). Od ukupnog broja ispitanika najveći broj je bio normalno uhranjen, njih 69 (57,5%). Predgojaznih je bilo 46 pacijenata (38,3%), gojaznih tri (2,5%), a pothranjenih dve osobe ženskog pola (1,67%) (Grafikon 6). Razlika vrednosti BMI između I ( $24,26 \text{ kg/m}^2$ ) i II grupe ( $24,62 \text{ kg/m}^2$ ) ispitanika bila je minimalna, u III grupi vrednost BMI bila je nešto niža ( $23,25 \text{ kg/m}^2$ ), a u IV grupi nešto viša ( $25,17 \text{ kg/m}^2$ ) u odnosu na prve dve grupe. Prosečna vrednost indeksa telesne mase kod muškaraca iznosila je  $25,05 \pm 2,53 \text{ kg/m}^2$ , a kod žena  $22,53 \pm 2,54 \text{ kg/m}^2$ .

Grafikon 5. Prosečna vrednost BMI po polu i po grupama



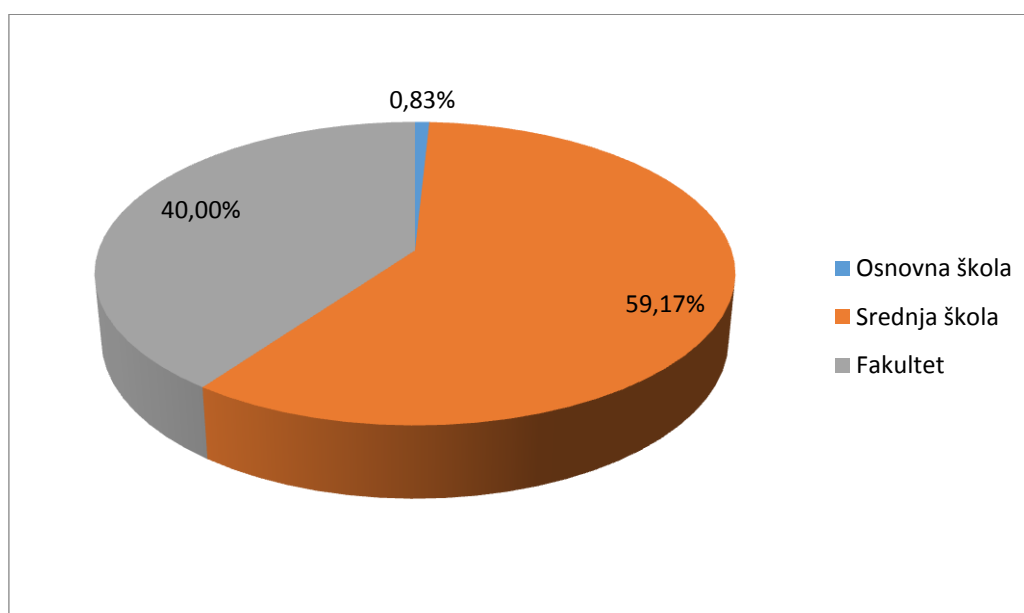
Grafikon 6. Uhranjenost ispitanika u ukupnom uzorku



### 2.3.4 OBRAZOVNA STRUKTURA

Najveći procenat ispitanika 59,17% (71/120) je imao završenu samo srednju školu, dok je najveći nivo obrazovanja kod jednog pacijenta (0,83%) bio osnovna škola (Grafikon 7). Statistička analiza obrazovne strukture ukazuje na činjenicu da ne postoji statistički značajna razlika između grupa ( $\chi^2=7,104$ ;  $df=6$ ;  $p=0,311$ ).

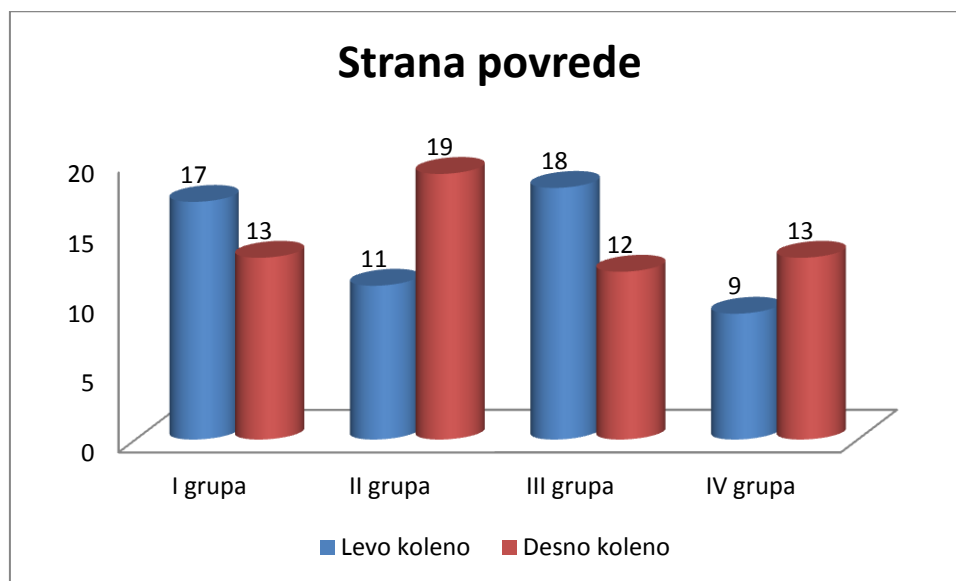
Grafikon 7. Prikaz obrazovne strukture ispitanika u ukupnom uzorku



### 2.3.5 STRANA POVREDE

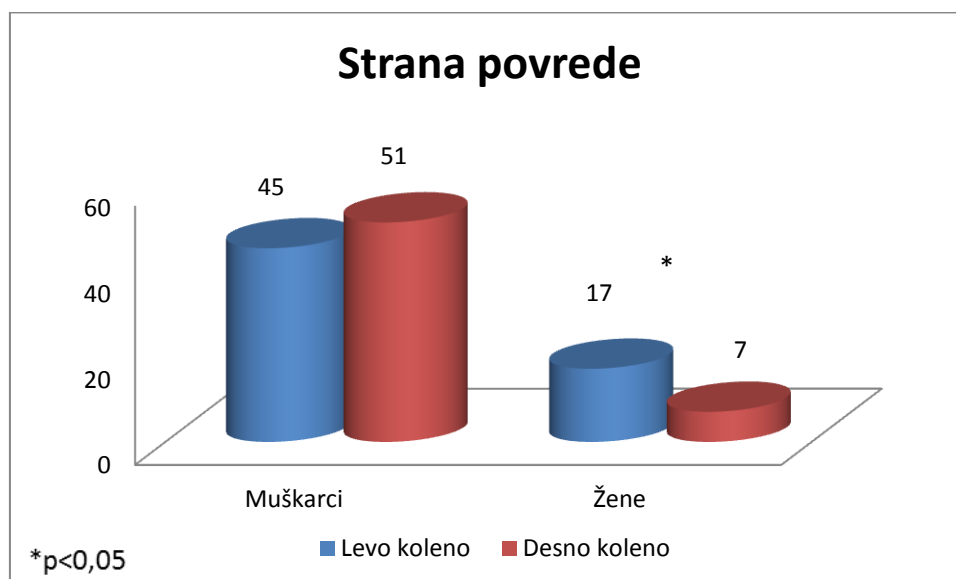
Sa grafikona 8 se uočava da je kod pacijenata koji su pripadali grupama I i III više povređivano levo koleno, a kod pacijenata grupa II i IV desno, ali razlika nije bila statistički značajna ni u jednoj grupi ( $p>0,05$ ). Rezultati nezavisnog HI- kvadrat testa su pokazali da nije postojala statistički značajna razlika u strani povrede između ispitivanih grupa ( $\chi^2=3,902$ ;  $df=3$ ;  $p=0,272$ ).

Grafikon 8. Strana povrede po grupama



Muškarci su više povređivali desno koleno 51/96 (53,1%), a žene levo 17/24 (70,8%) koleno (Grafikon 9). Statistička analiza ukazuje da je postojala polna razlika u odnosu na stranu povrede ( $\chi^2=4,413$ ;  $df=1$ ;  $p=0,042$ ). Kod žena je postojala statistički značajna razlika u strani povrede kolena ( $\chi^2=4,167$ ;  $df=1$ ;  $p=0,041$ ).

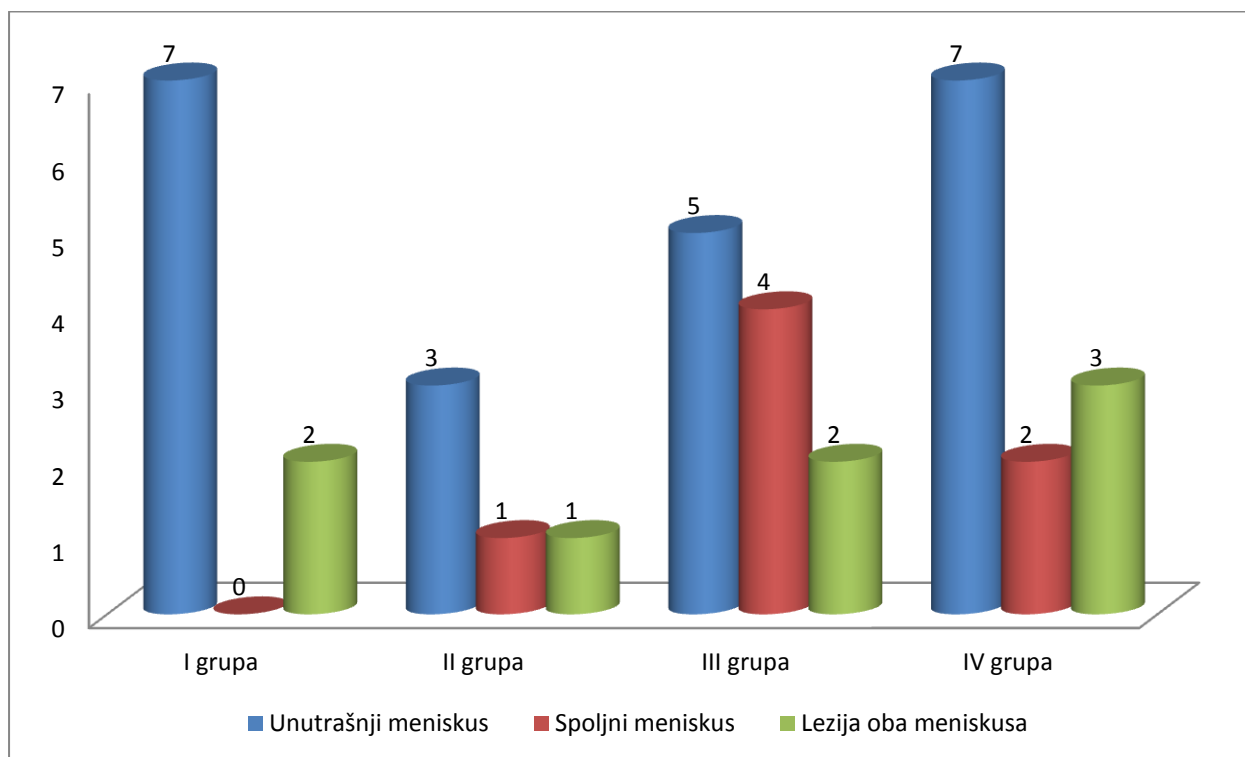
Grafikon 9. Strana povrede prema polu



### 2.3.6 UDRUŽENE POVREDE

Od ukupnog broja ispitanika, povredu prednjeg ukrštenog ligamenta suprotnog kolena imalo je 12 (10%) pacijenata, dok je njih 37 (30,83%) imalo udruženu povredu meniskusa - 22 povrede unutrašnjeg meniskusa (18,33%), 7 povreda spoljašnjeg meniskusa (5,83%) i 8 povreda oba meniskusa (6,67%). Ispitanici u sve četiri grupe imali su češću povredu unutrašnjeg meniskusa (Grafikon 10). Lezije meniskusa bile su češće kod muških ispitanika (31 ili 83,78%) u odnosu na ispitanike ženskog pola (6 ili 16,22%). Nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena kod nijednog pacijenta nisu bile prisutne komplikacije, intra ili postoperativne.

Grafikon 10. Povrede meniskusa po grupama



### 2.3.7 STAROST POVREDE

Ispitanici uključeni u ovo istraživanje operativno su lečeni u vremenskom intervalu od 1 do 64 meseca, u proseku posle  $9,51 \pm 12,31$  meseci. Analizirajući ceo uzorak u prva tri meseca od povrede operisano je 38,9% ispitanika, u prvih šest meseci 55%, dok je u prvih 12 meseci operativno zbrinuto 82,5% ispitanika. U I grupi prosečno vreme od zadobijanja povrede do operacije iznosilo je  $4,97 \pm 3,12$  meseci (od 1 do 12 meseci), u II grupi  $7,07 \pm 8,14$  meseci (od 1 do 36 meseci), u III grupi  $8,0 \pm 9,57$  meseci (od 1 do 48 meseci), a u IV

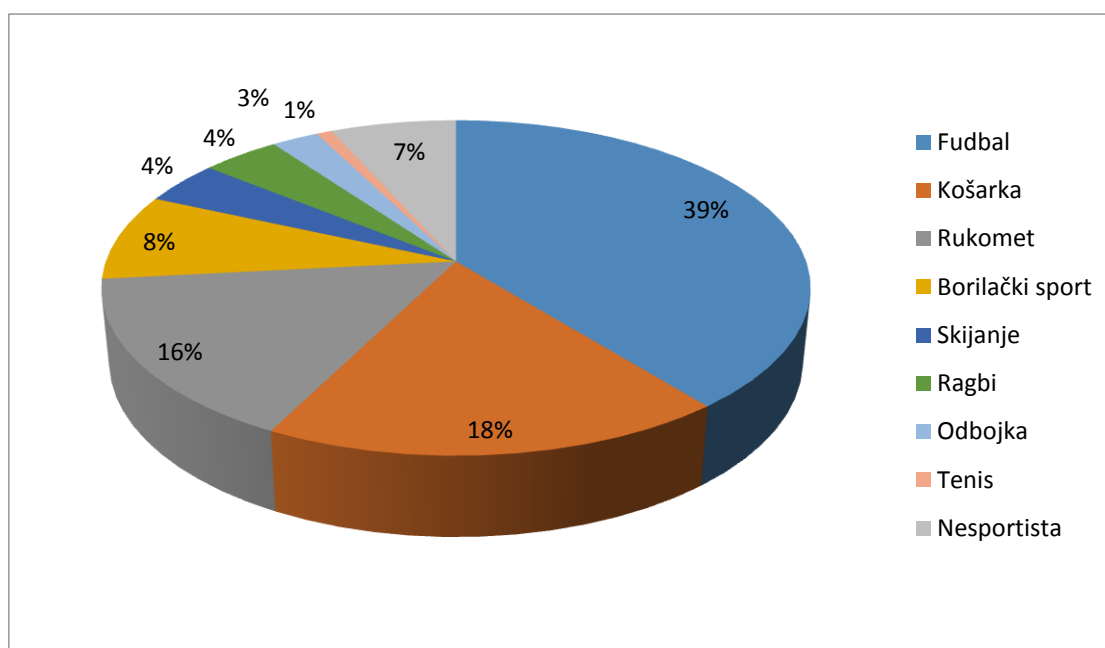
grupi  $18,0 \pm 18,36$  meseci (od 1 do 64 meseca). Ispitanici muškog pola su u proseku bili operisani posle  $10,08 \pm 12,31$  meseci, a žene posle  $7,21 \pm 5,42$  meseci.

### 2.3.8 VRSTA SPORTA

Posmatrajući celokupan uzorak ispitanici su se povređivali učestvovanjem u sledećim sportovima: fudbal 47 ispitanika (39,17%), košarka 22 ispitanika (18,33%), rukomet 19 ispitanika (15,83%), borilački sportovi 10 ispitanika (8,33%), skijanje 5 ispitanika (4,17%), ragbi 5 ispitanika (4,17%), odbojka 3 ispitanika (2,5%) i tenis 1 ispitanik (0,83%). Od ukupnog broja ispitanika koji su uključeni u ovo istraživanje samo njih 8 (6,67%) se nije bavilo nijednim sportom. Učešće vrste sporta u uzorku je prikazano na grafikonu 11. U sve četiri grupe ispitanika najpopularniji sportovi bili su fudbal, košarka i rukomet. U I i III grupi ovim sportovima se bavio isti broj ispitivanih pacijenata (73,33%), u II grupi 76,67%, a u IV grupi 70% ispitanika. Nije postojala statistički značajna razlika u odnosu na vrstu sporta između grupa ( $\chi^2=20,354$ ;  $df=24$ ;  $p=0,676$ ).

Na obrađenom uzorku najveći broj ispitanika muškog pola bavio se fudbalom – 47 (48,96%) i košarkom – 20 (20,83%) ispitanika. Preostalih 26 ispitanika ili 27,08% bavilo se nekim drugim gore pomenutim sportovima. Među ženskim ispitanicima najpopularniji sport bio je rukomet kojim se bavilo 9 (37,5%) žena. Skijanjem se bavilo 4 (16,67%) žene, a preostalih 7 (29,17%) žena upražnjavale su košarku, borilačke sportove, odbojku i tenis.

Grafikon 11. Vrsta sporta celog uzorka



Od ukupnog broja ispitanika, njih 54 (45%) zadobilo je povredu u takmičarskom delu u toku utakmice, za vreme rekreativnog bavljenja sportom povredio se 31 (25,83%) ispitanik, a u toku treninga njih 24 (20%). Ostali ispitanici su se povredili u aktivnostima dnevnog života.

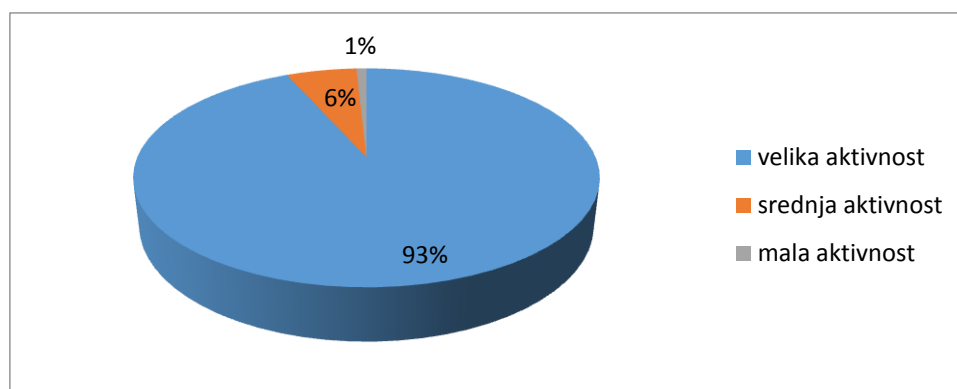
Pri analizi podataka na osnovu nivoa sportske aktivnosti od ukupnog broja ispitanika, njih 54 (44,17%) se bave sportom na rekreativnom nivou, 16 (13,33%) na internacionalnom, 21 (17,5%) na republičkom, 24 (20%) na regionalnom nivou i 5 (4,17%) ispitanika se ne bavi sportom.

### 2.3.9 NIVO AKTIVNOSTI

Prema IKDC standardu izvršeno je poređenje aktivnosti ispitanika pre nastanka povrede, posle nastanka povrede ali pre operacije i nakon operacije.

Pre povređivanja 112 ispitanika (93,33%) je imalo nivo aktivnosti koji je ocenjen kao velika, 7 ispitanika (6,25%) je imalo srednju aktivnost, a jedan ispitanik (0,83%) je imao malu aktivnost (Grafikon 12). U I grupi 28 ispitanika imalo je aktivnost sa velikim naporom pre povrede, a dvoje aktivnost sa srednjim naporom. U II grupi svi ispitanici su imali aktivnost sa velikim naporom pre povrede. U III grupi 28 ispitanika imalo je aktivnost sa velikim naporom pre povrede, jedan aktivnost sa srednji naporom i jos jedan aktivnost sa malim naprežanjem. U IV grupi ispitanika, njih 26 je imalo veliku aktivnost, a četvoro aktivnost sa srednjim naporom pre povrede.

Grafikon 12. Aktivnost ispitanika pre povrede



Aktivnost nakon povrede a pre operacije kod 29 (25,89%) ispitanika je ocenjena kao srednja, kod 42 (37,5%) ispitanika kao mala, a 49 (43,75%) ispitanika je imalo aktivnost sa

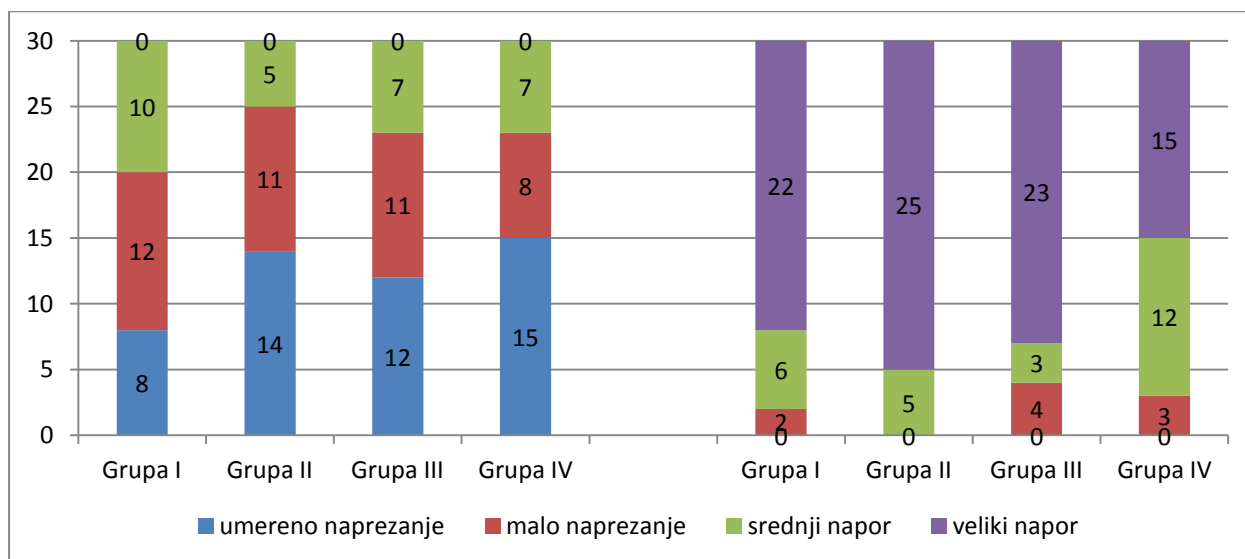
umerenim naprežanjem. U I grupi 10 pacijenata imalo je pre operacije aktivnost sa srednjim naporom, 12 aktivnost sa malim naprežanjem i 8 aktivnost sa umerenim naprežanjem. U II grupi 5 pacijenata imalo je pre operacije aktivnost sa srednjim naporom, 11 aktivnost sa malim naprežanjem i 14 aktivnost sa umerenim naprežanjem. Pre operacije aktivnost sa srednjim naporom u III grupi bila je zastupljena kod 7 ispitanika, kod 11 ispitanika je bila zastupljena aktivnost sa malim naprežanjem, a njih 12 je imalo aktivnost sa umerenim naprežanjem. U IV grupi, isto kao i u trećoj, 7 pacijenata je pre operacije imalo srednji nivo aktivnosti, 8 pacijenata je imalo aktivnost sa malim naprežanjem, a 15 aktivnost sa umerenim naprežanjem (Grafikon 13).

Posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena 85 pacijenata (70,83%) imalo je aktivnost sa velikim naporom, 26 pacijenata (21,67%) aktivnost sa srednjim naporom, a 9 (7,5%) sa malim naporom. U I grupi 22 pacijenta imalo je aktivnost posle operacije sa velikim naporom, 6 aktivnost sa srednjim naporom i dva sa malim naporom. U II grupi zastupljena je samo aktivnost sa velikim naporom kod 25 pacijenata i srednjim naporom kod 5 pacijenata. U III grupi 23 pacijenta imalo je aktivnost sa velikim naporom, 3 aktivnost sa srednjim naporom i 4 sa malim naporom. U IV grupi ispitanika, njih 15 je imalo veliku aktivnost, 12 aktivnost sa srednjim naporom i 3 pacijenta sa malim naporom (Grafikon 13).

Aktivnost posle operacije se statistički značajno razlikovala između grupa ( $\chi^2=13,483$ ;  $df=6$ ;  $p=0,036$ ). Nakon operacije nije postojala značajna razlika aktivnosti sa velikim naporom između grupa ( $p>0,05$ ).

Rezultati Mak Nemanovog testa ukazuju na statistički značajnu razliku IKDC aktivnosti pre i posle operacije u ukupnom uzorku ( $\chi^2=33,056$ ;  $df=3$ ;  $p=0,000$ ).

Grafikon 13. Aktivnost ispitanika pre i nakon operacije



Po završenom lečenju 75% ispitanika je svoju fizičku aktivnost vratilo na nivo pre povređivanja. Kod ispitanika čiji je nivo fizičke aktivnosti pre povređivanja bio visok, nakon završenog lečenja u 18,33% slučajeva taj nivo je smanjen na srednji, a u 5,83% slučajeva smanjen na mali nivo. Kod jednog pacijenta srednjeg nivoa fizičke aktivnosti pre povrede, nakon završenog lečenja došlo je do pada fizičke aktivnosti na mali nivo.

### 2.3.10 UZROK I MEHANIZAM POVREĐIVANJA

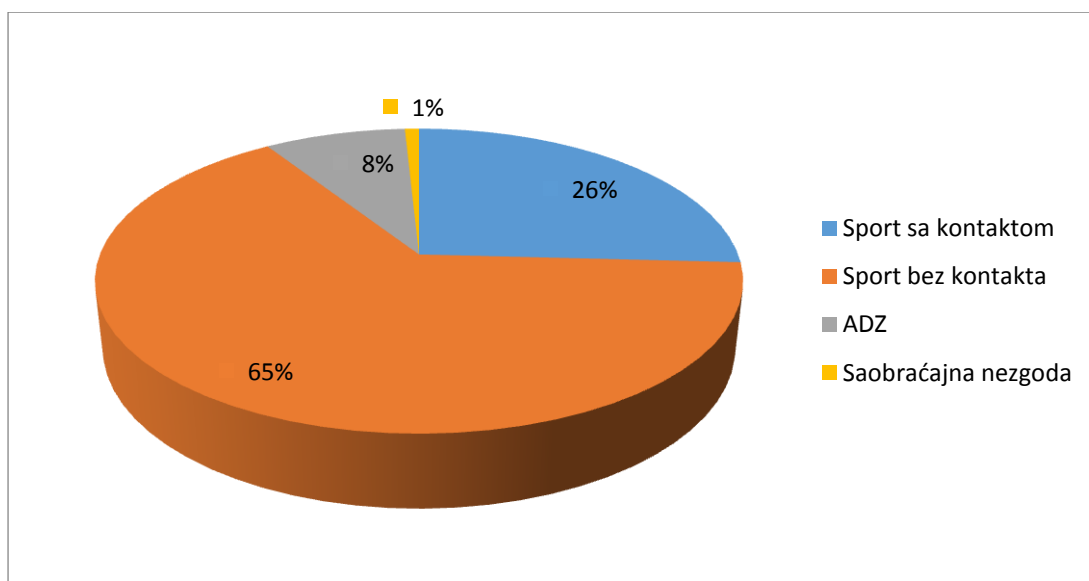
Analizirajući uzrok povrede među ispitanicima dobijen je podatak da je najveći broj povreda nastao u toku sportskih aktivnosti (90,83%), zatim u toku obavljanja aktivnosti dnevnog života (8,33%), gde je 6 pacijenata (5%) prekid prednjeg ukrštenog ligamenta zadobilo na radnom mestu, a jedan ispitanik (0,83%) se povredio u saobraćajnoj nezgodi. U I grupi 27 pacijenata je povredu kolena zadobilo u sportskim aktivnostima, a 3 pacijenta se povredilo na radnom mestu. U II grupi svi pacijenti su povredili koleno u toku sportske aktivnosti. U III grupi 26 pacijenata se povredilo u sportu, tri u aktivnostima dnevnog života (od toga dva u šetnji, a jedan na radnom mestu) i jedan pacijent je povredio koleno u saobraćajnoj nezgodi. U IV grupi 26 pacijenata se povredilo u toku sportskih aktivnosti, a 4 pacijenta u toku aktivnosti dnevnog života (od toga dve povrede na radu). Kod ispitanika muškog pola, 93,75% je povredilo prednji ukršteni ligament kolena u toku sportskih aktivnosti, a 5,21% prilikom obavljanja aktivnosti dnevnog života, dok je jedan ispitanik (1,04%) povredu zadobio u saobraćajnoj nezgodi. Kada su u pitanju ženski ispitanici, 79,17%



je povredilo prednji ukršteni ligament u toku sportskih aktivnosti, a 20,83% u toku obavljanja aktivnosti dnevnog života.

Među ispitanicima koji su se povredili u toku sportskih aktivnosti, kod 25,83% povreda kolena je posledica kontakta sa drugim igračima, dok je veći deo povreda nastao bez kontakta (65%). Povrede koje su ispitanici zadobili u obavljanju aktivnosti dnevnog života bile su bez kontakta (8,34%) (Grafikon 14). U prvoj grupi ispitanika skoro četvrtina povreda prednjeg ukrštenog ligamenta (23,3%) posledica je kontakta. U drugoj grupi ispitanika kontakt je uzrok povrede kolena u 40% slučajeva, u trećoj grupi najmanje ispitanika se povredilo kontaktom (13,33%), a u četvrtoj grupi kontaktom sa protivničkim igračem se povredilo 26,67% ispitanika. Procenat povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena bez kontakta je u populaciji žena bio veći i iznosio je 87,5%, naspram 70,83% među ispitanicima muškog pola. Ostali ispitanici oba pola su povredu zadobili prilikom kontakta.

Grafikon 14. Prikaz načina povređivanja na celom uzorku



Analizirajući mehanizam nastanka povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena dobija se podatak da je najveći broj ispitanika koji se bavio sportom povredio koleno pri početku trčanja iz mirovanja, u toku trčanja ili pri promeni pravca kretanja (43,33%). Zatim, pri doskoku (36,67%), što se najčešće dešava u odbojci, košarci i rukometu. Direktnim kontaktom sa protivničkim igračem (sudar) povređeno je 20% pacijenata.

## 2.4 OPERATIVNI ZAHVAT

Kod svih pacijenata je rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena rađena kost-tetiva-kost kalemom. Pacijenti su u toku operacije bili u položaju na leđima sa nogom na artroskopskom nosaču u opštoj, spinalnoj ili epiduralnoj anesteziji. Operacije su rađene u bleđoj ishemiji. Posle uzimanja kalema pristupalo se njegovoj obradi. Istovremeno je rađena artroskopija radi potvrde prekida prednjeg ukrštenog ligamenta, te otkrivanja eventualnih udruženih lezija (osteohondralna lezija, slobodno zglobno telo, povreda meniskusa, hondromalacija hrskavice). U daljem toku su uklanjani ostaci prednjeg ukrštenog ligamenta, a prema proceni operatera rađeno je proširenje useka. Zatim je sledilo bušenje tunela kroz golenjaču uz pomoć vodiča (*Karl Storz*, Tutlingen, Nemačka). Posle uzimanja kalema igla vodilja se uz pomoć ciljača (*Karl Storz*, Tutlingen, Nemačka) uvodila pod transverzalnim uglom od 60°-80° u odnosu na osovinu golenjače, i pod sagitalnim uglom od 60°-80° u odnosu na gornju zglobnu površinu golenjače. Za unutarzglobni izlaz igle izabrana je tačka u ravni sa prednjom bodljom interkondilarnog ispupčenja oko 7 mm ispred zadnjeg ukrštenog ligamenta. Nakon ovog sledila je provera pozicije igle vodilje sa kolenom u potpuno opruženom položaju, kako bi bili sigurni da će neoligament biti na dovoljnoj udaljenosti od krova i od spoljašnjeg zida interkondilarnog useka. Tunel kroz golenjaču je bušen uvođenjem 9 ili 10 mm široke burgije.



