



UNIVERZITET U NOVOM SADU

MEDICINSKI FAKULTET



Transtibijalni portal u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori:

Prof. dr Zoran Gojković

Prof. dr Nataša Todorović

Kandidat:

dr Miodrag Vranješ

Novi Sad, 2021.godine

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА¹

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Миодраг Врањеш
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција)	Проф. др Зоран Гојковић, ванредни професор, Медицински факултет Нови Сад Проф. др Наташа Тодоровић, редовни професор, Природно-математички факултет Нови Сад
Наслов рада:	Транстибијални портал у реконструкцији предњег укрштеног лигаментa колена
Језик публикације (писмо):	Српски (_____ латиница _____) или (навести ћирилица или латиница) _____
Физички опис рада:	Унети број: Страница _106_____ Поглавља _9_____ Референци _223_____ Табела _9_____ Слика _28_____ Графикона _12_____ Прилога _3_____
Научна област:	Медицина

¹ Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штампаном и електронском облику и не кориче се са тезом.

Ужа научна област (научна дисциплина):	Ортопедска хирургија, спортска трауматологија
Кључне речи / предметна одредница:	Предњи укрштени лигамент; реконструкција предњег укрштеног лигамента; тибија; кост-лигамент чашица-кост калем; артроскопија; ортопедске хируршке методе Не MeSH: транстибијални портал
Резиме на језику рада:	<p>Предњи укрштени лигамент колена је један од четири најважнија лигамента колена. Овај лигамент спречава предње померање голењаче у односу на бутну кост, али је значајан и у обезбеђивању бочне и ротаторне стабилности колена. Његова главна улога је у функционалној стабилности зглоба колена. Реконструкција предњег укрштеног лигамента се поједнако изводи и код професионалних спортиста и код рекреативаца. На територији Војводине која броји приближно два милиона становника, годишње се обави 400 реконструкција предњег укрштеног лигамента. "Златни стандард" реконструкције предњег укрштеног лигамента колена у последње три деценије је примена трансплантата средње трећине лигамента чашице. Такав кост-лигамент чашице-кост трансплантат назива се још и калем. Оријентација трансплантата предњег укрштеног лигамента колена, ма коју технику фиксације или врсту користили, од суштинског је значаја. Место на којем се поставља проксимални крајак калема је строго анатомски дефинисано. Одступање од прецизне реконструкције не доводи до адекватног биомеханичког резултата. Колену се приступа проласком кроз капсулу зглоба инструментом званом троакар. Комуникација колена са спољашњом средином, која је направљена на тај начин, назива се портал. Портал служи са увођење оптичке камере или инструмената у колено. Слика из унутрашњости колена преноси се на монитор путем оптичког система са увеличавајућим сочивима и извором хладног светла. Унутрашњост колена је могуће посматрати кроз два портала, предње-унутрашњег и предње-спољашњег. Место на које је неопходно поставити калем строго је анатомски дефинисано, тј. неопходно је поставити калем на место морфолошки предодређеног места припоја лигамента. Ако се узме у обзир закривљеност добијене слике на монитору, као и угао под којим се посматра место инсерције лигамента, може се закључити да је изузетно тешко постићи адекватну прецизност. Уколико би се угао посматрања места инсерције повећао, односно приближио 90° у односу на равну коју ствара унутрашња страна спољашњег кондила бутне кости, видљивост би била далеко боља а тиме и грешка у оријентацији трансплантата мања. Већи угао посматрања био би могућ само је кроз евентуално трећи портал. У стандардну процедуру операције предњег укрштеног лигамента колена спада бушење тунела тј. отвора на површини голењаче ради постављања кост-лигамент чашице-кост трансплантата. Бушење голењаче се врши под углом од 45° до 55° у сагиталној равни и 10° до 20° у фронталној равни у односу на равну површине кости. Овом оперативном техником је отворен још један пут у колено, то је портал кроз горњи крајак голењаче. Уколико би се увела оптика кроз овај портал, којим је могуће прићи артроскопом ближе месту инсерције предњег укрштеног лигамента, и под већим углом у односу на равну унутрашње стране спољашњег кондила, закривљеност слике би била мања а</p>

	<p>прецизност операције већа. Сви оптички инструменти који се тренутно користе у рутинским медицинским процедурама артроскопије приказују слику на монитору која је закривљена. Створена слика је бачвасто закривљена, дакле закривљеност се повећава на периферији слике док је у централном делу закривљеност минимална. Користећи наведени ТТ приступ снимања колена и употребом адекватног математичког модела покушаћемо да пронађемо најадекватнији угао бушења горњег краја голењаче као и најповољнији угао савијености колена током операције. Управо је предмет ове студије мерење угла бушења тунела и савијености колена, односно евалуација новог ТТ портала.</p>
Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	17.06.2020. године
Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	Председник: Члан: Члан: Члан:
Напомена:	

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Miodrag Vranješ
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	Zoran Gojković, MD, Ph.D., associate professor Nataša Todorović, Ph.D., full professor
Thesis title:	Transtibial portal in reconstruction of the anterior cruciate ligament
Language of text (script):	Serbian language (___ latin ___) or (cyrillic or latin script) _____ language
Physical description:	Number of: Pages _____ 106 _____ Chapters _ 9 _____ References _ 223 _____ Tables _____ 9 _____ Illustrations _____ 28 _____ Graphs _____ 12 _____ Appendices _____ 3 _____
Scientific field:	Medicine
Scientific subfield (scientific discipline):	Orthopaedic surgery, sports traumatology
Subject, Key words:	Anterior Cruciate Ligament; Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Tibia; Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts; Arthroscopy; Orthopedic Procedures Non MeSH: Transtibial Portal

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

<p>Abstract in English language:</p>	<p>The anterior cruciate ligament of the knee is one of the four most important knee ligaments. This ligament prevents the anterior movement of the tibia in relation to the femur, but it is also important in providing lateral and rotatory stability of the knee. Its main role is in the functional stability of the knee joint. Reconstruction of the anterior cruciate ligament is performed equally in professional athletes and recreational athletes. On the territory of Vojvodina, which has approximately two million inhabitants, 400 reconstructions of the anterior cruciate ligament are performed annually. The "gold standard" of anterior cruciate ligament reconstruction in the last three decades is the use of middle third patellar ligament transplants. It is a bone- patellar ligament - bone graft. Orientation of the anterior cruciate ligament graft, whatever fixation technique or type used, is essential. The place where the proximal end of the coil is placed is strictly anatomically defined. Deviation from precise reconstruction does not lead to an adequate biomechanical result. The knee is accessed by passing through the joint capsule with an instrument called a trocar. The communication of the knee with the external environment, which is made in this way, is called a portal. The portal is used for introduction of an optical camera or instrument into the knee. The image from inside the knee is transmitted to the monitor via an optical system with magnifying lenses and a cold light source. The inside of the knee can be viewed through two portals, the antero-medial and antero-lateral. The place where it is necessary to place the coil is strictly anatomically defined, ie. it is necessary to place the coil at the place of the morphologically predetermined place of ligament attachment. If we take into account the curvature of the obtained image on the monitor, as well as the angle at which the place of ligament insertion is observed, we conclude that it is extremely difficult to achieve adequate precision. If the angle of observation and insertion site would increase, ie approach 90 ° in relation to the plane created by the inner side of the external condyle of the femur, the visibility would be far better and thus the error in the orientation of the graft would be smaller. A larger angle of observation would be possible only through a third portal. The standard procedure in surgery of the anterior cruciate ligament includes tunnel drilling, ie. openings on the surface of the tibia to place the bone-patellar ligament-bone graft. The tibia is drilled at an angle of 45 ° to 55 ° in the sagittal plane and 10 ° to 20 ° in the frontal plane in relation to the plane of the bone surface. This operative technique opens another way to the knee, that is the portal through the upper end of the tibia. If optics are introduced through this portal, which makes possible to approach the arthroscope closer to the insertion site of the anterior cruciate ligament, and at a greater angle to the plane of the inner side of the external condyle, the curvature of the image would be smaller and the operative precision higher. All optical instruments currently used in routine arthroscopy procedures display a curved image on the monitor. The created image is barrel-shaped, so the curvature increases on the periphery of the image, while in the central image the curvature is minimal. Using the above transtibial knee approach and an adequate mathematical model, we will try to find the most adequate drilling angle of the upper end of the tibia as well as the most favorable knee flexion angle during the operation. The subject of this study is the measurement of tunnel drilling angle and knee bending, ie the evaluation of the new transtibial portal.</p>
<p>Accepted on Scientific Board on:</p>	<p>17.06.2020</p>

Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	President: Member: Member: Member:
Note:	

SADRŽAJ:

1 UVOD	10
ISTORIJAT	10
ANATOMSKE KARAKTERISTIKE KOLENA	15
ČAŠIČNOBUTNI (PATELO-FEMORALNI) ZGLOB	15
BUTNOGOLENJAČNI (TIBIO-FEMORALNI) ZGLOB	16
VANZGLOBNI LIGAMENTI KOLENA	16
MENISKUSI	18
INTERKONDILARNI REGIJON	19
ZADNJA UKRŠTENA VEZA	19
PREDNJA UKRŠTENA VEZA	20
MIŠIĆI ZGLOBA KOLENA	23
VASKULARIZACIJA UKRŠTENIH LIGAMENATA	25
MEHANIZAM POVREDE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA	27
DIJAGNOSTIKA POVREDE KOLENA	29
KLINIČKI PREGLED ZGLOBA KOLENA	30
POMOĆNE DIJAGNOSTIČKE METODE	34
LEČENJE POVREDE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA	36
ARTROSKOPSKI PORTALI	41
2 NAUČNA I DRUŠTVENA OPRAVDANOST ISTRAŽIVANJA	46
3 CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	46
4 MATERIJAL I METODE	48
EKSPERIMENTALNA STUDIJA	48
KLINIČKA STUDIJA	52
KRITERIJUMI ZA UKLJUČIVANJE U STUDIJU	53
KRITERIJUMI ZA ISKLJUČIVANJE IZ STUDIJE	53
KARAKTERISTIKE ISPITANIKA	54
POLNA STRUKTURA	54
STAROSNA STRUKTURA	55
VRSTA SPORTA	56
BODY MASS INDEX	59
OPERATIVNI ZAHVAT	59
PRAĆENJE KLINIČKIH PARAMETARA	61
STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	63
5 REZULTATI	
REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA	64
REZULTATI KLINIČKOG DELA ISTRAŽIVANJA	66
IKDC STANDARD	66
TEGNER SKALA AKTIVNOSTI	67
LYSHOLM BODOVNA SKALA	69
ARTROMETRIJSKO MERENJE	72

6 DISKUSIJA	73
7 ZAKLJUČAK	85
8 LITERATURA	86
9 PRILOZI	103

1. Uvod

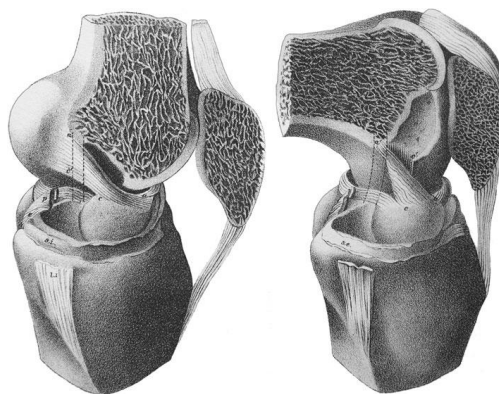
Prednje ukršteni ligament (*Ligamentum Cruciatum Anterius* - LCA) je jedan od četiri osnovna ligamenta koji učestvuju u građi kolena. On igra centralnu ulogu u stabilnosti kolena, proprioceptiji i protekciji unutrašnjih struktura kolena. Kidanje ili ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta kolena prouzrokuje nestabilnost kolena, bol i smanjenje funkcije. Povrede ligamentarnog aparata kolena se najčešće javljaju u mladoj, sportski aktivnoj populaciji. Ukoliko ostane nelečena, ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta dovodi vremenom do povrede meniskusa i kasnije degenerativnih promena zgloba.

U savremenoj ortopedskoj praksi se povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena definitivno potvrđuje magnetnom rezonancom (MRI). Jedini način lečenja ove povrede je rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta autograftom.

Rekonstruktivne procedure navedenog ligamenta se u današnje vreme vrše artroskopski. Neophodna je što bolja vizualizacija femoralne insercije prednjeg ukrštenog ligamenta radi preciznijeg postavljanja novog kalema tokom rekonstrukcije. Prisutp kolenu, odnosno mesto na površini kolena kroz koje se uvode optički instrumenti radi posmatranja unutrašnjosti nazivaju se artroskopski portali. Korišćenje različitih artroskopskih portala omogućuje bolju vizualizaciju i time lakšu, bržu i precizniju rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta.

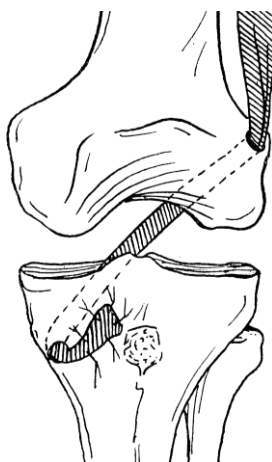
Istorijat

Daleke 1836. godine su braća *Weber* iz Nemačke objavili belešku da golenjača čini abnormalne pokrete u antero-posteriornom smeru nakon presecaija prednjeg ukrštenog ligamenta, takođe su objavili da različiti snopovi prednjeg ukrštenog ligamenta čuvaju stabilnost kolena pod raznim uglovima savijanja (1).



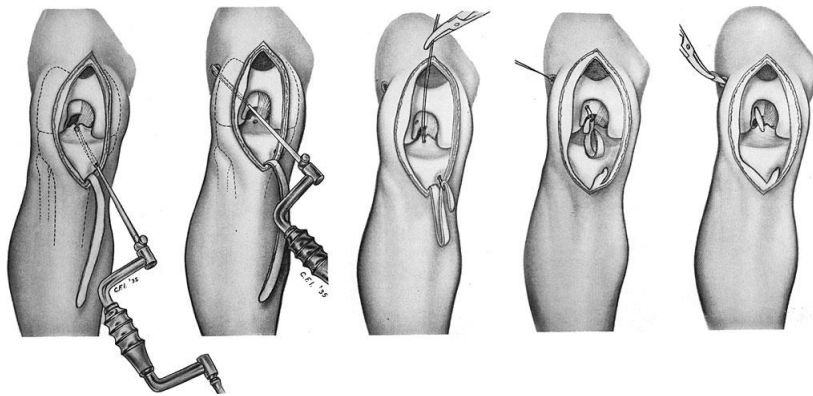
Slika 1: Ilustracija braće Weber (preuzeto sa <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-011-1756-x>)

Prvi opis rupture prednjeg ukrštenog ligamenta kolena objavio je Stark 1850. godine (2). U 1900 godini je Battle opisao prvu rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Rekonstrukcija je izvršena dve godine ranije kao posledica isčašenja kolena, rezultati su bili zadovoljavajući (3). Prvu dokumentovanu tehniku rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta uradio je Mayo Robson 1895. godine u Velikoj Britaniji tako što je prednji i zadnji ukršteni ligament prišio na mesto njihovih anatomskih pripoja na butoj kosti (4). U 1913. godini je Goetjes objavio detaljnu studiju rupture prednjeg ukrštenog ligamenta. Studija je bila kadaverična. Zalagao se za rekonstrukciju akutnih povreda i konzervativno lečenje hroničnih ruptura (3). Groves je objavio kratku seriju slučajeva rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koristeći bedreno-golenjačnu traku (*tractus iliotibialis*) koju je fiksirao kroz tunel na golenjači. Isti autor je kasnije u 1920. godini prvi objavio činjenicu da se sa fleksijom ili ekstenzijom u kolenu menja zategnutost prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (5).



Slika 2: Groves-ova rekonstrukcija bedreno golenjačnom trakom (preuzeto sa <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-011-1756-x>)

Italijanski ortopedski hirurg pod imenom *Riccardo Galeazzi* opisao je u 1937. godini tehniku rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena koristeći tetivu polutetivnog mišića (*m. semitendinosis*). Tetiva je oslobođena od svog muskulo-tendinoznog prelaza, provučena je intraartikularno kroz tunele na golenjači i butnoj kosti i fiksirana je za periost. Galeazzi je prvi objavio rekonstrukciju koristeći ovu tetivu (1). *Campbell* 1935. godine prvi put do tad koristi kalem napravljen od srednje trećine ligamenta čašice (*lig. patellae*), prepatelarnog retinakuluma i dela tetive četvoroglavog mišića buta (*m. quadriceps*) sa bazom na golenjači (6).



Slika 3: Willis Campbell-ova publikacija LCA rekonstrukcija ligamentom čašice (preuzeto sa <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-011-1756-x>)

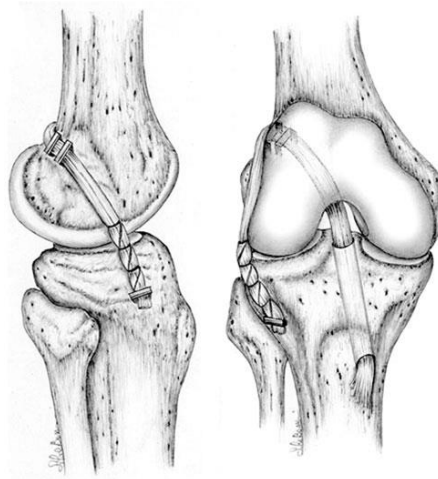
U 1963. godini je *Jones* publikovao novu hiruršku tehniku rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Tehniku koju je priblikovao, važila je za tehnički jednostaviju i fiziološki prirodniju. Isecao je koštani blok sa distalnog pripoja čašice i odizao ga sa ligamentom čašice. Pripoj ligamenta čašice za golenjaču je ostavio intaktan. Graft je onda uvlačo intraartikularno u koštani tunel na butnoj kosti. Ovu prvu tehniku rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta koristeći ligament čašice je primenio u 11 slučajeva sa odličnim rezultatom (7). *Franke* je 1969. godine dalje razvio postojeću tehniku Jonesa iz 1963. godine. One je prvi put objavio slobodan kost-ligament čašice-kost (*Bone-Tendon-Bone - BTB*) kalem koji se sastojato od srednje četvrtine ligamenta a na okrajcima koštanim delovima čašice i golenjače (8).

Do 1990. godine su tehnike sa slobodnim BTB kalemima postale „zlatni standard“. Tenike su postale široko prihvaćene jer su relativno jednostavne a daju konzistentno prihvatljive rezultate. U tom periodu su istraživači razvili interferentni metalni zavrtnjak kao način fiksacije koštanog dela na butnoj kosti i golenjači. Uskoro su se na tržištu pojavili i bioapsorptivni zavrtnji.

Godine 1983 je *Rushton* sa saradnicima objavio kliničke, artroskopske i histološke nalaze kod deset kolena kojima je izvršena implantacija karbonskog grafta prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Svih deset pacijenata je razvilo sinovitis kolena sa znacima prisutva karbonskih vlakana u kolenu. Vlakna su obojila artikularnu površinu i meniskuse. Neki pacijenti su razvili hroničnu sinovijalnu rekaciju ili gigantoćelisku proliferaciju. Registrovane su i ulceracije na koži uznad mesta fiksacije grafta (9), te se na kraju odustalo od primene sintetičkih materijala u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena.

Tokom 1980 godina se razvio interes za korišćenje alograftova u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Prve eksperimentalne studije u pogledu mehaničkih, bioloških i funkcionalnih rezultata su bile zadovoljavajuće (10,11). Tih godina su artroskopske procedure postale vrlo popularne i tako je *Friedman* 1988. godine prvi uveo artroskopski asistiranu tehniku rekonstrukcije koristeći tetive hamstringa (*m. semitendinosus* i *m. gracilis*) (12).

Devedesetih godina se zbog jednostavnosti i dobrih rezultata počelo sa širokom primenom tehnika BTB kalema. Ova, tzv. *Jones*-ova procedura iz 1963. godine je, doduše, imala postoperativne komplikacije u smislu problema sa ekstenzornim mehanizmom kolena i čestom ukočenošću kolena. Ti problemi su doveli do češćeg eksperimentisanja sa tetivom hamstringa. Mnogi autori su takođe koristili tetivu hamstringa savijenu u tri ili četiri snopa i fiksiranu posebnim zavrtnjima što je poznato kao „*all-inside*“ tehnika (13). Pre oko 15 godina počela se koristiti „*double-bundle*“ tehnika rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Tehnika podrazumeva rekonstrukciju prednje-unutrašnjeg i zadnje-spoljašnjeg snopa vlakana čime se dobija anatomski najpribližnija rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta. Tehniku su opisali 2003. godine *Marcacci* i sar. (14).