Slika 24. BTB kalem

Tunel u butnoj kosti je bušen iznutra ka spolja, kroz anteromedijalni portal, uz pomoć ciljača (*Karl Storz*, Tutlingen, Nemačka). Tačka ulaska je bila na oko 11h za desno koleno i 1h za levo. Da bi se tunel kompletno probušio potrebna je burgija prečnika 9 ili 10 mm. Po bušenju tunela, u isti se uvodio kalem, koji je fiksiran kanuliranim metalnim šrafovim (*Grujić & Grujić*, Novi Sad, Srbija), dimenzija 8x25 mm. Kalem je do ulaska u kanal butne kosti uvođen kroz kanal u golenjači i interkondilarni prostor. Kada je gornji deo kalema uvučen u kanal butne kosti i pravilno pozicioniran, pristupilo se fiksaciji kalema. U trenutku fiksiranja kalema u butnoj kosti koleno je bilo savijeno pod uglom od 110°-120°. Prilikom fiksacije kalema u tunelu u golenjači koristio se isti zavrtnaj, a koleno je bilo savijeno pod uglom od 15°-20°. Na kraju je još jednom uz pomoć artroskopa proverena pozicija kalema i njegov odnos sa zidovima interkondilarnog useka prilikom maksimalnog opružanja.

Posle operacije svim pacijentima se postavljala elastična bandaža operisanog kolena u trajanju od 14 dana. U procesu rehabilitacije se koristio modifikovani *Shelbourne*-ov protokol (202). Od prvog dana posle operacije svi pacijenti su podvrgavani stalnoj pasivnoj pokretljivosti operisanog kolena uz pomoć aparata za kontinuiranu pasivnu mobilizaciju

(Kinetec Performa). Delimičan oslonac je bio dozvoljen posle dve nedelje, a pun šest nedelja nakon operacije. Svi pacijenti su sledili isti program rehabilitacije sa lancem kinetičkih vežbi za jačanje i za vraćanje snage mišića prednje i zadnje lože natkolenice.

Ispitanici su bili kontrolisani nedelju dana nakon završetka bolničkog lečenja, potom šest nedelja nakon operacije kada dobijaju pun oslonac na operisanu nogu. Sledeće kontrole su bile četiri i šest meseci nakon operacije kada se završila i rehabilitacija. Poslednja kontrola bila je po isteku 12 meseci od operacije kada je izvršena i konačna procena rezultata lečenja.

## 2.5 PRAĆENJE RADIOLOŠKIH PARAMETARA

Prednje-zadnji i bočni radiografski snimci operisanog kolena pravljani su između sedmog i desetog dana nakon operacije. Prednje-zadnji radiografski snimci su pravljani sa kolenom u potpuno opruženom položaju, a bočni snimci sa kolenom u „pasivnoj ekstenziji“ (sa petom postavljenom na podlogu od oko 10 cm visine). Glava RTG aparata je bila 100 cm od kasete, a zraci su bili usmereni pod uglom od 90° na nju.

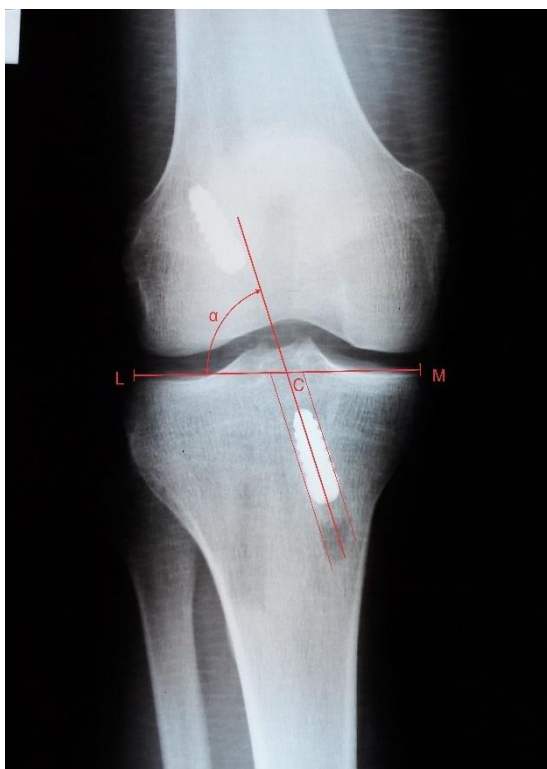
Merenja su izvedena na skeniranim i digitalnim radiografskim snimcima korišćenjem kalibracije visoke preciznosti. Reproducibilnost je proveravana na merama od tri različita lekara, pri čemu je za statističku obradu uzimana srednja vrednost ta tri merenja. Preciznost merenja uglova je bila 0,5°, a lineranih merenja 0,5 mm. Određivanje položaja kalema u golenjači sa standardnog radiograma moguće je zahvaljujući senci samog koštanog kanala koji se buši u golenjači kako bi se u njega plasirao donji deo kalema. Takođe, u tom kanalu, kalem se fiksira uz pomoć metalnog zavrtnja čija je senka uočljivija i samim tim daje nam mogućnost za još lakše i preciznije određivanje položaja kalema u golenjači.

Na osnovu snimaka procenjivan je položaj tunela na golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena.

Na prednje-zadnjim radiografskim snimcima mereno je (Slika 25):

M1: frontalni tibijalni index CL/MLx100 (%)

M2: frontalni tibijalni ugao (u stepenima)



Slika 25. Merenje na AP snimku

Na bočnim radiografskim snimcima mereno je (Slika 26 i 27):

M3: sagitalni tibijalni index  $AC/AP \times 100$  (%)

M4: sagitalni tibijalni ugao (u stepenima)

M5: ugao tibijalnog platoa (u stepenima)

Nagib zglobne površine golenjače (*Posterior Tibial Slope* - PTS) meren je na bočnim radiografskim snimcima kolena. Od vrednosti ugla, koji se nalazi između linije koja predstavlja tangentu platoa golenjače i linije koja se pruža duž zadnjeg tibijalnog korteksa, oduzima se 90 stepeni i dobijena vrednost predstavlja PTS.

Kod 10 pacijenata, kod kojih je izvršena rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, pozicija kalema u golenjači određivala se kompjuterizovanom tomografijom. U tu svrhu korišćen je CT aparat najnovije generacije (*Siemens Somatom Emotion 16*). Snimci kompjuterizovane tomografije pravljene su u ležećem položaju sa kolenom u punoj ekstenziji.



Slika 26. Merenje na profilnom snimku



Slika 27. Merenje PTS na profilnom snimku

## 2.6 PRAĆENJE KLINIČKIH REZULTATA

Klinički pregled svakog pacijenta podrazumevao je određivanje Lachman testa, ispitivanje Tegner bodovne skale aktivnosti, Lysholm i IKDC bodovne skale za koleno i artrometrijska merenja.

### 2.6.1 ISPITIVANJE FUNKCIJE

**Lachman test** je pozitivan ukoliko nema jasne tačke zaustavljanja golenjače (engl. “end point”), tj. ako je zaustavljanje “meko”, a smatra se pozitivnim i ukoliko dolazi do gubitka normalnog konkavnog oblika ligamenta čašice. Negativan je ukoliko postoji jasna tačka zaustavljanja.

**Tegner bodovna skala aktivnosti** (Prilog 3) je numerička skala koja se koristi u rekonstruktivnoj hirurgiji kolena za opisivanje fizičke aktivnosti pacijenta (203). Vrednosti se kreću od 0 do 10, a svaka vrednost odgovara nivou fizičke aktivnosti za koju je pacijent sposoban, pa tako 0 označava stanje kada je pacijent zbog kolena u invalidskoj penziji, a

vrednost 10 podrazumeva visok nivo takmičarskih sportova. Pacijent ispunjava standardizovani upitnik.

**Lysholm bodovna skala** ili preciznije Lysholm – Gillquist bodovna skala (204) (Prilog 4) je vrlo značajna za procenu ranih rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena i jedna je od najčešće korišćenih skala za postoperativnu procenu funkcije kolena u stanjima gde su prisutne ligamentarne povrede. Maksimalna vrednost iznosi 100 bodova, a predstavlja zbir sledećih parametara: šepanje (najviše 5 bodova), upotreba pomagala (najviše 5 bodova), penjanje po stepenicama (najviše 10 bodova), čučanje (najviše 5 bodova), nestabilnost kod hodanja, trčanja i skakanja (najviše 30 bodova), bol kod hodanja, trčanja i skakanja (najviše 30 bodova), oticanje kod hodanja, trčanja i skakanja (najviše 10 bodova) i atrofija natkolenice (najviše 5 bodova). Pacijenti sa 98-100 bodova imaju odličan rezultat, dobar rezultat je od 93-97 bodova, osrednji sa brojem bodova od 82-92, a slab rezultat je od 66-81 bod, dok je rezultat ispod 66 bodova loš. Ova skala je dobar pokazatelj neposrednih postoperativnih rezultata tokom kraćeg vremena praćenja, ali postoji sumnja u njenu senzitivnost da otkrije promene stanja kolena kroz duži vremenski period (205). Pacijent ispunjava standardizovani upitnik.

**IKDC standard (Upitnik Internacionalnog komiteta za dokumentaciju povreda i oboljenja kolena)** (206) (Prilog 5) se koristi za objektiviziranje ishoda lečenja i dugotrajnog praćenja ne samo pacijenata sa menisko-ligamentarnim povredama, nego i pacijenata sa degenerativnim promenama zglobova kolena i čašično-butnim bolom. IKDC upitnik sadrži 8 kriterijuma: subjektivnu procenu pacijenta o stanju njegovog kolena, prisutne simptome, obim pokreta, testove stabilnosti, prisustvo krepitacija pojedinih kompartmana, patologiju donorskog mesta, radiografska ispitivanja i funkcionalno ispitivanje – skok na jednoj nozi. Prema postignutim rezultatima prve četiri varijable, nalaz može biti: normalan (1), skoro normalan (2), poremećen (3) i teško poremećen (4) (207). IKDC skor se izračunava od podataka dobijenih upitnikom i kliničkim pregledom.

## 2.6.2 ARTROMETRIJSKA MERENJA

Ova merenja podrazumevala su određivanje veličine prednjeg pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost (Lachman test) izražene u milimetrima uz korišćenje artrometra. U ovom istraživanju korišćen je artrometar napravljen u saradnji Klinike za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine i Fakulteta tehničkih nauka

Univerziteta u Novom Sadu (208). Artrometar se sastoji od dva dela: mehaničkog i elektronskog. Mehanički deo predstavljaju dve konveksne površine napravljene od čelika koje su spojene metalnom šipkom. Gornja konveksna površina leži na čašici, a donja na distalnoj trećini golenjače i za nju je pričvršćena elastičnim zavojem. Na metalnoj šipci se nalazi merni deo aparata u vidu papučice. Papučica koja se može pomerati gore – dole, postavlja se na kvrgu golenjače i povezana je sa linearnim potencijometrom i elektronskim konvertorom sa mogućnošću podešavanja na nulu na digitalnom ekranu (Slika 14). Prednje pomeranje golenjače je mereno prvo na zdravom, a zatim na povređenom, tj. operisanom kolenu. Beležena je razlika pomeranja između zdrave i povređene strane u milimetrima.

## **2.7 STATISTIČKA OBRADA PODATAKA**

Podaci dobijeni tokom istraživanja su sakupljeni u jedinstvenu bazu podataka koja je sadržala sve informacije o pacijentima, načinu nastanka i vremenu povrede kao i kliničke rezultate. Za sakupljanje i predhodnu obradu istraživačkih podataka je korišćena aplikacija Microsoft Office Excell 2010. Statistička obrada rezultata istraživanja je izvršena u programskom sistemu za IBM SPSS 23. Numeričke vrednosti su opisane kroz srednje vrednosti, opseg i standardne devijacije, a atributivna obeležja putem procentualnih vrednosti i distribucije frekvencija. Za statističku obradu rezultata su korišćene različite metode statističke analize u skladu sa brojem posmatranih grupa, članova u njima i konkretnih potreba. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički, uz odgovarajući tekstualni komentar.



### 3 REZULTATI

#### 3.1 REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA

Poređenje rezultata dobijenih razvijenom aplikacijom izvršeno je za deset pacijenata kod kojih su napravljene RTG snimci kao i CT snimci. U tabeli 4 su prikazani dobijeni rezultati. Prva kolona predstavlja ugao bušenja izmeren sa CT snimaka, dok drugu i treću predstavljaju uglovi bušenja i transversalni ugao dobijeni na osnovu RTG snimaka primenom razvijenog kompjuterskog programa. Za potrebe potvrde validnosti matematičkih izraza koji opisuju zakonitost stvarne vrednosti ugla bušenja i projektovane vrednosti ugla u tabelu su unete i dopunske dve kolone koje predstavljaju ugao bušenja koji se dobija merenjem direktno na RTG snimku i vrednost istog ugla dobijenog primenom jednačine 4 na vrednosti dobijene aplikacijom.

Tabela 4. Dobijeni rezultati merenja za deset pacijenata

r. br.	CT ugao bušenja $\alpha[^\circ]$	Aplikacija ugao bušenja $\alpha[^\circ]$	Aplikacija transversalni ugao $\beta[^\circ]$	Projektovani ugao RTG sa strane $\alpha_p[^\circ]$	Projektovani ugao jednačina (4) $\alpha_p[^\circ]$
1.	66	64	45	71	70
2.	57	54	48	68	64
3.	65	63	67	81	79
4.	62	59	46	68	67
5.	55	57	60	74	72
6.	46	43	36	49	49
7.	50	51	59	71	68
8.	55	52	45	60	61
9.	63	65	65	79	79
10.	57	59	56	72	71

Na grafikonu 15 su predstavljene raspodele vrednosti uglova bušenja dobijenih kontrolnom metodom (CT) i aplikacijom, a u tabeli 5 su predstavljeni rezultati deskriptivne statističke analize ovih merenja.

Grafikon 15. Prikaz vrednosti uglova

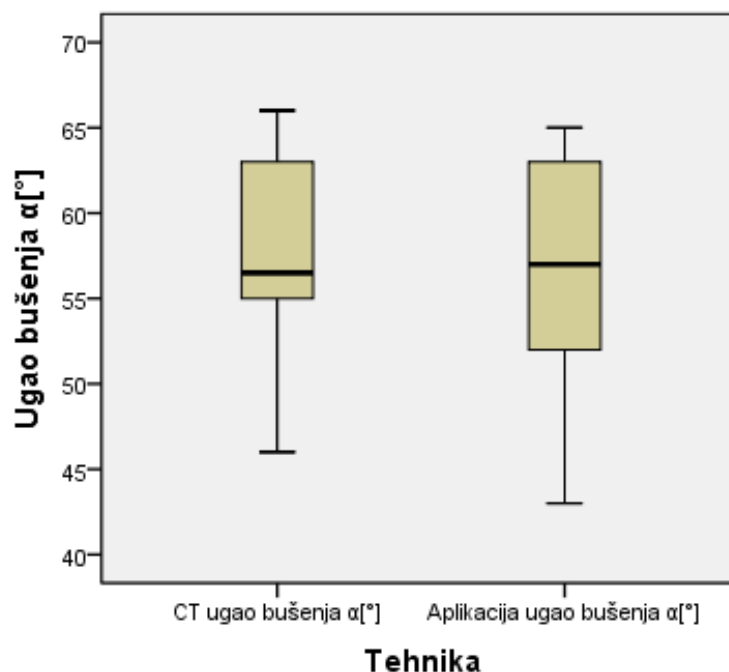


Tabela 5. Deskriptivna statistika za ugao bušenja meren pomoću CT i Aplikacije  $\alpha$ [°] (N=10)

Tehnika	CT	Aplikacija
Prosek	57,50	56,50
Standardna devijacija	6,52	6,80
Minimum	46	43
Prvi kvartal	53,75	51,75
Medijana	56,50	57,00
Treći kvartal	63,50	63,25
Maksimum	66	65

Vilkokson test:  $Z=-1,602$ ;  $p=0,109$

Na osnovu podataka iz tabele 5 i sa grafikona 15 uočeno je da je ugao bušenja meren na CT snimcima u proseku nešto veći  $57,50 \pm 6,52^\circ$  od ugla merenog primenom razvijene aplikacije  $56,50 \pm 6,80^\circ$ . CT ugao bušenja se kretao u intervalu od  $46^\circ$  do  $66^\circ$ , dok se

prilikom merenja pomoću aplikacije kretao u intervalu od 43° do 65°. Vrednost medijane je bila za pola stepena veća pri merenju pomoću aplikacije. Raspodela vrednosti uglova prilikom merenja u obe tehnike je negativno asimetrična, što ukazuje na veći broj pacijenata čije su vrednosti uglova bušenja bili veći od prosečne vrednosti.

Na osnovu rezultata Vilkoksonovog testa ( $Z=-1,602$ ;  $p=0,109$ ) utvrđeno je da veličina greške prostornog određivanja položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena novorazvijenim kompjuterskim programom nije statistički značajna, a kompjutersko određivanje položaja kalema u golenjači omogućava iste rezultate kao i CT snimci.

Drugi deo rezultata predstavljenih u tabeli, namenjenih proveriti primenjenu metodologije za uglove dobijene merenjem u projekciji sa RTG snimka i kompjuterskim programom dobijenog ugla projektovanog na istu ravan sa ciljem verifikacije izraza (4) (poslednje dve kolone tabele 4) je takođe obuhvaćen deskriptivnom analizom vrednosti. Rezultati su navedeni u tabeli 6.

*Tabela 6. Deskriptivna statistika za uglove projektovane sa RTG snimka i dobijene primenom jednačine (4)*

Metoda	Projektovani ugao RTG sa strane $\alpha_p[^\circ]$	Projektovani ugao primenom jednačine (4) $\alpha_p[^\circ]$
Prosek	69.3	68.0
Standardna devijacija	9.23821	8.80656
Minimum	49	49
Prvi kvartal	66.0	63.25
Medijana	71.0	69.0
Treći kvartal	75.25	73.75
Maksimum	81	79

Vilkokson test:  $Z=-2,200$ ;  $p=0,028$

Na osnovu podataka iz tabele 6 uočeno je da je projektovani ugao bušenja meren na RTG snimcima u proseku nešto veći  $69,3 \pm 9,24^\circ$  od ugla dobijenog projektovanjem ugla primenom jednačine (4)  $68,0 \pm 8,81^\circ$ . Projektovani ugao bušenja sa RTG snimka se kretao u intervalu od 49° do 81°, dok se za vrednost dobijenu projektovanjem ugla primenom

jednačine (4) kretao u intervalu od 49° do 79°. Vrednost medijane je bila za dva stepena veća pri merenju projektovanog ugla sa RTG snimka. Raspodela vrednosti uglova u obe kolone je negativno asimetrična.

Na osnovu rezultata Vilkoksonovog testa ( $Z=-2,200$ ;  $p=0,028$ ) utvrđeno je da veličina greške ugla dobijenog jednačinom (4) i merenjem sa RTG snimka nije statistički značajna što ukazuje na ispravnost jednačine primenjene u izradi kompjuterskog programa.

## **3.2 REZULTATI KLINIČKOG DELA ISTRAŽIVANJA**

### **3.2.1 FUNKCIONALNI REZULTATI ISTRAŽIVANJA**

U cilju procene ishoda rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta korišćeni su: IKDC skor, Tegner skor, Lysholm skor i artrometrijsko merenje razlike prednjeg pomeranja golenjače operisane i neoperisane noge (Lachman test). Dobijene vrednosti poredili smo između četiri grupe ispitanika.

#### **3.2.1.1 IKDC standard**

Prema standardnom Upitniku Internacionalnog komiteta za dokumentaciju povreda i oboljenja kolena (IKDC) nalaz na kolenu se može opisati kao normalan (ocena A), skoro normalan (ocena B), abnormalan (ocena C) i nalaz teške abnormalnosti (ocena D).

U I grupi ispitanika normalan nalaz imalo je 20 ispitanika (66,7%), skoro normalan nalaz 9 (30%) i jedan ispitanik je imao abnormalan nalaz (3,3%). U II grupi 22 ispitanika je imalo normalan nalaz (73,3%), 7 ispitanika (23,3%) skoro normalan nalaz, a abnormalan nalaz kao i u I grupi imao je jedan ispitanik (3,3%). Treća grupa imala je 22 ispitanika sa normalnim nalazom (73,3%), sa skoro normalnim nalazom 6 (20%) i dva ispitanika sa abnormalnim nalazom (6,7%). U IV grupi ispitanika, njih 17 (56,7%) je imalo normalan nalaz, 11 (36,7%) skoro normalan nalaz i bilo je dva ispitanika sa abnormalnim nalazom (Tabela 7). U sve četiri grupe ispitanika najviše je zastupljen normalan nalaz, ali je u IV grupi najmanji broj ispitanika dobio ocenu A. Niko od ispitanika nije imao nalaz teške abnormalnosti. Nije postojala statistički značajna razlika između IKDC ocena između grupa ( $\chi^2=3,282$ ;  $df=6$ ;  $p=0,773$ ).

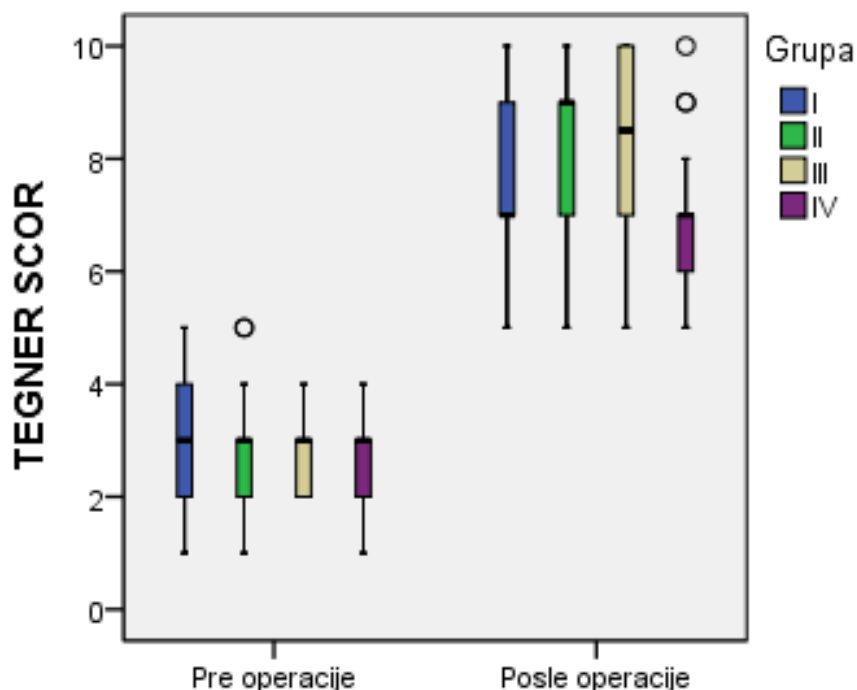
Tabela 7. Prikaz IKDC ocena po grupama

Grupa	Ocene	n	%
I	A	20	66.7
	B	9	30.0
	C	1	3.3
	D	0	0
II	A	22	73.3
	B	7	23.3
	C	1	3.3
	D	0	0
III	A	22	73.3
	B	6	20.0
	C	2	6.7
	D	0	0
IV	A	17	56.7
	B	11	36.7
	C	2	6.7
	D	0	0

### 3.2.1.2 Tegner bodovna skala aktivnosti

Vrednosti Tegner skora pre operacije kretale su se od 1 do 5, prosečno  $2,84 \pm 0,93$ , a najviše ispitanika I grupe moglo je da radi umereno teške fizičke poslove (nivo 4), dok je u ostalim grupama najviše ispitanika moglo da obavlja lakše fizičke poslove (nivo 3) pre nego što su se operisali. Postoperativno vrednosti su se kretale u intervalu od 5 do 10, sa prosekom od  $7,67 \pm 1,45$ . Po završenom lečenju, najveći broj ispitanika (26,67%) imao je nivo 7 aktivnosti i mogli su se baviti takmičarskim (tenis, trčanje, rukomet...) ili rekreativnim sportovima (fudbal, ragbi, košarka...). Takmičarskim sportovima nižeg ranga takmičenja (nivo 9) bavilo se 24,17% ispitanika, rekreativnim sportovima (nivo 6) 20,83% ispitanika, 12,5% takmičarskim sportovima tipa skvoš, badminton, atletika, skijanje (nivo 8), a na najvišem, nacionalnom nivou učestvovalo je 11,67% ispitanika (Grafikon 16).

Grafikon 16. Raspodela vrednosti Tegner skora pre i posle operacije po grupama



Sa grafikona 16 posle operacije se uočava negativna asimetrična raspodela kod pacijenata II i IV grupe, a pozitivna kod pacijenata I grupe. U IV grupi su tri pacijenta imali netipično visoku vrednost Tegner skora.

U I grupi ispitanika Tegner skor pre operacije imao je vrednost  $2,90 \pm 1,12$ , a nakon završenog lečenja  $7,60 \pm 1,43$ . U II grupi prosečna vrednost je sa preoperativnih  $2,80 \pm 0,92$ , porasla na  $8,17 \pm 1,18$  posle završenog lečenja. U III grupi vrednosti pre operacije bile su  $2,87 \pm 0,78$ , a posle operacije  $8,07 \pm 1,64$ . Preoperativna vrednost Tegner skora u IV grupi iznosila je  $2,80 \pm 0,89$ , a posle operacije porasla je na  $6,83 \pm 1,15$ .

Tegner skor pre operacije se nije razlikovao između ispitivanih grupa ( $\chi^2=19,849$ ;  $df=12$ ;  $p=0,070$ ), dok je posle operacije postojala značajna razlika ( $\chi^2=34,797$ ;  $df=1$ ;  $p=0,003$ ).

Tabela 8. Rezultati Vilkoksonovog testa za Tenger skor pre i posle operacije prema grupama i u ukupnom uzorku

	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Grupa IV	Ukupno
Z	-4,800	-4,811	-4,802	-4,838	-9,546
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Rezultati Vilkoksonovog testa (Tabela 8) su pokazali statistički značajnu razliku između vrednosti Tegner skora pre i posle operacije u svim ispitivanim grupama ( $p < 0,001$ ).

### 3.2.1.3 Lysholm bodovna skala

Preoperativna vrednost Lysholm skora na celom uzorku kretala se od 23 do 72 sa prosečnom vrednošću od  $57,56 \pm 9,33$ . Najveći Lysholm skor su u proseku imali pacijenti iz grupe II ( $59,40 \pm 9,78$ ), a najmanji iz grupe III ( $55,97 \pm 6,92$ ). Znatna negativna asimetrija vrednosti Lysholm skora pre operacije u ispitivanim grupama ukazuje na više ispitanika sa vrednostima većim od prosečnih. U I i u II grupi bio je po jedan pacijent sa ekstremno niskim skorom, dok su u II i III grupi po jedan pacijent imali netipično nizak Lysholm skor.

Rezultati Šapiro Vilksvog testa su pokazali da raspodela vrednosti nije normalna ni u jednoj grupi ( $p > 0,05$ ), pa je Kruskal Valis test pokazao odsustvo statističke značajnosti između grupa za Lysholm skor pre operacije.

Postoperativna vrednost Lysholm skora na celom uzorku kretala se od 50 do 100, prosečno  $90,29 \pm 8,91$ . I posle operacije najveću vrednost Lysholm skora u proseku su imali pacijenti II grupe ( $92,13 \pm 6,32$ ), a najmanju iz IV grupe ( $84,97 \pm 10,56$ ). Posle operacije postojala je znatna negativna asimetrija vrednosti Lysholm skora u svim grupama što ukazuje na veći broj ispitanika sa većim vrednostima od prosečnih. Sa grafikona 17 se uočava negativna asimetrična raspodela kod pacijenata II i III grupe, a pozitivna kod pacijenata I i IV grupe. U I grupi jedan pacijent je imao netipično nisku vrednost Lysholm skora, u II jedan ekstremno nisku, u III grupi jedan pacijent, a u IV dva pacijenta su imala netipično nisku vrednost Lysholm skora.

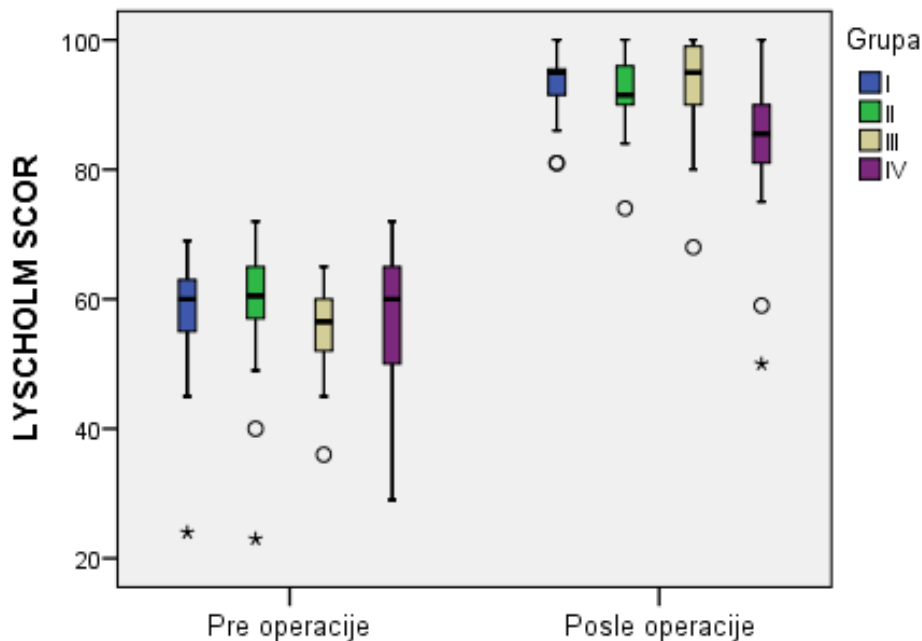
Rezultati Šapiro Vilksvog testa su pokazali normalnu raspodelu Lysholm skora u svim grupama ( $p > 0,05$ ). Rezultati jednofaktorske analize varijanse su pokazali da je postojala statistički značajna razlika u okviru grupa ( $F = 4,188$ ;  $p = 0,007$ ). Razlika u vrednostima Lysholm skora posle operacije između grupa nije bila statistički značajna ( $p < 0,05$ ).

Lysholm skor pre i posle operacije u ukupnom uzorku se statistički značajno razlikovao ( $Z = -9,506$ ;  $p = 0,000$ ).

Na osnovu Pirsonove korelacione analize uočava se da je Lysholm skor pre operacije i Lysholm skor posle operacije bio u pozitivnoj korelaciji. Najslabija povezanost je uočena u

grupi I ( $r=0,127$ ;  $p=0,503$ ), a nešto veća u grupi III ( $r=0,256$ ;  $p=0,172$ ), dok je statistički značajna bila u grupi II ( $r=0,418$ ;  $p=0,021$ ), a najveća u grupi IV ( $r=0,443$ ;  $p=0,014$ ).

Grafikon 17. Raspodela vrednosti Lysholm skora pre i posle operacije po grupama



### 3.2.1.4 Artrometrijsko merenje

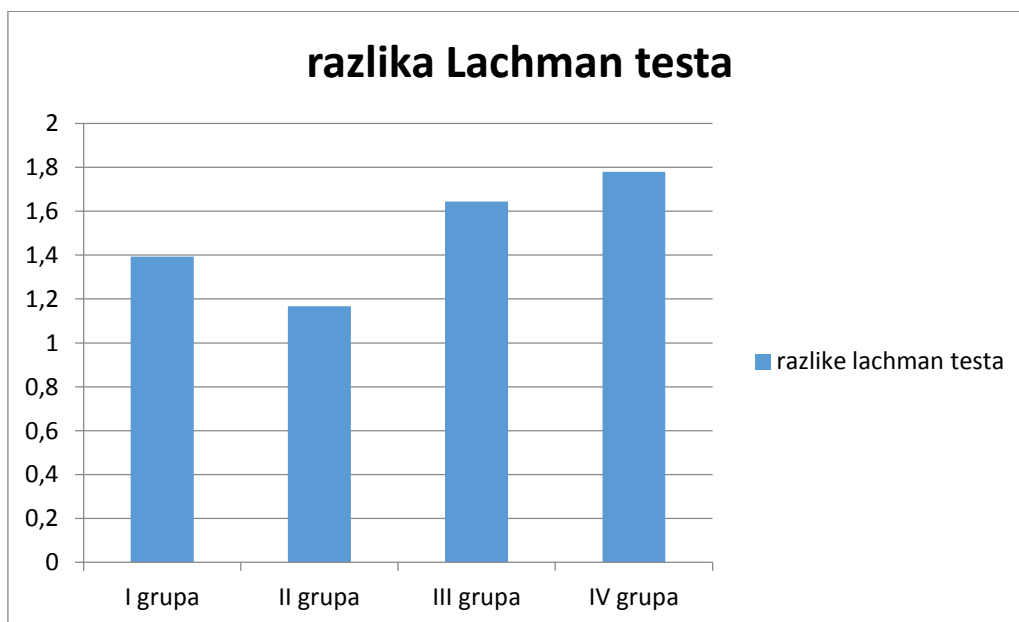
Izvođenjem Lachman testa i uz primenu artrometra meri se prednje pomeranje golenjače u odnosu na butnu kost. Artrometrijska merenja su izvođena na neoperisanom i na povređenom, tj. operisanom kolenu. Razlika u vrednosti Lachman testa jednog i drugog kolena je vrednost koja se dalje analizirala u kliničkoj proceni rezultata lečenja.

Prosečna vrednost razlike Lachman testa celog uzorka bila je  $1,49 \pm 0,98$  mm. Najmanju prosečnu vrednost imali su ispitanici II grupe ( $1,17 \pm 0,82$  mm), a najveću ispitanici IV grupe ( $1,77 \pm 1,04$  mm). Razlika Lachman testa u I grupi bila je  $1,42 \pm 0,93$  mm, a u III  $1,64 \pm 1,04$  mm.

Rezultati Kruskal Valis testa su pokazali da nije postojala statistički značajna razlika Lachman testa u ukupnom uzorku ( $\chi^2 = 6,718$ ;  $df=3$ ;  $p=0,081$ ). Značajna razlika između pojedinačnih grupa je postojala jedino između II i IV grupe ( $Z = -2,350$ ;  $p=0,019$ ).



Grafikon 18. Vrednosti razlika Lachman testa po grupama



### 3.2.2 REZULTATI RADIOGRAFSKIH MERENJA

Analizom radiografskih snimaka dobijeni su sledeći rezultati:

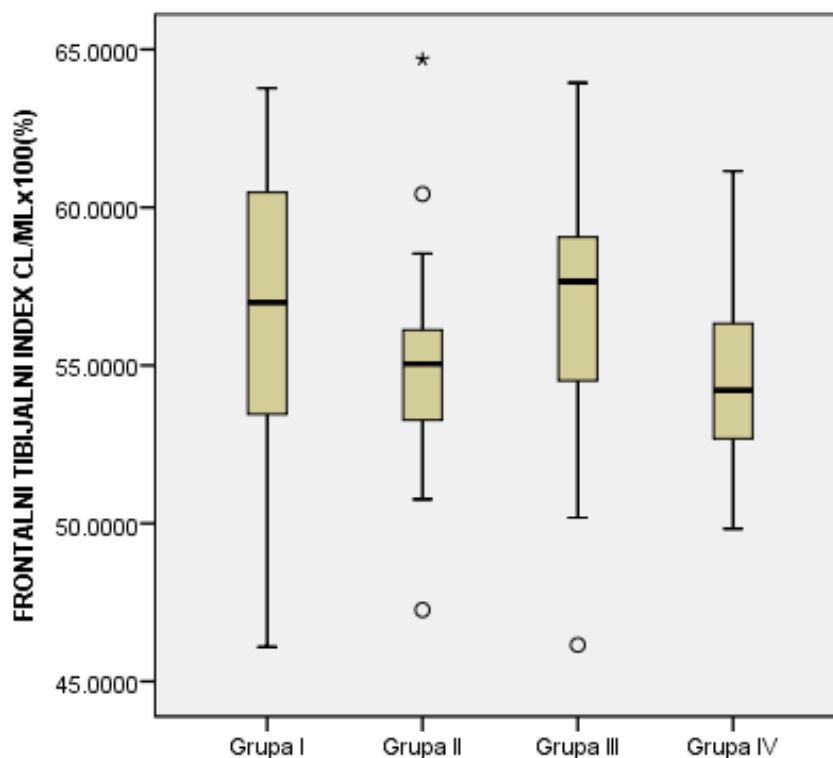
#### 3.2.2.1 M1: Frontalni tibijalni index CL/MLx100 (%)

Vrednosti frontalnog tibijalnog indeksa su se kretale u intervalu od 46,094% do 64,688% i u ukupnom uzorku u proseku su iznosile  $55,6802 \pm 3,7950\%$ . Najveće prosečne vrednosti su bile kod pacijenata koji su pripadali grupi I  $56,6369 \pm 4,3823\%$ , dok su najmanje prosečne vrednosti bile kod pacijenata IV grupe  $54,6802 \pm 3,7950\%$  (Tabela 9).

Tabela 9. Vrednosti frontalnog tibijalnog indeksa po grupama

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
Grupa I	56.636910	4.3823351	46.0937	63.7725
Grupa II	54.973864	3.0789947	47.2622	64.6884
Grupa III	56.484802	4.1770482	46.1538	63.9456
Grupa IV	54.625111	3.1115237	49.8246	61.1465
Ukupno	55.680172	3.7950223	46.0937	64.6884

Grafikon 19. Raspodela vrednosti frontalnog tibijalnog indeksa po grupama



Sa grafikona 19 se uočava negativna asimetrična raspodela kod pacijenata I i III grupe, a pozitivna kod pacijenata II i IV grupe, što znači da je u I i III grupi bilo više pacijenata čiji je frontalni tibijalni indeks bio veći od prosečnih vrednosti, a u II i IV grupi je bilo više onih sa vrednostima koje su bile manje od prosečnih. U II grupi jedan pacijent je imao ekstremno visoku vrednost frontalnog tibijalnog indeksa, jedan je imao netipično visoku vrednost, dok su u II i III grupi po jedan pacijent imali netipično nizak frontalni tibijalni indeks.

Rezultati Šapiro Vilksovog testa su pokazali normalnu raspodelu frontalnog tibijalnog indeksa u I, III i IV grupi ( $p > 0,05$ ). Posle normalizacije raspodele u II grupi rezultati jednofaktorske analize varijanse su pokazali da nije postojala statistički značajna razlika u okviru grupa ( $F = 2,275$ ;  $p = 0,084$ ), ali je razlika u vrednostima frontalnog tibijalnog indeksa između I i IV grupe bila statistički značajna ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.2.2 M2: Frontalni tibijalni ugao (u stepenima)

Prosečna vrednost frontalnog tibijalnog ugla u ukupnom uzorku iznosila je  $71,086 \pm 4,7012^\circ$ , a kretala se u intervalu od  $60,530^\circ$  do  $80,000^\circ$ . S obzirom da je jedan od kriterijuma za formiranje grupa bila vrednost ugla pod kojim se buši tunel u golenjači u frontalnoj ravni, vrednosti frontalnog tibijalnog ugla u I i III grupi su manje nego vrednosti u II i IV grupi. Najveću srednju vrednost frontalnog tibijalnog ugla imali su ispitanici u II grupi ( $75,2213 \pm 2,8971^\circ$ ), a najmanju u I grupi ( $66,9203 \pm 2,1980^\circ$ ) (Tabela 10).

Tabela 10. Vrednosti frontalnog tibijalnog ugla po grupama

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
Grupa I	66.920333	2.1980438	60.5300	69.8000
Grupa II	75.221333	2.8971469	70.3800	80.0000
Grupa III	67.347667	2.1223762	63.0600	69.9000
Grupa IV	74.855000	2.8584198	70.3700	79.0800
Ukupno	71.086083	4.7012647	60.5300	80.0000

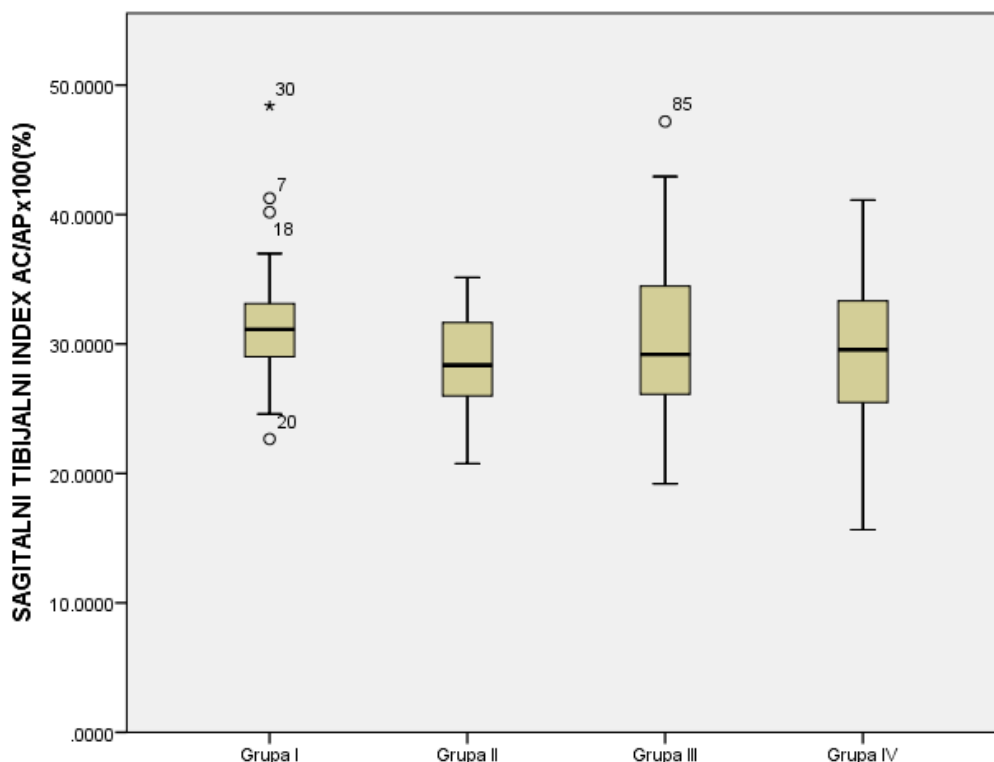
### 3.2.2.3 M3: Sagitalni tibijalni indeks AC/APx100 (%)

Vrednosti sagitalnog tibijalnog indeksa su se kretale u intervalu od 15,656% do 48,392% i u ukupnom uzorku u proseku su iznosile  $29,8485 \pm 5,6727\%$ . Najveće prosečne vrednosti su bile kod pacijenata koji su pripadali grupi I  $31,5479 \pm 5,3411\%$ , dok su najmanje prosečne vrednosti bile kod pacijenata II grupe  $28,5419 \pm 3,9073\%$  (Tabela 11).

Tabela 11. Vrednosti sagitalnog tibijalnog indeksa po grupama

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
Grupa I	31.547987	5.3411324	22.6601	48.3924
Grupa II	28.541990	3.9073103	20.7547	35.1351
Grupa III	30.449726	6.3289917	19.1964	47.1910
Grupa IV	28.854425	6.4845954	15.6566	41.1168
Ukupno	29.848532	5.6727804	15.6566	48.3924

Grafikon 20. Raspodela vrednosti sagitalnog tibijalnog indeksa po grupama



Sa grafikona 20 se uočava negativna asimetrična raspodela kod pacijenata I i IV grupe, a pozitivna kod pacijenata II i III grupe, što znači da je u I i IV grupi bilo više pacijenata čiji je sagitalni tibijalni indeks bio veći od prosečnih vrednosti, a u II i III grupi je bilo više onih sa vrednostima koje su bile manje od prosečnih. U I grupi jedan pacijent je imao ekstremno visoku vrednost sagitalnog tibijalnog indeksa, dva su imala netipično visoku vrednost, a jedan pacijent netipično nizak sagitalni tibijalni indeks. U III grupi je jedan pacijent imao netipično visoku vrednost sagitalnog tibijalnog indeksa.

Rezultati Šapiro Vilksovog testa su pokazali normalnu raspodelu sagitalnog tibijalnog indeksa u II, III i IV grupi ( $p > 0,05$ ). Posle normalizacije raspodele u I grupi rezultati jednofaktorske analize varijanse su pokazali da nije postojala statistički značajna razlika u okviru grupa ( $F = 1.889$ ;  $p = 0,135$ ), ali je razlika u vrednostima sagitalnog tibijalnog indeksa između I i II grupe bila statistički značajna ( $p < 0,05$ ).

#### 3.2.2.4 M4: Sagitalni tibijalni ugao (u stepenima)

Prosečna vrednost sagitalnog tibijalnog ugla u ukupnom uzorku iznosila je  $69,0418 \pm 4,9940^\circ$ , a kretala se u intervalu od  $60,00^\circ$  do  $79,54^\circ$ . Sagitalni tibijalni ugao, kao i frontalni, bio je jedan od kriterijuma za formiranje grupa, pa su tako srednje vrednosti ugla pod kojim

se buši tunel u golenjači u sagitalnoj ravni bile manje u I i II grupi u odnosu na III i IV. Najveću srednju vrednost sagitalnog tibijalnog ugla imali su ispitanici u IV grupi ( $73,9467 \pm 3,0269^\circ$ ), a najmanju ispitanici I grupe ( $64,2840 \pm 2,4628^\circ$ ) (Tabela 12).

Tabela 12. Vrednosti sagitalnog tibijalnog ugla po grupama

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
Grupa I	64.2840	2.46283	60.00	68.78
Grupa II	65.4453	2.73426	60.50	69.90
Grupa III	72.4910	2.37592	70.10	78.22
Grupa IV	73.9467	3.02696	70.00	79.54
Ukupno	69.0418	4.99403	60.00	79.54

### 3.2.2.5 M5: Nagib tibijalnog platoa (u stepenima)

Nagib zglobove površine golenjače (*Posterior Tibial Slope - PTS*) meren je na bočnim radiografskim snimcima kolena. Od vrednosti ugla, koji se nalazi između linije koja predstavlja tangentu tibijalnog platoa i linije koja se pruža duž posteriornog tibijalnog korteksa, oduzima se 90 stepeni i dobijena vrednost predstavlja PTS.

Srednja vrednost PTS celog uzorka bila je  $7,5940 \pm 3,3385^\circ$ , a kretala se u intervalu od  $0,49^\circ$  do  $14,95^\circ$ . Vrednosti PTS po grupama prikazane su u tabeli 13.

Tabela 13. Vrednosti PTS po grupama

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
Grupa I	6.726000	3.4098120	.4900	14.1600
Grupa II	6.340333	3.0650865	1.4300	12.3000
Grupa III	8.290333	3.2517671	1.7000	14.9500
Grupa IV	9.019667	3.0216340	2.1400	14.6800
Ukupno	7.594083	3.3385003	.4900	14.9500

### 3.2.3 KORELACIJA RADIOGRAFSKIH PARAMETARA I KLINIČKIH REZULTATA

Tabela 14. Korelacija frontalnog tibijalnog indeksa sa Lysholm skorom posle operacije, Tegner skorom posle operacije i razlikom Lachman testa (mm) po grupama i u ukupnom uzorku.

Grupa		Lysholm skor posle operacije	Tegner skor posle operacije	Razlika
				Lachman testa (mm)
I	r	-0,026	0,046	0,172
	p	0,890	0,810	0,363
II	r	-0,153	-0,372*	0,240
	p	0,420	0,043	0,201
III	r	0,243	-0,065	-0,054
	p	0,196	0,732	0,778
IV	r	0,198	0,173	-0,331
	p	0,293	0,360	0,074
Ukupno	r	0,143	-0,004	0,000
	p	0,119	0,970	0,997

\*p<0,05

Kod pacijenata koji pripadaju grupi I uočeno je odsustvo povezanosti između frontalnog tibijalnog indeksa i Lysholm skora posle operacije ( $r=-0,026$ ;  $p=0,890$ ), dok je kod pacijenata II grupe uočena negativna korelacija ( $r=-0,153$ ;  $p=0,420$ ), odnosno sa povećanjem Lysholm skora posle operacije frontalni tibijalni indeks se smanjuje i obrnuto. U grupama III i IV je uočena blaga pozitivna korelacija ( $r=0,243$ ;  $p=0,196$ ) i ( $r=0,198$ ;  $p=0,293$ ) respektivno.

Iz tabele 14 se uočava odsustvo korelacije između frontalnog tibijalnog indeksa i Tegner skora posle operacije kod pacijenata koji pripadaju I ( $r=0,046$ ;  $p=0,810$ ) i III grupi ( $r=-0,065$ ;  $p=0,732$ ). Znatna negativna povezanost je uočena kod pacijenata II grupe ( $r=0,372$ ;  $p=0,043$ ), odnosno sa povećanjem Tegner skora posle operacije frontalni tibijalni indeks se smanjuje i obrnuto. Kod pacijenata IV grupe postojala je mala pozitivna korelacija ( $r=0,173$ ;  $p=0,360$ ) koja je ukazivala na povećanje ili smanjenje ispitivanih varijabli.

Povezanost između frontalnog tibijalnog indeksa i razlike Lachman testa kod ispitanika koji pripadaju I ( $r=0,172$ ;  $p=0,363$ ) i II grupi ( $r=0,240$ ;  $p=0,201$ ) je bila pozitivna i

mala, dok je kod ispitanika III grupe primećeno odsustvo korelacije ( $r=-0,054$ ;  $p=0,778$ ). Kod pacijenata koji su pripadali IV grupi uočena je srednja negativna povezanost ( $r=-0,331$ ;  $p=0,074$ ).

*Tabela 15. Uticaj IKDC ocena na frontalni tibijalni indeks u ukupnom uzorku i po grupama*

Grupa	Beta	p
I	-0,047	0,805
III	0,069	0,718
III	-0,128	0,500
IV	-0,124	0,512
Ukupno	-0,077	0,404

Frontalni tibijalni indeks nije statistički značajno povezan sa IKDC ocenama u ukupnom uzorku i po grupama ( $p>0,05$ ).

*Tabela 16. Korelacija Lysholm skora posle operacije sa frontalnim tibijalnim uglom, sagitalnim tibijalnim indeksom, sagitalnim tibijalnim uglom i uglom tibijalnog platoa po grupama i u ukupnom uzorku.*

Grupa		Frontalni tibijalni ugao	Sagitalni tibijalni index	Sagitalni tibijalni ugao	Ugao tibijalnog platoa (PTS)
	I	r	-0,242	0,094	-0,032
	p	0,197	0,621	0,868	0,297
II	r	0,262	-0,033	0,311	-0,030
	p	0,162	0,864	0,095	0,876
III	r	-0,061	-0,421*	0,257	0,035
	p	0,749	0,020	0,171	0,856
IV	r	-0,387*	0,163	-0,129	0,357
	p	0,035	0,390	0,497	0,053
Ukupno	r	-0,188*	-0,061	-0,143	0,035
	p	0,040	0,505	0,120	0,703

\* $p<0,05$

Iz tabele 16 se uočava statistički značajna negativna korelacija između Lysholm skora posle operacije i frontalnog tibijalnog ugla ( $r=-0,188$ ;  $p=0,040$ ) u ukupnom uzorku. Najjača korelacija je bila u grupi III sa sagitalnim tibijalnim indeksom ( $r=-0,421$ ;  $p=0,020$ ) i u grupi IV sa frontalnim tibijalnim uglom ( $r=-0,387$ ;  $p=0,035$ ). Odnosno, sa povećanjem vrednosti Lysholm skora posle operacije smanjivale su se vrednosti sagitalnog tibijalnog indeksa u III grupi i frontalnog tibijalnog ugla u IV grupi i obrnuto.

*Tabela 17. Korelacija Tegner skora posle operacije sa frontalnim tibijalnim uglom, sagitalnim tibijalnim indeksom, sagitalnim tibijalnim uglom i uglom tibijalnog platoa po grupama i u ukupnom uzorku.*

Grupa		Frontalni tibijalni ugao	Sagitalni tibijalni index	Sagitalni tibijalni ugao	Ugao tibijalnog platoa (PTS)
I	r	-0,199	-0,105	0,174	0,197
	p	0,291	0,582	0,357	0,297
II	r	0,225	-0,093	0,254	-0,030
	p	0,232	0,625	0,175	0,876
III	r	-0,066	-0,209	0,068	0,035
	p	0,729	0,267	0,719	0,856
IV	r	-0,238	0,016	-0,232	0,357
	p	0,205	0,932	0,218	0,053
Ukupno	r	-0,116	-0,088	-0,116	0,035
	p	0,206	0,339	0,207	0,703

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 17 može se uočiti da Tegner skor posle operacije nije bio u značajnoj korelaciji sa ispitivanim varijablama.



Tabela 18. Korelacija rezlike Lachman testa sa frontalnim tibijalnim uglom, sagitalnim tibijalnim indeksom, sagitalnim tibijalnim uglom i uglom tibijalnog platoa po grupama i u ukupnom uzorku.

Grupa		Frontalni tibijalni	Sagitalni	Sagitalni	Ugao tibijalnog
		ugao	tibijalni index	tibijalni ugao	platoa (PTS)
I	r	0,235	-0,174	0,087	-0,350
	p	0,212	0,358	0,646	0,058
II	r	-0,400*	-0,125	-0,149	-0,076
	p	0,029	0,509	0,433	0,689
III	r	-0,058	0,387*	-0,087	0,129
	p	0,760	0,035	0,647	0,498
IV	r	0,240	-0,036	0,185	-0,278
	p	0,202	0,852	0,327	0,137
Ukupno	r	-0,026	0,052	0,186*	-0,055
	p	0,779	0,574	0,042	0,552

\* $p < 0,05$

Razlika Lachman testa je bila u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji sa sagitalnim tibijalnim uglom u ukupnom uzorku ( $r=0,186$ ;  $p=0,042$ ). Sa povećanjem razlike Lachman testa statistički značajno se smanjivao frontalni tibijalni ugao kod pacijenata koji su pripadali II grupi ( $r=-0,400$ ;  $p=0,029$ ), a značajno se povećavao sagitalni tibijalni indeks kod pacijenata III grupe ( $r=0,387$ ;  $p=0,035$ ).

Tabela 19. Uticaj IKDC ocena na frontalni tibijalni ugao, sagitalni tibijalni indeks, sagitalni tibijalni ugao i ugao tibijalnog platoa u ukupnom uzorku i po grupama.

Grupa	Frontalni		Sagitalni		Sagitalni		Ugao tibijalnog	
	tibijalni ugao		tibijalni index		tibijalni ugao		platoa	
	Beta	p	Beta	p	Beta	p	Beta	p
I	0.238	0.206	0.032	0.867	-0.028	0.882	-0.192	0.309
III	-0.236	0.210	-0.065	0.734	-0.083	0.662	0.049	0.797
III	-0.134	0.479	0.327	0.078	-0.239	0.203	0.126	0.506
IV	0.212	0.262	0.006	0.975	0.153	0.419	-0.185	0.327
Ukupno	0.044	0.631	0.087	0.347	0.050	0.589	-0.016	0.861

Nije bilo statistički značajne povezanosti između IKDC ocena sa frontalnim tibijalnim uglom, sagitalnim tibijalnim indeksom, sagitalnim tibijalnim uglom i uglom tibijalnog platoa u ukupnom uzorku i po grupama ( $p>0$ ).

## 4 DISKUSIJA

Od kraja XIX veka, kada je urađena prva rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta, pa sve do današnjih dana ova operativna procedura se usavršavala, što je dovelo do toga da danas ona predstavlja jednu od najizvođenijih operacija u ortopediji. Bolje razumevanje anatomskih odnosa, razvoj dijagnostičkih procedura i hirurških tehnika i unapređen instrumentarijum učinili su ovu operativnu proceduru preciznom i pouzdanom, sa velikom verovatnoćom za dobar ishod. Izbor i tehnika uzimanja kalema, pravilno postavljanje koštanih tunela u butnoj kosti i golenjači, zatezanje i fiksacija kalema predstavljaju ključne elemente operacije (209,210). Svaka nepravilnost u hirurškoj tehnici manifestuje se ranim ili odloženim ponovnim tegobama u vidu nestabilnosti kolena, a često se i komplikuje oštećenjem meniskusa i zglobne hrskavice. Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta predstavljaju značajan epidemiološki problem kako u svetu, tako i kod nas, a razlog ovakvoj epidemiološkoj situaciji verovatno leži u činjenici da je broj učesnika u sportu na globalnom nivou u stalnom porastu. Broj zabeleženih slučajeva povreda ovog ligamenta u Sjedinjenim Američkim Državama na godišnjem nivou varira od 100. 000 do 250. 000, pa se samim tim i broj rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta povećao (92-94). Na teritoriji Vojvodine godišnje se uradi oko 400 ovakvih operacija.

Tretman povreda ligamenata kolena zavisi od starosti pacijenta, nivoa fizičke aktivnosti pre povrede, zahteva profesije, udruženih lokalnih patoloških stanja i pacijentove motivacije za lečenjem. Imajući u vidu da se neoperativnim lečenjem povreda prednjeg ukrštenog ligamenta ne postižu zadovoljavajući rezultati (5), adekvatan izbor lečenja je hirurški, naročito kod mladih ljudi, aktivnih sportista i rekreativaca. Cilj rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta je povratiti stabilnost kolena, održavanje obima pokreta i samim tim sprečavanje ranog nastanka degenerativnih promena hrskavice i meniskusa, kao i

zaštita kolena od novih povreda. Uspešna rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta artroskopskim putem smanjuje ukupne troškove lečenja, skraćuje dužinu trajanja rehabilitacije i omogućava brži povratak pacijenta svakodnevnim životnim i radnim aktivnostima i vraćanje sportskim aktivnostima na nivo pre povrede (127).

Velik broj operativnih tehnika koje se koriste u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena opisan je do danas, ali su se u poslednje dve decenije izdvojile dve tehnike koje se najčešće koriste u ortopedskoj hirurgiji, i to modifikovana *Clancy*-eva tehnika, gde se kao kalem koristi srednja trećina ligamenta čašice kao kost-tetiva-kost (*BTB*) kalem i operativna tehnika gde se kao kalem koriste četverostruko presavijene tetive unutrašnjeg pravog mišića i polutetivnog mišića buta (*hamstring*), i to kao auto ili alokalemi (26). Pokušaj da sintetički prednji ukršteni ligament pri rekonstrukciji zameni prirodni dao je loše rezultate (25,211,212). Dalja budućnost lečenja povreda ligamenata ide u pravcu primene bioimplantata od kulture ćelija i tkiva kao i genetskog inženjeringa.

Kod svih pacijenata koji su učestvovali u ovom istraživanju rađena je artroskopski asistirana ligamentoplastika po modifikovanoj *Clancy*-evoj tehnici, a kao neoligament korišćen je *BTB* kalem.

I pored činjenice da je danas primarna artroskopska rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta dostigla značajan nivo preciznosti i da se praktično rutinski izvodi, i dalje postoji jedan broj pacijenata koji nije u potpunosti zadovoljan ishodom operativnog lečenja, te je potrebno izvršiti ponovnu operaciju. Veoma je bitno pronalaženje svih uzročnika odgovornih za nezadovoljavajući rezultat primarne rekonstrukcije ovog ligamenta kako bi se načinila dobra preoperativna priprema revizije operacije i tako broj komplikacija primarnih rekonstrukcija sveo na minimum.

Najčešći uzrok ponovne nestabilnosti kolena posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta su greške u hirurškoj tehnici koje se u većini slučajeva tiču neadekvatne, neanatomske pozicije kalema (213). Pozicija kalema je određena pozicijom tunela u butnoj kosti i golenjači. Neodgovarajuća pozicija tunela u butnoj kosti i golenjači dovodi do velikih promena u dužini kalema za vreme izvođenja pokreta kolena u fiziološkom obimu. Češće je uzrok loša pozicija tunela u butnoj kosti (9,10), ali i loša pozicija tunela u golenjači dovodi do ponovne nestabilnosti. Kada se radi transtibijalna artroskopski asistirana rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta, tunel u golenjači automatski određuje položaj tunela u butnoj kosti, pa time određuje i položaj celog kalema. Ugao između 45° i 50° u sagitalnoj i oko 60° u

frontalnoj ravni najbolje reprodukuje pravac pružanja nativnog ligamenta i smanjuje tenziju kalema prilikom savijanja kolena (214). Suviše strm tunnel u golenjači vodi ka prednjoj pozicije tunela u butnoj kosti, a ako je previše horizontalno postavljen, ugrožava zadnji korteks. Pogrešno postavljen tunnel u golenjači u frontalnoj ravni pomera položaj tunela u butnoj kosti bliže 12 sati na časovniku, što je daleko od poželjnih 10 sati za levo i 2 sata za desno koleno (215). Odgovarajuća pozicija unutarzglobnog otvora tunela u golenjači je zadnje-unutrašnji deo pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta pri čemu je spoljašnji otvor tunela distalno od pripoja unutrašnjeg bočnog ligamenta kolena na sredini između kvrge golenjače i zadnje-unutrašnje ivice golenjače (216). Mesto pripoja ligamenta na golenjači u toku operacije mnogo je pristupačnije i preglednije te ga hirurrg mnogo lakše odredi. U raznim kliničkim studijama i studijama na kadaverima došlo se do zaključka da je najbolja lokalizacija pripoja kalema na golenjači 7 mm ispred zadnjeg ukrštenog ligamenta i unutra od prednjeg roga spoljašnjeg meniskusa (217). Ukoliko je tunnel u golenjači postavljen previše napred, to dovodi do tzv. “*roof impingement*”, odnosno do nedozvoljenog kontakta kalema sa krovom međukondilarne jame pri opružanju kolena i preteranog zatezanja i pucanja kalema pri savijanju kolena i sledstvene prednje nestabilnosti kolena (218). Ukoliko je tunnel u golenjači postavljen medijalno od unutrašnje eminencije golenjače, dolazi do nedozvoljenog kontakta kalema i zadnjeg ukrštenog ligamenta što dovodi do gubitka mogućnosti savijanja kolena (214). Ukoliko je kalem postavljen lateralno od spoljašnje eminencije golenjače, dolazi do nedozvoljenog kontakta kalema sa unutrašnjom stranom spoljašnjeg kondila butne kosti i sledstvene prednje nestabilnosti kolena (219). Ipak, u studijama *Sommerer* i sar. (13) i *Ninkovića* i sar. (220) pripoj ligamenta na golenjači nije doprineo postoperativnoj nestabilnosti kolena. Kod postavljanja tunela u butnoj kosti, najčešća greška je njegovo pozicioniranje previše napred uz fiksaciju kalema dok je koleno opruženo i ova greška dovodi do izduživanja samog kalema i gubitka mogućnosti savijanja kolena, a zbog prevelikog zatezanja kalema za vreme savijanja kolena. Međutim, ukoliko se kalem fiksira dok je koleno previše savijeno, dolazi do preterane labavosti kalema. Ostale česte greške u hirurškoj tehnici uključuju postavljanje kalema previše pozadi i njegovo fiksiranje u opruženom položaju kolena, što dovodi do izduženja samog kalema ili gubitka mogućnosti savijanja kolena. Ukoliko se tunnel u butnoj kosti izbuši u previše vertikalnom položaju, dolazi do stalne rotatorne nestabilnosti, ali uz očuvanu stabilnost u prednje-zadnjem pravcu (213). *Khalfayan* i sar. (221) su u svojoj studiji dobili dobre rezultate kada je tunnel u butnoj kosti postavljen više od 60% pozadi u odnosu na dužinu Blumenstat-ove linije, a tunnel u golenjači 20% pozadi u odnosu na golenjačni plato.