Slika 4: Marcacci-ova kombinovana intra i ekstra artikularna „double-bundle“ tehnika
(preuzeto sa <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-011-1756-x>)

Razvoj hirurgije prednjeg ukrštenog ligamenta na ovim prostorima počeo je šezdesetih godina prošlog veka (15). *Krajčinović* i sar. (16) su 1980. godine objavili rad o rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena *Kennet-Jones*-ovom tehnikom. *Mikić* i sar. (17) su 1987. godine objavili eksperimentalnu studiju vezanu za vaskularizaciju ukrštenih ligamenata i povrede meniskusa psa. *Vukadinović* (18) je 1984. godine odbranio doktorsku tezu o eksperimentalnim istraživanjima kvaliteta ligamenata, tetiva i fascija u rekonstrukciji ukrštenih ligamenata psa, a *Savić* (19) je 1999. godine odbranio doktorsku disertaciju sa temom: “Transplantacija ukrštenih ligamenata kolena u eksperimentalnim uslovima”. Sa prvom parcijalnom mensektomijom započinje artroskopska hirurgija u Novom Sadu 1992. godine. Prvu artroskopski asistiranu ligamentoplastiku prednjeg ukrštenog ligamenta kolena na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju u Novom Sadu uradio je *Milankov* (20) 1998. godine. Prvi autokalem je implantiran 7 godina kasnije. Na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju u Novom Sadu je do danas urađeno preko 5000 rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena i urađen je veći broj doktorskih, magistrskih teza i diplomskih radova.

Prva zapisana artroskopija kolenog zgloba izvršena je davne 1912. godine u Danskoj. Stručni naziv artroskopija predstavljen je medicinskoj javnosti od strane švečkog hirurga *Hans Christian Jacobaeusa* (21). Prvi portal primenjivan u artroskopskoj hirurgiji predstavljen je 1972. godine kao anterolateralni (AL) portal od strane *R.W. Jackosna* koji je predstavljen kao najkorisniji za rutinske preglede kolena (22). *Gillquist i Hagberg* su predstavili centralni pristup kolenu 1976. godine (23). Portal je podrazumevao prolaz kroz ligament čašice i predstavljen je kao alternativa AL pristupu uz bolju vizualizaciju

posteriornih struktura kolena. *Patel* je 1982 .godine predstavio unutrašnji i spoljašnji srednje čašični portal koji su pogodni sa prikaz prednjih struktura kolena (24). Tehnika bušenja femoralnog tunela prilikom ligamentolastike kroz AM portal prvi put je opisana od strane *Bottonia i sar.* 1998. godine i do danas spada u najčešće primenjivane portale za ovu proceduru (25).

Anatomske karakteristike kolena

Zglob kolena grade tri kosti: butna kost (*femur*), čašica (*patella*) i golenjača (*tibia*), u sastav kolena ulaze takođe meniskusi i zglobne veze. Mogu se morfološki izdvojiti patelofemoralni zglob i femorotibijalni zglob sa dva kompartenta, spojašnjim i unutrašnjim kondilom (*condylus lateralis et medialis*). Zglob je zaštićen dobro inervisanom zglobnom ovojnicom, koja se pruža proksimalno od čašične zglobne površine butne kosti (*facies patellaris femoris*) i formira suprapatelarni džep kolena.

Čašičnobutni (patelo-femoralni) zglob

Čašica ima ulogu kliznog ležišta u zglobu kolena (26). Ona povećava snagu vuče četvoroglavog mišića buta povećavajući krak poluge ekstenzornog mehanizma a svojom debljinom udaljava patelarni ligament od tačke kontakta butne kosti i golenjače (27). Zglobna površina čašice, prekrivena je najdebljom zglobnom hrskavicom među svim diartrodialnim zglobovima (42). Njena zglobna površina ima dve fasete, medijalnu i lateralnu, koje između sebe formiraju žleb i odgovaraju delovima zglobne površine na zadnjoj strani butne kosti (*facies articularis patellae*). Lateralna faseta čašice smeštena je više anteriorno i proksimalno u odnosu na medijalni doprinoseći na taj način stabilnosti patele. Vrh čašice (*apex patellae*) nije uvek na istom odstojanju od zglobne površine na butnoj kosti, a rastojanje najveće je pri uglu savijanja kolena od 30° čime se postiže najveći krak poluge i pojačava snaga četvoroglavog mišića buta (28).

Butnogolenjačni (femoro-tibijalni) zglob

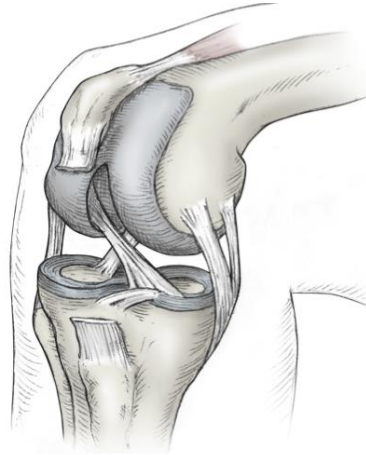
Medijalni kompartment femoro-tibijalnog zgloba je mnogo zatvoreniji i samim tim slabije toleriše povećanu femoro-tibijalnu translaciju i rotaciju u odnosu na spoljašnji kompartment. Ovim se mogu objasniti i učestalije povrede struktura medijalnog kompartmenta, naročito medijalnog meniskusa. Unutrašnji kondil butne kosti je manji u sagitalnoj ravni u odnosu na spoljašnji kondil, dok je spoljašnji kondil širi u frontalnoj ravni. Širina unutrašnjeg kondila je skoro konstantna u celom njegovom obimu, dok se spoljašnji kondil sužava put nazad. Svojim širim delom unutrašnji kondil je u kontaktu sa golenjačom tokom ekstenzije. Gornja zglobna površina golenjače (*facies articularis superior tibiae*) sastoji se iz dva dela ili platoa, spoljašnjeg i unutrašnjeg. Unutrašnji plato je konkavnog oblika i na njemu leži unutrašnji meniskus (*meniscus medialis*). Spoljašnji plato je malo konveksniji, što daje utisak da nije u kongruenciji sa konkavnošću spoljašnjeg kondila butne kosti. Upravo zahvaljujući ovakvom odnosu pomenutih struktura spoljašnje zglobno ispučenje butne kosti ima veći stepen klizanja prema nazad prilikom savijanja kolena (26). Na spoljašnjem platou nalazi se spoljašnji meniskus (*meniscus lateralis*). Oba konveksiteta, spoljašnji plato golenjače i spoljašnji kondil butne kosti, doprinose mehanizmu „zaključavanja“ u pokretu unutrašnje rotacije butne kosti u odnosu na statičnu golenjaču pri pokretu ekstenzije. Pri fleksiji spoljašnji kompartment klizi unazad zahvaljujući većem nagibu golenjačnog platoa, dovodeći do funkcionalne unutrašnje rotacije golenjače u odnosu na statičnu butnu kost. Gornja zglobna površina golenjače ima nagib put nazad od 10° (29). Kako je koleno savijeno tokom trčanja i hodanja ovaj ugao dovodi golenjaču u skoro paralelan položaj sa nosećom površinom.

Vanzglobni ligamenti zgloba kolena

Sa prednje strane kolena nalazi se čašična veza (*lig. patellae*) koja predstavlja završetak ekstenzornog mehanizma kolena i ona spaja vrh čašice sa tuberukumom golenjače (Slika 5).

Sa unutrašnje strane zgloba kolena nalazi se unutrašnja bočna veza (*lig. collaterale mediale*), koja se u literaturi često naziva i tibijalni kolateralni ligament, ona leži površno u odnosu na unutrašnji deo zglobne čaure. Unutrašnja bočna veza polazi sa unutrašnjeg epikondilusa butne kosti (*epicondylus medialis femoris*) a pripaja se 6 do 9 cm distalno od zglobne šupljine, na gornjem okrajku golenjače ispod pripoja tetiva koje grade pes anserinus.

Funkcija unutrašnje bočne veze je sprečavanje ekstremnih valgus položaja. Ispod ovog ligamenta nalazi se mala burza koja ga odvaja od kapsularnih ligamenata i koji se dele na prednju, srednju i zadnju trećinu (30). Ovi kapsularni ligamenti se u literaturi često sreću i kao meniskofemoralni i meniskotibijalni ligamenti jer su oni periferni pripoji meniskusa za butnu kost i golenjaču a pomoćna uloga im je sprečavanje nastanka valgus deformiteta (30).



Slika 5: Vanzglobni i unutarzglobni ligamenti kolena (presečen je lig. patellae) (preuzeto sa <https://www.ebmconsult.com.>)

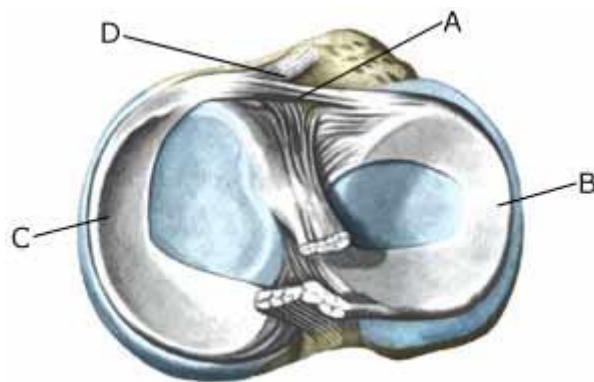
Sa spoljašnje strane kolena nalaze se strukture kolena koje su nisu zategnute u položaju fleksije. Prilikom dinamičke kontrakcije spoljašnje grupe mišića natkolenice dolazi do zatezanja ligamentarnih stabilizatora koji se nalaze sa ove strane zgloba. Tractus iliotibialis je završni deo mišića zatezača butne fascije (*m. tensor fasciae latae*) od kojeg se put čašice pruža iliopatelarni ligament. Traktus se pripaja na zadnjoj polovini spoljašnje golenjačne kvržice, a ima funkciju da opruža koleno kada je u položaju od 0 ° do 30° fleksije. Takođe, preuzima ulogu pomoćnog fleksora kolena koje je u položaju od 40 ° do 145° fleksije (31). Spoljašnja bočna veza (*lig. collaterale fibulare*) je vrpčasta struktura koja polazi sa lateralnog epikondila femura (*epicondylus lateralis femoris*) a distalno se pripaja na vrhu glavice lišnjače (*apex capitis fibulae*) i ima ulogu u lateralnoj stabilizaciji kolena i sprečavanju prekomernog varus položaja kolena. Vlakna zatkolene lučne veze (*lig. popliteum arcuatum*) i fascija spoljašnje glave dvotrušastog mišića (*caput laterale muscui gastrocnemii*) često oblažu spoljašnju bočnu vezu spajajući se sa pripojem dvoglavog mišića buta, što sve zajedno dovodi to težeg anatomskog uočavanja svih struktura (32).

Sa zadnje strane kolena nalazi se zadebljanje zglobne čaure koje pokriva deo spoljašnjeg kondila butne kosti (*lig. popliteum arcuatum*). Proksimalni pripoj se nalazi ispod pripoja

spoljašnje glave dvotrbušastog mišića sa čijim vlaknima se često prepliće. Distalno prelazi u zadnju trećinu meniskotibijalnog ligamenta gde se spaja sa zatkolenim mišićem, a deo vlakana se pruža i prema zadnjoj strani glavice lišnjače. Funkcija mu je u sprečavanju sila koje deluju u zadnjepoljašnjem pravcu. Kosa zatkolena veza (*lig. popliteum obliquum*) je produžetak poluopnastog mišića i pruža se od pripoja ovog mišića koso preko zadnje strane golenjače prema napred i spolja. Pripaja se pored spoljašnje glave dvotrbušastog mišića i na posterolateralnom delu femura doprinoseći zadnjoj stabilizaciji zgloba kolena.

Meniskusi

Vezivnohrskavičave polumesečaste strukture koji se nalaze između kondila butne kosti i tibijalnog platoa nazivaju se meniskusi. Unutrašnji meniskus (*meniscus medialis*) se opisuje kao struktura u obliku slova „C“ dok je spoljašnji (*meniscus lateralis*) više kružnog oblika i pokriva veću površinu (skoro dve trećine) tibijalnog platoa (Slika 6). Konkavna gornja strana je u skladu sa oblikom kondila butne kosti, dok im je donja strana ravna i u kontaktu sa tibijalnim platoom. Obodna površina oba meniskusa je konveksna i deblja u odnosu na unutrašnji deo koji je konkavan.



Slika 6: Aksijalni presek kolena: A) intermeniskalni ili transverzalni lig. B)lateralni meniskus C)medijalni meniskus D)prednj rog meniskusa (preuzeto sa <https://peerj.com/articles/4076/>)

Meniskusi se dele na prednji rog, telo i zadnji rog. Prednji rogovi oba meniskusa su spojeni poprečnom intermeniskalnom vezom. Unutrašnji meniskus je celom svojom spoljašnjom, obodnom površinom srastao sa zglobnom čaurom, što mu daje znatno manju pokretljivost u odnosu spoljašnji meniskus. Tetiva zatkolenog mišića perforira spoljašnji meniskus prolaskom kroz njegov posterolateralni deo. Zadnji rog spoljašnjeg meniskusa spojen je sa zadnjom ukrštenom vezom i unutrašnjim kondilom butne kosti putem prednjih i zadnjih

meniskofemoralnih veza (Wrisberg i Humphry) (32). Oba meniskusa prilikom fleksije prate butnu kost put nazad pri čemu spoljašni meniskus pređe duplo veću razdaljinu u odnosu na unutrašnji. Veća pokretljivost spoljašnjeg meniskusa praćena je i odgovarajućom adherencijom meniskotibijalne veze u odnosu na znatno čvršću vezu unutrašnjeg meniskusa. Time je unutrašnji meniskus znatno podložniji povredama, naročito njegov zadnji rog. Mnogobrojne uloge se prepisuju meniskusima: prenos i amortizer opterećenja, reduktor stresa okolnog koštanog tkiva, stabilizator zgloba kroz ograničenje krajnjih pokreta fleksije i ekstenzije i zglobna lubrikantna svojstva koja obezbeđuju hranljive materije zgloboj hrskavici (33). Pored toga, meniskusi svojim oblikom povećavaju kongruentnost zglobnih površina čineći zaravnati tibijalni plato donekle udubljenim za kondile butne kosti (26).

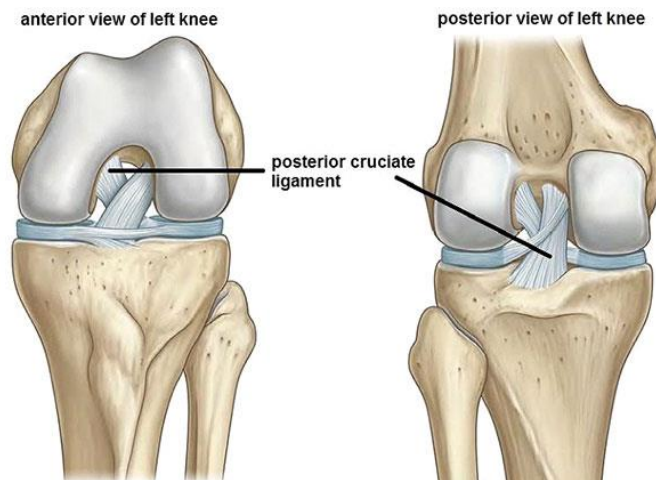
Interkondilarni region

Interkondilarni region se sastoji od međuzglobnog uzvišenja (*eminentia intercondylaris*), oba ukrštena ligamenata kao i pripoja prednjeg i zadnjeg roga meniskusa. Ova regija, smeštena u sredinu aksijalne rotacije kolena naziva se i tačka centralnog stožera (pivota)(31). Upravo zbog te uloge centralnog pivota je odgovorna za navođenje i stabilizaciju butne kosti kroz ceo obim pokreta fleksije. To se postiže na dva načina: prvo, prednji i zadnji rogov meniskusa su usidreni u tibijalni plato i služe za kontrolisanje rotacije i translacije femura, i drugo, interkondilarna artikularna površina femura je u kontaktu sa tibijalnom eminencijom, prenoseći tako težinu i pritisak na meniskuse i tibijalni plato.

Zadnja ukrštena veza

Zadnja ukrštena veza (*lig. cruciatum posterius*) pruža se sa zadnjeg međukondilarnog polja golenjače (*area intercondylaris posterior*) put napred, unutra, tako da se gornjim krajem pripaja na prednjem delu spoljašnje strane unutrašnjeg kondila butne kosti (Slika 7). Zadnja ukrštena veza kolena je slične dužine kao i prednja ukrštena veza i iznosi u proseku 38 mm, dok je debljina veća za oko 2 mm i prosečno iznosi oko 13 mm. Njena veličina je srazmerno proporcionalna visini i težini osobe, kao i veličini kondila butne kosti. Po rezultatima istraživanja mnogih autora, zadnja ukrštena veza je ta koja daje primarni ligamentarni doprinos centralnom stožeru (29,31). Činjenica koja potkrepljuje ovo mišljenje je podatak da je zadnja

ukrštena veza ipak i deblja i jača u odnosu na prednji ligament, a i osa njenog pružanja približno se poklapa sa osom rotacije kolennog zgloba (34).



Slika 7: Zadnja ukrštena veza (preuzeto sa <https://hip-knee.com/posterior-cruciate-ligament-injury/>)

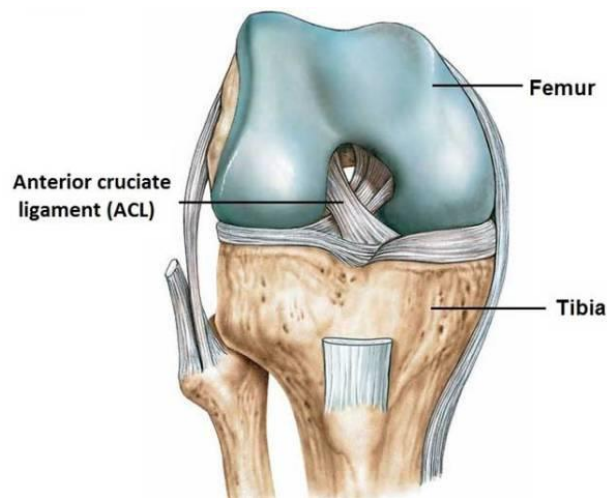
Zadnja ukrštena veza se sastoji od dva snopa: zadnjeunutrašnjeg i prednjepoljašnjeg. Pri ekstenziji su zategnuta samo vlakna zadnjeunutrašnjeg snopa, a tokom fleksije se progresivno, zatežu vlakna prednjepoljašnjeg snopa. U krajnjem položaju fleksije oba snopa su podjednako zategnuta. Golenjačna osnova pripoja je skoro četvorougona, za razliku od butnog koji više ima ovalni ili pravougaoni oblik jer se ligament donekle širi u tom pravcu. Dva meniskofemoralna ligamenta su najčešće povezana sa zadnjom ukrštenom vezom: ispred Humphreyev ligament i Wrisbergov ligament sa zadnje strane. Oni su različite veličine a nekad mogu potpuno da nedostaju.

Prednji i zadnji ukršteni ligamenta su samo deo sistema koji omogućava nesmetan, fiziološki pokret u zglobu kolena, pa stoga ove dve tvorevine moraju biti razmatrane kao kontinuum kolagenskih vlakana koje sinhrono funkcionišu tokom savijanja kolena.

Prednja ukrštena veza

Prednja ukrštena veza (*lig. cruciatum anterius*) je unutarzglobna ali ekstrasinovijalna struktura. Prekrivena je sinovijalnom opnom koja je štiti od sinovijalne tečnosti. Prednja ukrštena veza je, takođe, podeljena u snopove ali ne u odnosu na svoj butni, već u odnosu na

golenjačni pripoj (35). Ona se svojim gornjim krajem pripaja na zadnjem delu unutrašnje strane spoljašnjeg kondila butne kosti, a donjim krajem na prednjem međukondilarnom polju golenjače (*area intercondylaris anterior*), tako da mu je pravac pružanja od gore, prema napred i unutra (Slika 8). Ima oblik vrpce prosečne dužine 32 mm dok se prečnik, u zavisnosti od visine na kom se načini presek, kreće u rasponu od 7 do 12 mm. Površina poprečnog preseka ligamenta menja se od gornjeg ka donjem pripoju. Oblik poprečnog preseka prednje ukrštene veze nije konstantna i zvisi od nivoa preseka i kreće se oko 35mm².



Slika 8: Prednji ukršteni ligament (preuzeto sa <https://b-reddy.org/an-underappreciated-aspect-of-acl-injury-prevention-and-rehab/>)

Prednja ukrštena veza je podeljena na dva snopa: prednjeunutrašnji (anteromedijalni - AM) i zadnjepoljašnji (posterolateralni - PL) snop, što ima velikog značaja u funkcionalnoj i patološkoj anatomiji. Prednjeunutrašnja vlakna polaze od pripoja na butnoj kosti i završavaju se na prednjeunutrašnjem delu donjeg pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta. Dominantnija, zadnjepoljašnja vlakna pripajaju se na zadnjepoljašnjem delu golenjačnog pripoja. Prema istraživanju *Norwooda* i sar. iz sedamdesetih godina prošlog veka, postoji i nestalan, treći, tzv. srednji ili intermedijerni, snop koji nije uvek prisutan. Na koštanim pripojima vlakna intermedijalnog snopa se nalaze između pripoja prednjeunutrašnjih i zadnjepoljašnjih snopova (35).