Osim neodgovarajućeg položaja, i neodgovarajuća zategnutost kalema dovodi do neuspeha rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Na zategnutost kalema utiče više faktora, a najviše utiču pozicija tunela i ugao fiksacije, a zatim i vrsta kalema, položaj kolena u momentu fiksacije kalema, kao i način njegove fiksacije (222). Previše zategnut kalem dovodi do smanjenja obima pokreta kolena i smanjene vaskularizacije kalema sa sledstvenom degeneracijom i labavošću samog kalema (223). Takođe, pretegnutost kalema može dovesti do povećanog pritiska između donjeg okrajka butne kosti i gornjeg okrajka golenjače što dovodi do razvoja degenerativnih promena u zglobu (224). Sa druge strane, nedovoljna zategnutost kalema dovodi do stalne nestabilnosti kolena. Kako bi se izbegle ove greške, preporučuje se da zategnutost kalema bude od 60 do 90N (213).

Za uspešnu rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je značajna i fiksacija kalema, koja mora da spreči pokrete kalema u koštanom kanalu do 12. nedelje posle operacije, jer je to vreme potrebno za inkorporaciju kalema (225). Za fiksaciju kost-tetiva-kost (*BTB*) kalema koji je korišćen prilikom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kod ispitanika u našem istraživanju, najbolji su metalni ili bioresorptivni zavrtnji (226), mada i oni mogu dovesti do njegovog ranog oštećenja prilikom fiksacije (227,228).

Vrsta samog kalema je još jedan uzrok ponovne nestabilnosti kolena. Tokom osamdesetih godina prošlog veka pokušano je uvođenje kalema načinjenog od sintetičkih materijala u redovnu praksu, ali se od toga odustalo zbog brojnih komplikacija u postoperativnom toku u smislu pucanja kalema, hroničnog sinovitisa i diseminacije veštačkog materijala po organizmu (229,230). U poslednje vreme se kao alternativa autotransplantatima koriste alotransplantati iz koštane banke koji su se pokazali pogodnim zbog toga što nema lokalnih komplikacija koje nastaju kao posledica uzimanja autotransplantata (pucanje preostalog dela tetive, slabost mišića natkolenice, bolovi i krepitacije čašice, itd.), dok je prenos bilo kakve infekcije sa donora na primaoca praktično nemoguć zbog temeljnih rutinskih testova koji se obavljaju na doniranom materijalu. Između rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta sa korišćenjem alotransplantata kost-tetiva čašice-kost i rezultata rekonstrukcije sa korišćenjem autotransplantata nema statistički značajne razlike (231).

Primena srednje trećine ligamenta čašice kao kost-tetiva-kost kalem (*BTB*) u poslednje dve decenije predstavlja "zlatan standard" u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Odlični i dobri postoperativni rezultati primene ove tehnike kreću se u

intervalu od 70 do 93% (168-175). U preko 95% slučajeva nakon ove procedure, pacijenti imaju stabilno koleno bez osećaja propadanja i „izdavanja“ koje su imali preoperativno (151). Objektivni pokazatelji stabilnosti su lošiji u odnosu na funkcionalne rezultate tako da pacijenti uglavnom imaju negativan test prednje fioke i Pivot shift test (od 85-93%), dok je Lachman test, koji je najprecizniji i najobjektivniji, negativan kod 70% do 80% pacijenata (151,152,154). Ovako dobri postoperativni rezultati verovatno objašnjavaju činjenicu da se 70% do 80% pacijenata vraća na nivo fizičkih i sportskih aktivnosti na kojem su bili pre povrede (232-234). Međutim, zbog potencijalnih komplikacija u smislu oštećenja ekstenzornog aparata (235), preloma čašice (236), pucanja čašičnog ligamenta (237) i bola u kolenu na mestu uzimanja kalema (238), sve više se koriste tetive polutetivnog i pravog unutrašnjeg mišića buta (engl. *hamstring muscles*). Funkcionalni rezultati ove metode slični su rezultatima kod upotrebe srednje trećine ligamenta čašice, ali uz manji postoperativni bol, brži oporavak četvoroglavog mišića buta, a na mestu uzimanja kalema tegobe su minimalno izražene (193,194). Uzimanje kalema ne dovodi do većeg slabljenja snage i funkcije mišića pregibača kolena, a nedostaci ovog kalema su proširenje koštanih tunela (239), slabija fiksacija kalema (238) i ograničenje fleksije potkolenice (239). U brojnim istraživanjima je objavljeno da ne postoji statistički značajna razlika između ove dve tehnike (5,162,163). *Miller* i *Gladstone* (164) smatraju da je kalem kost-tetiva-kost izbor za osobe koje se bave zahtevnim fizičkim aktivnostima (fudbaleri, skijaši, atletičari, itd.), dok je za fizički manje zahtevne ili starije osobe, metoda izbora rekonstrukcija pomoću tetiva hamstringa.

S obzirom da od položaja tunela u butnoj kosti i golenjači zavisi položaj kalema, u poslednje vreme prevladava stav da je neophodno da se umesto konvencionalne, neanatomske pozicije tunela, prilikom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tuneli buše u poziciji unutar anatomskih pripoja kako bi se postigla anatomska rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta. Tako bi se ponovo uspostavila stabilnost, normalna kinematika kolena i ubrzao oporavak pacijenta (11). Konvencionalnim bušenjem tunela može da se rekonstruiše samo 57% površine pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači (240). Na ovaj način, iako se u kratkom postoperativnom periodu može postići uspeh, kompletna biomehanika kolena se ne može rekonstruisati, što dovodi do degenerativnih promena na zglobov kolena. Anatomska rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta podrazumeva funkcionalnu rekonstrukciju ovog ligamenta u njegovim anatomskim dimenzijama u zavisnosti od individualne anatomije svakog pacijenta ponaosob. *Bedi* i sar. (241) su u svojoj studiji konstatovali da je za rekonstrukciju biomehanike kolena i smanjenje rizika od

impindžmenta, od ključne važnosti da se tunel u golenjači prilikom bušenja postavi u centar pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta, ali centar pripoja nije centar načinjenog otvora na plato golenjače već zavisi od oblika površine pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta koji je individualan za svakog pacijenta.

Iako trodimenzionalan, pripoj prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači se obično meri pomoću dvodimenzionalne tehnike, pa je tako iz praktičnih razloga vezanih za operativni zahvat, otvor tunela na golenjači, a samim tim i pripoj prednjeg ukrštenog ligamenta prikazan kao elipsa načinjena kao presek između platoa golenjače i tunela u golenjači (240). Površina otvora intraoperativno generisanog tunela u golenjači prilikom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je individualna i značajno se razlikuje od elipse kako se obično shematski prikazuje. Na oblik, veličinu i položaj intraartikularnog otvora tunela u golenjači utiče prečnik burgije i sagitalni i transverzalni ugao bušenja (242), pa se tako u zavisnosti od prečnika burgije i ugla bušenja površina elipse može menjati, i na taj način se može bolje rekonstruisati anatomski oblik stvarnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači (240,243). Što je sagitalni ugao bušenja manji, površina pripoja je veća i bliža anatomskom obliku, a takođe, što je transverzalni ugao manji, površina pripoja je približnija anatomskom obliku (240). Ukoliko bi postojala mogućnost da se kombinacija prečnika burgije i ugla bušenja odredi preoperativno, to bi omogućilo bolju rekonstrukciju pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači, a samim tim i poboljšalo operativne rezultate. S obzirom da je pripoj prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači trodimenzionalan, dodatne metode trodimenzionalnog istraživanja kao i njihova klinička primena su neophodni kako bi se poboljšala rekonstrukcija ovog ligamenta (244).

Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena sa svojom multifaktorijalnom etiologijom, različitim mehanizmima povređivanja i sve većom učestalošću u opštoj populaciji zahtevaju sve ozbiljniji naučni pristup. Mnogi istraživači su uložili napor da bi pronašli potencijalne faktore koji mogu da predisponiraju nastanak povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, jer one ne samo da ograničavaju sportsku aktivnost, već utiču i na kvalitet života pojedinca. *Smith* i sar. (245) u svom istraživanju navode sledeće faktore rizika za nastanak povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena: ženski pol, mala međukondilarna jama, smanjena dubina unutrašnjeg platoa golenjače, povećan nagib platoa golenjače, povećan prednje-zadnji laksitet kolena i povećan BMI u žena. *Hewet* i sar. (246) u faktore rizika svrstavaju: anatomske faktore, antropometrijske razlike među polovima (visina, težina, BMI), širinu karlice, hormonalne uticaje, posebno uticaj estrogena na učestalost povreda i



jačinu samog ligamenta, zatim neuromuskularne i biomehaničke faktore i na kraju ranije povrede i starost pacijenta kao potencijalne faktore rizika. *Huston* (247) smatra da su građa karlice i estrogenni hormoni koji utiču na povećanu elastičnost kolagenih vlakana razlozi za veću učestalost prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kod žena. Zabeležio je najveći broj povreda ovog ligamenta u periodu ovulacije kada se estrogen najviše luči. Bitnim faktorom za povredu prednjeg ukrštenog ligamenta, posebno nekontaktnim mehanizmom, smatra se agresivno dejstvo butnog mišića kod kolena koje je blago savijeno, jer tada dolazi do značajne prednje translacije golenjače u odnosu na butnu kost (248).

Iako su muškarci brojčano dominantniji što se tiče povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, rizik za nastanak povrede ovog ligamenta je pet do osam puta veći kod žena (249). Prema podacima nacionalne Američke atletske asocijacije povrede kod žena češće su 3,83 puta kada je u pitanju košarka, a 2,38 puta kada je u pitanju fudbal. Brojne Evropske studije koje su uglavnom obuhvatale sportiste koji se bave rukometom potvrdile su da postoji veći rizik za nastanak povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kod žena u odnosu na muškarce (92,250). U opsežnom istraživanju koje su *Knowles* i sar. (251) sproveli među učenicima gde su ispitivali učestalost povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, u ukupnom uzorku muškarci su činili 72,8%, a žene 27,2%. *Moisala* i sar. (252) su u svojoj studiji imali 140 ispitanika, 90 je bilo muškog pola, a 50 ženskog pola. U istraživanju koje su sproveli *Inderhaug* i sar. (253) na uzorku od 80 pacijenata bilo je 46 muškaraca i 34 žene. Isti autor sa svojim saradnicima (254) par godina kasnije sprovode drugo istraživanje gde je od ukupno 377 pacijenata, 51% bio muškog pola. *Parkinson* i sar. (255) obradili su uzorak sastavljen od 60 muškaraca i 42 žene. U radu koji objavljuju *Ninković* i sar. (220) na uzorku od 39 ispitanika bilo je 76,9% muškaraca i 23,1% žena. Kod *Ristića* i sar. (256) od 451 ispitanika, mušku populaciju je činilo 71% ispitanika, a žensku 29%. U našem istraživanju koje je obuhvatilo 120 ispitanika, 96 ispitanika (80%) je bilo muškog pola, a 24 ispitanika (20%) ženskog pola. Veća zastupljenost muškaraca pripisuje se njihovom većem angažovanju u profesionalnom sportu i u sportovima sa kontaktom gde su sile koje deluju na zglob izuzetno velike, a ne treba zanemariti činjenicu da poslednjih godina žene uzimaju sve više učešća u sportskim aktivnostima.

Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena mogu da se jave u bilo kojoj životnoj dobi, ali u 90% slučajeva javljaju se u periodu od druge do četvrte decenije života (108), što predstavlja značajan epidemiološki problem u svetu jer se najčešće povređuje mlada, sportski i radno aktivna populacija (5). Opisan je čak slučaj potpunog prekida prednjeg ukrštenog

ligamenta kod četvorogodišnjeg deteta (257), kao i slučaj uspešne rekonstrukcije ovog ligamenta kod muškarca starog 84 godine (258). Minimalan uzrast u kojem se može uraditi rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta, po preporukama, iznosi 8 do 11 godina starosti, dok gornja granica uzrasta nije tačno definisana (259). Aktivne osobe, mlađe od 20 godina, kojima je urađena primarna rekonstrukcija imaju značajno veći rizik za ponovnu povredu prednjeg ukrštenog ligamenta istog kolena u odnosu na starije osobe (260). U studiji *Moisala i sar.* (252) prosečna starost pacijenata u trenutku operacije bila je 32 godine, a u istraživanju *Inderhaug i sar.* (253) 29 godina. *Parkinson i sar.* (255) u svojoj studiji navode da je prosečna starost pacijenata u grupi u kojoj se položaj tunela u golenjači određivao sa MRI iznosila 24 godine, a u grupi gde se položaj tunela određivao sa 3D CT prosečna starost iznosila je 25,5 godina. U radu *Ninkovića i sar.* (220) prosečna starost pacijenata je iznosila 27 godina, kod *Ristića i sar.* (256) 24 godine, dok je prosečna starost ispitanika u seriji *Harhaji i sar.* (261) iznosila 26,1 godinu, odnosno za muškarce 26,9 godina, a za žene 23,3 godine. Prosečna starost pacijenata uključenih u naše istraživanje iznosila je  $26,2 \pm 7,10$  godina, a kretala se u intervalu od 18 do 40 godina. Najstariji su bili pacijenti iz IV grupe sa  $28,60 \pm 7,59$  godina, a najmlađi su bili iz II grupe koji su imali u proseku  $25,00 \pm 5,68$  godina. Prosečna starost muškaraca bila je  $26,31 \pm 6,91$  godina, a žena  $25,75 \pm 7,65$  godina. Razlog što se u istraživanjima češće povređuje mlađa populacija može biti taj što se bavljenje sportom počinje sve ranije, a mlađe osobe ulažu veći napor, nekada i preko svojih mogućnosti pri fizičkim i sportskim aktivnostima u odnosu na starije.

Antropometrijski parametri mogu da budu značajni prediktori unutarzglobnih povreda, pa je tako veća telesna visina najpouzdaniji prediktor oštećenja na golenjači i čašici, veći BMI je najpouzdaniji za lateralnu i patelofemoralnu povredu, dok su i veći BMI i veća telesna težina najpouzdaniji prediktori oštećenja meniskusa i unutrašnjeg dela platoa golenjače. Postoji korelacija između antropometrijskih vrednosti i unutarzglobnih povreda kod sportista. Sportisti mogu da smanje rizik od nastajanja unutarzglobnih povreda održavanjem niže telesne težine i BMI i na taj način da poboljšaju dugoročne funkcionalne rezultate rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (262). *Davis i sar.* (263) su sprovedli studiju u kojoj su poredili visinu, težinu i pol pacijenata sa širinom interkondilarnog useka i bikondilarnom širinom butne kosti kod neoštećenih prednje ukrštenih ligamenata. Oni nisu pronašli postojanje statističke značajnosti između telesne mase i visine pacijenata i širine interkondilarnog useka ni kod muškaraca ni kod žena. U zaključku njihove studije stoji da su težina i visina pacijenata loši pokazatelji širine interkondilarnog useka i ne mogu se smatrati

značajnim indikatorima u proceni mogućeg nastanka povreda prednjeg ukrštenog ligamenta. *Andernord* i sar. (264) u kohortnoj studiji u kojoj je učestvovalo 16.930 pacijenata koji su praćeni dve godine nakon rekonstrukcije utvrdili su da ne postoji veza između rizika za nastanak ponovne nestabilnosti kolena sa jedne strane i visine, težine i BMI sa druge. U studiji *Ristića* i sar. (256) 59% ispitanika je bilo normalno uhranjeno. Prosečna visina pacijenata na njihovom uzorku bila je 181 cm, a prosečna težina 80,23 kg. Slične podatke objavili su *Ninković* i sar. (220) u svojoj seriji gde je prosečna visina pacijenata bila 180,08 cm, a prosečna težina 80,08 kg. U našem istraživanju indeks telesne mase (BMI) kretao se u rasponu od 17,32 kg/m<sup>2</sup> do 30,77 kg/m<sup>2</sup>, a prosečna vrednost na celom uzorku iznosila je 24,55 ± 2,73 kg/m<sup>2</sup>, što znači da je prosečna uhranjenost ispitanika bila normalna. Prosečna visina bila je 181,38 cm, a prosečna telesna težina 81,17 kg. Najviši među ispitivanim pacijentima imao je 204 cm i igra košarku, a najniža pacijentkinja povredila se na skijanju i visoka je 162 cm. Najmanju telesnu masu od 52 kg imala je pacijentkinja koja se bavila odbojkom, dok je najveću od 110 kg imao najviši pacijent.

Pojedini autori u svojim radovima opisuju da je povreda prednjeg ukrštenog ligamenta levog kolena češća nego povreda ovog ligamenta desnog kolena, ali ne navode razloge za tu svoju tvrdnju (133,265-267). *Brophy* i sar. (268) su u svom istraživanju zaključili da strana povrede može da bude etiološki faktor povreda prednjeg ukrštenog ligamenta prilikom igranja fudbala. Pokazali su da prilikom nastanka povrede bez kontakta, žene su češće zadobile povredu LCA nedominantne, dok su muškarci češće zadobili povredu LCA dominantne noge, iako su druge studije pokazale da nema značajne razlike u površini pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta u odnosu na stranu tela i pol (269). *Ristić* i sar. (256) u svom istraživanju objavljuju podatak da su kod 52% ispitanika imali povredu levog, a kod 48% desnog kolena. *Inderhaug* i sar. (253) takođe objavljuju podatak o većoj učestalosti povređivanja levog kolena (50) u odnosu na desno (30), kao i *Parkinson* i sar. (255) kod kojih je 53 ispitanika imalo povređeno levo, a 49 desno koleno. *Frank* i sar. (270) su u svom radu analizirali položaj pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači kod 56 levih i 44 desna kolena. Među ispitanicima ovog istraživanja, takođe je češće operisano levo koleno (51,67%), ali nije postojala statistički značajna razlika u strani povrede između ispitivanih grupa. U populaciji ispitanika ženskog pola učestalost povreda levog kolena je bila još veća (70,83%) sa statističkom značajnošću, dok je u populaciji muškaraca češće operisano desno koleno (53,12%).

Udruženost preloma koštanih struktura sa povredama ligamenata kolena znatno se češće viđa u dečijem uzrastu nego kod odraslih. Najčešće dolazi do avulzije pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači (271). Prilikom povrede ligamenata kolena postoji velika mogućnost udruženih povreda ostalih struktura kolena, a najčešće se radi o povredama meniskusa. Deset godina nakon operacije, 13% pacijenata sa izolovanom povredom prednjeg ukrštenog ligamenta i 48% pacijenata koji su imali pored ove povrede i udruženu povredu meniskusa razviju osteoartritis kolena (272). Učestalost udruženih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta i meniskusa u literaturi varira od 3,5 do 80% (273-275). U najvećem broju studija povreda unutrašnjeg meniskusa je najčešća udružena povreda (252,276,277), ali postoje i studije koje navode da je povreda spoljašnjeg meniskusa najčešća (9,278-280). Ova razlika u učestalosti meniskalne patologije obično je vezana za anatomske i funkcionalne razlike koje postoje između dva meniskusa, a posebno u kolenu sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta (281). Učestalost udružene lezije meniskusa u studiji *Papastergiou* i sar. (275) bila je 55,7% (25% unutrašnji, 17% spoljašnji meniskus i 14% oba meniskusa). U studiji *Michalitsis* i sar. (273) na uzorku od 109 pacijenata, 63% je imalo udruženu leziju meniskusa (29% unutrašnji, 19% spoljašnji i 15% oba meniskusa). Analizirajući uzorak od 3674 pacijenata *Røtterud* i sar. (282) su zabeležili da je 20% pacijenata imalo izolovanu povredu prednjeg ukrštenog ligamenta, 14% imalo je udruženu leziju unutrašnjeg ili spoljašnjeg meniskusa, dok je 8% imalo leziju oba meniskusa. *Moisala* i sar. (252) navode veću učestalost povrede unutrašnjeg meniskusa (30%), u odnosu na spoljašnji (18%). U svom radu *Harhaji* i sar. (261) iznose podatak da je od 185 ispitanih pacijenata sa povredom kolena, 110 imalo izolovanu povredu prednjeg ukrštenog ligamenta, dok je preostalih 75 imalo i udruženu povredu unutrašnjeg ili spoljašnjeg meniskusa. Na našem uzorku, nešto manje od 1/3 pacijenata imalo je udruženu povredu meniskusa. Unutrašnji meniskus je češće povređivan (18,33%) nego spoljašnji (5,83%), dok je leziju oba meniskusa imalo 6,67% ispitanika. Kod svih pacijenata sa lezijom meniskusa načinjena je parcijalna meniscektomija.

Akutno povređeno koleno zahteva preciznu i pravovremenu dijagnostiku oštećenja unutrašnjih struktura kako bi se što pre planiralo njegovo lečenje, jer u protivnom u velikom broju slučajeva koleno doživljava svoje nezadrživo propadanje koje se manifestuje kroz tzv. hronično nestabilno koleno. Nakon postavljanja pravilne dijagnoze prekida prednjeg ukrštenog ligamenta javlja se problem određivanja pravog vremena operativnog lečenja. *Paessler* i *Hoher* (283) smatraju da inicijalna terapija treba da bude hlađenje i imobilizacija povređenog kolena sve dok ne dođe do povlačenja otoka i prestanka bolne faze, a naglašavaju

da je bitno preoperativno ojačati muskulaturu povređene natkolenice, jer to u velikoj meri utiče na dobar postoperativni rezultat. U studiji *Shelbourne* i sar. (284) koju su sprovedeli kod 169 sportista prosečne starosti 22 godine, uočeno je da kod pacijenata koji su operisani u prvoj nedelji nakon povrede postoji statistički značajna pojava artrofibroze operisanog kolena u odnosu na pacijente koji su operisani 21. dana ili kasnije nakon povrede. Sa druge strane, dug vremenski period od prve povrede do rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta sa udruženim intraartikularnim povredama može biti glavni uzrok nepovoljnog ishoda primarne rekonstrukcije u smislu ponovne povrede prednjeg ukrštenog ligamenta i nestabilnosti kolena (285), a kako se produžava vreme između povrede i operativne procedure povećava se mogućnost nastanka sekundarnih oštećenja meniskusa i zglobne hrskavice kolena. Današnji stav je da se bez obzira na starost povrede odmah nakon sprovedene dijagnostike može pristupiti operativnom lečenju, pogotovo ukoliko se radi o profesionalnim sportistima (283,284). Prosečno vreme od povrede do operacije kod naših ispitanika je bilo  $9,51 \pm 12,31$  mesec ( od 1 do 64 meseca). Razlozi za duži period od momenta povrede do operacije u odnosu na rezultate koje prikazuju drugi autori (266,279,286,287) su neadekvatna ili zakasnela dijagnostika nakon prve povrede i neodlučnost pacijenata za predloženo operativno lečenje.

Razlozi povećanja broja povreda zgloba kolena poslednjih decenija su u sve većem učešću čoveka u sportskim aktivnostima kao i povećanju broja saobraćajnih akcidenata i povreda na radu. U literaturi se spominju dva osnovna mehanizma povređivanja zgloba kolena, kontaktni i nekontaktni (92,246). Najveći procenat povreda prednjeg ukrštenog ligamenta nastaje prilikom sportske aktivnosti bez kontakta (skijanje, odbojka), zatim prilikom sportske aktivnosti sa kontaktom (fudbal, ragbi, košarka, borilački sportovi), dok je procenat povreda nastalih prilikom svakodnevnih aktivnosti i saobraćajnih udesa značajno manji (99,249,288,289). *Ristić* i sar. (256) navode da je kod njihovih ispitanika prilikom sportskih aktivnosti nastalo 88% povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, 11% u toku aktivnosti dnevnog života, a 1% kao posledica saobraćajnog traumatizma. U radu koji su objavili *Stijak* i sar. (276) najveći broj ispitanika se povredio u toku sportskih aktivnosti (98,5%), a samo jedan ispitanik u saobraćajnoj nezgodi. Najveći broj ispitanika na našem uzorku povredilo je koleno u toku sportskih aktivnosti (90,83%), zatim u obavljanju aktivnosti dnevnog života, za vreme šetnje ili na radnom mestu (8,83%), dok se jedan pacijent povredio u saobraćajnoj nezgodi u kojoj je učestvovao. Najčešći način povređivanja prednjeg ukrštenog ligamenta je bio sportska aktivnost bez kontakta (65%), što se može videti

i u radovima drugih autora (290-294). Najčešći uzrok povrede kod 43,33% ispitanika bio je promena pravca kretanja, dok je kod 36,67% ispitanika uzrok kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta bio doskok prilikom igranja košarke, odbojke ili rukometa. Direktnim kontaktom sa protivničkim igračem, udarcem u potkolenicu ili natkolenicu, povređeno je 20% ispitanika. Najugroženiji sportovi su fudbal, ragbi i borilački sportovi. *Ristić i sar. (256)* navode da je kod 36% ispitanika uzrok prekida prednjeg ukrštenog ligamenta bio doskok, dok je kod 29% ispitanika uzrok bila promena pravca.

Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta najčešće se događaju u sportu, pri najvećim naprezanjem kolena, bez kontakta sa drugim takmičarima, usled nepravilnog doskoka i promene pravca kretanja (256). Analizirajući vrstu sporta i povredu prednjeg ukrštenog ligamenta na našem uzorku najveći broj ispitanika se povredio na fudbalu (39,17%), košarci (18,33%) i rukometu (15,83%). Zatim slede borilački sportovi (8,33%), skijanje (4,17%), ragbi (4,17%), odbojka (2,5%) i tenis (0,83%). Od ukupnog broja ispitanika njih osam se nije bavilo sportom (6,67%). Iz navedenog se vidi da je najveći procenat povreda prednjeg ukrštenog ligamenta nastao na fudbalu, a zatim slede košarka i rukomet, te su rezultati distribucije povređenih prema vrsti sporta potpuno očekivani, s obzirom da su ti sportovi u našoj zemlji prema broju sportista najzastupljeniji. Nije postojala statistički značajna razlika u odnosu na vrstu sporta između grupa. U Vojvodini 37-50% pacijenata se povredi igrajući fudbal bilo profesionalno ili rekreativno (220,256,295), što govori o popularnosti ovog sporta u Srbiji. Ovakva distribucija povreda u odnosu na vrstu sporta je u skladu sa podacima iz literature (296-300), ali naravno treba uzeti u obzir da različite zemlje imaju različite nacionalne sportove. U evropskim zemljama sport koji se najčešće pominje da je odgovoran za povredu ligamenata kolena je fudbal, u Americi i Australiji je ragbi, dok se jedna četvrtina povreda koje se dogode na skijalištima čitavog sveta za godinu dana povrede kolena (296,297). Švedski autori (301) smatraju da je rukomet sport sa velikim rizikom za povredu prednjeg ukrštenog ligamenta, na šta verovatno utiče i popularnost ovog sporta u skandinavskim zemljama. Autori iz Japana (302) misle da su košarka i gimnastika sportovi sa najvećim rizikom za povredu prednjeg ukrštenog ligamenta kod žena. U našoj zemlji povrede ligamenata kolena su najčešće kod fudbalera, rukometaša i košarkaša (303), odnosno kod najpopularnijih sportova u kojima učestvuje najveći broj ljudi. Na uzorku *Inderhaug i sar. (253)*, takođe najviše povreda kolena je nastalo na fudbalu (33), a zatim slede rukomet (17), skijanje (8), košarka (4), dok je jedan ispitanik zadobio povredu na radu. U studiji koju su

objavili *Souryal* i sar. (304) najzastupljeniji sport je bio ragbi (25,6%), a zatim slede košarka (20,7%) i fudbal (11%).

Najveći broj ispitanika našeg uzorka bili su rekreativci (44,17%), dok se najvišim nivoom sportske aktivnosti, internacionalnim bavio najmanji broj njih (13,33%). Povrede kolena dešavale su se češće na utakmici za vreme takmičarske aktivnosti (45%), nego za vreme rekreativnih aktivnosti (25,8%) i treninga (20%). Podaci u literaturi takođe navode da se povrede prednjeg ukrštenog ligamenta češće dešavaju na utakmicama koje imaju takmičarski karakter nego za vreme treninga ili prijateljskih mečeva (299,305,306). Objašnjenje leži u činjenici da su u toku takmičenja pokreti koje vrši osoba mnogo agresivniji i rizičniji i samim tim predstavljaju veći rizik za povredu.

Najveći broj ispitanika uključenih u ovo istraživanje imalo je pre povređivanja aktivnost sa velikim naporom (93,33%), njih sedam imalo je aktivnost sa srednjim naporom (6,25%), dok je samo jedan ispitanik imao aktivnost sa malim naporom (0,83%). U odnosu na druge nivoe aktivnosti, aktivnost sa velikim naporom pre povrede najviše je zastupljena u sve četiri grupe ispitanika. Aktivnost sa različitim stepenom napora koju su pacijenti u stanju da imaju posle načinjene primarne rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena i nakon završetka postoperativnog rehabilitacionog lečenja predstavlja jedan od pokazatelja uspešnosti operativnog lečenja. U našem istraživanju 75% operisanih ispitanika je po završenom lečenju vratilo svoju fizičku aktivnost na nivo pre povrede. Kod skoro jedne četvrtine ispitanika koji su pre povređivanja imali visok nivo fizičke aktivnosti, nakon operacije došlo je do pada nivoa aktivnosti na srednji ili mali, a kod jednog ispitanika srednjeg nivoa aktivnosti pre povrede, nivo fizičke aktivnosti je po završenom lečenju pao na mali. I nakon završenog lečenja aktivnost sa velikim naporom najviše je bila zastupljena u sve četiri grupe ispitanika u odnosu na druge nivoe aktivnosti. Ne postoji statistički značajna razlika u zastupljenosti aktivnosti sa velikim naporom između četiri ispitivane grupe nakon operacije. *Marder* i sar. (307) navode da se 64% od ukupnog broja pacijenata koji su učestvovali u njihovom istraživanju vratilo na nivo aktivnosti kao pre povrede. *Anderson* i sar. (308) registrovali su 83% takvih slučajeva, dok se u radu *Ristića* i sar. (295) 82% pacijenata vratilo aktivnostima na isti nivo kao pre povrede.

Jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je da se utvrdi da li postoji razlika u ishodu rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena ukoliko se tunnel u golenjači buši pod različitim uglovima, te su analizirane razlike između pokazatelja kojim se procenjuje klinički

ishod rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta u vidu IKDC standarda, Tegner i Lysholm skora i artrometrijskog merenja.

IKDC (International Knee Documentation Committee) (259,309) predstavlja standard za praćenje, objavljivanje i upoređivanje skoro svih rezultata lečenja povreda kolena. IKDC skor je komparabilan sa Lysholm i Tegner bodovnim skalama, te se preporučuje kombinovanje ovih pokazatelja u proceni ishoda operativnog lečenja prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (310). *Hefti* i sar. (311) smatraju da se prema IKDC standardu smatraju dobrim oni rezultati koji imaju između 78% i 92% odličnih i dobrih ocena (A i B), a od 8% do 22% nezadovoljavajućih ocena (C i D). U svom radu *Moisala* i sar. (252) iznose podatak da je na ukupnom uzorku 82% pacijenata imalo normalan ili skoro normalan nalaz (ocena A ili B). *Streich* i sar. (312) u svojoj studiji prijavljuju 88,6% normalnih i skoro normalnih nalaza na kolenu kod pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta "single-bundle" tehnikom. *Ristić* i sar. (311) su u svom radu objavili da ukupno 95% pacijenata njihovog uzorka spada u grupu odličnih i dobrih rezultata. Kod *Ninkovića* i sar. (220) 84,6% pacijenata postoperativno su dobili ocenu A, 12,8% pacijenata su dobili ocenu B, a samo jedan pacijent (2,6%) je imao ocenu C. Rezultati našeg uzorka se mogu smatrati dobrim, jer procenat normalnog i skoro normalnog nalaza (ocena A i B) u ukupnom uzorku iznosi 95%. Pri tome, bolje vrednosti IKDC standarda, odnosno klinički rezultat nakon završenog lečenja imaju pacijenti I i II grupe sa 96,67% normalnog i skoro normalnog nalaza, nego pacijenti III i IV grupe gde su ocene A i B zastupljene sa 93,33%. U II i III grupi najviše ispitanika ima normalan nalaz, ali u III grupi je i jedan nalaz abnormalnog kolena (ocena C) više u odnosu na I i II grupu, dok u IV grupi ima najmanje normalnih, a najviše skoro normalnih nalaza u odnosu na ostale grupe. Upoređivanjem ocena IKDC standarda između grupa nije utvrđeno postojanje statistički značajne razlike.

Tegner bodovna skala aktivnosti (313) je još jedan od internacionalno prihvaćenih skorova za praćenje rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta, a podrazumeva praćenje nivoa aktivnosti pre i nakon operativnog lečenja. U radu *Moisala* i sar. (252) pacijenti su imali pre operacije srednju vrednost Tegner skora 3, a nakon dve godine praćenja posle operacije vrednost je porasla na 6. *Inderhaug* i sar. (253) u svom istraživanju iznose podatak da se vrednost Tegner skora pre povređivanja kod ispitanika kretala od 3 do 10, sa prosekom 7, dok je nakon operacije srednja vrednost iznosila 5 (0-9). U studiji *Padua* i sar. (314) srednja preoperativna vrednost Tegner skora bila je  $7,75 \pm 1,61$ , a posle operacije  $7,07 \pm 1,54$ . Ukupni preoperativni rezultat Tegner bodovne skale aktivnosti u radu *Ristić* i sar.



(295) kretao se od 0 do 7, uz srednju vrednost 2,25, a postoperativni rezultat kretao se od 3 do 10, sa srednjom vrednošću od 7,62. Posmatrajući prosečne vrednosti našeg uzorka, Tegner skor je porastao sa preoperativnih  $2,84 \pm 0,93$ , na postoperativnih  $7,67 \pm 1,45$ , što jeste visoko statistički značajna razlika, koja je takođe prisutna u poređenju vrednosti ovog skora pre i posle operacije za svaku grupu ponaosob. Tegner skor pre operacije se nije razlikovao između ispitivanih grupa, dok je posle operacije postojala značajna razlika. Postoperativni rezultati Tegner skora preko 7,1 smatraju se dobrim (307,308,315), ali su zavisni od nivoa aktivnosti, što objašnjava najslabiji rezultat u IV grupi gde se najveći broj ispitanika bavio sportom na rekreativnom nivou. Treba napomenuti da su ispitanici IV grupe i pre operacije imali najmanju vrednost Tegner skora. Dobri rezultati našeg uzorka objašnjavaju se činjenicom da se približno jedna trećina naših operisanih aktivnih sportista takmiči u nacionalnom i republičkom rangu, te većina postiže postoperativne rezultate ove skale aktivnosti u vrednosti 9 ili 10. Takođe, aktivni sportisti preoperativno sprovode fizikalnu terapiju, mogu pravolinijski da trče i obavljaju svakodnevne aktivnosti, pa je Tegner skor relativno i preoperativno visok kod njih.

Deo kliničke procene rezultata istraživanja podrazumevao je i bodovanje po Lysholm skali po kojoj se rezultati smatraju dobrim ukoliko su vrednosti preko 90 poena (5). Na našem uzorku prosečna vrednost Lysholm skora preoperativno je iznosila  $57,56 \pm 9,33$ , a postoperativno  $90,29 \pm 8,91$  bodova, što predstavlja signifikantnu razliku koja se ogleda u kliničkom poboljšanju funkcije kolena i znatnom smanjenju simptoma kao što su nestabilnost kolena, bol, otok, blokiranje pokreta, problemi sa čučnjem, osloncem, penjanjem na stepenište i šantanje. Najbolje postoperativne rezultate imali smo u II grupi, dok je u III grupi bilo najviše odličnih i dobrih rezultata (66,67%) i najviše maksimalnih rezultata sa 100 poena, a u IV grupi je bilo najviše slabih rezultata (od 66 do 81 bod). Kod većine autora postoperativne vrednosti Lysholm skora se kreću u intervalu od 78 do 97 poena (213,220,316-318). *Khalfayan* i sar. (221) su u svojoj studiji ukupan broj ispitanika podelili u dve grupe. U prvoj grupi Lysholm skor pre operacije iznosio je 66, da bi nakon operacije porastao na 89, gde je 69% pacijenata imalo dobar ili odličan rezultat, a maksimalnih 100 bodova ostvarilo je 41% pacijenata. U drugoj grupi Lysholm skor je sa preoperativnih 66 bodova porastao na 81, a samo 50% pacijenata je imao dobar ili odličan rezultat. *Moisala* i sar. (252) objavljuju porast vrednosti Lysholm skora sa preoperativnih 70 na 92 boda, dve godine nakon operacije. U radu *Padua* i sar. (314) Lysholm skor posle operacije se kretao u intervalu od 75 do 100 bodova, sa prosekom od  $92,4 \pm 8$ . U analizi funkcionalnih rezultata

*Jagodzinski* i sar. (319) su u jednoj grupi pacijenata imali porast vrednosti Lysholm skora sa 71,6 bodova pre operacije, na 92,3 boda posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Vrednost Lysholm skora posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta u studiji koju su sprovedi *Hamer* i sar. (320) inosila je 82,1, a 59% pacijenata imalo je odličan ili dobar rezultat. Razlika u vrednostima Lysholm skora pre operacije između grupa nije bila statistički značajna, kao ni između grupa posle operacije. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da postoji statistički značajna razlika za vrednosti Lysholm skora pre i posle operacije u četiri pomenute grupe, a ogleda se u statistički značajnom porastu vrednosti ovog skora nakon operacije, što se slaže sa rezultatima u literaturi (5,321,322).

U proceni postoperativne stabilnosti kolena najčešće se koriste artrometrijska merenja prednjeg pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost izvođenjem Lachman testa. Odličnim se smatraju rezultati koji imaju klinički stabilno koleno sa artrometrijski izmerenim prednjim pomeranjem golenjače do 3 mm razlike između oba kolena, a dobrim se smatraju rezultati kod kojih je ta razlika od 3 do 5 mm (323). *Moisala* i sar. (252) su u svom istraživanju upoređivali vrednosti razlike Lachman testa kod pacijenata sa različitim položajima tunela u golenjači u sagitalnoj ravni. Kada se tunel nalazio između 32% i 37% od prednje ivice platoa golenjače, 72% pacijenata imalo je normalan nalaz Lachman testa, odnosno stabilno koleno, dok ukoliko se tunel nalazio na više od 37% od prednje ivice platoa golenjače, veći procenat pacijenata imao je nestabilno koleno. Na osnovu rezultata Lachman testa zaključili su da pozicioniranje kalema u golenjači maksimalno dozvoljeno napred i u butnoj kosti pozadi daju stabilno koleno. U studiji *Inderhaug* i sar. (253) grupa pacijenata koja je imala napred pozicioniran tunel u golenjači (< 50% od AP dijametra) imala je vrednost Lachman testa izmeren artrometrom 2,3 mm, a grupa koja je imala pozadi tunel u golenjači (>50% od AP dijametra) imala je vrednost 2,0 mm. *Khalfayan* i sar. (221) su u svom radu objavili da je 79% pacijenata ispitivane grupe nakon operacije imalo prednje pomeranje golenjače u odnosu na butnu kost manje od 3 mm poredeći sa suprotnim kolenom. *Lewis* i sar. (324) analizirali su rezultate rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta “*single-bundle*” tehnikom kod 1024 pacijenta objedinivši rezultate ukupno 11 studija. U rezultatima njihove studije stoji da je 86% pacijenata imalo vrednosti Lachman testa od 5 mm ili manje. Na našem uzorku 88,33% pacijenata je imalo izmerenu razliku prednjeg pomeranja golenjače do 3 mm između oba kolena. Nije postojala statistički značajna razlika Lachman testa u ukupnom uzorku, ali je postojala jedino između II i IV grupe.

Poređenjem postoperativnih kliničkih rezultata između grupa ispitanika kod kojih je tunel u golenjači bušen pod različitim sagitalnim i transverzalnim uglovima utvrđeno je da ispitanici IV grupe imaju najmanje normalnih nalaza IKDC skora, ali nije utvrđena statistički značajna razlika između grupa kada se posmatraju IKDC ocene. Najbolji rezultat Tegner skora aktivnosti posle operacije imali su ispitanici II grupe, a najslabiji ispitanici IV grupe. Postoji statistički značajna razlika između grupa kada se posmatraju vrednosti Tegner skora nakon završenog lečenja. Najveće postoperativne vrednosti Lysholm bodovne skale imali su ispitanici II grupe, a najmanje ispitanici IV grupe, ali nije utvrđena statistički značajna razlika između grupa. Posmatrajući vrednosti razlike Lachman testa nakon operacije utvrđena je statistički značajna razlika jedino između ispitanika II i IV grupe, što znači da su pacijenti IV grupe kod kojih je tunel u golenjači bušen pod uglom od 70° do 80° u frontalnoj i sagitalnoj ravni imali posle operacije "labavije koleno" u odnosu na ostale pacijente. Razlog lošijih rezultata funkcionalnih testova ispitanika IV grupe u odnosu na ostale ispitanike može se objasniti činjenicom da su ispitanici te grupe prosečno najstariji, imaju prosečno najveći BMI, najviše vremena je prošlo od povređivanja do operacije u odnosu na ispitanike ostalih grupa, pored povrede prednjeg ukrštenog ligamenta imaju i najviše udruženih lezija meniskusa, dve trećine grupe se bavi sportom na rekreativnom nivou, a aktivnost sa velikim naporom je najmanje zastupljena kako pre povrede, tako i posle povrede i završenog lečenja.

Bitan deo tretmana nakon povrede ligamenata kolena predstavlja rehabilitacija koja mora biti individualizovana za svakog pacijenta i mora biti usmerena vraćanju pacijenta na željeni nivo sportske aktivnosti i na smanjivanje mogućnosti ponovne povrede. Cilj rehabilitacije jeste vraćanje punog obima pokreta u zglobu kolena i pune snage mišića operisane noge. Kod hirurški lečene povrede moraju se uzeti u obzir specifičnosti zarastanja kalema korišćenog u operativnom zahvatu (120). Na našem uzorku je kod sve četiri grupe pacijenata sproveden modifikovani *Shelbourne*-ov protokol (325) rehabilitacije koji podrazumeva kineziterapiju, fizikalnu terapiju i kontinuirano pasivno pokretanje operisane noge uz pomoć kineteka.

Pozicioniranje tunela u golenjači i butnoj kosti je najznačajniji parameter koji hirurg može da kontroliše kako bi obezbedio uspešnu rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta. Kako od položaja tunela u butnoj kosti i golenjači zavisi položaj kalema, u poslednje vreme prevladava stav da je neophodno da se prilikom rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tuneli buše u poziciji unutar anatomskih pripoja kako bi se dobila "anatomskija" pozicija kalema (11). Idealna pozicija intraartikularnog otvora tunela golenjače je na zadnje

unutrašnjem delu pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta, pri čemu je spoljašnji otvor tunela ispod pripoja unutrašnjeg bočnog ligamenta na sredini između golenjačne kvrge i zadnje-unutrašnje ivice golenjače (216). Oblik, veličina i položaj intraartikularnog otvora tunela na golenjači zavisi od prečnika burgije i sagitalnog i transverzalnog ugla bušenja. Samim tim površina otvora se može menjati, te se na taj način može bolje rekonstruisati anatomski oblik stvarnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači (240,243).

I pored brojnih istraživanja koja su objavljena o kompleksnoj kinematici prednjeg ukrštenog ligamenta i njegovog kalema i razvoja operativnih tehnika za njegovu rekonstrukciju, još uvek se smatra da tehnički nije moguće u potpunosti tačno odrediti anatomski "otisak", odnosno površinu za pripoj kalema na butnoj kosti i golenjači i tako imitirati njegovu tačnu inserciju. Danas, upotrebom kompjuterske tehnologije znatno je olakšano određivanje položaja kalema u butnoj kosti i golenjači sa radiografskih snimaka kao i utvrđivanje njihove korelacije sa kliničkim nalazima. Rezultati ovakvih istraživanja imaju za cilj usavršavanje operativne tehnike artroskopske ligamentoplastike i predstavljaju putokaz za razvoj i prezentaciju novih metoda za utvrđivanje pozicije kalema u butnoj kosti i golenjači na RTG snimcima u frontalnoj i sagitalnoj ravni.

Iako idealna pozicija za tunel u golenjači nije detaljno proučavana, u određenim biomehaničkim, kliničkim i kadaveričnim studijama ispitivan je položaj tunela u golenjači u odnosu na prednje-zadnji (sagitalni tibijalni indeks) i unutrašnje-spoljašnji (frontalni tibijalni indeks) dijametar platoa golenjače. *Kopf* (326) je sa svojim saradnicima koristio 3D CT tehniku kako bi utvrdio poziciju tunela u butnoj kosti i golenjači nakon transtibijalne rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta radi poređenja ovih pozicija sa referentnim podacima o anatomskim položajima tunela. Tunel u golenjači se u nalazio na  $48,0\% \pm 5,5\%$  od prednje ivice platoa golenjače i na  $47,8\% \pm 2,4\%$  od unutrašnje ivice platoa golenjače i njegova pozicija je bila medijalna u odnosu na anatomsku zadnjepoljašnju poziciju. *Forsythe* i sar. (327) su u svojoj studiji nakon anatomske „double-bundle“ rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i analizom 3D CT snimaka dobili da su se pozicije prednjeunutrašnjeg i zadnjepoljašnjeg tunela nalazile na  $25\% \pm 2,8\%$  i  $46,4\% \pm 3,7\%$  u odnosu na prednje-zadnji (AP) dijametar platoa golenjače, respektivno, i na  $50,5\% \pm 4,2\%$  i  $52,4\% \pm 2,5\%$  u odnosu na unutrašnje-spoljašnji (ML) dijametar platoa golenjače. *Ahn* i sar. (328) su kod 69 ispitanika određivali položaj tunela na golenjači korišćenjem transtibijane tehnike i nezavisne tehnike za bušenje tunela u golenjači. Rezultati su pokazali da se korišćenjem nezavisne tehnike za bušenje tunela, tunel u golenjači u sagitalnoj ravni nalazio na  $36,32\% \pm 8,10\%$  od prednje

ivice platoa golenjače, a u frontalnoj ravni na  $47,75\% \pm 4,04\%$  od unutrašnje ivice platoa golenjače, i da je tim načinom bušenja tunela u golenjači dobijena pozicija tunela u butnoj kosti koja je bliža anatomskoj. U cilju određivanja normalnog anatomskog položaja pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači, *Parkinson* i sar. (255) analizirali su 76 MRI i 26 3D CT snimaka nepovređenog kolena. Pripoj prednjeg ukrštenog ligamenta u frontalnoj ravni nalazio se na  $48\% \pm 2\%$  od unutrašnje ivice platoa golenjače kod obe grupe, dok se u sagitalnoj ravni nalazio na  $39\% \pm 3\%$  (MRI snimci) i na  $38\% \pm 2\%$  (CT snimci) od prednje ivice platoa golenjače. *Arcuri* i sar. (329) su na uzorku od 59 ispitanika vršili radiografske analize položaja tunela na golenjači prilikom dva načina bušenja tunela – transportalno i transtibijalno. Došli su do zaključka da se korišćenjem transportalne tehnike verodostojnije može imitirati anatomske položaj pripoja na golenjači. Pozicija tunela u frontalnoj ravni nalazila se  $44,35\%$  od unutrašnje ivice platoa golenjače, a u sagitalnoj ravni  $28,7\%$  od prednje ivice platoa golenjače. Multicentrična LCA revizionarna studija (Multicenter ACL Revision Study - MARS) (330) sprovedena je od strane 82 hirurga u 52 centra koji su analizirali radiografske snimke kolena kod 630 ispitanika nakon revizionih rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta. U frontalnoj ravni udaljenost tunela na golenjači od unutrašnje ivice platoa iznosila je u proseku  $45,4\% \pm 3,8\%$  od ML dijametra. U sagitalnoj ravni udaljenost tunela od prednje ivice platoa iznosila je  $38,2\% \pm 21,6\%$  (19% tunela smešteno je između 21 do 30% AP dijametra, 44% između 31 i 40%, 29% u intervalu od 41 do 50%). U radu *Werner* i sar. (331) položaj tunela u golenjači u sagitalnoj ravni pri rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta određivan je u odnosu na prednji rog spoljašnjeg meniskusa. Intraoperativno su načinjeni fluoroskopski snimci i digitalno analizirani. Prosečna vrednost sagitalnog tibijalnog indeksa iznosila je  $37\% \pm 5,2\%$ , a u intervalu između 26.4% i 49.2%. Najveći broj tunela u golenjači (66%) se nalazio između 30% i 39.9% prednje-zadnjeg (AP) dijametra. *Frank* i sar. (270) koristeći MRI snimke 100 ispitanika došli su do zaključka da se golenjačni pripoj prednjeg ukrštenog ligamenta u sagitalnoj ravni nalazio prosečno na  $36 \pm 6\%$  od prednje ivice platoa golenjače, a u intervalu između 28% i 63% udaljenosti od ukupnog prednje-zadnjeg (AP) dijametra platoa golenjače. Pozicija najbliža prednjoj ivici platoa golenjače nalazila se na  $28 \pm 5\%$  (23-33%), centralna pozicija pripoja na golenjači se nalazila na  $46 \pm 4\%$  (42-50%), a najudaljenija pozicija od prednje ivice platoa golenjače, odnosno najviše postavljena pozadi, nalazila se na  $63 \pm 6\%$  (58-69%) od AP dijametra. U svom istraživanju *Stäubli* i sar. (332) utvrdili su da se položaj golenjačnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta nalazio na 28,3% (anteriorno), 44,1% (centralno) i na 59,9% (posteriorno) od prednje ivice (AP dijametra) platoa golenjače. Na osnovu rezultata oni

preporučuju da tunel u golenjači bude lokalizovan na 44% AP dijametra. *Pinczewski* i sar. (333) dobijaju vrednost frontalnog tibijalnog indeksa od 46%, a sagitalnog tibijalnog indeksa od 48%. U studiji *Ninkovića* i sar. (220) prosečna vrednost frontalnog tibijalnog indeksa bila je 55,42%, a sagitalnog tibijalnog indeksa 82,81%. Frontalni tibijalni indeks u našem istraživanju ima prosečnu vrednost od  $55,6802 \pm 3,7950\%$ , a kretao se u intervalu od 46,094% do 64,688%. Najveće prosečne vrednosti su kod pacijenata koji pripadaju I grupi, dok su najmanje prosečne vrednosti kod pacijenata IV grupe i ta razlika u vrednostima frontalnog tibijalnog indeksa je statistički značajna. To znači da je tunel u golenjači kod ispitanika I grupe bio najudaljeniji od unutrašnje ivice platoa golenjače, odnosno da je postavljen lateralnije u odnosu na tunele u golenjači ostalih ispitanika, dok su ispitanici IV grupe imali položaj tunela u golenjači najbliže unutrašnjoj ivici platoa golenjače, odnosno da je postavljen medijalnije u odnosu na ostale ispitanike. Vrednosti sagitalnog tibijalnog indeksa su se kretale u intervalu od 15,656% do 48,392% i u ukupnom uzorku u proseku je iznosio  $29,8485 \pm 5,6727\%$ . Najveće prosečne vrednosti su bile kod pacijenata koji su pripadali grupi I  $31,5479 \pm 5,341\%$ , dok su najmanje prosečne vrednosti bile kod pacijenata II grupe  $28,5419 \pm 3,9073\%$  i ta razlika u vrednostima bila je statistički značajna. Sagitalni tibijalni indeks pokazuje koliko je tunel u golenjači udeljen od prednje ivice platoa golenjače u sagitalnoj ravni. Na našem uzorku pozicija tunela u golenjači bila je napred u odnosu na prednje-zadnji (AP) dijametar platoa golenjače, s tim da je kod pacijenata II grupe on bio više postavljen napred, a pacijenti IV grupe imali su više pozadi postavljen tunel u golenjači.

Pored mesta pripoja kalema na golenjači, značajan faktor predstavlja i ugao kalema na golenjači u frontalnoj i sagitalnoj ravni. Ugao kalema zavisi, odnosno odgovara uglu tunela na golenjači. *Guler* i sar. (334) u svojoj studiji dobili su vrednost frontalnog tibijalnog ugla od  $70,04^\circ$ , u istraživanju *Inderhaug* i sar. (253) njegova vrednost se kretala u rasponu od  $63^\circ$  do  $81^\circ$ , sa prosečnom vrednošću od  $71,1^\circ$ , dok *Padua* i sar. (314) u svom radu iznose podatak da su vrednosti ugla tunela na golenjači u frontalnoj ravni  $29,7 \pm 11,6^\circ$ . *Arcuri* i sar. (329) su svoj uzorak od 59 ispitanika podelili u dve grupe. Vrednost frontalnog tibijalnog ugla u transtibijalnoj grupi inosila je  $62,81^\circ$ , a u transportalnoj grupi  $73,48^\circ$ . *Simmons* i sar. (214) izbegavajući previše strm ugao, preporučuju bušenje tunela pod uglom od  $65^\circ$ , jer u tom slučaju ugao varira u vrednostima od  $59^\circ$  do  $71^\circ$ , što odgovara preporukama. U MARS (330) studiji veličina ugla tunela u frontalnoj ravni iznosila je  $69,3 \pm 9^\circ$ . U istraživanju koje su sprovedli *Vermesan* i sar. (335) pacijenti koji su operisani anteromedijalnom tehnikom imali su prosečnu vrednost frontalnog tibijalnog ugla od  $72,38^\circ$  (u intervalu od  $69^\circ$  do  $76^\circ$ ), a u

grupi pacijenata koji su operisani transtibijalno prosečna vrednost ovog ugla bila je  $75,47^\circ$  (u intervalu od  $72^\circ$  do  $78^\circ$ ). *Chhabra* i sar. (216) su u svojoj studiji na kadaverima analizirali položaj tunela na golenjači u frontalnoj ravni na radiografskim snimcima i dobili srednju vrednost ovog ugla od  $69,75^\circ$ , a u rasponu od  $63^\circ$  do  $73^\circ$ . *Stijak* (336) je sa svojim saradnicima merio ugao prednje ukrštene veze u frontalnoj i sagitalnoj ravni na kolenima 50 kadavera. Ugao prednje ukrštene veze u frontalnoj ravni iznosio je  $74,8 \pm 4,8^\circ$ . U radu koji su objavili *Steckel* i sar. (337) vrednosti uglova prednjeunutrašnjeg i zadnjepoljašnjeg dela prednjeg ukrštenog ligamenta u frontalnoj ravni iznosili su  $73,8^\circ$  i  $71,1^\circ$ , respektivno. *Ninković* i sar. (220) analizom svojih pacijenata dobijaju prosečnu vrednost frontalnog tibijalnog ugla od  $68,15^\circ$ . Prosečna vrednost frontalnog tibijalnog ugla u našem istraživanju u ukupnom uzorku iznosila je  $71,086 \pm 4,7012^\circ$ , što je u skladu sa prethodno navedenim preporukama i ne razlikuje se značajno od vrednosti dobijenih u drugim studijama. S obzirom da je jedan od kriterijuma za formiranje grupa bila vrednost ugla pod kojim se buši tunel u golenjači u frontalnoj ravni, vrednosti frontalnog tibijalnog ugla u I i III grupi su manje nego vrednosti u II i IV grupi. Najveću srednju vrednost frontalnog tibijalnog ugla imali su ispitanici u II grupi ( $75,2213 \pm 2,8971^\circ$ ), a najmanju u I grupi ( $66,9203 \pm 2,1980^\circ$ ).

Pored frontalnog tibijalnog ugla, za procenu ishoda operativnog lečenja prednjeg ukrštenog ligamenta značajan je i ugao između tangente platoa golenjače i linije koja prolazi kroz centar tunela u golenjači. *Sommer* i sar. (13) i *Aglietti* i sar. (317) smatraju da za dobar postoperativni rezultat artroskopske ligamentoplastike sagitalni tibijalni ugao treba da iznosi između  $60^\circ$  i  $70^\circ$ . *Guler* i sar. (334) su u svom istraživanju 48 ispitanika podelili u dve grupe u odnosu na operativnu tehniku. Pacijentima koji su operisani anteromedijalnom tehnikom izmeren je sagitalni tibijalni ugao od  $57,78^\circ$ , a pacijenti operisani transtibijalnom tehnikom imali su vrednost ovog ugla od  $58,87^\circ$ . U sličnoj studiji *Vermesan* i sar. (335) su na MRI snimcima 29 ispitanika dobili vrednost sagitalnog tibijalnog ugla od  $54,5^\circ$  ( $51^\circ$ - $58,5^\circ$ ) u grupi pacijenata operisanih anteromedijalnom tehnikom, dok su njegove vrednosti u transtibijalnoj grupi iznosile  $63,68^\circ$  ( $59^\circ$ - $69,5^\circ$ ). *Morgan* i sar. (338) su u studiji na kadaverima koristeći definisane orjentire za bušenje tunela na golenjači dobili srednju vrednost sagitalnog ugla od  $68^\circ$ , a kretao se u rasponu od  $64^\circ$  do  $72^\circ$ . *Ninković* i sar. (220) su na svom uzorku izmerili vrednost sagitalnog tibijalnog ugla od  $66,7^\circ$ . U MARS (330) studiji dobili su vrednosti sagitalnog ugla tunela na golenjači od  $83,3 \pm 3,7^\circ$ . *Stijak* i sar. (336) navode da je u njihovom radu ugao prednjeg ukrštenog ligamenta u sagitalnoj ravni iznosio  $50,2 \pm 6,1^\circ$ . Nešto manji ugao prednjeg ukrštenog ligamenta u sagitalnoj ravni dobili su *Steckel* i sar. (337), odnosno

47,9° za prednjeunutrašnji deo i 42,9° za zadnjepoljašnji deo. U svom radu o tenziji grafta i pravcu postavljanja tunela u golenjači i butnoj kosti *Howell* i sar. (339) navode da se položaj tunela koje su merili u golenjači u sagitalnoj ravni ne razlikuje od položaja nativnog prednjeg ukrštenog ligamenta i da iznosi oko  $75 \pm 3^\circ$ . U našem istraživanju prosečna vrednost sagitalnog tibijalnog ugla u ukupnom uzorku iznosila je  $69,0418 \pm 4,9940^\circ$ . Sagitalni tibijalni ugao, kao i frontalni, bio je jedan od kriterijuma za formiranje grupa, pa su tako srednje vrednosti ovog ugla bile manje u I i II grupi u odnosu na III i IV. Najveću srednju vrednost sagitalnog tibijalnog ugla imali su ispitanici IV grupe ( $73,9467 \pm 3,0269^\circ$ ), a najmanju ispitanici I grupe ( $64,2840 \pm 2,4628^\circ$ ).

Jedan od ciljeva ove doktorske disertacije bio je da se utvrdi da li položaj tunela u golenjači utiče na klinički ishod i na stabilnost kolena kod pacijenata nakon artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. U radu koji su objavili 2016. godine, *Padua* i sar. (314) pretpostavili su da položaj tunela utiče na klinički ishod i da je moguće odrediti najbolju poziciju tunela za dobijanje optimalnih rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Srednja vrednost Lysholm skora na njihovom uzorku iznosila je  $92,4 \pm 8$ , a Tegner skora  $7,07 \pm 1,54$ . Radiografskim merenjima na prednje-zadnjim RTG snimcima srednja vrednost frontalnog tibijalnog ugla iznosila je  $29,7 \pm 11,6^\circ$ , a na bočnim RTG snimcima vrednost sagitalnog tibijalnog indeksa bila je  $44 \pm 6\%$ . Utvrdili su statistički značajnu povezanost pozicije tunela u golenjači u sagitalnoj ravni sa IKDC skorom i Lysholm skorom, odnosno zaključili su da što je tunel više postavljen napred to je klinički nalaz bolji. Postojala je, takođe i korelacija između sagitalnog tibijalnog indeksa i stabilnosti kolena koja je merena artrometrom, dok povezanost između frontalnog tibijalnog ugla i labavosti kolena merena artrometrom nije nađena. *Khalfayan* i sar. (221) su u svojoj studiji koja je obuhvatala 128 pacijenata proučavali vezu između položaja tunela na radiografskim snimcima i kliničkih rezultata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Za procenu kliničkih rezultata korišćeni su Lysholm skor, Tegner skor, Lachman test, Pivot shift test i artrometrijska merenja. Klinički rezultati pozitivno su korelirali sa postavljanjem tunela u butnoj kosti pozadi na bočnim radiografskim snimcima, a negativno sa postavljanjem tunela suviše napred u golenjači. Tačnije, kada su tuneli u butnoj kosti postavljeni najmanje 60% pozadi duž Blumenstat-ove linije, a tuneli u golenjači najmanje 20% pozadi duž platoa golenjače, 69% pacijenata imalo je dobar ili odličan rezultat Lysholm skora, a 79% pacijenata je merenjem sa artrometrom imalo razliku prednjeg pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost od 3 mm ili manje. Kada gore navedeni kriterijumi nisu bili ispunjeni, 50% pacijenata je



imalo dobar ili odličan rezultat Lysholm skora, a 22% je artrometrijskim merenjima imalo razliku prednjeg pomeranja golenjače od 3 mm ili manje. Analizirajući svoj uzorak od 140 pacijenata *Moisala* i sar. (252) ispitivali su uticaj položaja kalema, koji su mereni na bočnim radiografskim snimcima, na klinički ishod nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Kliničko ispitivanje obuhvatilo je ocene Lysholm skora, Tegner skora, IKDC skora, artrometrijsko merenje i procenu jačine mišića. Najbolje rezultate su dobili kada je pozicija kalema u golenjači bila između 32% i 37% od prednje ivice platoa golenjače. Tada je prema IKDC standardu 92% pacijenata imalo normalan ili skoro normalan nalaz kolena. Zaključili su da što je kalem bio postavljen dovoljno pozadi u butnoj kosti, a dovoljno napred u golenjači rezultat Lysholm skora bio je bolji, a Lachman test kod najvećeg broja ispitanika bio je normalan, odnosno da položaj kalema u golenjači utiče na stabilnost kolena. *Zijl* i sar. (340) u svom istraživanju dobili su loš ishod ukoliko je tunel u golenjači postavljen napred ili nazad u odnosu na Blumenstat-ovu liniju, a dobar ishod ukoliko je kalem centralno pozicioniran, dok su *Romano* i sar. (341) registrovali ograničeno pokretanje kolena kod pacijenata kod kojih je tunel u golenjači postavljen napred. *Bedi* i sar. (241) su u svojoj studiji procenjivali uticaj položaja tunela u golenjači na vraćanje normalne kinematike zgloba kolena i njegovu stabilnost nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Rezultati Lachman i Pivot shift testa bili su bolji kada je tunel u golenjači postavljen napred u odnosu na poziciju kalema pozadi u golenjači. Međutim, u zaključku se navodi da postavljanje tunela u golenjači suviše napred prati i odgovarajući veći rizik od impindžmenta za vreme opružanja kolena. U radu *Tanksley* i sar. (342) vrednost sagitalnog tibijalnog indeksa iznosila je 27,6%, ali nisu dobili statistiki značajnu korelaciju između napred postavljenog tunela u golenjači i impindžmenta. *Tsuda* i sar. (343) su na uzorku od 53 ispitanika ispitivali povezanost između položaja tunela i rezultata testova labavosti kolena nakon “double-bundle” rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Postoperativna nestabilnost kolena ispitivana je artrometrijskim merenjima, testom prednje fioke i Pivot shift testom. Prednjeunutrašnji deo kalema imao je poziciju  $46,1 \pm 2,6\%$  od unutrašnje ivice platoa golenjače i  $36,5 \pm 4,9\%$  od prednje ivice platoa golenjače, a zadnjepoljašnji deo se nalazio na  $47,5 \pm 3,1\%$  i na  $51,6 \pm 5,0\%$  od unutrašnje, odnosno prednje ivice platoa golenjače, respektivno. Nije utvrđena statistički značajna korelacija radiografskih parametara položaja tunela u butnoj kosti i golenjači sa rezultatima testova labavosti kolena. *Muneta* i sar. (344) su primetili da kod pacijenata sa tunelom u golenjači koji je suviše lateralan postoje slučajevi zaostale prednje nestabilnosti, veća učestalost sinovitisa i oštećenja kalema, dok su druga istraživanja pokazala da suviše medijalna pozicija pripoja na golenjači otežava savijanje kolena (341).