Prednji i zadnji snop ligamenta se mogu razlikovati po svojoj funkciji tokom savijanja kolena. Tako su u krajnjem položaju ekstenzije oba snopa prednje ukrštene veze zategnuta. Sa fleksijom kolena popušta tenzija vlakana zadnjeg snopa, a prednjeunutrašnja vlakna se uvrću oko njih. Prednji snop ostaje zategnut tokom pokreta fleksije i trpi najmanje promene svoje

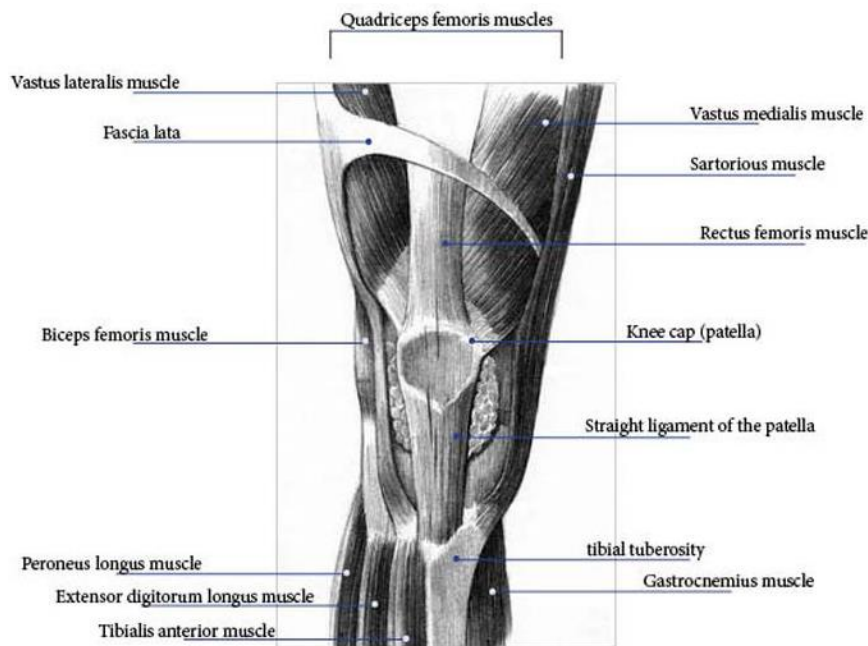
dužine, tj. ostaje skoro izometričan. Prednja ivica prednje ukrštene veze predstavlja njenu osu rotacije tokom pokreta. Prednji ukršteni ligament je glavna kočnica tibijalne translacije ka napred i sekundarna linija odbrane na sile velikog intenziteta koje deluju u pravcu nastanka varus i valgus deformiteta (36).

Svi ligamenti, pa tako i ukršteni, imaju građu koja nastaje usled sila koje deluju na njih. Titive i ligamenti imaju sposobnost adaptacije svoje morfologije usled promena u njihovom mehaničkom okruženju koje mogu nastati nakon povrede, bolesti ili treninga. Međucelijski matriks ukrštenih ligamenata sličan je kao i kod drugih ligamenata, i čine ga paralelni snopovi kolagenih vlakana, razdvojeni tankim retikularnim vlaknima. Velika otpornost na sile izvlačenja i rastezanja koju pokazuju ligamenati i titive zasniva se na specifičnim osobinama kolagenih vlakana kao i na njihovom jedinstvenom rasporedu u prostoru koji je prilagođen mehaničkom opterećenju. Utvrđeno je takođe, da postoji razlika u građi prednje ukrštene i unutrašnje bočne veze. Razlika se ogleda u prisustvu fibrila različitog dijametra, što verovatno ima dodatnog uticaja na regenerativne procese koji se odvijaju nakon njihovog oštećenja (37). 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. Tako formirani fibrili su uronjeni zajedno sa fibroblastima u proteoglikanski matriks izgrađujući snopove, a više povezanih snopova izgrađuje ligament (38).

Bernard i saradnici prikazali su da je ceo centar femoralnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta lokalizovan na zadnjem gornjem uglu njihovog opisanog kvadranta odnosno sa unutrašnje strane spoljašnjeg kondila butne kosti (39). Brojne studije su precizno identifikovale lokaciju oba snopa prednjeg ukrštenog ligamenta, prednje unutrašnjeg i zadnje spoljašnjeg, na unutrašnjoj strani spoljašnjeg kondila butne kosti (40,41). *Zantop* i saradnici prikazali su da je centar prednje-unutrašnjeg snopa 5.3mm od femoralnog useka, a 5.7mm od interkondilarne linije, dok je centar zadnje spoljašnjeg snopa lokalizovan 9,5mm od granice plitke hrskavice i 5,8mm od granice sa donjom hrskavicom (41).

Mišići zgloba kolena

Najveći mišić zgloba kolena je četvoroglavi mišić buta (*m. quadriceps femoris*), koji se sastoji iz četiri glave: pravi mišić buta (*m. rectus femoris*), unutrašnji stegnjeni mišić (*m. vastus medialis*), spoljašnji stegnjeni mišić (*m. vastus lateralis*) i srednji stegnjeni mišić (*m. vastus medialis*). Ova četiri mišića se spajaju u jednu zajedničku završnu tetivu koja prelazi preko čašice (*patella*) i pripaja se na golenjačnom ispupčenju (*tuberositas tibiae*) (Slika 9). Ovi mišići svojom kontrakcijom ispružaju potkolenicu u odnosu na natkolenicu.



Slika 9: Mišići kolene regije (preuzeto sa <https://clinicalgate.com/knee-5/>)

Zadnju mišićnu ložu natkolenice čine: polužilasti mišić (*m. semitendinosus*), poluopnasti mišić (*m. semimembranosus*) i dvoglavi mišić buta (*m. biceps femoris*). Zajednički pripoj terzijskog mišića (*m. sartorius*), vitkog mišića (*m. gracilis*) i polužilastog mišića, naziva se zbog svog oblika “guščja noga” (*pes anserinus*) i ima značajnu ulogu u unutrašnjoj rotaciji golenjače a dodatno daje kolenu rotatornu stabilnost. Tetiva *M. semimembranosusa* se sa svojih pet delova pripaja na različitim mestima unutrašnje i zadnje strane kolena: 1) obla zatkolena veza (*lig. popliteum obliquum*), 2) posteriorna kapsula i zadnji rog unutrašnjeg meniskusa, 3) prednja ili duboka grana, 4) direktna tetiva, i 5) donja grana. Ovaj komplikovani sistem pripoja ima nekoliko funkcija. Zateže ligamenat sa zadnje strane kolena čime se dodatno stabilizuje koleno u fleksiji, pri fleksiji povlači zadnji rog unutrašnjeg meniskusa put nazad, sprečavajući tako kompresivnu povredu meniskusa dejstvom unutrašnjeg kondila butne kosti (*condylus medialis femoris*) i tibijalnog platoa.

M. biceps femoris ima dugu i kratku glavu sa zajedničkim distalnim pripojem. Svojom dugom glavom polazi sa sedalne kvrge (*tuber ischiadicum*), a kratkom sa srednjeg dela trnovite linije butne kosti (*linea aspera femoris*), da bi se završile zajedničkim pripojem na glavi lišnjače (*caput fibulae*). Funkcija ovog mišića je aktivna fleksija kolena i povlačenje zadnjeg roga spoljašnjeg meniskusa (*cornu posterius menisci lateralis*) put nazad čime se sprečava povreda meniskusa.

Zatkoleni mišić (*m. popliteus*) se pruža koso nadole i unutra, prelazeći preko zadnje strane zgloba kolena. Proksimalni pripoj ovog mišića je na spoljašnjem epikondilu butne kosti (*epicondylus lateralis femoris*), a distalni na zadnjoj strani tela golenjače, iznad linije pripoja širokog mišića lista (*linea m. solei*). I pored ovih svojih koštanih uporišta, zatkoleni mišić deluje i statički i dinamički na zglob kolena. Dinamičkom ulogom obezbeđuje unutrašnju rotaciju golenjače i retrakciju zadnjeg roga spoljašnjeg meniskusa a statičkom ulogom sprečava nastanak posterolateralne rotacije, varusa i hiperekstenzije.

Dvotrbušasti mišić lista (*m. gastrocnemius*) je mišić potkolenice sa medijalnom (*caput mediale*) i lateralnom glavom (*caput laterale*) čija se polazišta nalaze malo iznad femoralnih kondila. Obe glave se spajaju u području potkolenice i zajedničkom, tzv. Ahilovom tetivom (*tendo calcaneus Achillis*) i pripajaju se na zadnjoj strani petne kosti (*calcaneus*). On učestvuje u pokretu fleksije kolena ali mu je primarna uloga plantarna fleksija stopala.

Široki mišić lista (*m. soleus*) zajedno sa dvotrbušastim mišićem gradi troglavi mišić lista (*m. triceps sure*) ali koji, za razliku od dvotrbušastog, nije dvozglobni jer mu se proksimalni pripoj nalazi na istoimenoj liniji (*linea musculi solei*) smeštenoj na zadnjim stranama golenjače i lišnjače.

Treći mišići je tabanski mišić (*m. plantaris*), takođe, dvozglobni mišić koji proksimalni pripoj ima na donjem delu spoljašnje nadzglobne linije butne kosti (*linea supracondylaris lateralis*), a donji na petnoj kosti, iznad pripoja Ahilove tetive. Po svojoj funkciji on je pomoćni fleksor kolena i plantarni fleksor stopala.

Četvoroglavi mišić buta u sinergističkom delovanju sa zadnjom ukrštenom vezom stabilizuje koleno i sprečava nastanak zadnje luksacije, dok prednju luksaciju svojim sinergističkim delovanjem sprečavaju hamstring mišići i prednji ukršteni ligament (42).

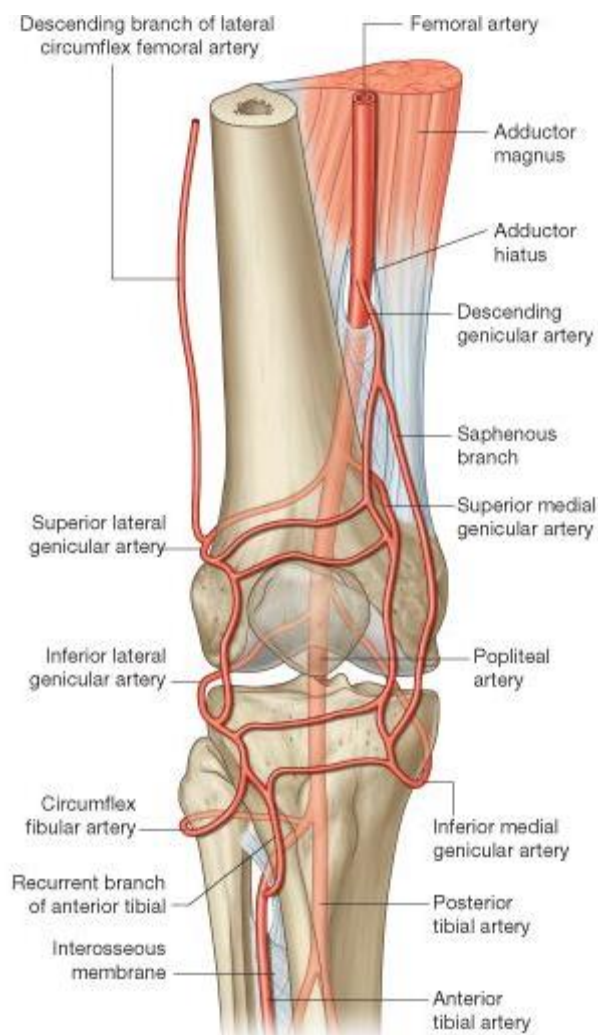
U kolenom zglobu se vrše dva osnovna pokreta, fleksija i ekstenzija. Pokreti valgusa i varusa, kao i unutrašnje i spoljne rotacije mogući su ali u znatno manjem obimu (43).

Funkcionalna stabilnost kolena, kroz fiziološki obim pokreta, 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 (15).

Osnovni stabilizatori kolena u sagitalnoj ravni su prednji i zadnji ukršteni ligament koji zajedno čine centralni ligamentarni aparat, a predstavljaju i centar kinematike kolena (44). Njihova primarna uloga je u ograničavanju anterioposteriorne translacije tibije. Biomehanička efikasnost ligamenata u stabilizaciji zgloba kolena zavisi od stepena fleksije, zato što je funkcionalni ugao njihovog delovanja različit u odnosu na položaj u kom se koleno nalazi. Ukršteni ligamenti nisu jedinstvene celine, već predstavljaju složen sistem sastavljen od anteromedijalnog i posterolateralnog snopa koji se različito ponašaju tokom pokreta kolena (35,37). U punoj ekstenziji kolena, vlakna oba snopa su paralelna i sva su istog stepenu zategnutosti. Dužina i zategnutost anteromedijalnog snopa prednjeg ukrštenog ligamenta se povećava sa povećanjem stepena fleksije u kolenu a vlakna posterolateralnog snopa se skraćuju i smanjuje im se zategnutost pri istom pokretu (44,45). Zahvaljujući ovakvoj građi centralni ligamentarni aparat kolena vrši dve uloge. On omogućava kontinuiranu mobilnost artikularnih površina obezbeđujući permanentni kontakt kroz ceo obim pokreta fleksije, a istovremeno i limitira preteranu pokretljivost dajući otpor silama koji deluju na koleno tokom pokreta (46).

Vaskularizacija ukrštenih ligamenata

Koleno je vaskularizovano preko pet glavnih arterija. Sa gornje strane prisutne su spoljašnja i unutrašnja gornja arterija kolena (*a. genus superioris lateralis et medialis*), središnji deo vaskularizuje srednja arterija kolena (*a. genus media*) i sa donje strane prisutne su takođe spoljašnja i unutrašnja arterija kolena (*a. genus inferioris lateralis et medialis*) (47) (Slika 10).



Slika 10: Vaskularizacija kolena

(preuzeto sa <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/joa.13004>)

Gornje arterije kolena polaze od zatkolene arterije (*a. popliteae*) u visini kondila butne kosti, obilaze unutrašnju i spoljašnju stranu kondila i završavaju se oko čašice sa prednje strane donjeg kraja butne kosti. Stvara se anastomoza sa susednim arterijama učestvujući u formiranju arterijske mreže kolena. Srednja arterija kolena se odvaja od zatkolene arterije, ali nešto niže od gornjih arterija. Prolazi kroz zglobnu opnu i završava se na međukondilarnoj jami golenjače. Ona vaskularizuje grane za unakrsne veze kolena, za masno jastuče čašice, kao i za zglobnu čauru i kondile butne kosti. Donje arterije kolena polaze od zatkolene arterije u visini zglobne linije, obilaze unutrašnju i spoljašnju stranu kondila i granaju se na prednjim stranama kolena. One daju grane za okolne mišiće, kosti i zglob kolena, i učestvuju u izgradnji arterijske mreže (47). Ukršteni ligamneti kolena vaskularizaciju dobijaju od srednje arterije kolena, kao i od završnih grana spoljašnje i unutrašnje donje arterije kolena. Delimično u vaskularizaciji učestvuju i krvni sudovi koji dolaze od podčlašičnog masnog jastučeta.

Svi ovi krvni sudovi do ligamenata dopiru putem sinovije koja ih oblaže. Pripoji ligamenata na golenjači i na butnoj kosti vaskularizovani su od strane krvnih sudova koji penetriraju iz samih koštanih struktura (48). Zbog svoje specifične građe, odnosno činjenice da su ukršteni ligamneti međusobno uvijeni oko svoje uzdužne osovine, dolazi do kompresije na tim mestima i pojave manje vaskularizovanih zona (49). Periligamentarna mreža krvnih sudova je mnogo više razvijenija od interligamentarne, i time je jasno da zarastanje ukrštenih ligamenata nije moguće nakon njihovog kidanja. Treba naglasiti da je vaskularizacija pripoja ligamenata na butnoj kosti nešto bolja od golenjačnog pripoja, pogotovo kod prednjeg ukrštenog ligamenta (37), ali to ništa posebno ne menja u načinu lečenja nakon njihovog kidanja.

Mehanizam povrede prednjeg ukrštenog ligamenta

Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta mogu nastati direktnim ili indirektnim mehanizmom. Najčešći mehanizam povređivanja predstavlja abdukcija, fleksija i spoljašnja rotacija butne kosti, odnosno unutrašnja rotacija golenjače. Ovim mehanizmom dolazi do povreda unutrašnjeg kompartmana kolena, odnosno unutrašnjeg bočnog ligamenta, prednjeg ukrštenog ligamenta i unutrašnjeg meniskusa. Redosled i težina povrede ovih struktura zavisi će od jačine sila koje deluju na koleno. U slučaju obrnutog mehanizma koji je znatno ređi, dolazi do povreda struktura spoljašnje strane kolena (50). Izuzetno retko, mehanizmom hiperekstenzije može doći do kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta. U slučaju dejstva većih sila može doći do pucanja kako zadnje kapsule, tako i zadnjeg ukrštenog ligamenta. Translacija golenjače u sagitalnoj ravni može dovesti do kidanja ili samo prednjeg ukrštenog, ili oba ukrštena ligamenta (50).

Palmer je 1938. godine prvi opisao mehanizme povrede prednjeg ukrštenog ligamenta (51) dok su *Leroy* i saradnici 1941. godine potvrdili *Palmerove* radove (52).

Pojam koji je danas u aktivnoj kliničkoj upotrebi „nesrećna trijada“ (unhappy trias), i koji definiše istovremenu povredu prednjeg ukrštenog ligamenta, unutrašnjeg bočnog ligamneti i unutrašnjeg meniskusa je definisao *O`Donoghue* sa saradnicima (53). Razvijajući svoje radove na psima, grupa istih autora je 1966. godine došla do saznanja da se pokidani

prednje ukršteni ligamenti dve nedelje nakon njihog kidanja retrahuju, i da je tada kasno za njihovu rekonstrukciju.

Precizniji mehaizam povređivanja prednjeg ukrštenog ligamenta kolena dali su *Kennedy* i saradnici 1974. godine (54). U svom radu na kadaverima ustanovili su, da se u položaju savijenog kolena pod 90 stepeni i pri spoljašnjoj rotaciji od oko 50 stepeni prvo isteže, a zatim i kida unutrašnji ligamentarni aparat. Početkom dejstva sile abdukcije u ovom položaju kolena dolazi do kidanja unutrašnjeg ligamentarnog kompleksa, a produženim dejstvom sile i prednjeg ukrštenog ligamenta.

Prvi opis kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta izazvan mehanizmom hiperekstenzije kolena udružene sa unutrašnjom rotacijom potkolenice i stopalom fiksiranim za tlo, dao je *Wang* sa saradnicima 1975. godine (55).

Studije praćenja povreda profesionalnih sportista i povezivanje povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena sa vrstom sporta ukazuju na su najčešće povrede ovog tipa u fudbalu, alpskom skijanju i gimnastici (56). *Delfico* i saradnici (57) konstatovali su da se profesionalni fudbaleri najviše žale na probleme sa kolenima. Kao vodeći uzrok tegoba je nagla promena pravca prilikom trčanja. *Alerton-Geli* i saradnici (58) su anketirali i pregledali profesionalne fudbalere i konstatovali da se najčešće ruptуре prednjeg ukrštenog ligamenta događaju nekonaktim mehanizmom prilikom doskoka sa kolenom u hiperekstenziji, kao i uvrtnjem kolena u skoro punoj ekstenziji sa fiksiranim stopalom.

Dejstvo istih sila koje dovodi do kompletne ruptуре prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, svojim slabijim dejstvom može dovesti i do parcijalne ruptуре. Parcijalna ruptura anteromedijalnog snopma prednje ukrštene veze je posledica dejstva sila velikog intenziteta na koleno. Za razliku od nje, parcijalna ruptura samo posteromedijalnog snopa ukazuje na dejstvo sile manjeg intenziteta. Smatra se da se parcijalna ruptura bilo kog snopa javlja u 24% slučajeva (59). Pacijenti sa rupturom samo anteromedijalnog snopa imaju simptome prednje nestabilnosti kolena, slične kao i pacijenti sa kompletnom rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta. Za razliku od njih, pacijent sa izlovanim rupturom posterolateralnog snopa pate od rotatorne nestabilnosti. Uspostavilo se da 40-50% pacijenata sa rupturom samo jednog od dva snopa kasnije razvije kompletnu rupturu (60).

Noyes i saradnici (61) su u svom radu dokazali da kod pacijenata sa parcijalnom rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta koja obuhvata tri četvrtine njegovih vlakana, u 86%

slučajeva dolazi do progsije u potpunu rupturu. Takođe su dokazali da ako parcijalna ruptura zahvata polovinu njegovih vlakana, do potpune rupture dolazi kod polovine slučajeva.