*Simmons* i sar. (214) su radili studiju na kadaverima u kojoj su pratili tenziju kalema u odnosu na veličinu femoralnog i tibijalnog ugla u sagitalnoj ravni tako što su kalemove postavljali pod uglom od 60°, 70° i 80° i onda vršili merenja tenzije kalema prilikom pokretanja kolena od 0° do pune fleksije od preko 120°. Došli su do zaključka da su najbolji rezultati prilikom bušenja tunela u butnoj kosti i golenjači pod uglom od 60°. Naime, ukoliko je ugao ova dva tunela 70° ili 80° vrlo često se javlja impindžment i trenje kalema sa zadnjim ukrštenim ligamentom, a kao posledica toga javlja se sinovitis. Istezanje kalema prilikom punog obima pokreta kada su koštani tuneli na golenjači i butnoj kosti u sagitalnoj ravni pod uglom od 60°, najpribližnija je promeni istežanja kod neoštećenog prednjeg ukrštenog ligamenta i iznosi  $76 \pm 8$  N, a ako su ti uglovi 80° tenzija se kreće u intervalu od  $169 \pm 9$  N. Ovom studijom takođe je utvrđeno da je najveći broj vlakana u izometriji ukoliko je sagitalni tibijalni ugao 60°, a centar tunela 46% (42 – 50%) u odnosu na prednju zglobovu liniju. U istraživanjima *Howell* i sar. (217) o odnosu između ugla tunela u golenjači u frontalnoj ravni i stabilnosti kolena nakon artroskopske ligamentoplastike, 119 pacijenata je podeljeno u pet grupa u zavisnosti od veličine ugla tunela u golenjači u frontalnoj ravni (65-69°; 70-74°; 75-79°; 80-84°; 85-89°). Smanjenje fleksije u kolenu značajno se povećalo od 0,5° do 6,5°, a prednja nestabilnost golenjače značajno je porasla od 0,5 do 2,2 mm, kada se ugao tunela u golenjači povećavao. Utvrdili su da je postavljanje tunela u golenjači u frontalnoj ravni pod uglom od 75° i više povezano sa većim gubitkom fleksije, većom prednjom translacijom golenjače, većom zategnutošću kalema, pri čemu dolazi do njegove degeneracije i propadanja. Idealan ugao, sudeći po njima, je ugao manji od 75°, odnosno da bude u rasponu od 65° do 70°. Ugao tunela u golenjači u frontalnoj ravni preko 75° smatra se previše strmim, odnosno suviše vertikalnim u odnosu na ravan zgloba i samim tim nepoželjnim. U studiji *Inderhaug* i sar. (253) ispitivana je moguća veza između kliničkog nalaza, subjektivnih skorova i položaja tunela u golenjači. U frontalnoj ravni tunele preko 75° smatrali su strmim, a ispod 75° normalnim. U sagitalnoj ravni tunele u golenjači sa pozicijom manje od 50% prednje-zadnjeg (AP) dijametra platoa golenjače smatrali su prednjim, a više od 50% AP dijametra smatrali su zadnjim. Poređenjem prednjih sa zadnjim i normalnih sa strmim tunelima nisu našli statistički značajnu razliku u vrednostima Lysholm skora, Tegner skora, IKDC standarda i u stabilnosti kolena. Pacijenti sa postavljenjem tunela u golenjači više nazad imali su veću učestalost rotatorne nestabilnosti i lošiji rezultat Lysholm skora. U drugom radu koji su objavili 2017. godine *Inderhaug* i sar. (254) su pokazali da ukoliko se tunel u golenjači buši pod uglom od 70°, to rezultira velikom učestalošću (47%) pozadi

postavljenih tunela u golenjači, što je povezano sa većim brojem revizionih operacija u poređenju sa pacijentima kod kojih je tunel u golenjači postavljen napred.

Poredeći funkcionalne i radiografske rezultate rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, naše istraživanje nije pokazalo postojanje statističke značajnosti između radiografskih parametara, na osnovu kojih se određuje pozicija kalema u koštanom tunelu golenjače i ocena IKDC standarda nakon operacije u sve četiri grupe ispitanika. Nije utvrđena korelacija između frontalnog tibijalnog indeksa i Tegner skora kod ispitanika I i III grupe. Znatna negativna povezanost je postojala između frontalnog tibijalnog indeksa i Tegner skora ispitanika II grupe, što znači da što je tunel u golenjači bio medijalnije postavljen, ispitanici su imali bolje vrednosti Tegner skora, a njegova lateralnija pozicija kao rezultat imala je niže vrednosti Tegner skora. Kod ispitanika IV grupe postojala je mala pozitivna povezanost frontalnog tibijalnog indeksa i Tegner skora. Korelacija između frontalnog tibijalnog indeksa i Lysholm skora nije bila statistički značajna kod ispitanika I grupe. Znatna negativna korelacija je postojala između frontalnog tibijalnog indeksa i Lysholm skora II grupe ispitanika, što znači da što je tunel u golenjači bio medijalnije postavljen, ispitanici su imali bolji rezultat Lysholm skora, a što je pozicija tunela bila dalja od unutrašnje ivice platoa golenjače vrednosti Lysholm skora su bile manje. Kod ispitanika III i IV grupe postojala je blaga pozitivna povezanost između postavljanja tunela u frontalnoj ravni bliže unutrašnjoj ivici platoa golenjače sa vrednostima Lysholm skora koje su tada bile manje i postavljanja tunela bliže spoljašnjoj ivici sa vrednostima Lysholm skora koje su tada bile više. Ukoliko je tunel u golenjači u frontalnoj ravni bio postavljen više unutra, ispitanici I i II grupe su imali stabilnije, a IV grupe labavije koleno. U III grupi nije postojala korelacija između razlike Lachman testa i položaja tunela u golenjači u frontalnoj ravni, ali je zato povezanost bila značajna i pozitivna sa položajem tunela u golenjači u sagitalnoj ravni, odnosno što je tunel bio više pozadi postavljen, to su ispitanici imali nestabilnije koleno. Takođe, ispitanici koji su imali poziciju tunela dalje od prednje ivice platoa golenjače imali su i niže vrednosti Lysholm skora. Sa druge strane, što je tunel u golenjači bio više napred postavljen, odnosno bliže prednjoj ivici platoa golenjače, to su ispitanici III grupe postizali bolje rezultate Lysholm skora i imali su manje prednje pomeranje golenjače, odnosno stabilnije koleno. Utvrđena je značajna negativna korelacija između ugla bušenja tunela u golenjači u frontalnoj ravni i Lysholm skora u ukupnom uzorku, i u IV grupi. Što je ugao bušenja manji, to su vrednosti Lysholm skora veće i obrnuto. Ispitanici II grupe imali su labavije koleno ukoliko je frontalni tibijalni ugao bio manji, a stabilnije ako je ovaj ugao bio veći. Posmatrajući ukupan uzorak,

postojala je značajna pozitivna korelacija između sagitalnog tibijalnog ugla i razlike Lachman testa, što znači da su ispitanici sa manjim uglom tunela u golenjači u sagitalnoj ravni imali značajno manje prednje pomeranje golenjače i stabilnije koleno, dok sa druge strane povećanje sagitalnog tibijalnog ugla daje lošije rezultate Lachman testa merene artrometrom, odnosno nestabilnije koleno.

Pored međukondilarne jame, nagib zglobove površine golenjače (*Posterior Tibial Slope-PTS*) jedna je od najčešće navođenih anatomskih struktura koja doprinosi povređivanju prednjeg ukrštenog ligamenta (345). Mali nagib golenjače nema uticaja na prednju translaciju golenjače i može da predstavlja zaštitni faktor kod osoba sa povređenim prednje ukrštenim ligamentom (346), dok veliki zadnji nagib golenjače, prilikom opterećenja zgloba kolena može da dovede do veće prednje translacije golenjače i do zatezanja, a zatim i do pucanja prednjeg ukrštenog ligamenta (347). Povećanjem PTS, povećava se sila koja deluje na ligament (348,349), a na svakih  $10^\circ$  povećanja PTS, prednje pomeranje golenjače povećava se za 6 mm (350). Merenja PTS mogu biti vršena pomoću više dijagnostičkih metoda. Neki autori su koristili bočnu radiografiju (349-352), drugi kompjuterizovanu tomografiju (353), dok je većina koristila snimke magnetne rezonance (345,354-357). Prema studiji koju je izveo *Lee* (358), vrednosti PTS dobijene analizom profilnih radiografskih snimaka veće su u odnosu na vrednosti dobijene analizom sagitalnih snimaka MRI. *Hudek* (359) opisuje greške koje iznose od  $\pm 1.2^\circ$  do  $\pm 1.4^\circ$  prilikom upotrebe radiografije u cilju određivanja PTS. Još nije usvojen zajednički metod za određivanje osovine golenjače i način merenja nagiba golenjače. Autori čak i rezultate tumače različito, a većina njih se ne slaže s veličinom ugla koji predstavlja faktor rizika za povredu ukrštenih ligamenata kolena. Kako je naša studija sprovedena na velikom uzorku ispitanika, a i iz finansijskih razloga, mi smo se opredelili za analizu radiografskih snimaka.

U brojnim studijama dobijeni su podaci o povezanosti zadnjeg nagiba golenjače sa rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (345,349,351-357). *Webb* i sar. (351) su u svojoj studiji zabeležili najveći broj prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kod pacijenata koji imaju nagib iznad  $12^\circ$ , pa su zaključili da je rizik za rupturu proporcionalan povećanju ugla nagiba. U zaključku dalje stoji da oni pacijenti koji imaju nagib preko  $12^\circ$ , imaju pet puta veći rizik za dalje povrede prednjeg ukrštenog ligamenta nego oni sa nagibom manjim od  $9^\circ$ . U istraživanju koje su radili *Stijak* i sar. (345) prosečan zadnji nagib golenjače na spoljašnjem kondilu pacijenata sa rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta (ispitivana grupa) iznosio je  $7,1 \pm 3,6^\circ$ , dok je isti nagib kod pacijenata sa intaktnom vezom (kontrolna grupa)

bio statistički značajno manji, odnosno imao je vrednost od  $4,5 \pm 2,3^\circ$ . Sa druge strane, prosečan zadnji nagib golenjače na unutrašnjem kondilu kod pacijenata ispitivane grupe iznosio je  $5,0 \pm 3,7^\circ$ , dok je isti nagib kod pacijenata kontrolne grupe bio statistički značajno veći i imao je vrednost od  $6,6 \pm 3,1^\circ$ . Vrednosti prosečnog zadnjeg nagiba golenjače ispitivane i kontrolne grupe nisu imali statistički značajnu razliku. U zaključku ove studije se navodi da veći zadnji nagib golenjače na spoljašnjem kondilu, a manji na unutrašnjem, odnosno veća (pozitivna) razlika između zadnjeg nagiba golenjače na spoljašnjem i unutrašnjem kondilu su faktori koji mogu uticati na nastanak rupture prednjeg ukrštenog ligamenta. Uzimanjem aritmetičkih sredina (prosečan nagib golenjače) ove razlike se poništavaju, pa se dobijaju različiti podaci o njihovoj povezanosti sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta. U radu *Ristića i sar.* (360) merene su vrednosti PTS kod dve grupe pacijenata uz pomoć MRI. Vrednosti PTS prve grupe, koju su činili ispitanici bez povrede prednjeg ukrštenog ligamenta, na spoljašnjem kondilu golenjače iznosila je  $5,64^\circ$ , a na unutrašnjem kondilu  $4,67^\circ$ . U drugoj grupi svi ispitanici su imali kompletnu rupturu prednjeg ukrštenog ligamenta. Vrednosti PTS na spoljašnjem kondilu golenjače u ovoj grupi ispitanika iznosila je  $6,68^\circ$ , a na unutrašnjem  $5,49^\circ$ .

Srednja vrednost PTS našeg uzorka bila je  $7,5940 \pm 3,3385^\circ$ , a kretala se u intervalu od  $0,49^\circ$  do  $14,95^\circ$ . Najmanju vrednost imali su ispitanici II grupe  $6,3403 \pm 3,065^\circ$ , a najveću ispitanici IV grupe  $9,0196 \pm 3,0216^\circ$ . Nije utvrđena povezanost PTS i postoperativnog funkcionalnog nalaza kod ispitanika ispitivanih grupa.

Za postizanje dobrog postoperativnog funkcionalnog rezultata i stabilnog kolena, neophodno je adekvatno pozicioniranje kalema i inkorporiranje njegovih krajeva u napravljene tunele u butnoj kosti i golenjači kako bi se obezbedila izometrija prilikom vršenja pokreta. Najčešći uzrok nestabilnosti i nakon operacije je loša pozicija kalema, a kako to navodi veliki broj autora, češće je uzrok loša pozicija tunela u butnoj kosti (361-365), ali i loša pozicija tunela u golenjači dovodi do ponovne nestabilnosti. Jedan od osnovnih ciljeva ovog istraživanja je verifikacija tačnosti novorazvijenog kompjuterskog programa za određivanje prostorne pozicije kalema u golenjači poređenjem rezultata koji se dobijaju njegovom primenom na osnovu standardnih radiograma, sa rezultatima dobijenim analizom CT snimaka i utvrđivanje pogodnosti razvijenog softvera za svakodnevnu kliničku primenu sa stanovišta preciznosti i upotrebljivosti.

Većina hirurga koji se bave ovom problematikom određuju poziciju kalema u golenjači merenjem na osnovu standardnih radiograma: prednje-zadnje i bočne projekcije, što svakako nije dovoljno precizno (12,13), budući da rezultati u velikoj meri zavise od morfologije kostiju i trenutnog položaja ekstremiteta pacijenta. Kao što se iz prethodnih poglavlja može uočiti, značajan uticaj na projekciju ugla bušenja ima vrednost transverzalnog ugla, tako da je za određivanje realne vrednosti sagitalnog ugla neophodna odgovarajuća matematička transformacija kojoj prethodi određivanje transverzalnog ugla sa snimka.

Pozicija kalema se najpreciznije može odrediti sa snimaka kompjuterizovane tomografije, posebno ukoliko se uradi 3D ili multiplanarna rekonstrukcija (286,362,366,367). Međutim, velike doze zračenja kojima se izlažu pacijenti kao i cena pravljenja snimaka, onemogućavaju rutinsku primenu ove metode u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Analiza pozicije kalema u butnoj kosti i golenjači može se izvršiti i na snimcima magnetne rezonance, osim ukoliko nisu korišćene metalne alenteze za fiksaciju krajeva kalema (368).

Za potrebe istraživanja u okviru disertacije su pravljeni digitalni radiogrami visoke rezolucije na aparatu *Shimadzu Sonialvision Safire II*. Isti snimci su importovani u novorazvijeni kompjuterski program radi analize prostornog položaja kalema u golenjači. Snimci su bili različitog kvaliteta, ali je kod svih bilo moguće odrediti položaj tunela u golenjači i izvršiti potrebna merenja. Kao kontrolnu metodu za utvrđivanje tačne pozicije kalema u golenjači koristili smo kompjuterizovanu tomografiju.

Verifikacija rezultata dobijenih razvijenom aplikacijom izvršena je na grupi od deset pacijenata, kod kojih su pored RTG snimaka napravljeni i CT snimci. Da bi se uopšte mogao porediti ugao bušenja i izvršiti verifikacija, razvijena je posebna aplikacija za rekonstrukciju golenjače sa CT snimaka čiji rezultat predstavljaju 3D modeli golenjače i šrafa. Na taj način je obezbeđen visok nivo automatizacije u ovoj fazi istraživanja i izbegnute su subjektivne greške korisnika prilikom analize CT snimaka. Ovako generisani modeli golenjače i šrafa importovni su u programski sistem AutoCAD, čime je omogućeno precizno merenje (sa neograničenim nivoom uvećanja slike i očitavanjem merenja sa više od deset decimalnih vrednosti) ugla bušenja. Analizom dobijenih rezultata uočeno je da je ugao bušenja meren na CT snimcima u proseku nešto veći ( $57,50 \pm 6,52^\circ$ ) od ugla merenog kompjuterskim programom ( $56,50 \pm 6,80^\circ$ ). Ovo odstupanje rezultata se može objasniti činjenicom da je prilikom izrade RTG snimaka teško dovesti golenjaču u idealnu poziciju da se pri tome plato golenjače vidi kao linija. Statističkom analizom rezultata utvrđeno je da veličina greške

prostornog određivanja položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena novorazvijenim kompjuterskim programom nije statistički značajna, a kompjutersko određivanje položaja kalema u golenjači omogućava iste rezultate kao i CT snimci.

Procedura formiranja 3D modela na osnovu DICOM snimaka je izvorno razvijena za potrebe rekonstrukcije elemenata skeletnog sistema na osnovu dijagnostičkih snimaka i predstavlja sistematski prilaz ovoj problematici. Kao takva omogućava formiranje univerzalno primenljivih aplikacija čiji rezultati mogu da se koriste za različite svrhe u ortopedskoj hirurgiji.

Ova procedura se može primeniti za procenu položaja tunela u golenjači pre primarne rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta, zatim u sklopu pripreme za revizionu operaciju, odnosno kod pacijenata koji i dalje nakon operacije osećaju bol i nestabilnost kolena.

Potencijalna slabost ove ekperimentalno-kliničke studije odnosi se na činjenicu da većina autora smatra da je CT ili MRI evaluacija preciznija od radiografskog merenja, pa bi u budućim studijama trebalo obezbediti veći broj snimaka prednjeg ukrštenog ligamenta kolena ovim imaging tehnikama. Druga eventualna slabost odnosi se na praćenje pacijenata koje je iznosilo godinu dana nakon operacije. U daljim istraživanjima objektivniji funkcionalni nalaz bi se mogao dobiti ukoliko bi se pacijenti pratili duži vremenski period nakon operacije. Takođe, mana ovog istraživanja može biti i ta što su pojedini testovi za ispitivanje funkcionalnosti subjektivni i što njihov rezultat zavisi od volje i motivacije ispitanika koji ga popunjava. Treba napomenuti i da nedovoljno usaglašeni kriterijumi za procenu kliničkih i radiografskih rezultata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena otežavaju njihovo upoređivanje.

Iako su brojne anatomske, radiografske i kadaverične studije o položaju i pripoju prednjeg ukrštenog ligamenta dostupne u literaturi, ipak ostaje debata o stvarnoj veličini i anatomiji pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta na golenjači, čineći kliničku primenu dostupnih podataka velikim izazovom.

## 5 ZAKLJUČAK

1. Statističkom analizom rezultata utvrđeno je da veličina greške prostornog određivanja položaja kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena novorazvijenim kompjuterskim programom nije statistički značajna, a kompjutersko određivanje položaja kalema u golenjači omogućava iste rezultate kao i CT snimci.
2. Rezultati istraživanja pokazuju statistički značajnu razliku frontalnog tibijalnog indeksa između ispitanika I i IV grupe i sagitalnog tibijalnog indeksa između ispitanika I i II grupe, što znači da bušenje tunela u golenjači korišćenjem različitih transverzalnih uglova utiče na prostorni položaj kalema u koštanom tunelu golenjače posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena.
3. Poređenjem postoperativnih rezultata funkcionalnih ispitivanja između ispitanika kod kojih je tunel u golenjači bušen pod različitim uglovima, utvrđena je statistički značajna razlika u vrednostima Tegner skora i artrometrijskog merenja izvođenjem Lachman testa. Najbolje rezultate Tegner skora i najmanje prednje pomeranje golenjače, odnosno stabilno koleno imali su ispitanici II grupe, dok su ispitanici IV grupe imali najmanje vrednosti Tegner skora i labavije koleno u odnosu na ostale ispitanike. Ispitanici IV grupe kod kojih je tunel u golenjači bušen pod uglom od 70° do 80° u frontalnoj i sagitalnoj ravni imali su najmanje normalnih nalaza IKDC skora i



najmanje vrednosti Lysholm skora posle operacije, ali nije utvrđena statistički značajna razlika između grupa.

4. Poredeći funkcionalne i radiografske rezultate rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena naše istraživanje nije pokazalo postojanje statističke značajnosti između radiografskih parametara na osnovu kojih se određuje pozicija kalema u koštanom tunelu golenjače i ocena IKDC standarda nakon operacije u sve četiri grupe ispitanika.
5. Rezultati istraživanja pokazuju da kada je tunel u golenjači u frontalnoj ravni bio medijalnije postavljen ispitanici II grupe imali su statistički značajno bolje rezultate Tegner i Lysholm skora, dok su ispitanici IV grupe imali veće prednje pomeranje golenjače, odnosno nestabilnije koleno. Pozicioniranjem tunela u golenjači u sagitalnoj ravni više napred ispitanici III grupe imali su statistički značajno veće vrednosti Lysholm skora i stabilnije koleno. Ispitanici u ukupnom uzorku istraživanja imali su statistički značajno bolje rezultate Lysholm skora kada se transverzalni ugao bušenja tunela u golenjači smanjivao, dok manji sagitalni ugao bušenja tunela daje manje prednje pomeranje golenjače, odnosno stabilnije koleno.
6. Klinički rezultati sprovedenog ispitivanja pokazuju da pozicija kalema u golenjači posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena utiče na postoperativni funkcionalni rezultat.

## 6 LITERATURA

1. Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for LCA reconstruction. *Am J Sports Med.* 1994;22(2):211-7.
2. Frank CB, Jackson DW. The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(10):1556-76.
3. Allman FL. Arthroscopy in the diagnosis and management of the ACL deficient knee. *Clin Orthop.* 1992;172:52-6.
4. Jansson KA, Lunko E, Sandelin J, Harilainen A. A prospective randomized study of patellar versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):12-8.
5. Herrington L, Wrapson C, Matthews M, Matthews H. Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *Knee.* 2005;12(1):41-50.
6. Sherman OH, Banffy MB. Anterior cruciate ligament reconstruction: which graft is best? *Arthroscopy.* 2004;20(9):974-80.
7. Wetzler MJ, Getelman MH, Friedman MJ, Bartolozzi AR. Revision anterior cruciate ligament surgery: etiology of failures. *Oper Techn Sport Med.* 1998;6(2):64-70.
8. Schepesis A, Getelman M, Zimmer J. Revision ACL reconstruction: autograft vs allograft. Presented at Arthroscopy Association of North America: annual meeting; 1995 May 4-7; San Francisco, CA; 1995.

9. Fok AW, Yau WP. Anterior cruciate ligament tear in Hong Kong Chinese patients. *Hong Kong Med J.* 2015;21(2):131-5.
10. Getelman MH, Friedman MJ. Revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 1999;7(3):189-98.
11. Milojević Z, Tabaković S, Vićević M, Obradović M, Vranješ M, Milankov MZ. The tibial aperture surface analysis in anterior cruciate ligament reconstruction process. *Med Pregl.* 2016;69(3-4):99-105.
12. Melhorn JM, Henning CE. The relationship of the femoral attachment site to the isometric tracking of the anterior cruciate ligament graft. *Am J Sports Med.* 1987;15(6):539-42.
13. Sommer C, Friederich NF, Muller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8(4):207-13.
14. Bagnolesi P, Russo R, Battolla L, Cilotti A, Campassi C, Lencioni R, et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with patellar tendon. Comparison between magnetic resonance and computerized tomography. *Radiol Med.* 1994;88(4):378-87.
15. Weber W, Weber E. *Mechanik der menschlichen.* Berlin, Germany: Springer Verlag; 1836.
16. Mayo Robson AW. Ruptured cruciate ligaments and their repair by operation. *Ann Surg.* 1903;37(5):716-8.
17. Hey Groves EW. Operation for the repair of cruciate ligament. *Lancet.* 1917;190(4914):674-6.
18. Galeazzi R. La ricostituzione dei ligamenti crociati del ginocchio. *Atti Mem Soc Lombarda Chir.* 1934;13:302-17.
19. Campbell WC. Repair of the ligaments of the knee: report of a new operation for the repair of the anterior cruciate ligament. *Surg Gynecol Obstet.* 1936;62:964-8.
20. Macey HB. A new operative procedure for repair of ruptured cruciate ligament of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet.* 1939;69:108-9.
21. Jones KG. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. A technique using the central one - third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg.* 1963;45A:925-32.
22. Franke K. Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions. *Orthop Clin North Am.* 1970;7(1):191-3.

23. Galway RD, Beaupre A, MacIntosh DL. Pivot shift: a clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg Br.* 1972;54:763-4.
24. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sport Med.* 1976;4(2):84-93.
25. Rubin RM, Marshall JL, Wang J. Prevention of knee instability: experimental model for prosthetic anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;113:212-36.
26. Clancy WG Jr, Rajesh GN, Rosenberg TD, Gmeiner JG, Wisnefske DD, Lange TA. Anterior et posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. *J Bone Joint Surg.* 1981;63(8):1270-84.
27. Noyes FR, Matthews DS, Mooar PA, Grood ES. The symptomatic anterior cruciate deficient knee. Part II: The result of rehabilitation, activity modification and counseling on functional disability. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(2):163-74.
28. Ekstrand J, Gillquist J, Möller M, Oberg B, Liljedahl SO. Incidence of soccer injuries and their relation to training and team success. *Am J Sports Med.* 1983;11(2):63-7.
29. Rosenberg TD. Technique for endoscopic method of ACL reconstruction. *Technical Bulletin.* Mansfield, MA. Acuflex Microsurgical; 1993.
30. Lipscomb AB, Johnston RK, Synder RB, Warburton MJ, Gilbert PP. Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1982;10(6):340-2.
31. Friedman MJ. Arthroscopic semitendinosus (gracilis) reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency. *Tech Orthop.* 1988;2(4):74-80.
32. Howell SM. Arthroscopically assisted technique for preventing roof impingement of anterior cruciate ligament graft illustrated by the use of an autogenous double-looped semitendinosus and gracilis graft. *Oper Techn Sport Med.* 1993;1(1):58-65.
33. Pinczewski LA, editor. Two-years results of endoscopic reconstruction of isolated ACL ruptures with quadruple hamstring tendon autograft and interference screw fixation. *Proceedings of the American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS);* 1997 Sep 25-27; San Francisco, CA; 1997.
34. Pinczewski LA, Clingeleffer AJ, Otto DD, Bonar SF, Corry IS. Integration of hamstring tendon graft with bone in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 1997;13(5):641-3.

35. Pinczewski LA, Thuresson P, Otto D, Nyquist F. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction using four-strand hamstring tendon graft and interference screws. *Arthroscopy*. 1997;13(5):661-5.
36. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti ML. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy*. 2003;19(5):540-6.
37. Pećina M. Biomehanička podloga klasifikacije nestabilnosti koljena. In: Pećina M, editor. *Koljeno*. Zagreb: Jumena; 1982. p. 263-88.
38. Krajčinović J, Janjić Đ, Tubić M. Rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta Kennet-Jonesovom operacijom. In: 6. Kongres ortopeda i traumatologa Mediterana i Bliskog Istoka; 1980; Split, Hrvatska; 1980. p. 79-80.
39. Mikić Ž, Vukadinović S, Somer T, Ercegan G. Vaskularizacija ukrštenih ligamenata kolena u psa. In: Mikić Ž, Ercegan G, Somer Lj, Somer T, Vukadinović S, editors. *Eksperimentalna hirurgija kolena u psa*. Novi Sad: Društvo lekara Vojvodine; 1987. p. 66-77.
40. Vukadinović S. Eksperimentalna istraživanja kvaliteta tetiva, ligamenata, fascija i meniskusa u rekonstrukciji ukrštenih ligamenata kolena u psa [dissertation]. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet; 1984.
41. Savić D. Transplantacija ukrštenih ligamenata kolena u eksperimentalnim uslovima [dissertation]. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet; 1999.
42. Milankov M, Savić D, Stanković M, Kecojević V, Zabunov S, Ninković S. Artroskopski asistirana ligamentoplastika prednjeg ukrštenog ligamenta (LCA) kolena. In: 13. Kongres reumatologa Jugoslavije; 2002 Sep 10-14; Vrdnik, Srbija; 2002. p. 139.
43. Fu FH, Bennett CH, Ma CB, Menetrey J, Lattermann C. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II. Operative procedures and clinical correlations. *Am J Sports Med*. 2000;28(1):124-30.
44. Vunjak-Novakovic G, Altman G, Horan R, Kaplan DL. Tissue engineering of ligaments. *Annu Rev Biomed Eng*. 2004;6:131-56.
45. Ogata S, Uthoff H. The development of synovial plicae in human knee joint: an embryologic study. *Arthroscopy*. 1990;6(4):315-21.
46. Merida-Velasco JA, Sanchez-Montesinos I, Espin-Ferra J, Merida-Velasco JR, Rodrigues-Vasquez JF, Jimenez-Collado J. Development of the human knee ligaments. *Anat Rec*. 1997;248(2):259-78.

47. Krajčinović J, Mikić Ž, Pajić D. Hirurgija lokomotornog aparata. Novi Sad: Medicinski fakultet; 1990. p. 121-31.
48. Ruszkowski I, Pećina M. Biomehanika u gonologiji. In: Pećina M, editor. Koljeno. Zagreb: Jumena; 1982. p. 13-7.
49. Jovanović S, Keros P, Kargovska-Klisarova A, Ruszkowski I, Malobabić S. Donji ekstremitet. Beograd-Zagreb; Naučna knjiga; 1989. p. 71-100.
50. Radojević SV. Zglob kolena. In: Radojević SV, editor. Sistematska i topografska anatomija: noga. Beograd: Naučna knjiga; 1975. p. 9-19.
51. Harner CD, Livesay GA, Kashiwaguchi S, Fujie H, Choi NY, Woo SL. Comparative study of the size and shape of human anterior and posterior cruciate ligaments. *J Orthop Res.* 1995;13(3):429-34.
52. Kadija M. Komparativna analiza anatomske i transtibijalne artroskopske tehnike za rekonstrukciju anteromedijalnog snopa prednjeg ukrštenog ligamenta [dissertation]. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet; 2010.
53. Norwood LA, Cross MJ. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med.* 1979;7(1):23-6.
54. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of anterior cruciate ligament. Fibre bundles actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(2):260-7.
55. Amis AA, Jakob RP. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6 Suppl 1:S2-12.
56. Jerrosch J, Prymka M. Proprioceptive capacity of the knee joint area in patients after rupture of the anterior cruciate ligament. *Unfallchirurg.* 1996;99(11):861-8.
57. Baxter MP. Assessment of normal pediatric knee ligament laxity using the genucom. *J Pediatr Orthop.* 1988;8(5):546-50.
58. Girgis FG, Marschall JL, Al Monajem ARS. The cruciate ligaments of the knee. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop.* 1975;106:216-31.
59. Silver FH. Biomaterials, medical devices and tissue engineering: an integrated approach. London: Chapman & Hall; 1994. p. 92-119.
60. Kennedy JC, Stewart R, Walker DM. Anterolateral rotatory instability of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(8):1031-9.
61. Amiel D, Billings Jr E, Harwood FL. Collagenase activity in anterior cruciate ligament: protective role of the synovial sheath. *J Appl Physiol.* 1990;69(3):902-6.

62. Insall J. Anatomy of the knee. In: Insall J, editor. Surgery of the knee. New York: Churchill Livingstone; 1984. p. 1-20.
63. Hunziker EB, Staubli HU, Jakob RP. Surgical anatomy of the knee joint. In: Jakob RP, Staubli HU, editors. The knee and the cruciate ligaments. New York: Springer Verlag; 1992. p. 31-47.
64. Scapanelli R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures. Clin Anat. 1997;10(3):151-62.
65. Arnozky SP. Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. Orthop Clin North Am. 1985;16(1):15-28.
66. Simank HG, Graf J, Schneider U, Fromm B, Niethard FU. Demonstration of the blood supply of human cruciate ligaments using the plastination method. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1995;133(1):39-42.
67. Bray RC, Fischer AW, Frank CB. Fine vascular anatomy of adult rabbit knee ligaments. J Anat. 1990;172:69-79.
68. Rubin R, Marshall JL. Vascular anatomy of the cruciate ligaments in the dog. Normal and injured states. Trans Orthop Res Soc. 1976;1:148.
69. Amiel D, Abel MF, Kleiner JB, Lieter RL, Akeson WH. Synovial fluid nutrient delivery in the diarthrial joint: analysis of rabbit knee ligaments. J Orthop Res. 1986;4(1):90-5.
70. Murakami Y, Ochi M, Ikuta Y, Higashi Y. Permeation from the synovial fluid as nutritional pathway for the anterior cruciate ligament in rabbits. Acta Physiol Scand. 1996;158(2):181-7.
71. Targari M. The surgical significance of the blood supply of the canine stifle joint. J Small Anim Pract. 1978; 19(8):451-62.
72. Hart RA, Woo SL, Newton PO. Ultrastructural morphometry of anterior cruciate and medial collateral ligaments: an experimental study in rabbits. J Orthop Res. 1992;10(1):96-103.
73. Limborgh J, Kwakije LB, Boersma W. The venous drainage of the cruciate ligaments. Acta Morphol Neerl Scand. 1975;13(4):313.
74. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Am. 1987;69(2):243-7.
75. Schulltz RA, Miller DC, Kerr CS, Michelli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligament. A histological study. J Bone Joint Surg Am. 1984;66(7):1072-6.

76. Fromm B, Schafer B, Kummer W. Nerve supply to the anterior cruciate ligament and cruciate ligament allograft. *Sportverletz Sportschaden*. 1993;7(3):101-8.
77. Krauspe R, Schmidt M, Schaible HG. Sensory innervation of the anterior cruciate ligament. An electrophysiological study of the response properties of single identified mechanoreceptors in the cat. *J Bone Joint Surg Am*. 1992;74(3):390-7.
78. Zimny ML. Mechanoreceptors in articular tissue. *Am J Anat*. 1988;182(1):16-32.
79. Parsch D, Fromm B, Kummer W. Projections and fiber characteristics of sensory afferents of the anterior cruciate ligament in an animal experiment. *Unfallchirurg*. 1996;22(5):193-201.
80. Marinozzi G, Ferrante F, Gaudio E, Ricci A, Amenta F. Intrinsic innervation of the knee joint articular capsule and ligaments. *Acta Anat*. 1991;141(1):8-14.
81. Biedert RM, Stauffer E, Friederich NF. Occurrence of free nerve endings in the soft tissue of the knee joint. A histologic investigation. *Am J Sports Med*. 1992;20(4):430-3.
82. Huiskes R, Blankevoort L. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament: a three-dimensional problem. In Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and the cruciate ligaments*. Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 92-109.
83. Muller W. *Das Knie*. Berlin: Springer-Verlag; 1982.
84. Menschik A. *Mechanik des Kniegelenks*. Wien: Sailer; 1974.
85. Burstein A. Biomechanics of the knee. In: Insall JN, editor. *Surgery of the knee*. New York: Churchill Livingstone; 1984. p. 21-39.
86. Vukićević S, Pećina M, Vukićević D. Biomehanika koljenskog zgloba. In: Pećina M, editor. *Koljeno*. Zagreb: Jumena; 1982. p. 17-45.
87. Hackebruch W. Significance of anatomy and biomechanics. In: Jakob RP, Staubli H, editors. *The knee and the cruciate ligaments*. Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 110-9.
88. Collins JJ, O'Conor JJ. Muscle-ligament interactions at the knee during walking. *Proc Inst Mech Eng H*. 1991;205(1):11-8.
89. Takai S, Woo SL, Livesay GA, Adams DJ, Fu FH. Determination of the in situ loads on the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res*. 1993;11(5):686-95.
90. Harhaji V. *Prostorno određivanje položaja kalema u butnoj kosti posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena [dissertation]*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet; 2012.



91. Bray RC, Fischer AW, Frank CB. Fine vascular anatomy of adult rabbit knee ligaments. *J Anatom.* 1990;172:69-79.
92. Silvers H, Mandelbaum B. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med.* 2007;41(1):52-9.
93. Bradley J, Klimkiewicz J, Rytel M, Powell J. Anterior cruciate ligament injuries in the National Football League: epidemiology and current treatment trends among team physicians. *Arthroscopy.* 2002;18(5):502-9.
94. Negrete RSE, Cooper J. Lower-limb dominance as a possible etiologic factor in noncontact anterior cruciate ligament tears. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):270-3.
95. Clayton RA, Court-Brown CM. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury.* 2008;39(12):1338-44.
96. Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Med.* 2004;34(4):269-80.
97. Steinbrück K. Epidemiology of sports injuries - 25-year-analysis of sports orthopedic-traumatologic ambulatory care. *Sportverletz Sportschaden.* 1999;13(2):38-52.
98. Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management and prevention. *Am Fam Physician.* 2010;82(8):923-4.
99. Micheo W, Hernández L, Seda C. Evaluation, management, rehabilitation and prevention of anterior cruciate ligament injury: current concepts. *PM R.* 2010;2(10):935-44.
100. Matsumoto H, Suda Y, Otani T, Niki Y, Seedhom B, Fujikawa K. Roles of the anterior cruciate ligament and the medial collateral ligament in preventing valgus instability. *J Orthop Sci.* 2001;6(1):28-32.
101. American Medical Association. Committee on the Medical Aspects of Sports. Standard nomenclature of athletic injuries. Chicago: American Medical Association; 1966. p. 99-100.
102. Adamczyk G. ACL-deficient knee. *Acta Clinica.* 2002;2(1):11-6.
103. Hopf T, Gleitz M, Rupp S, Muller B. Cruciate ligament injuries with knee joint effusion—why can the Lachman sign not be elicited? *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1996;134(5):418-21.
104. Palmer I. On the injuries to the ligaments of the knee joint. *Acta Chir Scand.* 1938;53:1-282.

105. Warren R. Acute ligament injuries. In: Insall J, editor. Surgery of the knee. New York: Churchill Livingstone; 1984. p. 261-94.
106. Noesberger B. Diagnosis of acute tears of the anterior cruciate ligament, and the clinical features of chronic anterior instability. In: Jakob RP, Staubli H, editors. The knee and the cruciate ligaments. Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 143-56.
107. Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56(2):223-35.
108. Woo SL, Chan SS, Yamaji T. Biomechanics of knee ligament healing, repair and reconstruction. *J Biomech.* 1997;30(5):431-9.
109. Brantigan OC, Voshell AF. The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint. *J Bone Joint Surg.* 1941;23(1):44-66.
110. LeRoy C, Abbot JB, Saunders M, Bost FC, Anderson CE. Injuries of the ligaments of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1944;26(3):503-21.
111. O'Donoghue DH, Rockwood CA, Frank GR, Jack SC, Kenyon R. Repair of the anterior cruciate ligament in dogs. *J Bone Joint Surg.* 1966;48(6):503-19.
112. Feagin JA Jr, Lambert KL, Cunningham RR, Anderson LM, Riegel J, King PH, et al. Consideration of the anterior cruciate ligament injury in skiing. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;(216):13-8.
113. Jones KG. Results of use of the central one-third of the patellar ligament to compensate for anterior cruciate ligament deficiency. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(147):39-44.
114. Feagin AJ. The syndrom of the torn anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 1979;10:81-90.
115. Wang JB, Rubin RM, Marshall JL. A mechanism of isolated anterior cruciate ligament rupture. Case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(3):411-3.
116. McMaster JH, Weinert CR Jr, Scranton P Jr. Diagnosis and management of isolated anterior cruciate ligament tears: a preliminary report on reconstruction with the gracilis tendon. *J Trauma.* 1974;14(3):230-5.
117. Daniel DM. Knee ligaments: structure, function, injury and repair. New York: Raven Press; 1990.
118. Lohmander LS, Roos H. Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis. Truth or consequences? *Acta Orthop Scand.* 1994;65(6):605-9.

119. Friederich NG, O'Brien WR. Gonarthrosis after injury of the anterior cruciate ligament: a multicenter, long-term study. *Z Unfallchir Versicherungsmed.* 1993;86(2):81-9.
120. Banović D. Povrede kolena. In: Banović DM, editor. *Povrede u sportu.* Beograd: Draslar partner; 2006. p. 409.
121. Al Duri Z. Relation of the fibular head sign to other signs of anterior cruciate ligament insufficiency. A follow-up letter to the editor. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(275):220-5.
122. Shelbourne KD, Johnson GE. Locked bucket-handle meniscal tears in knees with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Am J Sports Med.* 1993;21(6):779-82.
123. Hendrich V. Diagnosis of fresh combined injuries of the knee ligaments (clinical and technical diagnosis). *Langenbecks Arch Chir Suppl II Verch Dtsch Ges Chir.* 1989;415-9.
124. Zhai GH. Diagnosis of anterior cruciate ligament injury of the knee joint. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 1992;30(1):10-3.
125. Rosenberg TD, Rasmussen GL. The function of the anterior cruciate ligament during anterior drawer and Lachman's testing. An in vivo analysis in normal knees. *Am J Sports Med.* 1984;12(4):318-22.
126. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part I: The medial compartment and cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58(2):159-79.
127. Banović DM. Povrede kolena. In: Banović DM, editor. *Traumatologija koštano-zglobnog sistema.* Gornji Milanovac: Dečje novine; 1989. p. 474-506.
128. Galway RD, Beaupre A, MacIntosh DL. Pivot shift : a clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg Br.* 1972;54:763-4.
129. Sandberg R, Balkfors B, Henricson A, Westlin N. Stability test in knee ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1986;106(1):5-7.
130. Frank C, Woo SL, Amiel D, Harwood F, Gomez M, Akeson WAJ. Medial collateral ligament healing: a multidisciplinary assessment in rabbits. *Am J Sports Med.* 1983;11(6):379-89.
131. Felenda M, Dittel KK. Importance of the Segond avulsion fracture as a sign of complex ligamentous knee injury. *Aktuelle Traumatol.* 1992;22(3):120-2.

132. Jimenez JR, Dotz J, Monreal M, Pedrola V. Segond's fracture at the knee level. *Rev Chir Orthop.* 1991;77(8):551-4.
133. Runkel M, Blum J, Roder W, Ahlers J, Kretner KF. The value of the radiologic Lachman test in anterior cruciate ligament ruptures. *Aktuelle Traumatol.* 1993;23(6):297-301.
134. Falchhook FS, Tigges S, Carpenter WA, Branch TP, Stiles RG. Accuracy of direct signs of tears of the anterior cruciate ligament. *Can Assoc Radiol J.* 1996;47(2):114-20.
135. Sanchis-Alfonso V, Martinez-Sanjuan V, Gastaldi-Orquin E. The value of MRI in the evaluation of the ACL deficient knee and in the post-operative evaluation after ALC reconstruction. *Eur J Radiol.* 1993;16(2):126-30.
136. Fitzgerald SW, Remer EM, Friedman H, Rogers LF, Hendrix RW, Chafer MF. MR evaluation of the anterior cruciate ligament: value of supplementing sagittal images with coronal and axial images. *AJR Am J Roentgenol.* 1993;160(6):1233-7.
137. Chieng PU, Chan WP, Huang KM, Chang H, Djukic S, Genant HK. Concomitant occurrence of subchondral cyst and ruptured anterior cruciate ligament at knee joint: new findings by MRI. *J Formosan Med Assoc.* 1991;90(4):388-91.
138. Poleksić Lj, Milankov M, Prvulović M. Magnetna rezonanca kod sportske traume kolena. In: 4. Međunarodno savetovanje; Novi Sad; 1996. p. 9.
139. Marks PH, Goldenberg JA, Vezina WC, Chamberlain MJ, Vellet AD, Fowler PJ. Subchondral bone infractions in acute ligamentous knee injuries demonstrated on bone scintigraphy and magnetic resonance imaging. *J Nucl Med.* 1992;33(4):516-20.
140. Kaplan PA, Walker CW, Kilcoyne RF, Brown DE, Tusek D, Dussault RG. Occult fracture patterns of the knee associated with anterior cruciate ligament tears: assessment with MR imaging. *Radiology.* 1992;183(3):835-8.
141. Nawata K, Teshima R, Suzuki T. Osseus lesions associated with anterior cruciate ligament injuries. Assessment by magnetic resonance imaging at various periods after injuries. *Acta Orthop Trauma Surg.* 1993;113(1):1-4.
142. Ihara H. Double-contrast CT arthrography of the cruciate ligaments. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1991;65(8):477-87.
143. Maitland ME, Lowe R, Stewart S, Fung T, Bell GD. Does Cybex testing increase knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sport Med.* 1993;21(5):690-5.

144. Segawa H, Omori G, Koga Y, Kameo T, Iida S, Tanaka M. Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy*. 2002;18(2):177-82.
145. Feller J, Hoser C, Webster K. EMG biofeedback assisted KT-1000 evaluation of anterior tibial displacement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8(3):132-6.
146. Ladero F, Maestro A. Comparative study of two systems to measure ACL laxity. *Rev Orthop Traumatol*. 2006;50:263-7.
147. Gächter A. The various faces of anterior cruciate ligaments tears during arthroscopic examination. In: Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and the cruciate ligament*. Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 190-2.
148. Cook GJ, Ryan PJ, Clarke SE, Fogelman I. SPECT bone scintigraphy of anterior cruciate ligament injury. *J Nucl Med*. 1996;37(8):1353-6.
149. Chimich D. No effect of mop-ending on ligament healing. Rabbit studies of severed collateral knee ligaments. *Acta Orthop Scand*. 1993;64:587-91.
150. Fink C, Hoser C, Benedetto RP, Hackl W, Gabl M. Long-term outcome of conservative or surgical therapy of anterior cruciate ligament rupture. *Unfallchirurg*. 1996;99(12):964-9.
151. Anderson AC. Knee laxity and function after conservative treatment of anterior cruciate ligament injuries. A prospective study. *Int J Sport Med*. 1993;14(3):150-3.
152. Seitz H, Chrysopoulos A, Egkher E, Mousavi M. Long-term results of replacement of the anterior cruciate ligament in comparison with conservative therapy. *Chirurg*. 1994;65(11):992-8.
153. Jae-Jeong L, Yun-Jin C, Keun-Young S, Chong-Hyuk C. Medial meniscal tears in anterior cruciate ligament-deficient knees: effects of posterior tibial slope on medial meniscal tear. *Knee Surg Relat Res*. 2011;23(4):227-30.
154. Kannus P, Jarvinen M. Long-term prognosis of conservatively treated acute knee ligament injuries in competitive and spare time sportsmen. *Int J Sports Med*. 1987;8(5):348-51.
155. Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, Irrgang JJ. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med*. 2008;36(7):1263-74.

156. Fu R, Lin D. Surgical and biomechanical perspectives on osteoarthritis and the ACL deficient knee: a critical review of the literature. *Open Orthop J.* 2013;7:292-300.
157. Farshad M, Gerber C, Meyer D, Schwab A, Blank P, Szucs T. Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis. *BMC Health Serv Res.* 2011;11:317.
158. Muller W. Treatment of acute tears. In: Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and cruciate ligaments.* Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 279-88.
159. Holzach P, Matter P. Complex internal knee lesions-diagnosis, indications and timing. *Ther Umsch.* 1993;50(7):500-8.
160. Frank BC, Loitz B, Bray R, Chimich D, King G, Shrive N. Abnormality of the contralateral ligament after injuries of the medial collateral ligament. An experimental study in rabbits. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76(3):403-12.
161. Wirth CJ. Indications for the operative and conservative treatment of cruciate ligament injuries. In: Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and the cruciate ligaments.* Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 266-70.
162. O'Neill DB. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(6):803-13.
163. Aglietti P, Buzzi R, D'Andria S, Zaccherotti G. Patellofemoral problems after intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(288):195-204.
164. Miller SL, Gladstone JN. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2002;33(4):675-83.
165. Seo JG, Cho DY, Kim KY. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with Achilles tendon autograft. *Orthopedics.* 1993;16(6):719-24.
166. Fulkerson JP, Langeland R. An alternative cruciate reconstruction graft: the central quadriceps tendon. *Arthroscopy.* 1995;11(2):252-4.
167. Arnozky SP, Tarvin GB, Marschall JL. Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon. An evaluation of graft revascularisation in the dog. *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64(2):217-24.
168. Rackemann S, Robinson A, Dandy DJ. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with an intra-articular patellar tendon graft and an extra-articular tenodesis. Results after six years. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(3):368-73.

169. O'Brien SJ, Warren RF, Pavlov H, Panariello R, Wickiewicz TL. Reconstruction of chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of patellar ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;73(2):278-86.
170. Noyes FR, Barber-Westin SD. A comparison of results in acute and chronic anterior cruciate ligament ruptures of arthroscopically assisted autogenous patellar tendon reconstructions. *Am J Sport Med.* 1997;25(4):460-71.
171. Riel KA, Bernett P. Long-term follow up of anterior cruciate ligament reconstruction using autologous tendon graft augmented with alloplasty (Kennedy LAD). *Chirurg.* 1990;61(11):808-14.
172. Mitsou A, Vallianatos P. Reconstructions of the anterior cruciate ligament using a patellar tendon autograft. A long term follow up. *Int Orthop.* 1996;20(5):285-9.
173. Papadopoulos D, Efstathiou P, Iliadis A, Antonogiannakis E. Anterior cruciate ligament replacement using part of the patellar tendon as a free graft. *Bull Hosp Jt Dis.* 1996;55(1):33-5.
174. Aglietti P, Buzzi R, D'Andria S, Pisaneschi A, Zaccherotti G. Reconstruction of the chronically lax anterior cruciate ligament using the middle third of the patellar tendon. A 3-9 year follow-up. *Ital J Orthop Traumatol.* 1991;17(4):479-90.
175. Howe JG, Johnson RJ, Kaplan MJ, Fleming B, Jarvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps patellar tendon graft. Part I: Long-term follow-up. *Am J Sports Med.* 1991;19(5):447-57.
176. Sachs RA, Daniel DM, Stone ML, Garfein RF. Patellofemoral problems after cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1989;17(6):760-5.
177. Yasuda K, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. Quantitative evaluation of the knee instability and muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar and quadriceps tendon. *Am J Sports Med.* 1992;20(4):471-5.
178. Rubinstein RA Jr, Shelbourne KD, VanMeter CD, McCarroll JC, Retting AC. Isolated autogenous bone-patellar tendon-bone graft site morbidity. *Am J Sports Med.* 1994;22(3):324-7.
179. Passler JM, Schippinger G, Schweighofer F, Fellingner M, Seibert FJ. Complications in 283 cruciate ligament replacement operations with free patellar tendon transplantation. *Unfallchirurg.* 1995;21(5):240-6.
180. Marzo JM, Bowen MK, Warren RF, Wickiewicz TL, Altchek DW. Intraarticular fibrous nodules as a cause of loss of extension following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 1992;8(1):10-8.

181. Jackson DW, Schaefer RK. Cyclops syndrome: loss of extension following intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1990;6(3):171-8.
182. Kleipool AE, Loon T, Marti RK. Pain after use of the central third of the patellar tendon for cruciate ligament reconstruction. 33 patients followed 2-3 years. *Acta Orthop Scand*. 1994;65(1):62-6.
183. Berg EE. Management of patella fractures associated with central third bone-patellar tendon-bone autograft ACL reconstructions. *Arthroscopy*. 1996;12(6):756-9.
184. Bonatus TJ, Alexander AH. Patellar fracture and avulsion of the patellar ligament complicating arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Rev*. 1991;20(9):770-4.
185. Brulhart KB, Sartoretti C, Roggo A, Kossman T, Duff C, Trentz O. Rupture of the patellar ligament at the tibial tuberositas as a complication following reconstruction of the cruciate ligament. *Unfallchirurg*. 1993;96(7):387-9.
186. Wallenbock E. Rupture of the patellar ligament-a late complication after removal of a bone-tendon-bone transplant as a cruciate ligament replacement. *Langenbecks Arch Chir*. 1993;378(6):339-40.
187. Johnson DL, Either DB, Vanarthos WJ. Herniation of the patellar fat pad through the patellar tendon defect after autologous bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. A case report. *Am J Sports Med*. 1996;24(2):201-4.
188. Fu FH, Karlsson J. A long journey to be anatomic. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(9):1151-3.
189. Sgaglione NA, Del Pizzo W, Fox JM, Friedman MJ, Snyder SJ, Ferkel RD. Arthroscopic assisted anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus tendon: comparison of results with and without braided polypropylene augmentation. *Arthroscopy*. 1992;8(1):65-77.
190. Meystre JL. Use of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. In: Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and the cruciate ligaments*. Berlin: Springer-Verlag; 2011. p. 376-83.
191. Simonian PT, Harrison SD, Cooley VJ, Escabedo EM, Deneka DA, Larson RV. Assessment of morbidity of semitendinosus and gracilis tendon harvest for ACL reconstruction. *Am J Knee Surg*. 1997;10(2):54-9.



192. Aglietti P, Buzzi R, Menchetti PM, Giron F. Arthroscopically assisted semitendinosus and gracilis tendon graft in reconstruction for acute anterior cruciate ligament injuries in athletes. *Am J Sports Med.* 1996;24(6):726-31.
193. Brown CH Jr, Steiner ME, Carson EW. The use of hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. Technique and results. *Clin Sports Med.* 1993;12(4):723-56.
194. Yasuda K, Tsujino J, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med.* 1995;23(6):706-14.
195. Prokopis M, Schepsis A. Allograft use in ACL reconstruction. *Knee.* 1999;6(2):75-85.
196. Cole DW, Ginn TA, Chen GJ, Smith BP, Curl WW, Martin DF, et al. Cost comparison of anterior cruciate ligament reconstruction: autograft versus allograft. *Arthroscopy.* 2005;21(7):786-90.
197. Shapiro MS, Freedman EL. Allograft reconstruction of the anterior and posterior cruciate ligaments after traumatic knee dislocation. *Am J Sports Med.* 1995;23(5):580-7.
198. Stringham DR, Pelmas CJ, Burks RT, Newman AP, Marcus RL. Comparison of anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft or allograft. *Arthroscopy.* 1996;12(4):414-21.
199. Levitt RL, Malinin T, Posada A, Michalow A. Reconstruction of anterior cruciate ligament with bone-patellar tendon-bone and Achilles tendon allografts. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(303):67-78.
200. Langar F, Gross AE, West M, Urovitz EP. The immunogenicity of allograft knee joint transplants. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;(132):155-61.
201. Tabakovic S, Zeljkovic M, Milojevic Z. Automated acquisition of proximal femur morphological characteristics. *Meas Sci Rev.* 2014;14(5):285-93.
202. Shelbourne KD, Wilckens JH. Current concepts in anterior cruciate ligament rehabilitation. *Orthop Rev.* 1990;9(11):957-64.
203. Tegner Y, Lysholm J, Odensten M, Gillquist J. Evaluation of cruciate ligament injuries. A review. *Acta Orthop Scand.* 1988;59(3):336-41.
204. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med.* 1982;10(3):150-4.

205. Risberg MA, Holm I, Steen H, Beynon BD. Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm score, and 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.
206. Hefti F, Muller W, Jakob RP, Staubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1993;1(3-4):226-34.
207. Irrgang JJ, Ho H, Harner CD, Fu FH. Use of International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(2):107-14.
208. Milankov M, Kecojević V, Stanković M, Pejić D, Miljković N. Measurement of knee instability: A new version of rolimeter. *Acta Orthop Traum Hell.* 2002;53:88-92.
209. Fu HF, Bennet HC, Latterman C, Benjamin Ma C. Current trends in anterior cruciate reconstruction. Part1: biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):821-30.
210. Fu HF, Bennet HC, Latterman C, Benjamin Ma C. Current trends in anterior cruciate reconstruction. Part 2: operative procedures and clinical corelations. *Am J Sports Med.* 2000;28(1):124-30.
211. Dandy DJ. *Arthroscopic surgery of the knee.* Edinburgh: Churchill Livingstone; 1981. p. 45-51.
212. Dandy DJ, Flanagan JP, Steemeyer V. Arthroscopy and management of the ruptured anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;167:43-9.
213. Milankov M, Miličić A, Savić D, Stanković M, Ninković S, Matijević R, et al. Ponovna rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta zbog nestabilnosti kolena. *Med Pregl.* 2007;60(11-12):587-92.
214. Simmons R, Howell SM, Hull ML. Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85(6):1018-29.
215. Hardin TG, Bach RB, Bush-Joseph AC, Farr J. Endoscopic single-incision anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft: surgical technique. *J Knee Surg.* 2003;16(3):135-44.

216. Chhabra A, Diduch DR, Blessey PB, Miller MD. Recreating an acceptable angle of tibial tunnel in the coronal plane in anterior cruciate ligament reconstruction using external landmarks. *Arthroscopy*. 2004;20(3):328-30.
217. Howell SM, Gittins ME, Gottlieb JE, Traina SM, Zoellner TM. The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2001;29(5):567-74.
218. Howell SM, Taylor MA. Failure of reconstruction of the anterior cruciate ligament due to impingement by the intercondylar roof. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(7):1044-55.
219. Muneta T, Yamamoto H, Ishibashi T, Asahina S, Murakami S, Furuya K. The effect of tibial tunnel placement and roofplasty on reconstruction anterior ligament knees. *Arthroscopy*. 1995;11(1):57-62.
220. Ninković S, Miličić A, Savić D, Stanković M, Radić S, Milankov M. Upoređivanje kliničkih i radiografskih rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. *Med Pregl*. 2006;59(9-10):421-5.
221. Khalfayan EE, Sharkey PF, Alexander AH, Bruckner JD, Bynum EB. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1996;24(3):335-41.
222. Amis AA, Jakob RP. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1998;6(1):2-12.
223. Gertel TH, Lew WD, Lewis JL, Stewart NJ, Hunter RE. Effect of the anterior cruciate ligament graft tensioning direction, magnitude and flexion angle on knee biomechanics. *Am J Sports Med*. 1993;21(4):572-81.
224. Schabus R, Fuchs M, Kwasny O. The effect of ACL graft pre-load on the static pressure distribution in the knee joint. *Orthop Trans*. 1990;14:431-2.
225. Rodeo SA, Arnoczky SP, Torzilli PA, Hidaka C, Warren RF. Tendon healing in a bone tunnel. A biomechanical and histological study in the dog. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(12):1795-803.
226. Steiner ME, Hecker AT, Brown CH Jr, Hayes WC. Anterior cruciate ligament graft fixation. Comparison of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med*. 1994;22(2):240-6.
227. Matthews LS, Soffer SR. Pitfalls in the use of interference screws for anterior cruciate ligament reconstruction: brief report. *Arthroscopy*. 1989;5(3):225-6.

- 
228. Milankov M, Stankovic M, Miljkovic N. Protection of the bone-tendon-bone graft during anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2005;125(4):288-90.
229. Corsetti JR, Jackson DW. Failure of anterior cruciate ligament reconstruction: the biological basis. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(325):42-9.
230. Greis PE, Steadman JR. Revision of failed prosthetic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(325):78-90.
231. Chang SK, Egami DK, Shaieb MD, Kan DM, Richardson AB. Anterior cruciate ligament reconstruction: allograft versus autograft. *Arthroscopy.* 2003;19(5):453-62.
232. Clayton RA, Court-Brown CM. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury.* 2008;39(12):1338-44.
233. Natri A, Jarvinen M, Lehto M, Kannus P. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament: long-term results of the Eriksson procedure. *Int Orthop.* 1996;20(1):28-31.
234. Aglietti P, Buzzi R, D'Adria S, Zaccherotti G. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon. *Arthroscopy.* 1992;8(4):510-6.
235. Rosemberg TD, Franclin JL, Baldwin GN, Nelson KA. Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1992;20(5):519-25.
236. Milankov M, Kecojević V, Ninković S, Gajdobranski Đ. Prelom patele posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena: prikaz slučaja. *Med Pregl.* 2003;56(11-12):574-6.
237. Milankov M, Semnic R, Miljković N, Harhaji V. Reconstruction of patellar tendon rupture after anterior cruciate ligament reconstruction: a case report. *Knee.* 2008;15(5):419-22.
238. Beard D, Anderson J, Davies S, Price A, Dodd C. Hamstring vs. patella tendon for ACL reconstruction: a randomized controlled trail. *Knee.* 2001;8(1):45-50.
239. Keays S, Bullock J, Keays A, Newcombe P. Muscle strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis. *Knee.* 2001;8(3):229-34.
240. Kopf S, Martin DE, Tashman S, Fu FH. Effect of tibial drill angles on bone tunnel aperture during anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(4):871-81.
-

241. Bedi A, Maak T, Musahl V, Citak M, O'Loughlin PF, Choi D, et al. Effect of tibial tunnel position on stability of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. Is the tibial tunnel position most important? *Am J Sports Med.* 2011;39(2):366-73.
242. Kopf S, Pombo MW, Szczodry M, Irrgang JJ, Fu FH. Size variability of the human anterior cruciate ligament insertion sites. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):108-13.
243. Murawski CD, Chen AF, Fu FH. Radiographic femoral bicondylar width predicts anterior cruciate ligament insertion site sizes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(8):2424-7.
244. Ferreti A, Conteduca F, Monaco E, De Carli A, D'Arrigo C. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with doubled semitendinosus and gracilis tendons and lateral extraarticular reconstruction. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(2):196-213.
245. Smith HC, Vacek P, Johnson RJ, Slauterbeck JR, Hashemi J, Shultz S, et al. Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature. Part 1: neuromuscular and anatomic risk. *Sports Health.* 2012;4(1):69-78.
246. Hewett T, Myer G, Ford K. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes. Part 1: mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med.* 2006;34(2):299-311.
247. Huston MS. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. *Clin Orthop.* 2000;17(6):50-63.
248. De Morat G, Weinhold P, Blackburn T, Chudik S, Garrett W. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):477-83.
249. Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management and prevention. *Am Fam Physician* 2010;82(8):917-22.
250. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 2005;39(6):324-9.
251. Knowles SB, Marshall SW, Bowling JM, Loomis D, Millikan R, Yang J, et al. A prospective Study of Injury Incidence among North Carolina High School Athletes. *Am J Epidemiol* 2006;164(12):1209-21.
252. Moisala AS, Järvelä T, Harilainen A, Sandelin J, Kannus P, Järvinen M. The effect of graft placement on the clinical outcome of the anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(7):879-87.