Izuzetno je važna udruženost povreda prednjeg ukrštenog ligamenta sa ostalim strukturama kolena, posebno meniskusima, pobočnim ligamentima i kaspulom. Učestalost povrede meniskusa udruženih sa ovakvim tipom povrede je velika i kreće se do čak 37% (62). U dečijem uzrastu je taj procenat još veći (63).

Dijagnostika povrede kolena

Kao kod svih bolesti i povreda, anamnezu je neophodno uzeti precizno i strpljivo. Treba insistirati na tačnom mehanizmu povređivanja. Najčešće se u razgovoru dolazi do podatka da je povreda nastla prilikom „uvrtanja“ kolena, pacijenti imaju subjektivni osećaj da je u kolenu „nešto puklo“ ili „krcnulo“. Kao najšestći mehanizam, navode povrede prilikom promene pravca kretanja, odnosno rotacije kolena sa stopalom fiksiranim za podlogu. Takođe, moguć je udarac drugog saigrača pri savijenom položaju kolena. Bitan je podatak da li je pacijent nastavio da se bavi sportom neposredno nakon povrede ili je morao da prekine aktivnost. Ukoliko je došlo do rupture prednjeg ukrštenog ligamenta, oni zbog bola i otoka ne mogu da nastave započetu sportsku aktivnost (64). Sam nastavak sportske aktivnosti isključuje povredu prednjeg ukrštenog ligamenta ili je bar isključuje u navedenom trenutku. Rupture prednjeg ukrštenog ligamenta su praćene pojavom otoka u prvih nekoliko časova od povređivanja, najviše nakon 24h. Pacijent se žali na velik bol usled nakupljanja krvog izliva u kolenu koji rasteže zglobnu kapsulu i dovodi do subjektivnog osećaja bolne napetosti kolena. Takođe se pacijenti žale na nemogućnost savijanja kolena.

Ukoliko se uzima anamneza nekoliko meseci nakon povrede bitan je podatak o svakodnevnom funkcionisanju. Tako su *Noyes* i sar. 1983.godine predstavili teoriju „pravilo trećine“ (65), koja kaže da se prilikom praćenja osoba sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta, može uočiti: da jedna trećina povređenih može nastaviti na istom nivou svojih fizičkih aktivnosti kao i pre povrede, jedna trećina će biti zadovoljna sa nešto manje zahtevnim oblikom fizičke aktivnosti nakon perioda nošenja ortoze i lečenja fizikalnim procedurama, dok će jedna trećina i dalje nakon takvog lečenja osećati funkcionalnu nestabilnost i zapravo biti populacija kojoj se predlaže operativno lečenje rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta.

Klinički pregled zgloba kolena

Klinički pregled se sastoji iz nekoliko faza, a to su: inspekcija, palpacija i specijalni dijagnostički testovi za ispitivanje nestabilnosti kolena.

Pažljivo posmatranje pacijenta i uočavanje nepravilnosti kako u mirovanju, tako i u pokretu podrazumeva inspekciju. U slučaju sveže povrede prednjeg ukrštenog ligamenta uočava se prisustvo otoka (64). Otok može biti manji ili veći, a u nekim slučajevima, doduše retkim, može biti minimalan, u slučaju izlivanja otoka kroz rupturiranu kapsulu ekstraartikularno. Više od 70% pacijenata sa hemartrozom kolena ima povredu prednjeg ukrštenog ligamenta (66). Nekoliko dana od povrede, a pogotovo nakon nošenja imobilizacije, je vidljiva atrofija četvoroglavog mišića buta. Kod opsežnijih povreda, pored otoka može se videti i krvni podliv oko samog zgloba, ali tek nakon nekoliko dana, retko u prvih nekoliko sati nakon povređivanja. Takođe, treba posmatrati hod pacijenta, u slučaju udruženih povreda, npr. posterolateralnog ugla, vidljivo je varsu popuštanje kolena prilikom oslonca (67).

Palpacija je procedura pipanja obolelog ili povređenog mesta. Kod kolena se palpiraju mišići i mišićni pripoji, gde se ispituje eventualno postojanje njihovog spazma, bolnosti i tonusa. Prilikom povreda ligamentarnog aparata obavezna je i palpacija postojećeg otoka, kao i palpacija ligamentarnih pripoja, koji su u tim slučajevima izuzetno bolni. Utvrđivanje postojanja izliva u kolenom zglobu vrši se „balotman testom“ koji se izvodi tako što se dlan jedne ruke postavi suprapatelarno što ima za cilj da se istisne tečnost iz suprapatelarnih recesusa. Tada se levom rukom pritiska čašica i dobija se subjektivni osećaj da čašica „pliva u tečnosti“, odnosno postoji njeno elastično ugibanje. Korisno je isto ovo izvesti i na nepovređenom kolenu kako bi se mogla napraviti komparacija. Palpacijom utvrđujemo i postojanje bolnosti bočnih ligamenata. Unutrašnji bočni ligament se palpira od njegovog proksimalnog pripoja na unutrašnjem epikondilu butne kosti, pa distalno, duž unutrašnje strane kolena, sve do njegovog donjeg pripoja, na unutrašnjoj strani platoa golenjače. Spoljašnji bočni ligament se palpira od spoljašnjeg epikodila butne kosti, duž spoljašnje strane kolena, pa sve do njegovog distalnog pripoja, na spoljašnjoj strani glave lisnjače.

Specijalni klinički testovi se izvode radi procene stabilnosti kolena, odnosno utvrđivanja eventualne nestabilnosti. Postoji mnoštvo ovakvih testova, neki su manje, a neki više

pouzdati. Specifičnost određenih testova je veoma velika i sa velikom verovatnoćom može ukazati na povredu prednjeg ukrštenog ligamenta (specifičnost testa „prednje fioke“ je 62-88%, specifičnost Lachman stres testa je 86-91% u zavisnosti od autora) (68). Treba napomenuti razliku između nestabilnosti kolena i laksiteta kolena. Nestabilnost se definiše kao klinički znak povećanog obima pokreta, odnosno mobilnost izazvana ligamentarnom povredom. Laksitet predstavlja ligamentarno razlabavljenje i ono nije uzrokovano povredom, već predstavlja fiziološko stanje. Većinu ovih testova je, zbog bolnosti, otoka i mišićnog spazma, veoma teško izvesti odmah po povređivanju. Oni su pouzdaniji kada se izvode po smirivanju akutne bolne faze. Svi ovi testovi se grubo mogu podeliti na one za ispitivanje nestabilnosti u jednoj ravni, kao i one za ispitivanje rotatorne nestabilnosti.

Za ispitivanje unutrašnje bočne nestabilnosti koristi se tzv. valgus stres test, ili abdukcioni stres test, a za ispitivanje spoljašnje bočne nestabilnosti tzv. varus ili adukcioni stres test. U slučaju povrede, oba ova testa izazivaju bolnosti. Stepen povrede se određuje veličinom „otvaranja“ zgloba ka unutra ili spolja, u zavisnosti koje se test izvodi. U slučaju pozitivnog nalaza pri 30° fleksije kolena, radi se o sigurnom znaku njihovog kidanja. Ukoliko su ovi testovi pozitivni i kod potpuno ispruženog kolena, sa velikom sigurnošću se može tvrditi da se radi o udruženom kidanju prednjeg ukrštenog ligamenta (69).

Postoji mnoštvo testova za određivanje prednje nestabilnosti kolena, ali su naredna tri najčešće korišćena i imaju najveću senzitivnost prilikom izvođenja.

Lachman test (70–72) je opisan 1976. godine od strane *Torga* i saradnika (73) koji su pomenuti test nazvali po svom učitelju. On se izvodi tako što pacijent leži na leđima sa kolenom savijenim pod 20-30°. Peta ispitivane noge je oslonjena na podlogu, a potkolenica je u položaju neutralne rotacije da bi se izbegao uticaj sekundarnih stabilizatora kolena. Jedna ruka ispitanika se postavlja na natkolenicu u cilju njene stabilizacije, a palac druge ruke se postavi na golenjačnu kvrgu sa ostala četiri prsta na zadnji aspekt potkolenice i gura je prema napred (Slika 11). Pomeranje golenjače put napred bez jasne tačke zaustavljanja („end point“) jeste pozitivan Lachman test i patognomoničan je za pokidan prednji ukrštenog ligament.



Slika 11. Lachman-ov test

Test subluksacionog preskoka ili „Pivot shift“ test je opisan od strane *McIntosh*-a i *Galoway*-a 1972. godine (74). On se izvodi tako što pacijent leži na leđima, a kuk i koleno su savijeni pod 90°. Potkolenica se postavlja u položaj unutrašnje rotacije i taj položaj predstavlja početnu poziciju za izvođenje ovog testa. Potom se načini odvođenje u kuku što pojačava senzitivnost ovog testa, a snažnim pritiskom ruke ispitanika u gornje spoljašnji deo potkolenice, koleno se orjentiše u valgus (Slika 12). Tada se istovremeno započinje ispružanje kolena uz spoljašnju rotaciju potkolenice. Pod uglom od 30°, u slučaju insuficijencije prednjeg ukrštenog ligamenta, nastaje subluksacioni preskok, uzrokovan prednjom subluksacijom golenjače i tada se može reći da je ovaj test pozitivan. Odsustvo preskoka ukazuje na očuvanost prednjeg ukrštenog ligamenta. Ovaj test je visoko senzitivnan kada je pacijent maksimalno relaksiran, ili kada je u anesteziji. Senzitivnost bez anestezije je 35%, a u anesteziji 98% (75).



Slika 12. „Pivot shift“ test

„Test prednje fioke“ ili „Anterior drawer test“ se izvodi tako što pacijent leži na leđima, sa kukom savijenim pod 45° , kolonom pod 90° i stopalom oslonjenim na podlogu. Ispitivač seda na stopalo pacijenta, postavlja oba svoja palca u predeo prednje strane golenjačnog platoa, dlanove u predelu zadnje strane potkolenice i kažiprste na tetive hamstringsa. Ispitivač dlanovima upire u zadnju stranu potkolenice gurajući je ka napred (Slika 13). Prednja ekskuzija golenjače veća nego na suprotnoj zdravoj strani, ukazuje na pozitivnost ovog testa. I ovaj test kao i prethodni, pokazuje puno veći senzitivnost kod hroničnih povreda, kao i kod pregleda u anesteziji (75).



Slika 13. „Anterior drawer test“

Pomoćne dijagnostičke metode

Kod svake povrede kolena, pa tako i rupture prednjeg ukrštenog ligamentakolena, neophodna je standardna radiografija kolena. Ona podrazumeva radiografiju kolena u dva pravca, što podrazumeva AP (antero-posteriornu) i profilni (latero-lateralnu) snimak. Ovako načinjena radiografija isključuje postojanje udruženih koštanih povreda, kao i postojanje avulzionih preloma, koji mogu biti patognomonični za povredu prednjeg ukrštenog ligamenta. Poseban takav radiološki entitet je tzv. *Segond*-ov znak (76), odnosno mali avulzioni prelom spoljašnjeg kondila golenjače koji je vidljiv u AP projekciji. Avulzioni prelomi, posebno donjih pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta, mogu se videti na radiografiji u dečjem uzrastu.

Pored standardne radiografije, veoma često se u kliničkoj praksi koristi i stres radiografija. Ona podrazumeva radiografiju zgloba u posebnim položajima primenom sile. Poređenjem tako dobijenih snimaka, sa snimcima zdravog kolena, može se odrediti postojanje nestabilnosti, odnosno konstatovati postojanje povrede ligamentarnog aparata kolena. Tako, u slučaju da prilikom valgus stres testa postoji medijalno „otvaranje“ kolena veće od 4mm u poređenju sa suprotnom stranom, sa velikom verovatnoćom se može postaviti dijagnoza povrede bočnog unutrašnjeg ligamenta. Isto tako, ukoliko se prilikom izvođenja testa prednje fioke na radiografijama dobije pomeranje golenjače u odnosu na butnu kost više od 3 mm, može se sa velikom sigurnošću postaviti dijagnoza kidanja prednje ukrštene veze kolena. Većina autora se slaže da ove metode imaju klinički značaj samo prilikom potpunog kidanja ligmenata, dok prilikom parcijalnih kidanja ligamenata senzitivnost ovakvih testova opada (77).

Uvođenjem magnetne rezonance (MRI) u svakodnevnu kliničku praksu, došlo je do prave revolucije u dijagnostikovanju povreda prednjeg ukrštenog ligamenta (Slika 14). Senzitivnost ove metode je veoma visoka (95-99%) (78). Pored toga, neinvazivnost metode, kao i odsusutvo zračenja, još više joj daje na popularnosti. Treba napomenuti, da je senzitivnost dijagnostike zadnjeg ukrštenog ligameta nešto manja (85%)(79). Magnentna rezonanca ima svoju primenu i u postoperativnoj evaluaciji tretmana ovakvih povreda. Pomoću nje se možemo uveriti u uspešnost obavljene operacije, ili konstatovati neke pojave koje se ne mogu uočiti pomoću radiografije niti tokom artroskopije kolena.



Slika 14. MRI snimak kolena. Strelice pokazuju prekid prednjeg ukrštenog ligamenta (preuzeto sa http://louisvilleorthopedics.com/wp-content/uploads/2012/10/ACL_rupture_MRI.jpg)

U dijagnostici povrede prednjeg ukrštenog ligameta kolena može se koristiti i kompjuterizovana tomografija (CT). Međutim, ona nije metod izbora iz više razloga. Njena senzitivnost je manja, i iznosi oko 96% za prednje ukršteni ligament i oko 84 % za zadnje ukršteni ligament (80). Takođe, pacijenti su izloženi mnogo većim dozama zračenja i neophodna su kontrastna sredstva.

Pomoćne dijagnostičke metode bi trebalo da imaju ulogu u potvrđivanju već postavljene dijagnoze adekvatno sprovedenim kliničkim pregledom pacijenta.

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 (81). Njihova dijagnostička moć je minimalna.

Lečenje povrede prednjeg ukrštenog ligamenta

Cilj lečenja povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je ponovno uspostavljanje stabilnosti kolena, pun obimom pokreta, odnosno odlaganje pojave degenerativnih promena hrskavice i meniskusa. Uspešna rekonstrukcija ovog ligamenta omogućava povređenoj osobi normalno i samostalno obavljanje aktivnosti dnevnog života i povratak sportskim aktivnostima na najvišem nivou. Adekvatan način lečenja ovih povreda zavisi od starosti pacijenta, njegove profesije, nivoa fizičke aktivnosti pre povrede i motivisanosti pacijenta za daljim lečenjem.

Lečenje povrede raznih ligamenata zavisi od njihove sposobnosti spontanog zarastanja. Eksperimentalni radovi su pokazali da prednji ukršteni ligament gotovo i nema sposobnost spontanog zarastanja (82), ali je to kod delimičnog prekida ipak moguće. Kasnija klinička ispitivanja pokazala su 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 (83), 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 zglobnoj hrskavici (84). Klinički je važan podatak je da potpuni prekid ligamenta nastaje čak u 50% slučajeva nepotpuno pokidanih ukrštenih ligamenata. To 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 (85).

Način lečenja zavisi i od stepena oštećenja ligamenata, tako je 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, ali je koleno i dalje stabilno. Lečenje je takođe neoperativno i uključuje postavljanje natkolene imobilizacije (gips ili ortoza) u trajanju od četiri do šest nedelja, a zatim sprovođenje rehabilitacionog tretmana (60). Rezultati ovakvog lečenja zavise od prirode same povrede, starosti pacijenta, udruženih patoloških stanja kolena i jačine okolne muskulature. Kod izvesnog broja pacijenata lečenih na ovaj način zaostaje određen

stepen nestabilnosti kolena bol, izliv i slabosti mišića, a kao posledica svega toga dolazi do smanjenja obima dnevnih, radnih i životnih aktivnosti (86). 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 i povratak njihovim svakodnevnim i takmičarskim aktivnostima bio mnogo brži (86). Danas je opšte prihvaćen stav da većina izolovanih ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta zahteva operativno lečenje (87). Jedino stanje u kom postoji apsolutna indikacija za operativnog lečenja jeste koštano otrgnuće pripoja ukrštenog ligamenta na butnoj kosti ili golenjači. Tada se vrši rana fiksacija koštanog fragmenta (88). Mnoge starije osobe sa izolovanim prekidom prednjeg ukrštenog ligamenta mogu da budu lečene neoperativno ukoliko nemaju većih funkcionalnih poteškoća i ako su spremne da smanje nivo fizičkih aktivnosti (60).

Postoji velik broj operativnih tehnika koje se koriste u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, ali su se u poslednje dve decenije posebno izdvojile dve, koje se i najčešće koriste u kliničkoj praksi. To su modifikovana *Clancy*-eva tehnika, gde se kao kalem koristi srednja trećina ligamenta čašice kao *BTB* kalem i operativna tehnika gde se kao kalem koriste četvororučno presavijena tetiva unutrašnjeg pravog mišića i polutetivnog mišića buta (*m. gracilis* i *m. semitendinosus* - *engl: hamstring*). Moguće ih je koristiti kao auto ili alokaleme (89). U brojnim istraživanjima je objavljeno da ne postoji statistički značajna razlika između ove dve tehnike (28,90,91). *Miller* i *Gladstone* (92) smatraju da je *BTB* kalem izbor za osobe koje se bave zahtevnim fizičkim aktivnostima (fudbaleri, skijaši, atletičari, itd.)(Slika 15), dok je za fizički manje zahtevne ili starije osobe, metoda izbora rekonstrukcija pomoću tetiva hamstringa. Pored ove dve navedene, u današnje vreme se koristi kao dopunska, odnosno preporučuje se jedna od „procedura za spasavanje“, tehnika uz pomoć Ahilove tetive. Treba pomenuti da je moguće načiniti kalem i od centralnog dela tetive četvoroglavog mišića iznad čašice (93).



Slika 15. BTB autokalem

Pristup u tretmanu povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena mora biti individualan, tj. da odabir kalema, odnosno tehnika koja se koristiti u velikoj meri zavisi od osobina samog pacijenta (94). Takođe, treba imati u vidu i biomehaničke karakteristike i specifičnosti ligamenta, kako onog koji se rekonstruiše, tako i onih koji služe kao kalemi.

“Zlatan standard” u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je primena srednje trećine ligamenta čašice kao BTB kalem. Ova tehnika je pokazala svoju pravu vrednost uvođenjem artroskopa u operativno lečenje prekida prednjeg ukrštenog ligamenta. Autokalem ligamenta čašice je i po svojim biomehaničkim karakteristikama veoma sličan prednjem ukrštenom ligamentu, a u poređenju sa drugim biološkim materijalima pokazuje bolje osobine (95). (Slika 16). Odlični i dobri postoperativni rezultati primene ove tehnike kreću se u intervalu od 70 do 93% (96–98).



Slika 16. (Rekonstrukcija korišćenjem BTB kalema- uzimanje kalema)

Ova operativna tehnika ima i svojih nedostataka. Uzimanje srednje trećine ligamenta čašice slabi ekstenzornog aparat kolena. To može dovesti do kontrakture i pojave bola u predelu čašice i donjeg okrajka butne kosti, što su i najčešće komplikacije ove operativne tehnike (99). Takođe, česta komplikacija pogotovo kod pacijenata ženskog pola je i slabost četvoroglavog mišića natkolenice koja može da traje i do dve godine (96). Postoperativno, do fleksornih i ekstenzornih kontraktura dolazi u 10-20% slučajeva (100). Pojava fibroznog čvora u predelu međukondilarne jame ili na mestu izlaska kalema na platou golenjače dovodi do ekstenzorne bolne kontrakture, tzv. “Cyclops syndrome” (101). Još jedna značajna komplikacija nakon ove

operativne tehnike je bol koji se javlja u 4-19% slučajeva (102). Ovaj postoperativni bol je često vezan za smanjenu pokretljivost, krepitacije i izlive u kolenu. Nešto ređe komplikacije ove operativne tehnike su prelomi čašice, prekid donjeg pripoja ligamenta čašice i hernijacija masnog tkiva kroz defekt ligamenta čašice (103,104).

Druga operativna tehnika gde se kao kalem koriste tetive pregibača kolena (engl. *hamstring muscles*) najčešće podrazumeva uzimanje tetive polutetivnog i pravog unutrašnjeg mišića buta. Ovakav kalem je prečnika oko 8 mm, a površina poprečnog preseka mu je oko 50 mm², što je skoro identično nepovređenom prednjem ukrštenom ligamentu, a dva puta je otporniji na kidanje (105). 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 oba pomenuta mišića (106,107). 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 (108).

Transplantaciona hirurgija koštano zglobnog sistema se poslednjih godina sve više razvija i primenjuje. Poslednjih dvadeset 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 (109). 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 i da je pogodan za dugotrajno skladištenje. U rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena najčešće se koristi BTB alokalem, a nešto ređe alokalem Ahilove tetive ili bedreno-golenjačne trake. Danas se najčešće koriste smrznuti liofilizirani alokalemi koji imaju sačuvan biološki a snižen imunološki potencijal tako da nije potrebna imunosupresivna terapija (110). Alokalemi se sve češće koriste zbog povećanog broja ponovljenih 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 (111). Poređenjem postoperativnih rezultata alo i autokalema, utvrđeno je da su u ranom postoperativnom periodu pacijenti sa alokalemom imali manji bol i bolju funkciju. Nakon pet godina praktično nema statistički značajne razlike kada je funkcionalni rezultat u pitanju (112). Autokalemi iz koštanih banaka se koriste u zapadnim zemljama već više od 20 godina (113). 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.

Artroskopski portali

Operacije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena se vrše korišćenjem artroskopa bez otvaranja samog zgloba. Nakon načinjenog reza od 5mm na koži i potkoži, pristupa se zglobu kolena prolaskom kroz kapsulu zgloba instrumentom zvanim troakar. Komunikacija kolena sa spoljašnjom sredinom, koja je napravljena na taj način, naziva se portal. Portal služi sa uvođenje optičke kamere ili instrumenata u koleno. Slika iz unutrašnjosti kolena prenosi se na monitor putem optičkog sistema sa uveličavajućim sočivima i izvorom hladnog svetla (Slika 17 i 18).



Slika 17. Artroskopski monitor i optika sa izvorom svetla u kolenu



Slika 18. Troakar i optički sistem

Postoje mnoga mesta za inserciju artroskopskih portala. Prvi i najčešće primenjivan je prednje-spoljašnji portal (Anterolateral-AL) koji je opisao još Jackson 1972. godine (22). AL portal se nalazi u nivou zglobne pukotine, odnosno 2mm iznad prednjeg roga spoljašnjeg meniskusa i oko 1cm udaljen od spoljašnje ivice ligamenta čašice. Mekanu tačku, odnosno mesto reza na koži, moguće je identifikovati savijanjem kolena do 90° i palpacijom lateralno od ligamenta čašice (114). Anterolateralni portal je rutinski i inicijalni pristup prilikom započinjanja pregleda.

Centralni portal je mesto insercije artroskopa kroz sam ligament čašice. *Gillquist* i *Hagberg* su ga opisali 1976. godine (23) i predstavlja praktičnu alternativu AL portalu. Nakon što se koleno savije do 60° načini se rez kože na središnjoj liniji kolena oko 1cm ispod donjeg pola čašice (114). Vrlo je laka vizualizacija srednjeg kompartmana kolena i zadnjih struktura zgloba. Zadnje-unutrašnje strukture je lakše videti nego kroz AL portal. Nedostatak je velika bliskost susednih AL i prednje-unutrašnjeg (AM) portala, jer je moguće sudaranje instrumenata što otežava rad. Drugi nedostatak je prolazak portala kroz vlakna čašičnog ligamenta te se prilikom vađenja troakata isti put u koleno otežano pronalazi. Ponavljana trauma, prilikom traženja starog puta, oštećuje ekstenzorni aparat kolena. Takođe su opisane postoperativne formacije granuloma (114).

Prednje-unutrašnji (AM) portal se postavlja u nivou unutrašnje zglobne pukotine oko 1cm iznad prednjeg roga unutrašnjeg meniskusa i oko 1,5cm od unutrašnje ivice ligamenta čašice (114). Njime je moguća lakša vizualizacija unutrašnje strane čašice, zadnje-unutrašnjeg kompartmana i prednjeg roga spoljašnjeg meniskusa u odnosu na AL portal. Ukoliko se postavi adekvatna visina portala, tj. 1cm iznad meniskusa, moguće je lako videti zadnji pripoj meniskusa, interkondilarni usek i spoljašnji meniskus. I pored nabrojanih prednosti tokom pregleda kolena, ovaj portal ipak spada u radni portal, tj. mesto kroz koje se postavljaju instrumenti tokom operacije, dok se koleno obično posmatra kroz AL portal.

Zadnje-unutrašnjim portalom moguće je videti zadnje-unutrašnji kompartman, zadnji deo unutrašnjeg meniskusa i zadnji ukršteni ligament kolena. Iako se donja ivica i prednji deo zadnjeg roga unutrašnjeg meniskusa mogu videti kroz AL portal, manje lezije ipak mogu ostati neotkrivene. Portal se postavlja, pri savijenom kolenu do 90°, u trougao koji čine tibijalni plato i zadnja ivica unutrašnjeg kondila (114). Neophodno je raširiti unutrašnjost kolena fiziološkim rastvorom. Kada se iglom punktira i dobije čista tečnost, dozvoljeno je postavljanje troakara. Malo odstupanje od navedenog oštećuje hrskavicu napred ili krvne sudove pozadi. Pristup spoljašnjem kompartmanu je sprečen ukrštenim ligamentima te je nemoguće postavljanje instrumenata i uklanjanje slobodnih tela iz navedenog kompartmana. Navedeno je moguće samo u slučaju kompletne rupture ukrštenih ligamenata (114).

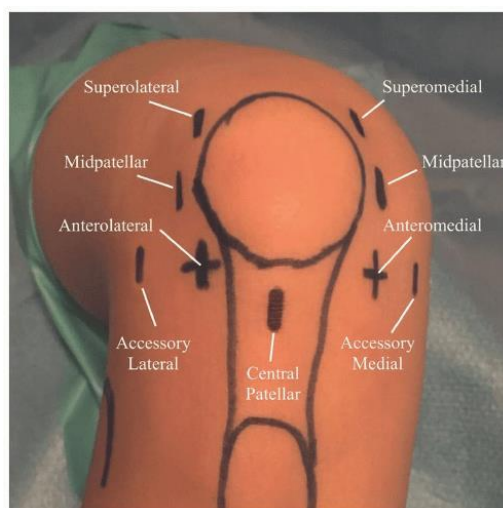
Spoljašnji-nadčaašičnji portal omogućava vizualizaciju sinovijalnih nabora, čašice i njenog položaja kao i masnog jastučeta. Procedure na ovoj lokaciji se lako izvode u kombinaciji sa AL ili AM portalom. Pravljenje portala je lakše kod ligamentarno labavijeg kolena sa visoko postavljenom čašicom i plitkim interkondilarnim usekom. Portal se postavlja 1cm iznad i iza gornje-spoljašnjeg ugla čašice. Ovako postavljen portal omogućava laku evaluaciju čaašičnobutnog zgloba, spoljašnjeg žljeba kolena i poplitealne tetive (114).

Unutrašnji i spoljašnji srednje-čaašični portal je popularizovao Patel 1982. godine (24) kao koristan način za pregled prednjih rogova meniskusa, transverznog ligamenta, masnog jastučeta i golenjačnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta. Prednji deo interkondilarnog useka je moguće vizualizovati artroskopom od 30° dok se početak prednje-spoljašnjeg i prednje-unutrašnjeg kompartmana vizualizuje sa artroskopom od 70°. Ovi pristupi su posebno korisni kada je prednji deo kolena prikriven otokom. Mesto postavljanja portala je 5 mm upolje od ivice čašice, na sredini puta između njenih polova (114). Time je portal nešto ispod njenih najširih delova i oko 1,5cm iznad i upolje od AL i AL portala. Drugi njihov naziv i jeste visoki

prednje-spoljašnji pristup. Nedostatak ovih portala je što se nalaze na mestu bez mnogo potkožnog masnog tkiva i time se tečnost može odlivati u ekstrasinovijalna tkiva formirajući „salinome“. Takođe se kao nedostatak ističe, što sama čašica ograničava manipulaciju artroskopa otežavajući vizualizaciju nadčlašičnog sinovijalnog prostora.

Zadnje-spoljašnji portal je koristan kao radni portal za uklanjanje slobodnih zglobnih tela i delova meniskusa iz zadnje-spoljašnjeg kompartmana. Kao portal za vizualizaciju se retko koristi. Moguća je jasna vidljivost spoljašnje strane prednjeg ukrštenog ligamenta. Međutim, zadnji deo spoljašnjeg meniskusa se ipak bolje vizualizuje kroz AL portal. Poplitealna tetiva je veoma blizu te je neophdan artroskop od 70° radi njenog pregleda. Prostor za postavljanje portala je veoma uzak i iznosi svega oko 1cm. Izuzetna opreznost je neophodna prilikom lociranja prave tačke. Ulaskom artroskopa od 30° kroz interkondlarni usek u zadnje-spoljašnji kompartman i okretanjem upolje, moguće je videti svetlo sa spoljašnje strane kolena. Ubadaњem igle kroz kožu i dobijanjem mlaza čiste tečnosti se potvrđuje mesto postavljanja portala (114).

U današnje vreme se unutrašnjost kolena najčešće posmatra kroz AM i AL portal. Mnogi drugi opisani portali su pronašli daleko ređu primenu (115) (Slika 19). Kako je već gore pomenuto, svaki portal ima svoje prednosti i nedostatke. Takođe, primenom različitih optika moguća je bolja vizualizacija nekih delova kolena.



Slika 19. Artroskopski portali (preuzeto sa <https://musculoskeletalkey.com/arthroscopic-all-inside-meniscal-repair/>)

Već je poznato da je neophodno postaviti kalem na morfološki predodređeno mesto pripoja ligamenta. Vidljivost tog mesta je, međutim, moguća samo kroz navedene AL i AM portale (Slika 20a, 20b). Ako se uzme u obzir zakrivljenost dobijene slike na monitoru, kao i ugao pod kojim se posmatra mesto insercije ligamenta, može se zaključiti da je izuzetno teško postići adekvatnu preciznost (116). Ukoliko bi se ugao posmatranja mesta insercije povećao, odnosno približio 90° u odnosu na ravan koju stvara unutrašnja strana spoljašnjeg kondila butne kosti, vidljivost bi bila daleko bolja a time i greška u orijentaciji transplantata manja. Veći ugao posmatranja bio bi moguć samo je kroz eventualno treći portal (117).

U standardnu proceduru operacije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena spada bušenje tunela tj. otvora na površini golenjače radi postavljanja BTB transplantata. Bušenje golenjače se vrši pod uglom od 45° do 55° u sagitalnoj ravni i 10° do 20° u frontalnoj ravni u odnosu na ravan površine kosti (117). Ovom operativnom tehnikom je otvoren još jedan put u koleno, to je portal kroz gornji okrajak golenjače (Transtibial-TT) (Slika 20c). Ukoliko bi se uvela optika kroz ovaj portal, kojim je moguće prići artroskopom bliže mestu insercije prednjeg ukrštenog ligamenta, i pod većim uglom u odnosu na ravan unutrašnje strane spoljašnjeg kondila, zakrivljenost slike bi bila manja a preciznost operacije veća.



Slika 20: a) Anterolateralni portal b) Anteromedijalni portal c) Transtibijalni portal

Svi optički instrumenti koji se trenutno koriste u rutinskim medicinskim procedurama artroskopije prikazuju sliku na monitoru koja je zakrivljena (116). Stvorena slika je bačvasto zakrivljena, dakle zakrivljenost se povećava na periferiji slike dok je u centralnom delu zakrivljenost minimalna (118). Koristeći navedeni TT pristup snimanja kolena i upotrebom adekvatnog matematičkog modela pokušaćemo da pronademo najadekvatniji ugao bušenja gornjeg okrajka golenjače kao i najpovoljniji ugao savijenosti kolena tokom operacije. Upravo

je predmet ove studije merenje ugla bušenja tunela i savijenosti kolena, odnosno evaluacija novog TT portala.

2. Naučna i društvena opravdanost istraživanja

Jedan od najbitnijih momenata u artroskopskoj rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je precizna i anatomska pozicija tunela u butnoj kosti. Kako bi se greške tokom bušenja butne kosti i insercije kalema svele na minimum, neophodna je što preciznija slika unutrašnje strane spoljašnjeg kondila butne kosti na monitoru. U dostupnoj literaturi, ne postoje podaci o vidljivosti tunela na butnoj kosti koristeći TT portal prilikom hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, tako da bi ovo bilo prvo eksperimentalno i kliničko istraživanje uticaja novog portala na postoperativni rezultat. Rezultati odbijeni u ovoj studiji doprineli bi preciznijem i bržem operativnom lečenju pacijenta sa rupturom prednjeg ukrštenog ligament kolena. Takođe, vizualizacijom kolena, primenom novog TT portala tokom operacije, dobiće se stabilniji zglobovi kolena čime će operativni rezultat biti kvalitetniji i sportski rezultati pacijenata bolji.

3. Ciljevi i hipoteze istraživanja

Uvidom u dostupnu literaturu, na osnovu kliničkih posmatranja i ispitivanja, ali i stečenih iskustava, postavljeni su ciljevi ovog istraživanja. To su:

1. Uporediti stepen distorzije slike korišćenjem AM, AL i TT portala.
2. Uporediti zakrivljenost slike na monitoru artroskopa korišćenjem TT portala u odnosu na AM i AL portal.

3. Utvrditi stepen savijanja kolena i ugao bušenja golenjače pri kojem je vizualizacija mesta bušenja tunela u butnoj kosti najadekvatnija.
4. Izvršiti poređenje operativnih rezultata, korišćenjem objektiviziranih skorova, ispitivane grupe koja je operisana vizualizacijom mesta insercije kroz TT portal i kontrolne grupe operisane korišćenjem AL portala.

Hipoteze istraživanja:

1. Slika dobijena korišćenjem AM i AL portala, prilikom vizualizacije mesta bušenja tunela butne kosti, ima veću radijalnu distorziju u poređenju sa TT portalom.
2. Zakrivljenost slike na monitoru artroskopa je manja korišćenjem TT portala u poređenju sa AM i AL portalom.
3. Vizualizacija mesta bušenja na butnoj kosti je najadekvatnija kada je koleno savijeno 100° i kad je ugao bušenja golenjače u horizontalnoj ravni $<1^\circ$ dok je u sagitalnoj ravni 32° u odnosu na dijafizu golenjače.
4. Veća statistička značajnost ($p < 0.05$) operativnog rezultata utvrđena je kod grupe operisane korišćenjem TT portala u poređenju sa grupom operisane korišćenjem AL portala.

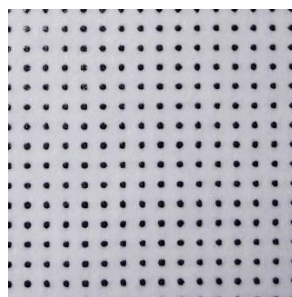
4. Materijal i metode

EKSPERIMENTALNA STUDIJA

Eksperimentalni deo sastojao se od merenja modela kolena koji su napravljeni od specijalnih plastičnih materijala (Slika 21). Modeli predstavljaju reprezentativni primer kolena sa mestima za ulazak AM, AL i izbušenog TT portala. Na mestu insercije kalema postavljena je kalibraciona shema (Slika 22). Razlika između svake susedne tačke na shemi iznosi 0,92mm kao u radu *Hoshina* i saradnika (119).



Slika 21. Modeli kolena sa raznim uglovima bušenja TT portala



Slika 22. Kalibraciona shema (razmak 0.92mm)

Pre snimanja tih unutrašnjosti modela kosti (Sawbones®, arthrex replaceable bone model SB-1414, Germany 2016) bušeni su otvori na golenjači uz pomoć vodiča pod ukupno pet različitih uglova definisanih u dve ravni (Karl Storz, Tutlingen, Germany). Uglovi će iznositi 11° u frontalnoj i 24° u sagitalnoj ravni, 0° u frontalnoj i 32° u sagitalnoj ravni, 26° u frontalnoj i 27° sagitalnoj ravni, 14° u frontalnoj i 39° u sagitalnoj ravni i konačno 16° u frontalnoj i 22° u sagitalnoj ravni (Tabela 1). Modeli su fiksirani za postolje i iz pomoć

uglomera je meren stepen savijanja (Slika 23). Kanal je bušen burgiom od 10mm a vodič je namešten na 50°.

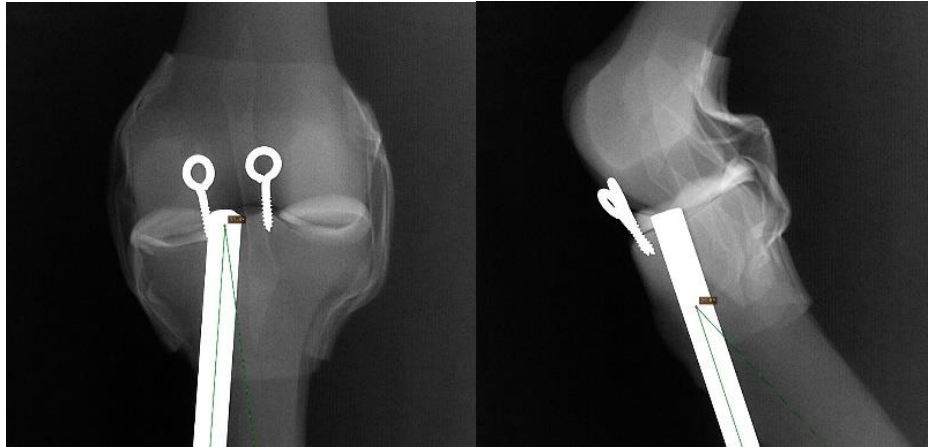
	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Koronarni ugao [°]	11	0	26	14	16
Sagitalni ugao [°]	24	32	27	39	22

Tabela 1. Različiti modeli kolena i njihovi uglovi bušenja u odnosu na osu dijafize



Slika 23. Određivanje stepena savijanja modela kolena

Početna tačka bušenja bila je 1cm medijalno od tuberositasa tibiae i 1,5cm proksimalnije od gornjeg dela pes anserinus kvržice, 0,5cm medijalno od tuberositasa tibije i 2cm proksimalnije od pes anserinus kvržice, 2cm medijalno od tuberositasa tibije i 2cm proksimalno od pes anserinus kvržice, 1 cm medijalno od tuberositasa tibije i 2cm proksimalno od pes anserinus kvržice i konačno 1.3cm medijalno od tuberositasa tibije i 1cm proksimalno od pes anserinus kvržice. Koristeći radiografiju računati su gore navedeni uglovi bušenja kanala (Slika 24)



Slika 24. Radiografija koštanih modela. Merenje koronalnog i sagitalnog ugla bušenja tibije.

AM i AL portali simulirani su korišćenjem oknastih zavrtnjeva od 9mm (Remex doo, Croatia). AM portal postavljen je 1 cm iznad linije zgloba i medijalno prema liniji koja povezuje medijalni rub tibijalnog tuberozitasa sa medijalnim zidom interkondilarnog useka pri savijenom kolenu, položaju koji su opisali *Zantop* i saradnici (120). AL portal postavljen je na 1,5 cm iznad linije zgloba i duž linije koja povezuje lateralnu ivicu tibijalnog tuberozitasa sa spoljašnjim zidom interkondilarnog useka. Na unutrašnjoj strani spoljašnjeg kondila nalepiće se kalibraciona shema.

Artroskopske slike interkondilarnog spoljašnjeg zida, odnosno kalibracione sheme, snimljene su kroz AM, AL ili TT portal koristeći pomenutih pet različitih modela kosti pod šest različitih uglova savijanja (30° , 50° , 70° , 90° , 110° i 130°). Tokom eksperimentalnog snimanja, udaljenost artroskopa od kalibracione sheme iznosila je 10 mm. Snimanje je vršeno artroskopskim sistemom sa optikom 30° , kamerom (Karl Storz, 28731bwa, Germany 2014), izvorom hladnog svetla i AIDA sistemom za dokumentaciju. Kamera pruža kružnu sliku od 1920x1080 piksela.

Izmerene su udaljenosti za sedam odabranih tačaka u petom redu i petoj koloni u dubokom i plitkom području kalibracione sheme. Merene su takođe odgovarajuće tačke u vertikalnom i horizontalnom smeru. Primećuje se da su rastojanja između tačaka više komprimirana na krajevima artroskopske slike a raširena oko središta izobličene slike (Slika 25). Izvršeno je računanje polinomskeg modela parnog reda čime je određen ugao bušenja i stepen savijanja kolena sa najmanjim distorzionim efektom i time najadekvatnijom vizualizacijom tunela butne kosti.

Isti artroskopski sistem je korišćen i tokom operacija. Izračunati optimalni ugao bušenja golenjače primenjen je u kliničkom delu istraživanja. Računanje radijalne distorzije vršeno je na Prirodno matematičkom fakultetu (PMF) u Novom Sadu na Departmanu za fiziku.