253. Inderhaug E, Strand T, Fischer-Bredenbeck C, Solheim E. Effect of a too posterior placement of the tibial tunnel on the outcome 10–12 years after anterior cruciate ligament reconstruction using the 70-degree tibial guide. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(5):1182-9.
254. Inderhaug E, Raknes S, Østvold T, Solheim E, Strand T. Increased revision rate with posterior tibial tunnel placement after using the 70-degree tibial guide in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(1):152-8.
255. Parkinson B, Gogna R, Robb C, Thompson P, Spalding T. Anatomic ACL reconstruction: the normal central tibial footprint position and a standardised technique for measuring tibial tunnel location on 3D CT. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(5):1568-75.
256. Ristić V, Ninković S, Harhaji V, Milankov M. Causes of anterior cruciate ligament injuries. *Med Pregl.* 2010;63(7-8):541-5.
257. Schaefer RA, Filert RE, Gillogly SD. Disruptio of the anterior cruciate ligament in 4-year old child. *Orthop Rev.* 1993;22(6):725-7.
258. Miller MD, Col MC, Sullivan RT, Capt MC. Anterior cruciate ligament reconstruction in an 84-year-old man. *Arthroscopy.* 2001;17(1):70-2.
259. Al-Hadithy N, Dodds AL, Akhtar KSN, Gupte CM. Current concepts of the management of anterior cruciate ligament injuries in children. *Bone Joint J.* 2013;95-B(11):1562-9.
260. Webster KE, Feller JA, Leigh WB, Richmong AK. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2014;42(3):641-7.
261. Harhaji V, Subašić S, Ninković S, Lalić I, Salamon T, Ristić V. The impact combined meniscus tear on quality of life after anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Pregl.* 2016;69(5-6):153-9.
262. Bowers AL, Spindler KP, McCarty, Arrigain S. Height, weight and BMI predict intraarticular injuries observed during ACL reconstruction: evaluation of 456 cases from a prospective ACL database. *Clin J Sport Med.* 2005;15(1):9-13.
263. Davis TJ, Shelbourne KD, Klootwyk TE. Correlation of the intercondylar notch width of the femur to the width of the anterior and posterior cruciate ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7(4):209-14.
264. Andernord D, Desai N, Björnsson H, Ylander M, Karlsson J, Samuelsson K. Patient predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament

- reconstruction: a cohort study of 16,930 patients with 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2015;43(1):121-7.
265. Urabe Y, Iwamoto H, Koshida S, Tanaka K, Kotaro M, Ochi M. Does laterality exist in ACL injury prevalence in alpine skiers? *J ASTM Int.* 2008;5(10):1-7.
266. Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, et al. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(9):1503-13.
267. Milankov M, Miljkovic N. A new positioning device for precise femoral insertion of the anterior cruciate ligament autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8(3):149-53.
268. Brophy R, Silvers HC, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med.* 2010;44(10):694-7.
269. Dargel J, Pohl P, Tzikaras P, Koebke J. Morphometric side-to-side differences in human cruciate ligament insertions. *Surg Radiol Anat.* 2006;28(4):398-402.
270. Frank RM, Seroyer ST, Lewis PB, Bach BR Jr, Verma NN. MRI analysis of tibial position of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18:1607-11.
271. Williamns JS, Abat JA, Fadale PD, Tung GA. Meniscal and nonosseous ACL injuries in children and adolescent. *Am J Knee Surg.* 1996;9(1):22-6.
272. Øiestad BE, Engebretsen L, Storheim K, Risberg MA. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2009;37(7):1434-43.
273. Michalitsis S, Vlychou M, Malizos KN, Thriskos P, Hantes ME. Meniscal and articular cartilage lesions in the ACL deficient knee: correlation between time from injury and knee scores. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2013;23(1):1-8.
274. Mitsou A, Vallianatos P. Meniscal injuries associated with rupture of the anterior cruciate ligament: a retrospective study. *Injury.* 1988;19(6):429-31.
275. Papastergiou SG, Koukoulis NE, Mikalef P, Ziogas E, Voulgaropoulos H. Meniscal tears in the ACL-deficient knee: correlation between meniscal tears and the timing of ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(12):1438-44.

- 
276. Stijak L, Radonjić V, Nikolić V, Blagojević Z, Herzog RF. The position of anterior cruciate ligament in frontal and sagittal plane and its relation to the inner side of the lateral femoral condyle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(8):887-94.
277. Cerabona F, Sherman MF, Bonamo JR, Sklar J. Patterns of meniscal injury with acute anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med.* 1988;16(6):603-9.
278. Thomas S, Bhattacharya R, Saltikov JB, Kramer DJ. Influence of anthropometric features on graft diameter in ACL reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;133(2):215-8.
279. Bach BR, Tradonsky S, Bojchuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, Khan NH. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five-to nine year follow-up evaluation. *Am J Sports Med.* 1998;26(1):20-9.
280. Binfield PM, Maffulli N, King JB. Patterns of meniscal tears associated with anterior cruciate ligament lesions in athletes. *Injury.* 1993;24(8):557-61.
281. Baker M. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. *J Womens Health.* 1998;7(3):343-9.
282. Røtterud JH, Sivertsen EA, Forssblad M, Engebretsen L, Asbjørn Å. Effect of meniscal and focal cartilage lesions on patient-reported outcome after anterior cruciate ligament reconstruction: a nationwide cohort study from Norway and Sweden of 8476 Patients with 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2013;41(3):535-43.
283. Passler HH, Hoher J. Intraoperative quality control of the placement of bone tunnels for the anterior cruciate ligament. *Unfallchirurg.* 2004;107(4):263-72.
284. Shelbourne KD, Wilckens JH, De Carlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* 1991;19(4):322-6.
285. Laxdal G, Kartus J, Ejerhed L, Sernert N, Magnusson L, Faxén E, et al. Outcome and risk factors after anterior cruciate ligament reconstruction: a follow-up study of 948 patients. *Arthroscopy.* 2005;21(8):958-64.
286. Webb JM, Corry IS, Clingeffer AJ, Pinczewski LA. Endoscopic reconstruction for isolated anterior cruciate ligament rupture. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(2):288-94.
-



287. Gokce A, Beyzadeoglu T, Ozyer F, Bekler H, Erdogan F. Does bone impaction technique reduce tunnel enlargement in ACL reconstruction? *Int Orthop*. 2009;33(2):407-12.
288. Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000;23(6):573-8.
289. Agel J, Arendt EA, Bershadsky B. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am J Sports Med*. 2005;33(4):524-30.
290. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*. 2007;35(3):359-67.
291. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T, Shimizu T, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in sports activities: a twenty-year clinical research of 1700 athletes. *J Sports Sci Med*. 2010;9(4):669-75.
292. Shimokochi Y, Shultz SJ. Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train*. 2008;43(4):396-408.
293. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, 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.
294. Wislow JA, Bach BR. Menaging ACL tears. Evaluation and diagnosis. *J Musculoskelet Med*. 2004;21:381-90.
295. Ristić V, Ninković S, Harhaji V, Stanković M, Savić D, Milankov M. Reconstruction of ACL by using two different techniques. *Med Pregl*. 2010;63(11-12):845-50.
296. Natri A, Beynnon BD, Ettliger CF, Johnson RJ, Shealy JE. Alpine ski bindings and injuries. Current findings. *Sports Med*. 1999;28(1):35-48.
297. Bruesch M. Epydemiology, treatment and follow-up of acute ligamentous knee. *Z Unfallchir Versicherungsmed*. 1993;Suppl 1:S144-5.
298. Engstrom B, Johansson C, Tornkvist H. Soccer injuries among elite female player. *Am J Sports Med*. 1991;4:372-5.
299. Ekstrand J, Gillquist J. Soccer injuries and their mehanisms: a prospective study. *Med Sci Sports Exerc*. 1983;15(3):267-70.

300. Bjordal JM, Arnly F, Hannestad B, Strand T. Epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Am J Sports Med.* 1997;5(3):341-5.
301. Myklebust G, Holm I, Maehlum S, Engebretsen L, Bahr R. Clinical, functional and radiological outcome 6-11 years after ACL injuries in team handball players: a follow-up study. *Am J Sports Med.* 2003;31(6):981-9.
302. Motohashi M. Profile of bilateral anterior cruciate ligament injuries: a retrospective follow-up study. *J Orthop Surg.* 2004;12(2):210-5.
303. Milankov M, Jovanović A, Miličić A, Savić D, Vukosav B. The results of anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction in athletes using single transligamentar incision. In: 4th International Congress of Northern Greece Sport Medicine Association; 1997 Jun 19-22; Thessaloniki, Greece; 1997. p. 122.
304. Souryal TO, Moore HA, Evans JP. Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries: associated intercondylar notch stenosis. *Am J Sports Med.* 1988;16(5):449-54.
305. Myklebust G, Haehlum S, Holm I. A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports.* 1998;8(3):149-53.
306. Seil R, Rupp S, Tempelhof S. Sports injuries in team handball. A one-year prospective study of sixteen men's senior teams of a superior nonprofessional level. *Am J Sports Med.* 1998;26(5):681-7.
307. Marder R, Raskind J, Carroll M. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med.* 1991;19(5):478-85.
308. Anderson A, Snyder R, Lipscomb A. ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):272-9.
309. Barber FA, Elrod BF, McGuire DA, Paulos LE. Is an anterior cruciate ligament reconstruction outcome age dependent? *Arthroscopy.* 1996;12(6):720-5.
310. Wera JC, Nyland J, Ghazi C, MacKinlay KG, Henzman RC, Givens J, et al. International knee documentation committee knee survey use after anterior cruciate ligament reconstruction: a 2005-2012 systematic review and world region comparison. *Arthroscopy.* 2014;30(11):1505-12.
311. Hefti F, Muller W, Jakob RP, Staubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1993;1(3-4):226-34.

312. Streich NA, Friedrich K, Gotterbarm T, Schmitt H. Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(3):232-8.
313. Falchhook FS, Tigges S, Carpenter WA, Branch TP, Stiles RG. Accuracy of direct signs of tears of the anterior cruciate ligament. *Can Assoc Radiol J.* 1996;47(2):114-20.
314. Padua R, Alviti F, Venosa M, Mazzola C, Padau L. The influence of graft placement on clinical outcome in anterior cruciate ligament reconstruction. *Joints.* 2016;4(1):12-6.
315. Shaieb M, Kan D, Chang S, Marumoto J, Richardson A. Prospective randomised comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* 2002;30(2):214-20.
316. Heier KA, Mack DR, Moseley JB, Paine R, Bocell JR. An analysis of ACL reconstruction in middle-aged patients. *Am J Sports Med.* 1997;25(4):527-32.
317. Aglietti P, Zaccherotti G, Menchetti PP, De Biase P. A comparison of clinical and radiological parameters with two arthroscopic techniques for ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1995;3(1):2-8.
318. Chadwick C, Prodromos MD, Yung S, Brett L. Stability results of hamstring ACL reconstruction at 2 to 8 year follow-up. *Arthroscopy.* 2005;21(2):138-46.
319. Jagodzinski M, Geiges B, Falck C, Knobloch K, Haasper C, Brand J. Biodegradable screw versus a press-fit bone plug fixation for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study. *Am J Sports Med.* 2010;38(3):501-8.
320. Hamer A, Metcalfe A, Roy S. Four-strand hamstring reconstruction using biointrafix and rigidfix: a retrospective review. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94:117.
321. Briggs K, Steadman J, Hay C, Hines S. Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):898-901.
322. Briggs K, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey W, Kocher M, Steadman J. 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.

323. Weiler A, Richter M, Schmidmaier G, Kandziora F, Sudkamp NP. The Endo Pearl device increases fixation strength and eliminates construct slippage of hamstring tendon grafts with interference screw fixation. *Arthroscopy*. 2001;17(4):353-9.
324. Lewis PB, Parameswaren AD, Rue JH, Bach BR. Systematic review of single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction outcomes. *Am J Sports Med*. 2010;36(10):2028-36.
325. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1990;18(3):292-9.
326. Kopf S, Forsythe B, Wong AK, Tashman S, Anderst W, Irrgang JJ, et al. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(6):1427-31.
327. Forsythe B, Kopf S, Wong AK, Martins CA, Anderst W, Tashman S, Fu FH. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(6):1418-26.
328. Ahn JH, Jeong HJ, Ko CS, Ko TS, Kim JH. Three-dimensional reconstruction computed tomography evaluation of tunnel location during single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of transtibial and 2-incision tibial tunnel – independent techniques. *Clin Orthop Surg*. 2013;5(1):26-35.
329. Arcuri F, Barclay F, Nacul I. Anterior cruciate ligament reconstruction: Transtibial vs Transportal radiographic evaluation on femoral and tibial tunnel position. *Orthop J Sports Med*. 2014;2(4 Suppl):S1.
330. MARS group. Radiographic findings in revision anterior cruciate ligament reconstructions from the MARS cohort. *J Knee Surg*. 2013;26(4):239-48.
331. Werner BC, Burrus TM, Gwathmey WF, Miller MD. A prospective evaluation of the anterior horn of the lateral meniscus as a landmark for tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Knee*. 2016;23(3):478-81.
332. Stäubli HU, Rauschning W. Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2(3):138-46.
333. Pinczewski LA, Salmon LJ, Jackson WF, Bormann RB, Haslam PG, Tashiro S. Radiological landmarks for placement of the tunnels in single-bundle

- reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(2):172-9.
334. Guler O, Mahirogullari M, Mutlu S, Cerci MH, Seker A, Cakmak S. Graft position in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: anteromedial versus transtibial technique. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136(11):1571-80.
335. Vermesan D, Inchingolo F, Patrascu JM, Trocan I, Prejbeanu R, Florescu S, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction and determination of tunnel size and graft obliquity. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015;19(3):357-64.
336. Stijak L, Santrač-Stijak G, Nikolić V, Blagojević Z, Mališ M, Šijački A, et al. Ugao prednje ukrštene veze u frontalnoj i sagitalnoj ravni. *Acta Chir Iugosl.* 2010;57(1):125-33.
337. Steckel H, Vadala G, Davis D, Musahl V, Fu FH. 3-D MR imaging of partial ACL tears: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(9):1066-71.
338. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 1995;11(3):275-88.
339. Howell SM, Wallace MO, Hull ML, Deutsch ML. Evaluation of the single incision arthroscopic technique for anterior cruciate ligament replacement. A study of tibial tunnel placement, intraoperative graft tension and stability. *Am J Sports Med.* 1999;27(3):284-93.
340. Zijl JA, Kleipool AE, Willems WJ. Comparison of tibial tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft or allograft. *Am J Sports Med.* 2000;28(4):547-51.
341. Romano VM, Graf BK, Kneene JS, Lange RH. Anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of tibial tunnel placement on range of motion. *Am J Sports Med.* 1993;21(3):415-8.
342. Tanksley JA, Werner BC, Conte EJ, Lustenberger DP, Burrus MT, Brockmeier SF, et al. ACL roof impingement revisited: does the independent femoral drilling technique avoid roof impingement with anteriorly placed tibial tunnels? *Orthop J Sports Med.* 2017;5(5):1-8.
343. Tsuda E, Ishibashi Y, Fukuda A, Yamamoto Y, Tsukada H, Ono S. Tunnel position and relationship to postoperative knee laxity after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with a transtibial technique. *Am J Sports Med.* 2010;38(4):698-706.

344. Muneta T, Takakuda K, Yamamoto H. Intercondylar notch width and its relation to the configuration and cross-sectional area of the anterior cruciate ligament. A cadaveric knee study. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):69-72.
345. Stijak L, Blagojević Z, Kadija M, Stanković G, Đulejić V, Milovanović D, et al. Uloga zadnjeg tibijalnog nagiba u rupturi prednje ukrštene veze. *Vojnosanit Pregl.* 2012;69(10):864-8.
346. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL, Harner CD. Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):376-82.
347. Dejour H, Neyret P, Bonnin M. Monopodal weight-bearing radiography of the chronically unstable knee. In: Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and the cruciate ligaments: anatomy, biomechanics, clinical aspect, reconstruction, complications, rehabilitation.* Berlin: Springer-Verlag; 1992. p. 568-76.
348. Imran A, O'Connor JJ. Theoretical estimates of cruciate ligament forces: effects of tibial surface geometry and ligament orientations. *Proc Inst Mech Eng H.* 1997;211(6):425-39.
349. Brandon ML, Haynes PT, Bonamo JR, Flinn MI, Barrett GR, Sherman MF. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency. *Arthroscopy.* 2006;22(8):894-9.
350. Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture: two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(5):745-9.
351. Webb JM, Salmon LJ, Leclerc E, Pinczewski LA, Roe JP. Posterior tibial slope and further anterior cruciate ligament injuries in the anterior cruciate ligament-reconstructed patient. *Am J Sports Med.* 2013;41(12):2800-4.
352. Todd MS, Lalliss S, Garcia ES, DeBerardino TM, Cameron KL. The relationship between posterior tibial slope and anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 2010;38(1):63-7.
353. Kessler MA, Burkart A, Martinek V, Beer A, Imhoff AB. Development of a 3-dimensional method to determine the tibial slope with multislice-CT. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2003;141(2):143-7.
354. Hudek R, Fuchs B, Regenfelder F, Koch PP. Is noncontact ACL injury associated with the posterior and meniscal slope? *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(8):2377-84.

355. Hashemi J, Chandrashekar N, Gill B, Beynnon BD, Slauterbeck JR, Schutt RC Jr, et al. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(12):2724-34.
356. Simon RA, Everhart JS, Nagaraja HN, Chaudhari AM. A case-control study of anterior cruciate ligament volume, tibial plateau slopes and intercondylar notch dimensions in ACL-injured knees. *J Biomech.* 2010;43:1702-7.
357. Terauchi M, Hatayama K, Yanagisawa S, Saito K, Takagishi K. Sagittal alignment of the knee and its relationship to noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 2011;39:1090-4.
358. Lee YS, Kim JG, Lim HC, Park JH, Park JW, Kim JG. The relationship between tibial slope and meniscal insertion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(12):1416-20.
359. Hudek R, Schmutz S, Regenfelder F, Fuchs B, Koch PP. Novel measurement technique of the tibial slope on conventional MRI. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(8):2066-72.
360. Ristić V, Maljanović M, Peričin B, Harhaji V, Milankov M. Uticaj nagiba zglobove površine golenjače na povrede prednjeg ukrštenog ligamenta. *Med Pregl.* 2104;57(7-8):216-21.
361. Navalušić S, Milojević Z, Milankov M. Technical aspects of the human knee postoperative results verification. In: 49th Anniversary of the Faculty of Technical Sciences; 2009 May 18; Novi Sad, Serbia. *Machine Design.* 2009;303-6.
362. Yamazaki J, Muneta T, Koga H, Sekiya I, Ju YJ, Morito T, et al. Radiographic description of femoral tunnel placement expressed as intercondylar clock time in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(3):418-23.
363. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu F, Woo S. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy.* 2003;19(3):297-304.
364. Giron F, Cuomo P, Aglietti P, Bull AMJ, Amis AA. Femoral attachment of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):250-6.

365. Golish SR, Baumfeld JA, Schoderbek RJ, Miller MD. The effect of femoral tunnel starting position on tunnel length in anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Arthroscopy*. 2007;23(11):1187-92.
366. Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL. The anterior cruciate ligament. A technique of repair and reconstruction. *Clin Orthop*. 1979;(143):97-106.
367. Hing C, Raleigh E, Bailey M, Shah N, Marshall T, Donell S, et al. A prospective study of the diagnostic potential of the tunnel view radiograph in assessing anterior knee pain. *Knee*. 2007;14(1):29-33.
368. Panni AS, Milano G, Tratarone M, Demontis A, Fabbriani C. Clinical and radiographic results of ACL reconstruction: a 5 to 7-year follow up study of outside-in versus inside-out reconstruction techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001;9(2):77-85.



## 7 PRILOZI

### PRILOG 1.

#### INFORMACIJA ZA ISPITANIKA

Nazivstudije: » **PROSTORNO ODREĐIVANJE POLOŽAJA KALEMA U GOLENJAČI POSLE REKONSTRUKCIJE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA KOLENA** «

Ovim istraživanjem želimo da utvrdimo da li postoji mogućnost primene novorazvijenog kompjuterskog programa za analizu standardnih radiograma u cilju određivanja položaja kalema u golenjači nakon artroskopski asistirane rekonstrukcije prednjeg ukršenog ligamenta kolena, na osnovu čega bi se moglo dati i predviđanje uspešnosti samog operativnog zahvata. U cilju toga, Vi ćete preoperativno i postoperativno biti pregledani na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju. Sedmog postoperativnog dana će biti napravljeni standardni radiogrami Vašeg operisanog kolena, kao i kod svakog drugog pacijenta. Od tih radiograma, dve projekcije, prednje-zadnja i bočna će se analizirati novorazvijenim kompjuterskim programom, a ostali snimci će biti upotrebljeni za proveru rezultata dobijenih prethodnom analizom. Rezultati ova dva načina određivanja položaja kalema u golenjači biće analizirani i upoređivani. Takođe, ove rezultate upoređićemo i sa funkcionalnim rezultatom na Vašem kolenu godinu dana nakon operacije. Tada neće biti novih snimanja. Pregled i merenja su u skladu sa podacima iz literature i vršiće se na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju. Meriće se prednje pomeranje potkolenice u odnosu na natkolenicu, rotatorna pokretljivost potkolenice u odnosu na natkolenicu i određena

merenja na postoperativnim radiografskim snimcima. Sva ova merenja su neinvazivna, sa pouzdanošću se sprovode u svakodnevnoj dijagnostičkoj praksi lekara i na načine koji ne narušavaju Vaše zdravlje.

Voleli bi smo da se uključite u ovo ispitivanje. Vaše učešće je dobrovoljno. Ako pristanete, osim eventualne zdravstvene, ne očekujte nikakvu drugu korist. Ukoliko se uključite u naše ispitivanje imate mogućnost da iz njega istupite u bilo kom trenutku, bez obrazlaganja takve Vaše odluke i bez ikakvih posledica. Tokom ispitivanja od Vas će se zahtevati samo pažljivo praćenje uputstava ispitivača radi što efikasnijeg sprovođenja ovih merenja, a odlukom da učestvujete u istraživanju neće Vam biti nametnuti dodatni materijalni troškovi.

Svi rezultati i podaci dobijeni od Vas biće čuvani u tajnosti od drugih lica, a u skladu sa Hipokratovom zakletvom lekara o čuvanju lekarske tajne.

Vaša odluka o neučestvovanju ili napuštanju ispitivanja u bilo kojoj njegovoj fazi ni na koji način neće uticati na dalji tok i ishod lečenja. Ovo ispitivanje će se vršiti i dobijeni rezultati koristiti isključivo u naučne svrhe.

Za sve nejasnoće obratite se lekaru koji vodi ispitivanje Đuričin dr Aleksandru na telefone 064/209-41-60 i 021/6366-454.

**PRILOG 2.****TEKST PRISTANKA PACIJENTA**

Naziv studije: » **PROSTORNO ODREĐIVANJE POLOŽAJA KALEMA U GOLENJAČI POSLE REKONSTRUKCIJE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA KOLENA** «

Ja (Ime Prezime), pročitao sam tekst o cilju i načinu ispitivanja. Razgovarao sam sa voditeljem ispitivanja. Razjašnjene su mi sve nejasnoće.

Svestan sam toga da:

1. mogu slobodno ući, ali isto tako i slobodno napustiti ispitivanje u bilo kojoj fazi bez obrazlaganja svoje odluke.
2. ukoliko donesem odluku da ne učestvujem ili da napustim ispitivanje, neću snositi nikakve posledice i ta moja odluka neće uticati na dalji tok i ishod lečenja.
3. je moja tajnost u ovom ispitivanju garantovana.
4. u svakom trenutku za sve nejasnoće mogu kontaktirati Đuričin dr Aleksandra na telefon 064/209-41-60 i 021/6366-454.

Dobrovoljno dajem pristanak za učestvovanje u navedenom ispitivanju što i potvrđujem svojeručnim potpisom.

Ispitanik:

Datum:

Ispitivač:

\_\_\_\_\_  
Aleksandar Đuričin

**PRILOG 3.****Tegner bodovna skala aktivnosti**

10. Takmičarski sportovi: fudbal nacionalne i internacionalne utakmice.	5. Rad: težak rad (građevina, drvoseča). Takmičarski sportovi: biciklizam, trčanje na skijama. Rekreativni sportovi: džoging na neravnom terenu najmanje 2x nedeljno.
9. Takmičarski sportovi: fudbal niže lige, hokej na ledu, rvanje, gimnastika.	4. Rad: umereno težak rad (kućni poslovi). Rekreativni sport: biciklizam, trčanje na skijama, trčanje po ravnom najmanje 2x nedeljno.
8. Takmičarski sportovi: badminton, atletika (skakanje itd.), skijanje, polo.	3. Rad: lak posao (sestrinski). Takmičarski i rekreativni sportovi: plivanje, hodanje kroz šumu moguće.
7. Takmičarski sportovi: tenis, atletika (trčanje), motokros, spidvej, rukomet. Rekreativni sportovi: fudbal, polo, hokej na ledu, atletika (skakanje), orijentaciono trčanje.	2. Rad: lak posao. Hod – moguć po neravnom, ali ne i kroz šumu.
6. Rekreativni sportovi: tenis i badminton, rukomet, košarka, skijanje, džoging najmanje 5x nedeljno.	1. Rad: sedeći posao. Hod po ravnom.
	0. Bolovanje ili invalidska penzija zbog problema sa kolenom.

**PRILOG 4.****Lysholm bodovna skala za koleno**

<b>NESTABILNOST</b>	
nikad ne "klecne"	25
retko, tokom sportskih ili drugih jakih naprezanja	20
često, tokom sportskih aktivnosti (ili sport nemoguć)	15
povremeno, u svakodnevnim aktivnostima	10
često, u svakodnevnim aktivnostima	5
pri svakom koraku "klecne"	0
<b>BOL</b>	
nikada	25
povremen i blag za vreme jakih naprezanja	20
naznačen, za vreme jakih naprezanja	15
naznačen, za vreme ili nakon pešačenja dužeg od 2 km	10
naznačen, za vreme ili nakon pešačenja kraćeg od 2 km	5
stalan i jak	0
<b>BLOKIRANJE</b>	
nema blokiranja ili osećaja punoće	15
osećaj punoće ali bez blokiranja	10
blokiranje, povremeno	6
blokiranje, često	2
blokiranje koleno pri pregledu	0

<b>OTICANJE</b>	
nikad	10
posle jakih naprezanja	6
posle uobičajenih naprezanja	2
stalno	0
<b>OSLONAC</b>	
pun oslonac	5
koristi štap ili štaku	2
oslonac nemoguć	0
<b>ČUČANJE</b>	
bez problema	5
uz blage teškoće	4
ne preko 90 stepeni	2
nemoguće	0
<b>PENJANJE UZ STEPENICE</b>	
bez problema	10
uz blage teškoće	6
po jednu stepenicu	2
nemoguće	0
<b>ŠANTANJE</b>	
nikada	5
nezatno ili periodično	3
jako i stalno	2

**PRILOG 5.****IKDC STANDARD****OBRAZAC ZA ISPITIVANJE LIGAMENATA KOLENA**

Broj ispitanika:..... Datum: ...../...../.....

Zanimanje: .....

Sport: A) prvi ..... B) drugi .....

Godine: ..... Pol: ..... Visina: .....cm Težina: .....kg

Koleno:           A) desno     B) levo

Suprotno normalno: A) da        B) ne

Uzrok povrede:.....

Datum povrede: ...../...../.....

Lečenje:.....

Dnevne aktivnosti:.....

Saobraćaj:.....

Kontakt        Bez kontakta

Datum Op:...../...../.....

Postop.: .....

**STANJE MENISKUSA**

N1     1/3     2/3     Ceo     Labav     Čvrst     Normalan

Lateralni

Medijalni

---

<b>AKTIVNOST</b>	Pre povrede	Pre operacije	Posle operacije
------------------	-------------	---------------	-----------------

**I Veliki napor** skakanje,

promena pravca, jak udarac

(fudbal, ragbi)

**II Srednji napor** težak ručni rad

(skijanje, tenis)

**III Malo naprezanje** lak ručni rad

(džoging, trčanje)

**IV Umereno naprezanje**

(kućni poslovi, dnevne aktivnosti)

**OSAM GRUPA A.Normalno B.Skoro norm. C.Abnormalno D.Teška abn. A B C D****1. Subjektivno**

- kako funkcioniše koleno 0 1 2 3

- Od 0-3 , kako koleno

utiče na aktivnost 0 1 2 3**2. Simptomi**

(stepenuje se max. aktiv.

**I  
max.napor****II  
srednji****III  
lagan****IV  
umeren**

bez simptoma. Isključi 0

za neznatno)

BOL \_\_\_\_\_

OTOK \_\_\_\_\_

Delimična nesposobnost \_\_\_\_\_

Potpuna nesposobnost \_\_\_\_\_



<b>3. Obim pokreta</b> Ext/Fle:	merena	/	/	suprotna	/	/
deficit ekstenzije	<3°		3-5°		6-10°	>10°
<u>deficit felksije</u>	<u>0-5°</u>		<u>6-15°</u>		<u>16-25°</u>	<u>&gt;25°</u>

#### 4. Ispitivanje ligamenta

- LACHMAN (25 flex)	1 do 2 mm	3-5 mm	6-10 mm	> 10 mm
	< -1	do -3 tvrd	< -3 tvrd	
zaustavljanje	čvrsto		meko	
- A.P. pomeraj (70 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	>10 mm
- zadnja fioka (70 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	>10 mm
- med. otvaranje (20 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	>10 mm
- lat. otvaranje (20 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	>10 mm
- pivot shift	jednak	+ (klizi)	++ (škljoca)	+++ (znatno)
<u>- reverzni pivot shift</u>	<u>jednak</u>	<u>sklizavanje</u>	<u>upadljiv</u>	<u>znatan</u>

#### 5. Lokalni nalaz

- patelofemoralni krepitacije	nema	umereno	srednje bolno	> srednje
- krepitacije med. dela	nema	umereno	srednje bolno	> srednje
<u>- krepitacije lat. dela</u>	<u>nema</u>	<u>umereno</u>	<u>srednje bolno</u>	<u>&gt; srednje</u>

<b>6. Vidljiva patologija</b>	nema	srednje	umereno	jako
-------------------------------	------	---------	---------	------

#### 7. RTG ispitivanje

- med. pukotina	nema	srednje	umereno	jako
- lat. pukotina	nema	srednje	umereno	jako
<u>- patelofemoralno</u>	<u>nema</u>	<u>srednje</u>	<u>umereno</u>	<u>jako</u>

**8. Funkcionalni testovi**

skok na jednoj nozi

( % od druge strane )      > 90%      89-76%      75-50%      <50%

---

**\*\*KONAČNA OCENA**

---      ---      ---      ---

---

\* Najniži stepen unutar grupe određuje stepen grupe.

\*\* Najgori stepen određuje konačnu ocenu kod akutnih i subakutnih.

Kod hroničnih uporedi pre i postoperativni status. U konačnoj oceni ispituju se samo prve 4 grupe, ali se sve dokumentuju.