Slika snimljena artroskopom pokazuje radijalnu distorziju (izobličenje). Radijalna distorzija je uzrokovana oblikom sočiva i u korelaciji je sa žarišnom daljinom. Distorzija unosi nelinearne promene slike. U slučaju pozitivne radijalne distorzije (bačvasta distorzija) područja bliže centru distorzije se komprimiraju više. Kao rezultat toga, spoljna područja iskrivljene slike izgledaju manje od stvarne veličine. Suprotno, kada se tačke slike (kalibracione sheme) pomeraju sa svoje željene lokacije u poziciju dalje od optičke ose optičkog sistema, dolazi do „pincushion“ distorzije (jastuče za čiode). Kao rezultat toga, spoljna područja iskrivljene slike izgledaju veća od stvarne veličine. Bačvasta distorzija je uobičajena za endoskopska sočiva širokog ugla. Postoji više metoda za korekciju nelinearnih distorzija (121–126). Uobičajeni postupak u predloženim modelima za korekciju distorzije je da polaze od odvajanja njene radijalne i tangencijalne komponente i uglavnom razmatraju radijalnu komponentu u procesu uklanjanja distorzija, tj. korekcije distorzija. Polinomni model ravnomernog reda jedan je od najčešće korišćenih modela distorzija koji omogućava dovoljno dobru korekciju distorzija endoskopske slike. Drugim rečima, odnos koordinata između stvarne slike r^u i distorzione slike r^d može se zapisati na sledeći način:

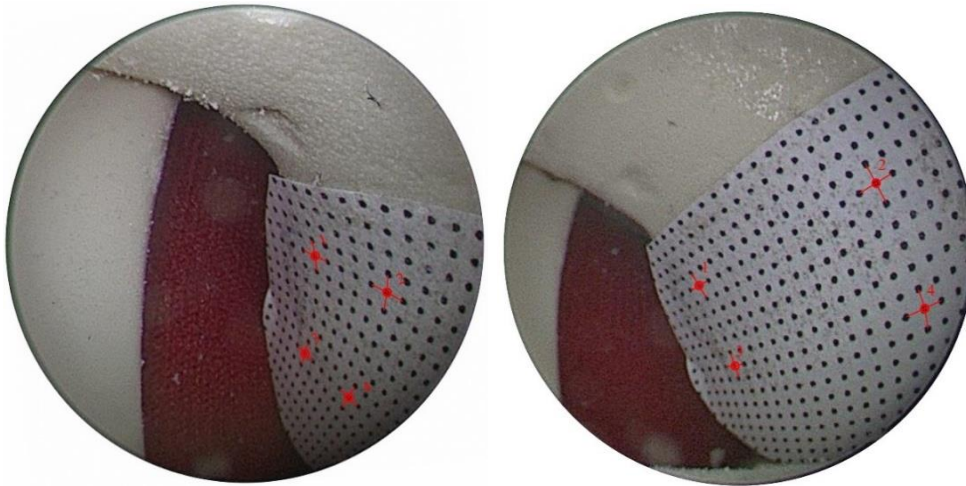
$$r^d = r^u(1 + k_1 r^{u2} + k_2 r^{u4} + k_3 r^{u6} + \dots) \quad (1)$$

gde se r^d i r^u mogu izračunati na sledeći način:

$$r^d = \sqrt{(x_2^d - x_1^d)^2 + (y_2^d - y_1^d)^2} \quad \text{i} \quad r^u = \sqrt{(x_2^u - x_1^u)^2 + (y_2^u - y_1^u)^2} \quad (2)$$

Koordinate Descartesa x^u i y^u predstavljaju koordinate na ravnom kalibracijskom obrascu, i x^d i y^d su koordinate odgovarajuće tačke na iskrivljenoj slici. Nadalje, odnos distorzija i iskrivljenih koordinata može se opisati $r_i^d = \lambda(r_i^u)$ gde λ predstavlja odnos distorzije i zavisi od odabrane tačke sa pozicijom r^u . Pod pretpostavkom da se odnos distorzije ujedini u blizini središta distorzije. Na osnovu veličine radijalne distorzije kod slika snimljenih kamerom, za različite položaje snimanja (AM, AL i TT portalom) i za različite položaje kolena tokom operacije, ideja eksperimentalnog dela istraživanje je da se proceni optimalna vidljivost za hirurga tokom operacije. Pre izračunavanja udaljenost između dve tačke kod izabranih kolona i redova, napravili smo dve pretpostavke:

- Centar distorzije je bliži sredini slike
- Distorzija je kružna i simetrična tj. jačina distorzije zavisi samo od razmaka tačaka u centralnom delu distorzije



Slika 25. Slika kalibracione sheme snimljene kroz TT portal

KLINIČKA STUDIJA

Drugi deo istraživanja bilo je kliničko ispitivanje kojim je obuhvaćeno ukupno 60 pacijenata kod kojih je urađena rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Formirane su dve grupe od po 30 ispitanika. Prva grupa je operisana na dosadašnji standardan način artroskopske orijentacije u kolenu koristeći AM i AL portal. Drugu grupu čine pacijenti kod kojih je mesto insercije proksimalnog okrajka transplantata vizualizovano kroz TT portal. Operativni zahvat svih pacijenata vršio je isti hirurg. Ista aparatura za artroskopiju korišćena je u eksperimentalnom delu istraživanja kao i tokom operacija. Većina kliničkih procedura koje se sprovode u ovom ispitivanju su deo zdravstvene usluge koju bi pacijent inače dobio od trenutka prijema u bolnicu do trenutka kada iz nje bude otpušten. Pacijent je uključen u studiju ako potpiše

informisani pristanak i ako zadovolji definisane kriterijume za rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena.

Uzorak će činiti osobe koje se rekreativno ili aktivno bave fizičkom aktivnošću sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom kolena i koji su se odlučili za operativno lečenje.

Kriterijumi za uključivanje u studiju:

- Osobe oba pola uzrasta od 18 do 40 godina
- Dijagnostikovana izolovana ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta kolena
- Postavljena indikacija za rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta kolena
- Potpisan informisani pristanak i saglasnost za učestvovanje u istraživanju od strane pacijenta
- Dobijena saglasnost za operativno lečenje nakon pregleda specijaliste interne medicine ili anesteziologa

Kriterijum za isključivanje iz studije:

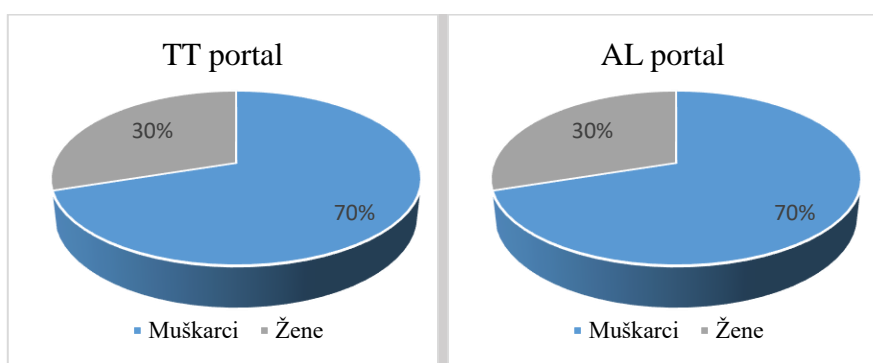
- Pacijenti kojima se radi ponovna operacija prednjeg ukrštenog ligamenta
- Pacijenti koji pored rupture prednjeg ukrštenog ligamenta kolena imaju druge pridružene povrede tog kolena uključujući degenerativne ili reumatoidne procese.
- Pacijent kod kojih tokom istraživanja dođe do razvoja težih opšte-hirurških komplikacija
- i oni koji ne žele više da učestvuju u istraživanju bez obaveze da tu svoju odluku obrazlaže

Svi ispitanici su anketirani i prikupljen su opšti podaci (ime i prezime, datum rođenja, adresa prebivališta i telefon) a zatim su uneti podaci u Lyncholm (127), Tegner (128) i IKDC (International Knee Documentation Committee) (129) formulare za funkcionalnost kolena.

KARAKTERISTIKE ISPITANNIKA

Polna struktura

U istraživanje je uključeno ukupno 60 pacijenata oba pola. Od ukupnog broja 70% (42) bile su osobe muškog, a 30% (18) osobe ženskog pola (Grafikon 1). Zastupljenost muškog pola u ispitivanoj i kontrolnoj grupi je značajno veća. U ispitivanoj grupi, odnosno kod pacijenata operisanih tehnikom vizuelizacije kroz transtibijalni portal (TT portal), osobe muškog pola sačinjavale su 70%, dok su u grupi operisanih tehnikom kroz prednje-spoljašnji portal (AL portal) osobe muškog pola takođe sačinjavale 70% (Tabla 5). Dobijene vrednosti primenom χ^2 testa ukazuju da postoji statistički značajna razlika u broju osoba muškog i ženskog pola u obe posmatrane grupe (χ^2 test, $\chi^2(1) = 9.600$, $p < 0.01$). Međutim, posmatrajući polnu strukturu ispitivane i kontrone grupe zaključujemo da nije bilo razlike.



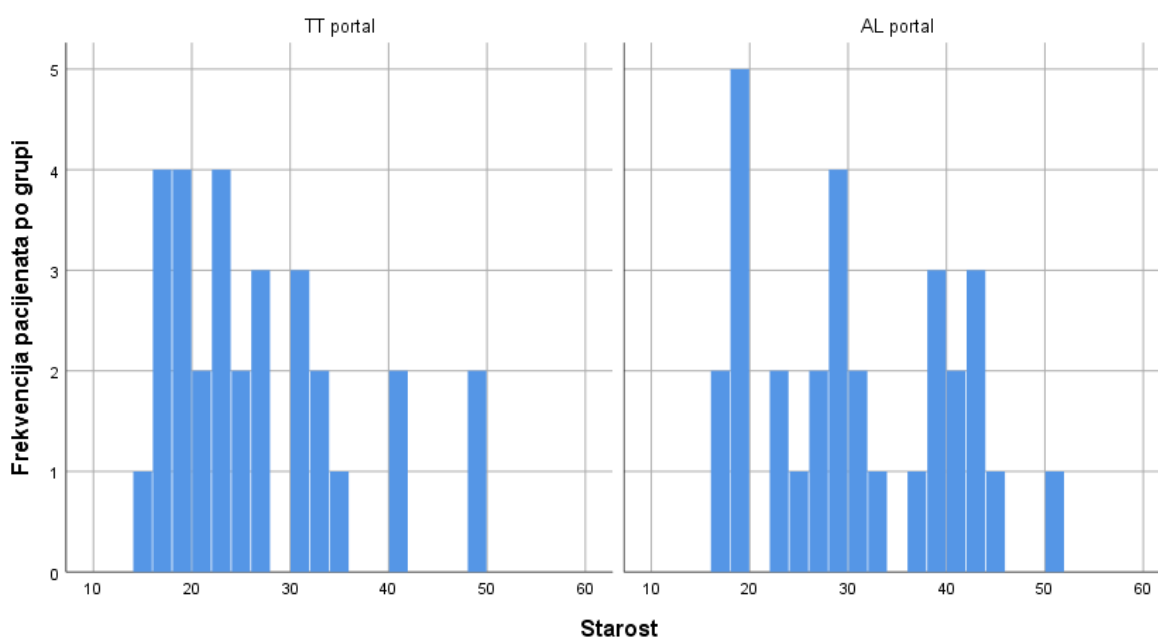
Grafikon 1. Prikaz polne strukture ispitanika po grupama

		TT portal		AL portal	
		N	%	N	%
Pol	muški	21	70,0%	21	70,0%
	ženski	9	30,0%	9	30,0%
	Ukupno	30	100,0%	30	100,0%
p		$\chi^2 = 4.800, p < 0.05$		$\chi^2 = 4.800, p < 0.01$	

Tabela 5. Prikaz polne strukture ispitanika po grupama

Starosna struktura

Starosna struktura ispitanika kretala se od 15-50 godina, prosečno $28,18 \pm 9.747$ godina. Najstariji pacijent u ispitivanoj grupi (TT portal) imao je 49 godina, a u kontrolnoj grupi (AL portal) 50 godina. Najmlađi pacijent u ispitivanoj grupi (TT portal) imao je 15 godina, dok je u kontrolnoj grupi (AL portal) imao 16 godina (Grafikon 2). Prosečan broj godina u ispitivanoj grupi iznosi $26,07 \pm 9.251$. Prosečan broj godina u kontrolnoj grupi iznosi $30,3 \pm 9.921$ (Tabela 6).



Grafikon 2. Prikaz starosne strukture ispitanika po grupama

	N	prosek	SD	95% CI		Minimum	Maximum
				donja granica	gornja granica		
TT portal	30	26,07	9.251	22.61	29.52	15	49
AL portal	30	30,3	9.921	26.6	34	16	50
Ukupno	60	28.18	9.747	25.67	30.7	15	50

Tabela 6. Prikaz starosne strukture ispitanika po grupama

Primenom T testa konstovano je da ne postoji statistički značajna razlika u starosti pacijenata između ove dve grupe ($t(58) = -1.709, p = .093$)

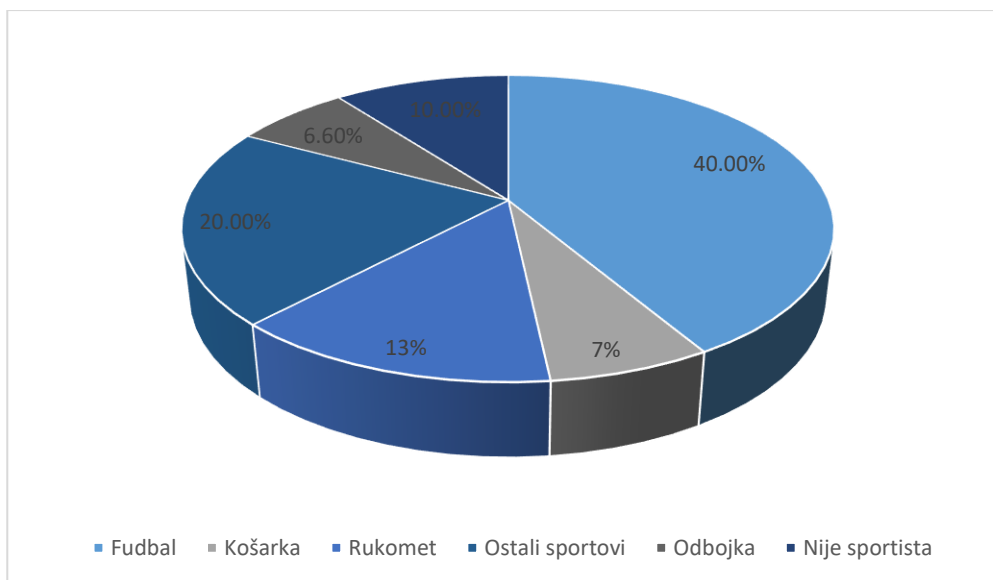
Vrsta sporta

Posmatrajući celokupan uzorak, najpopularniji sport je bio fudbal, koji su upražnjavala 25 ispitanika (41,6%). Ispitanici su upražnjavali rukomet i košarku u podjednakom broju – šest ispitanika (10,0%). Odbojkom se bavilo petoro ispitanika (8,3%). Po jedan ispitanik se bavio ragbijem (1,6%) i skijanjem (1,6%). Preostalih 11 ispitanika (18,3%) navelo je da se bavi nekim drugim sportom. Petoro ispitanika (8,3%) se izjasnilo da nisu sportisti (Grafikon 3a i 3b). U obe grupe ispitanika najpopularniji sportovi bili su fudbal, košarka i rukomet. U ispitivanoj i kontrolnoj grupi ovim sportovima se bavio sličan broj ispitivanih pacijenata. Navedenih sportista je u ispitivanoj grupi bilo 18 (60%) dok ih je u kontrolnoj grupi bilo 18 (66,6%). Nije postojala statistički značajna razlika u odnosu na vrstu sporta između grupa.

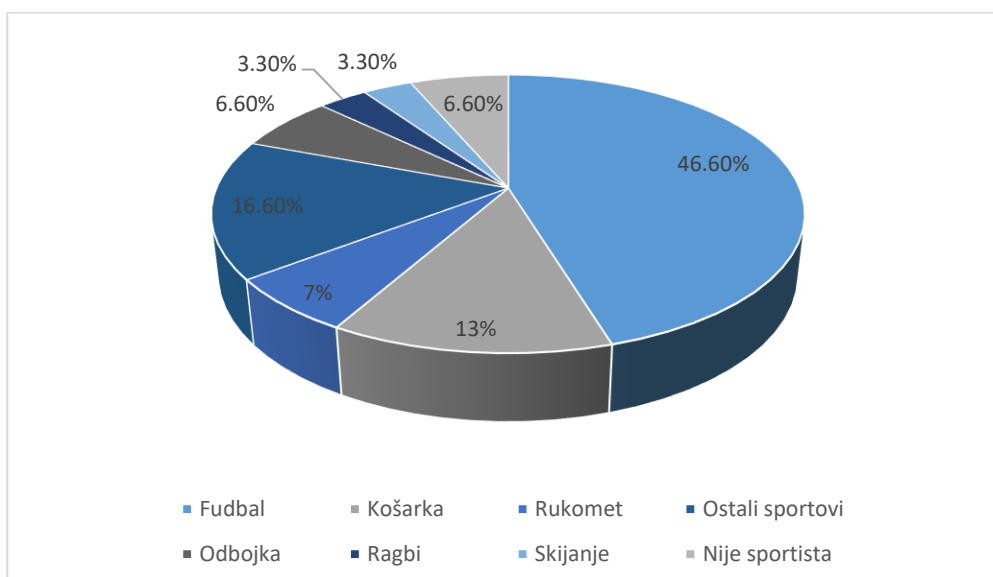
Od ukupnog broja ispitanih pacijenata, samo 12 (20%) pacijenata je navelo da se profesionalno bavi sportom. Preostali ispitanici su se bavili sportom rekreativno (71,6%) (Grafikon 4). U obe grupe bilo ukupno šest profesionalnih sportista, čineći grupu uniformnom.

Analizirajući uzrok povrede među ispitanicima dobijen je podatak da je najveći broj povreda nastao u toku sportskih aktivnosti (90%), zatim u toku obavljanja aktivnosti dnevnog

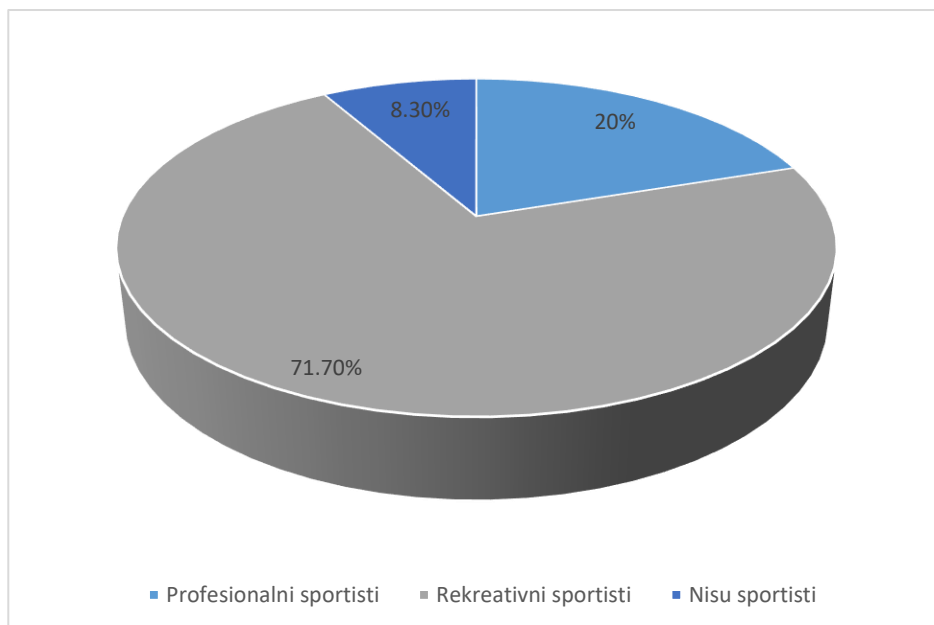
života (8,33%). Jedan ispitanik (1,66%) je prekid prednjeg ukrštenog ligamenta zadobilo u saobraćajnoj nezgodi. Od ispitanika koji su povredu prednjeg ukrštenog ligamenta zadobili u sportu njih 65% je zadobilo povredu u sportu u kojem je prisutan kontak sa drugim igračem a 25% njih je zadobilo povredu u sportu bez kontakta (Grafikon 5). Nisu registrovane razlike u uzroku povrede između ispitivane i kontrolne grupe.



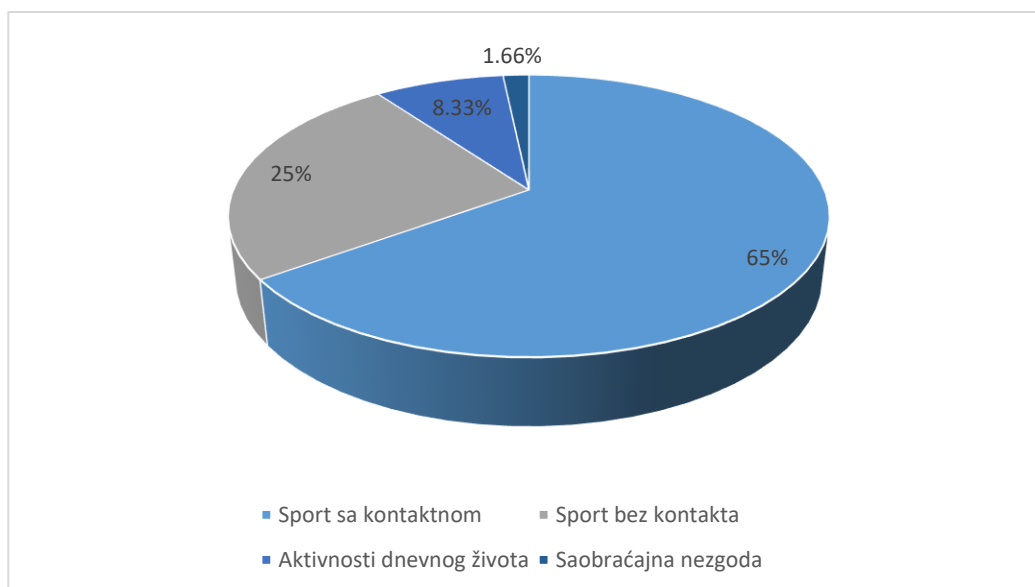
Grafikon 3a. Prikaz vrste sporta ispitivane grupe



Grafikon 3b. Prikaz vrste sporta kontrolne grupe



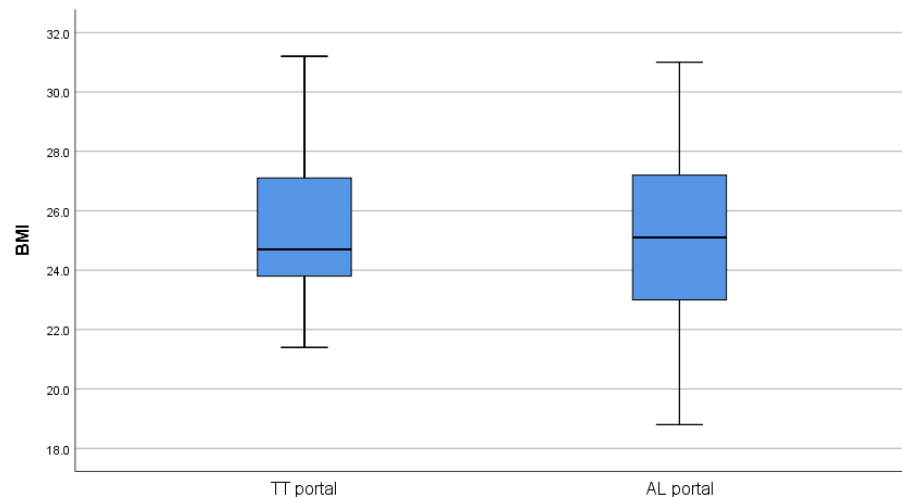
Grafikon 4. Prikaz procenta rekreativnih sportista



Grafikon 5. Prikaz uzroka povrede

BMI (Body mass index)

Prosečan indeks telesne mase (BMI) za ceo uzorak je iznosio 25,65 kg/m². Najveći BMI od 31,2 kg/m² imao je muški ispitanik i spadao je u grupu predgojaznih. Najmanji BMI imao je muškarac sa 18,8 kg/m² i spadao je u donju granicu normalno uhranjenih. Prilikom podele uzorka na ispitivanu i kontrolnu grupu uočljivo je da su manji BMI imali pacijenti u ispitivanoj (TT portal) grupi 25,39 kg/m², dok je on kod pacijenata u kontrolnoj grupi (AL portal) iznosio 25,9 kg/m². Ispitanisi obe grupe su u proseku bili na gornjoj granici normalne uhranjenosti. Između navedenih vrednosti ne postoji statistički signifikantna razlika ($t(58) = .344, p = .732$)(Grafikon 6).



Grafikon 6. Prikaz BMI po grupama

Operativni zahvat

Standardna procedura artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena izvodi se u operacionoj sali. Sprovodi se spinalna ili opšta endotrahealna anestezija pacijenta na operativnom stolu, a potom se vrši pozicioniranje pacijenta u položaj na leđima sa nogom na artroskopskom nosaču. Operacije su rađene u bleđoj ishemiji. Nakon načinjene

incizije kože kolena na dva mesta radi plasiranja troakara, vrši se artroskopski pregled kolena. Koristi se artroskop (Karl Storz, Tutlingen, Germany 2014) sa optikom čiji je ugao prelamanja svetlosti 30°. Sa istog kolena uzima se kalem tj. BTB transplantat i izvrši njegovo sužavanje i prošivanje kao priprema za konačnu inserciju. U prvoj grupi se vizualizacija femoralne insercije vrši kroz anterolateralni portal (Slika 26) dok se u drugoj grupi posle pravljenja tibijalnog tunela isti koristi za vizualizaciju femoralne insercije (Slika 27).



Slika 26. Vizualizacija femoralne insercije kroz AL portal



Slika 27. Vizualizacija femoralne insercije kroz TT portal

Tunel na golenjači se odredi uz korišćenje ciljača (Karl Storz, Tutlingen, Germany) sa uglom bušenja od 50°. Centar tunela se nalazi u preseku horizontalne linije 1 cm medijalno od tuberozitasa golenjače i vertikalne linije koja je u ravni sa unutrašnjom ivicom prednjeg

roga spoljašnjeg meniskusa. Izvrši se bušenje kanala na predviđenom mestu burgijom prečnika 10mm. Time je napravljen TT portal.

U prvoj grupi se posmatranje femoralne insercije vrši kroz AL portal dok se u drugoj grupi posmatranje mesta insercije kalema na butnoj kosti vrši kroz TT portal. Igla vodilja se plasira i buši se tunel 10mm širokom burgijom iznutra ka spolja kroz AM portal. Tačka ulaska treba da bude na oko 11h za desno koleno i 1h za levo. U tunele se uvodi kalem, koji se fiksira kanuliranim titanijumskim zavrtnjima (Grujić & Grujić, Novi Sad, Srbija 2017), dimenzije 8x25mm. U trenutku fiksiranja kalema u butnoj kosti koleno se savije pod uglom od 110° do 120°. Prilikom fiksacije kalema u tunelu golenjače koristi se drugi zavrtnj, a koleno je savijeno pod uglom od 15° do 20°. Proverava se stabilnost kolena, postavlja se dren i zatvara se operativna rana po slojevima. Posle operacije svi pacijenti imaju elastičnu bandažu na operisanom kolenu 14 dana. U procesu rehabilitacije se koristiti ubrzani rehabilitacioni program tj. modifikovani Shelburne-ov protkol (130). Od prvog dana posle operacije svi pacijenti su podvrgnuti vežbama pasivne pokretljivosti operisanog kolena uz pomoć aparata za kontinuiranu pasivnu mobilizaciju i koleno je u položaju pune ekstenzije između vežbi. Delimičan oslonac je dozvoljen posle dve nedelje, a pun nakon 6 nedelja od operacije. Svi pacijenti slede isti program rehabilitacije sa lancem kinetičkih vežbi za jačanje i za vraćanje snage mišića prednje i zadnje lože natkolenice.

Kontrolni pregled ispitanika vrši se nedelju dana nakon završetka bolničkog lečenja. Naredni pregled vrši se u ambulantno, šest nedelja nakon operacije kada se dozvoljava pun oslonac na operisanu nogu. Slede kontrole 4. i 6. meseci nakon operacije, kada se završava i rehabilitacija. Poslednja kontrola je izvršena po isteku 12. meseci od operacije kada je napravljena konačna procena rezultata lečenja.

Praćenje kliničkih parametara

Praćenje parametara podrazumevao je ispitivanje Tegner, Lysholm i IKDC bodovne skale za koleno i artrometrijska merenja.

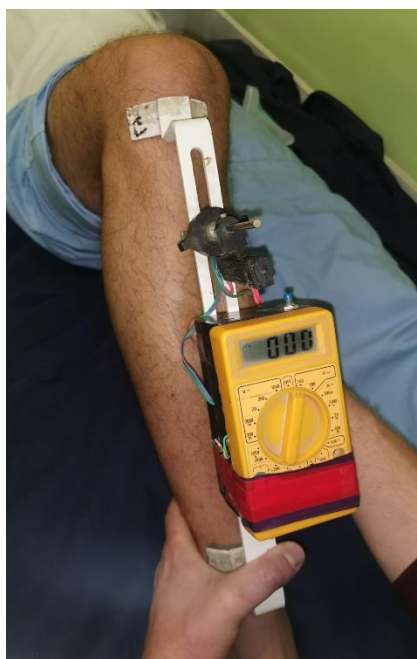
Tegner bodovna skala aktivnosti (Prilog 1) je numerička skala koja se koristi za opisivanje fizičke aktivnosti pacijenta (128). Vrednosti se kreću od 0 do 10, a svaka vrednost odgovara nivou fizičke aktivnosti za koju je pacijent sposoban. Vrednost 0 označava stanje kada je pacijent zbog kolena u invalidskoj penziji, a vrednost 10 podrazumeva visok nivo takmičarskih sportova, odnosno profesionalno bavljenje sportom.

Lysholm bodovna skala ili preciznije Lysholm - Gillquist skala (127) (Prilog 2) 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 stepenicama (najviše 10 bodova), čučanje (najviše 5 bodova), nestabilnost prilikom hodanja, trčanja i skakanja (najviše 30 bodova), bol prilikom hodanja, trčanja i skakanja (najviše 30 bodova), oticanje prilikom 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 rezultat je 82-92, a slab rezultat je od 66-81 bod, dok je rezultat ispod 66 bodova loš.

IKDC standard (Upitnik Internacionalnog komiteta za dokumentaciju povreda i oboljenja kolena) (129) (Prilog 3) se koristi za objektiviziranje ishoda lečenja i dugotrajnog praćenja ne samo pacijenata sa menisko-ligamentarnim povredama, nego i pacijenata sa degenerativnim promenama zgloba 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. Prema postignutim rezultatima prve četiri varijable, nalaz može biti: normalan (1), skoro normalan (2), poremećen (3) i teško poremećen (4). IKDC skor se izračunava od podataka dobijenih upitnikom i kliničkim pregledom.

Artrometrijsko merenje - podrazumeva određivanje veličine prednjeg pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost (Lachman test). Izražava se u milimetrima korišćenjem artrometra. Korišćen je artrometar napravljen u saradnji Klinike za ortopedsku hirurgiju i

traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine i Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu (131). 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 se postavlja na kvrgu golenjače i povezana je sa linearnim potencijometrom i elektronskim konvertorom sa mogućnošću podešavanja na nulu na digitalnom ekranu (Slika 28). 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.



Slika 28: Primena artrometra

Statistička obrada podataka

Za statističku obradu podataka korišćen je kompjuterski programi SPSS i EXCEL. Podaci su prikazani tabelarno i grafički. Statistička obrada dobijenih rezultata je izvršena prema osnovnim statističkim metodama: srednja vrednost, standardna devijacija i medijana, za numerička obeležja. Ocena postojanja i nivoa statističkog značaja razlike

parametrijskih podataka je testirana primenom Studentovog (Student) T testa za nezavisne uzorke. Ispitivanje postojanja međusobne korelacije parametrijskih podataka je izvršeno primenom Pirsonovog (Pearson) testa koeficijenta korelacije, dok je za neparametrijska obeležja korišćen Spirmanov (Spearman) test korelacije ranga. U slučajevima, kad je verovatnoća da je nulta hipoteza tačna, jednaka ili manja od 5% ($p \leq 0,05$), razlika je prihvaćena kao statistički značajna, a kada je jednaka ili manja od 1% ($p \leq 0,01$), smatrana je visoko statistički značajnom.

5. Rezultati

Rezultati eksperimentalnog dela istraživanja

Radijalna distorzija u dubokom i plitkom području izračunata je pomoću već pomenute jednačine (2). Zatim smo izračunali standardnu devijaciju i relativnu standardnu devijaciju udaljenosti dobijenih na distorzionim slikama. Ovo je pogodniji način za rešavanje situacije sa najmanjim efektima distorzije. Relativna standardna odstupanja za radijalnu distorziju za tri različita modela kolena sa različitim stepenom savijanja kolena data su sledećim redosledom u Tabela 2, Tabela 3. i Tabela 4.

Tabela 2 Poređenje relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije modela br. 1 kroz AM, AL i TT portal koristeći različite uglove savijanja modela

Ugao savijanja modela [°]	AM portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]	AL portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]	TT portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]
30	nije vidljivo ^a	nije vidljivo ^a	0.95
50	0.68	1.24	0.68
70	1.46	1.20	0.54
90	1.10	1.27	0.15
110	0.40	1.18	0.15
130	0.10	0.70	0.08

AM anteromedijalni, AL anterolateralni, TT transtibijalni, ^a vizualizacija nije moguća zbog sudaranja artroskopa sa kondilom butne kosti

Tabela 3 Poređenje relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije modela br. 4 kroz AM, AL i TT portal koristeći različite uglove savijanja modela

Ugao savijanja modela [°]	AM portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]	AL portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]	TT portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]
30	nije vidljivo ^a	slika nije čista ^b	slika nije čista ^b
50	1.56	slika nije čista ^b	slika nije čista ^b
70	1.00	slika nije čista ^b	0.21
90	0.62	0.57	0.36
110	0.35	0.48	0.24
130	0.63	0.80	0.62

AM anteromedijalni, AL anterolateralni, TT transtibijalni, ^a vizualizacija nije moguća zbog sudaranja artroskopa sa kondilom butne kosti, ^b razlikovanje tačaka na shemi nije moguće

Tabela 4 Poređenje relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije modela br. 0 kroz AM, AL i TT portal koristeći različite uglove savijanja modela

Ugao savijanja modela [°]	TT portal relativnog standardnog odstupanja radijalne distorzije [%]
30	0.51
50	0.27
70	0.20
90	0.22
110	0.21
130	0.43

TT transtibijalni

Relativna standardna odstupanja distorzije za model broj 2 i 3 nisu izračunata zbog sudaranja artroskopa sa kondilom modela ili zbog previše velikog ugla snimanja, te nije bilo moguće razlikovati tačke kalibracione šeme.

Analizom relativnog standardnog odstupanja različitih lokacija artroskopskih portala u različitim položajima kolena, utvrđeno je da je TT portal tehnika proizvela najmanju distorziju artroskopske slike. Utvrdili smo da najmanju distorziju dobijamo kod modela pod rednim brojem 1. Takođe smo potvrdili da je distorzija slike najmanja pri položaju kolena između 110° i 130° sa stepenom distorzije svega 0,15 i 0,08.

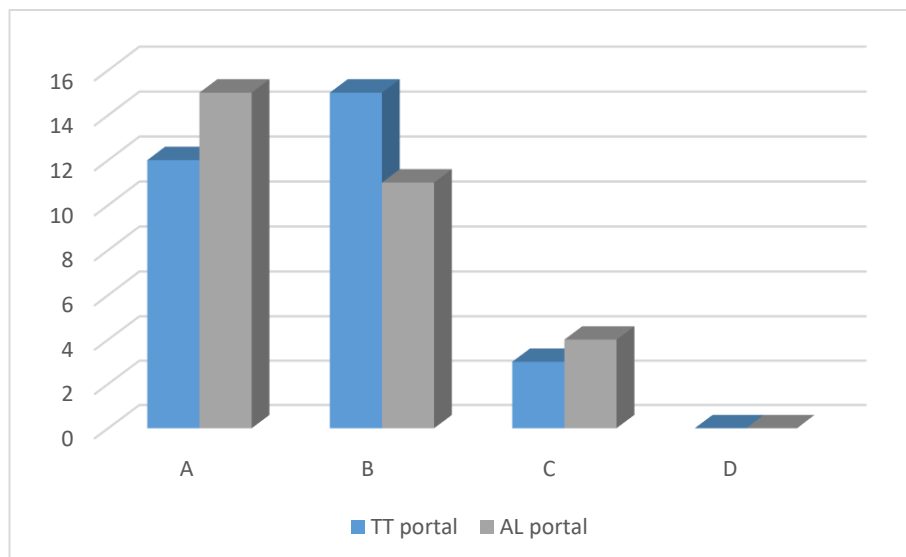
Rezultati kliničkog dela istraživanja

Već je gore navedeno da je praćen ishod rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena korišćenjem funkcionalnih testova: IKDC skor, Tegner skor i Lysholm skor.

IKDC standard

Standardni upitnik internacionalnog komiteta za dokumentaciju povreda i oboljenja kolena (IKDC) opisuje nalaz na kolenu kao normalan (ocena A), skoro normalan (ocena B), abnormalan (ocena C) i teška abnormalnost (ocena D).

U ispitivanoj grupi (TT portal) konstatovano je da normalan nalaz kolena ima 12 pacijenata (40%), skoro normalan nalaz 15 pacijenata (50%) i tri pacijenta (10%) je imalo abnormalan nalaz. Kontrolna grupa (AL portal) sastojala se od 15 pacijenata (50%) sa normalnim nalazom kolena, 11 pacijenata (36,6%) sa skoro normalnim kolenom i četiri pacijenta (13,3%) sa abnormalnim nalazom kolena (Grafikon 7). U obe grupe ispitanika je najviše zastupljen normalan nalaz. Abnormalan nalaz kolena je najzastupljeniji u kontrolnoj grupi. Nije bilo ispitanika sa teškom abnormalnošću kolena. Nije postojala statistički značajna razlika između IKDC ocena ispitivane i kontrolne grupe ($\chi^2(2) = .630$, $p < .730$).



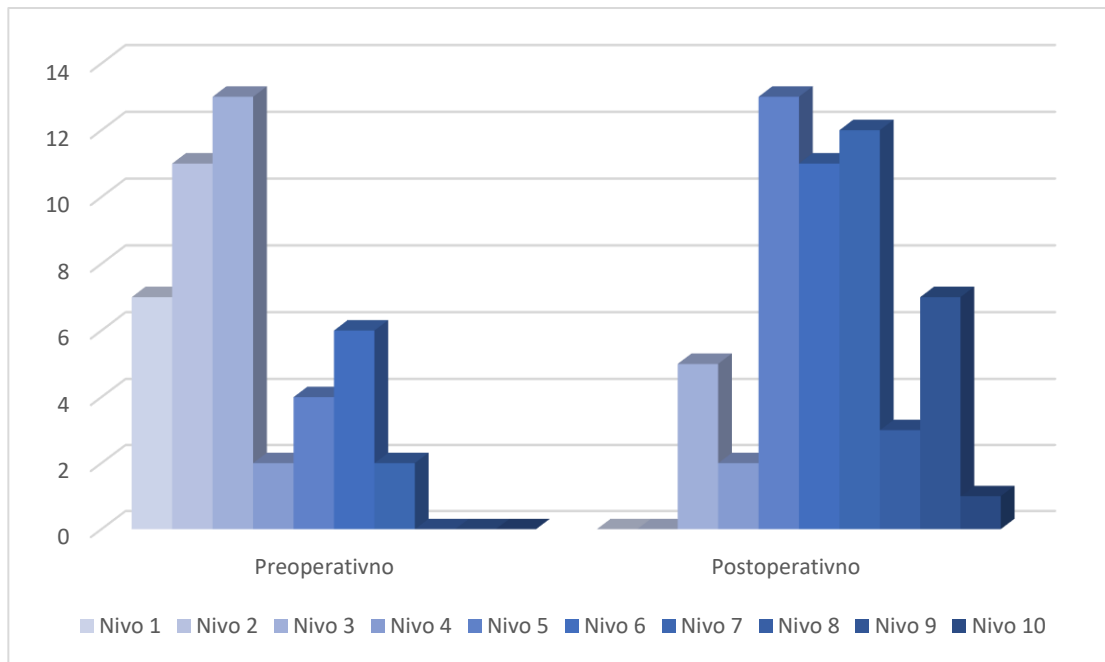
Grafikon 7. Prikaz IKDC ocena u obe grupe

Tegner skala aktivnosti

Preoperativno su ispitanici imali vrednosti Tegener skora u rasponu od 0 do 7, prosečno $3,38 \pm 1,638$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 2,96, a gornja 3,81. Najviše ispitanika u ispitivanoj grupi je bilo sposobno da vrši lake poslove (nivo 3). U kontrolnoj gupi je veći broj ispitanika bio u mogućnosti da vrši umereno teške fizičke poslove (nivo 4). Registrovana je preoperativna razlika u Tegner skali aktivnosti između grupa.

Nakon operativnog lečenja i završenog rehabilitacionog perioda, vrednosti Tegener skora su se kretale od 3 do 10, prosečno $5,93 \pm 1,84$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) je 5,46, a gornja 6,41. Poređujući navedeno sa preoperativnim rezultatima, zaključujemo da su prisutne statistički značajno veće vrednosti ($t(59) = -9.618$, $p < .001$) na drugom merenju.

Ukupno je 38,3% ispitanika, u obe grupe, osposobljeno za bavljenje takmičarskim sportom (nivo 7 ili više). U ispitivanoj grupi je najviše bilo pacijenata (26,6%) koji su osposobljeni za aktivnosti nivoa 7 i mogli su se baviti takmičarskim (tenis, trčanje, rukomet) ili rekreativnim sportovima (fudbal, košarka). U kontrolnoj grupi je bilo najviše pacijenata (23,3%) koji su osposobljeni za aktivnosti nivoa 6 i mogli su se baviti rekreativnim sportovima (Grafikon 8).



Grafikon 8. Tegner skala aktivnosti: ispitanici raspoređeni po nivoima.

Kada se razmatra uticaj operativne tehnike na vrednost Tegner skale aktivnosti dobijeni su sledeći rezultati: kod pacijenata ispitivane grupe (TT portal), Tegner skor je pre operacije imao vrednost $3,03 \pm 1,732$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 2,39, a gornja 3,68. Nakon završenog lečenja Tegner skor iznosio je $6 \pm 1,702$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) je 5,36, a gornja 6,64. Statistički je značajna razlika između pre i postoperativnog merenja $t(29) = -8,796$, $p < .001$. Dakle, statistički značajno više rezultate pacijenti dobijaju na drugom merenju.

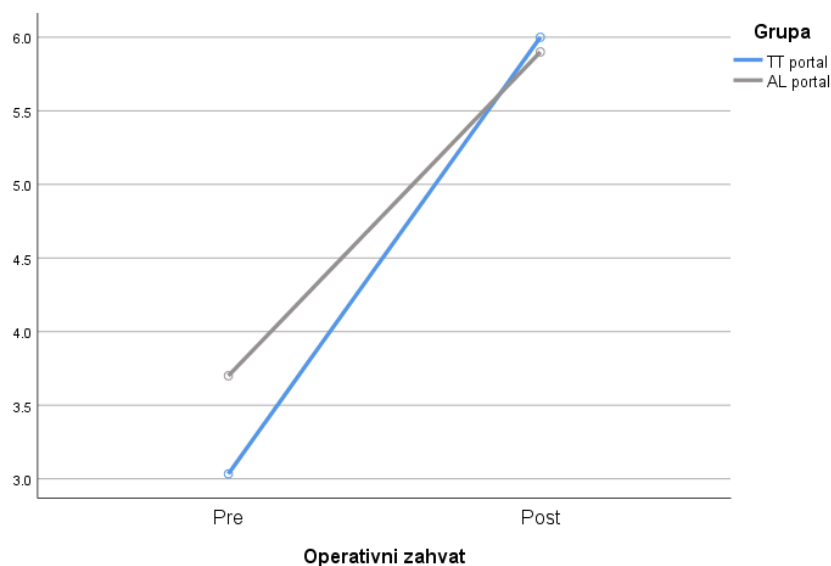
U kontrolnoj grupi pacijenata (AL portal), prosečna preoperativna vrednost je iznosila $3,73 \pm 1,484$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 3,18, a gornja 4,29. Postoperativno je Tegner skor iznosio $5,87 \pm 1,995$. Donja granica intervala poverenja (CI 95%) je 5,12, a gornja 6,61. Statistički je značajna razlika između pre i postoperativnog merenja $t(29) = -5,328$, $p < .001$. Dakle, statistički značajno više rezultate pacijenti dobijaju takođe na drugom merenju.

Upotrebom dvosmerne analize varijanse sa ponovljenim merenjima dobijaju se sledeći rezultati (Tabela 7):

Varijabla	F	df	p nivo
Grupa	.580	1,29	.452
Operativni zahvat	109.075	1,29	.000
Grupa * operativni zahvat	2.329	1,29	.146

Tabela 7. Rezultati dvosmerne analize

Konstatovano je da ispitanici nakon operativne procedure, kao varijable, dobijaju statistički značajno više skorove na Tegner skali (Grafikon 9). Pripadnost grupi postoperativno, kao ni interakcija između dve varijable, nije statistički značajna.

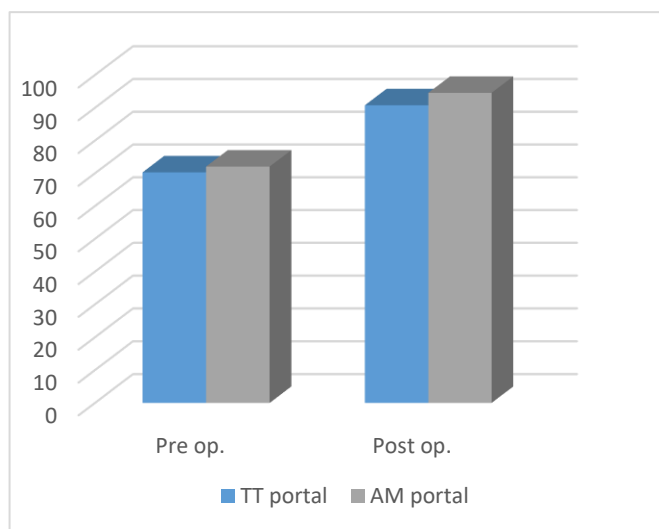


Grafikon 9. Tegner skala aktivnosti: ispitivana i kontrolna grupa pre i postoperativno.

Lysholm bodovna skala

Preoperativna vrednost Lysholm skale svih ispitanika kretala se od 18 do 90 bodova, prosečno $69,92 \pm 17,578$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 65,38, a

gornja 74,46. Postoperativno su se vrednosti kretale od 67 do 100 bodova, prosečno $91,1 \pm 6,318$. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 89,47, a gornja 92,73. Ovakva razlika je statistički značajna ($t(59) = -9,341$, $p < .001$) (Grafikon 10). Statistički značajno više rezultate su pacijenti dobijali na drugom merenju, odnosno postoperativno.



Grafikon 10. Lysholm bodovna skala obe grupe pre i postoperativno.

U zavisnosti od načina vizualizacije mesta insercije transplantata na unutrašnjem kondilu butne kosti, dobijeni su sledeći rezultati:

Kod ispitanika operisanih TT portal tehnikom, preoperativna vrednost iznosila je $70,3 \pm 15,672$ bodova. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 64,45, a gornja 76,15. Postoperativno je povećana je na $90,77 \pm 6,442$ bodova. Donja granica intervala poverenja (95% CI) je 88,36, a gornja 93,17. Ovakva razlika je statistički značajna ($t(29) = -6,902$, $p < .001$). Statistički značajno više rezultate pacijenti dobijaju na drugom merenju.

U grupi ispitanika operisanih AL portal tehnikom, preoperativna vrednost iznosila je $69,52 \pm 19,564$ bodova. Donja granica intervala poverenja (95% CI) iznosila je 62,23, a gornja 76,84. Postoperativno je povećana je na $91,43 \pm 6,285$ bodova. Donja granica intervala poverenja (95% CI) je 89,09, a gornja 93,78. Ovakva razlika je statistički značajna ($t(29) = -6,296$, $p < .001$). Statistički značajno više rezultate pacijenti dobijaju na drugom merenju (Tabela 8).

	TT	SD	95% CI		AL	SD	95% CI	
	portal		donja granica	gornja granica	portal		donja granica	gornja granica
Pre op.	70,3	15,67	64,45	76,15	69,52	19,56	62,23	76,84
Post op.	90,77	6,44	88,36	93,17	91,43	6,285	89,09	93,78
t	-6.902				-6.296			
p					< .001			

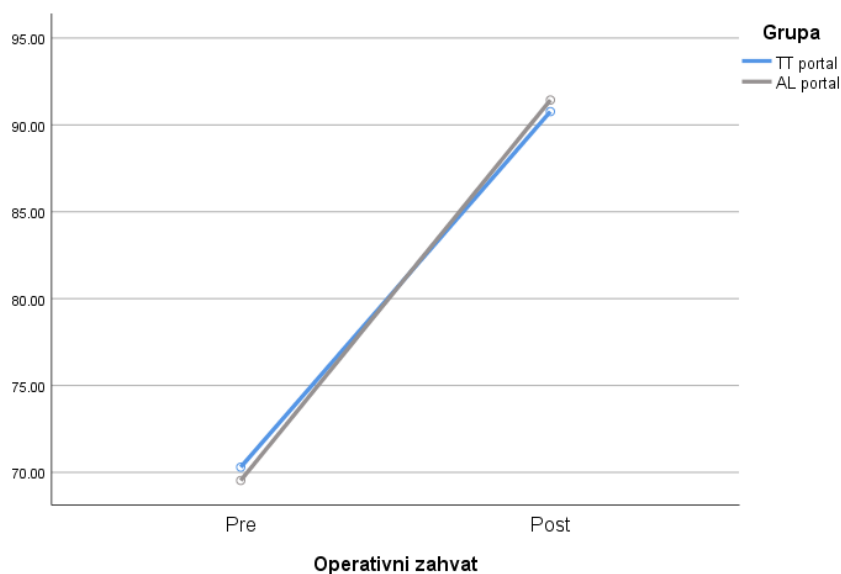
Tabela 8. prikaz statističke značajnosti Lysholm bodovne skale.

Upotrebom dvosmerne analize varijanse sa ponovljenim merenjima dobijaju se sledeći rezultati (Tabela 9):

Varijabla	F	df	p nivo
Grupa	.001	1,29	.974
Operativni zahvat	51.522	1,29	.000
Grupa * operativni zahvat	.296	1,29	.591

Tabela 9. Rezultati dvosmerne analiz

Konstatovano je da ispitanici nakon operativne procedure, kao varijable, dobijaju statistički značajno više skorove na Lysholm skali (Grafikon 11). Pripadnost grupi postoperativno, kao ni interakcija između dve varijable, nije statistički značajna.

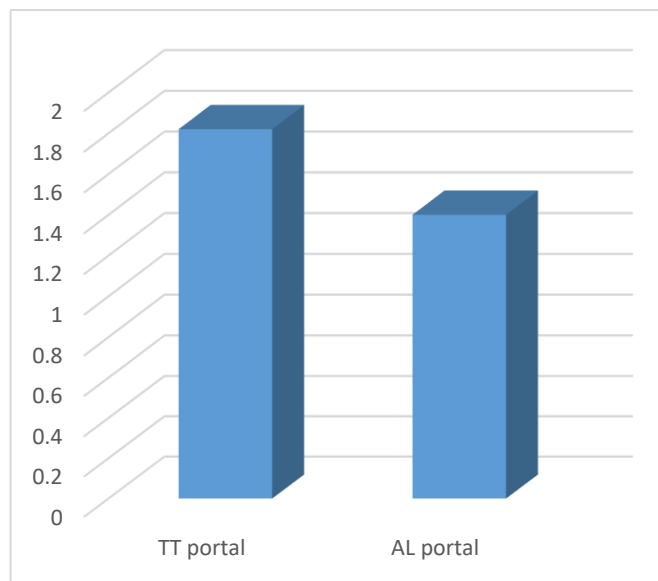


Grafikon 11. Lysholm skala aktivnosti: ispitivana i kontrolna grupa pre i postoperativno.

Artrometrijsko merenje

Artrometrijska merenja su vršena na kontrolnim pregledima posle operacije. Veličina prednjeg pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost merena je i na zdravom-neoperisanom, i na povređenom, tj. operisanom kolenu. Razlika u vrednosti Lachmann testa jednog i drugog kolena se dalje analizirala u kliničkoj proceni rezultata lečenja.

Prosečna vrednost razlike Lachmann testa operisanog i neoperisanog kolena u celom uzorku iznosila je $1,58 \text{ mm} \pm 0,92 \text{ mm}$. Veću prosečnu vrednost imali su pacijenti u ispitivanoj (TT portal) grupi ($1,82 \text{ mm} \pm 1,04 \text{ mm}$), a manju prosečnu vrednost su imali pacijenti u kontrolnoj (AL portal) grupi ($1,42 \text{ mm} \pm 0,96 \text{ mm}$) (Grafikon 12). Između ispitivane i kontrolne grupe nije postojala statistički značajna razlika Lachman testa u ukupnom uzorku ($t = 6.62, p = .732$), odnosno pre i posle operacije.



Grafikon 12. Razlika u Lachmann testu ispitivane i kontrolne grupe.

6. Diskusija

Svaka rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena ima za cilj da pacijentu osposobi koleno za nivo aktivnosti pre povrede. Godišnje se u Sjedinjenim Američkim državama registruje oko 68 povrede prednjeg ukrštenog ligamenta na 100 000 stanovnika. Od tog ukupnog broja, rekonstrukcija ligamenta se izvrši u oko 75% slučajeva tokom prve godine od povrede (132). Uzimajući u obzir toliki broj operacija svake godine, postaje jasno zašto je tema što uspješnije rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta uvek aktuelna. Precizno postavljanje femoralnog tunela u butnoj kosti tokom rekonstrukcije je od izuzetnog značaja i posledice neostvarivanja ovog glavnog cilja su bezbroj puta precizno dokumentovane (41,133–136). Da bi se kalem tj. femoralni tunel mogao precizno pozicionirati, na svoje predodređeno mesto, neophodna je što bolja vizualizacija mesta pripoja. Pošto je unutrašnju stranu kondila butne kosti moguće posmatrati samo artroskopom, i to pod određenim uglom, vizualizacija umnogome zavisi od optičkih karakteristika artroskopa kao i mesta preko kojeg se on uvodi u koleno. Tokom klasične artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena sa vizualizacijom femoralnog pripoja kroz AL portal, često nastaju hirurške greške. Iako su u literaturi objavljivani razni artroskopski portali, nijedna studija nije pronašla idealno mesto postavljanja portala (137–142).

Uobičajeno se artroskopska rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta kolena izvodi sa optikom od 30° koristeći AL portal za vizualizaciju unutrašnjosti kolena i AM portal kao radni, odnosno mesto kroz koje se postavljaju instrumenti u koleno. Međutim, vizualizacija kroz AL portal, zbog otežano prikaza femoralnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta, često prizvodi hirurške greške u vidu postavljanja kalema previše napred i vertikalno (143,144). Takođe, često dolazi do oštećenja teleskopa (145). Jedan od razloga neadekvatnog postavljanja kalema je otežano prepoznavanje zadnjeg dela interkondilarnog useka, odnosno loša percepcija udaljenosti zadnjeg zida. U poređenju sa artroskopskom optikom od 30°, artroskop od 45° pruža šire vidno polje posmatranja kroz AL portal i time bolju vizualizaciju spoljašnje strane interkondilarnog useka (139), takođe za razliku od optike od 70°, nema „slepu tačku“ posmatranja (146). Međutim, optika sa uglom prelamanja od 45° nije pronašla široku primenu u artroskopiji kolena. Optika od 70° postavljen kroz AL portal pruža odličnu vizualizaciju mesta pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta kako na golenjači tako i na budnoj kosti bez potrebe za premeštanjem instrumenata između portala, bez nastajanja gužve sa instrumentima, pravljenja dodatnih portala ili hiperekstenzije kolena (147,148). Međutim, teško je videti oštećenje meniskusa sa takvim instrumentom te se preporučuje simultana upotreba 30° i 70° artroskopa iako produžava operativno vreme (146). Takođe je moguće korišćenje savremene optike sa promenljivim uglom posmatranja.

Radi što bolje vizualizacije femoralnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta sa što manjom mogućom distorziom slike, preporučuje se postavljanje 30° artroskopa kroz AM ili dodatni unutrašnji portal (149). Dodatni unutrašnji portal omogućava simultano vizualizaciju i obradu femoralnog tunela (141,147,150). Međutim, korišćenje ovog portala je tehnički teško izvodljivo zbog nedostatka mesta za sve instrumente na unutrašnjoj strani kolena. Hiperfleksijom kolena se navedeno može izbeći ali nastaju komplikacije u vidu gubitka vizualizacije, umetanja masnog jastučeta u vidno polje, prekida cirkulacije artroskopske tečnosti, kao i nemogućnosti kontrole instrumenata ili njihovo oštećenje (147,149,151).

Opisana je i spoljašnja tj. translateralna tehnika artroskopije. Za ovu tehniku nije neophodan dodatni unutrašnji portal, međutim neophodni su dodatni specijalni instrumenti koje je dizajnirao sam autor tehnike. Prilikom pripreme femoralnog pripoja za vizualizaciju se koristi 30° artroskop kroz AM portal dok se instrumenti postavljaju kroz samo jedan radni portal, kompletno na spoljašnje strane kolena pri fleksiji od 90° (152).

Tokom razvoja artroskopske hirurgije su Gillquist i Hagberg popularizovali transtendinalni tj. centralni artroskopski portal. Ovaj portal se postavlja na središnjoj liniji kolena kroz ligament čašice i korišćen je kao vizualizacioni portal uz radni AM ili AL portal. Međutim, uspostavilo se da ne pruža bitne prednosti u odnosu na standardne portale ali prouzrokuje komplikacije: peritendinitis, formiranje granuloma, postoperativni bol kao i slabljenje ekstenzonog aparata kolena (153,154).

Zadnje spoljašnji portal uz korišćenje 70° artroskopa ili zadnje unutrašnji transseptalni portal uz korišćenje 30° artroskopa omogućavaju odličnu vidljivost femoralnog pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta. Međutim, oni se ne koriste rutinski zbog veće opasnosti od povrede neurovaskularnih struktura poplitealne jame (142,155).

U eksperimentalnom delu naše studije je konstatovano da vizualizacija kroz TT portal proizvodi najmanju distorziju artroskopske slike u poređenju sa AM i AL portalom i da je distorzija slike najmanja kada je koleno savijeno između 110° i 130° uz korišćenje sočiva sa uglom prelamanja od 30°. Hoshino i sar. (119), su utvrdili da kada je koleno savijeno, zadnja ivica spoljašnjeg kondila butne kosti se jasnije vidi zbog manje zakrivljenosti i plitkog položaja optike artroskopskopa. Hirurzi mogu lakše da identifikuju anatomska obeležja savijanjenog kolena na 110° nego kod manjeg stepena savijanja. Ovo se poklapa sa našom studijom, iako smo koristili drugi portal. Suprotno tome, isti autori su preporučili ugao savijanja kolena od 90° prilikom određivanja mesta bušenja femoralnog tunela, ali korišćenjem AM portala. Prema navodima Hoshino i sar. (116) najmanje smanjenje distorzije slike dobija se položajem u kome je vidni pravac artroskopa pod 90° u odnosu na posmatranu ravan. Hirurzi bi trebalo da postave posmatranu tačku u sredinu slike, kad god je to moguće i da koriste pravi ugao posmatranja (116). Ugao prelamanja sočiva od 0° stvara najmanju distorziju, ali rad sa takvim artroskopom je gotovo nemoguć i potrebno je menjati više artroskopskih sočiva tokom operacije. Veće savijanje kolena od 130° je takođe povezano sa već pomenutim komplikacijama: gubitak vidljivosti anatomskih struktura, interpozicija masnog tkiva, slaba cirkulacija artroskopske tečnosti, kao i otežana vidljivost i krivljenje instrumenata (131–133). Pored ugla savijanja, u eksperimentalnom delu studije su definisani u uglovi bušenja golenjače. Uspostavilo se da je najbolja vidljivost u horizontalnoj ravni 1° dok je u sagitalnoj ravni 32° u odnosu na dijafizu golenjače. *Celentano* i sar. (156) su vršeci studije na kadaverima zaključili da je najbolji ugao postavljanja ciljača 54° u frontalnoj i 44° horizontalnoj ravni. Međutim, njihova studija nije dokazala uspešnost ove tehnike, delom

jer su koristili ciljač sa offsetom od 7mm i uz to su fiksirali kolena na 110° fleksije. *Silva* i sar. (157) kao i *Howell* i *Hull* (158) su došli do sličnih saznanja da je neophodno postavljanje ciljača pod uglom od 60-65° u frontalnoj ravni. Međutim, u oba rada su vršena transtibijalna bušenja femoralnog kanala uz hiperfleksiju kolena od 120-130°. Oni TT kanal nisu koristili za vizualizaciju radi određivanja mesta femoralnog pripoja. *Ahn* i sar. (155) su u svojoj MRI studiji pokazali da se BTB transplantat postavi najpribližnije anatomskej poziciji ukoliko se ciljač postavi što horizontalnije prilikom bušenja kanala. Oni su u svojoj studiji koristili ciljač od 50-55° ali su takođe vršili TT bušenje femoralnog kanala. *Dargel* i sar. (159) su u svojoj studiji vršili odvojenja merenja za AM i TT bušenje femoralnog kanala. Imali su ubedljivo bolje rezultate prilikom bušenja femoralnog kanala kroz AM portal. Slično kao i u našoj studiji, oni su prilikom AM bušenja savijali koleno na 120°.

Prisutna su izvesna ograničenja eksperimentalne studije. Sve slike maketa napravila su dva posmatrača. U poređenju sa drugim studijama, gde je najmanje dva posmatrača pravilo slike maketa, međutim ti posmatrači su radili nezavisno jedni od drugih (160,161). Ipak su u našoj studiji dva učesnika odvojeno računala odstupanje radijalne distorzije. Naši Sawebone® modeli kolena nemaju patelarnu tetivu. Time AM i AL portali podležu određenim pozicionim greškama. Samo su dva standardna položaja portala testirana i poređena sa TT portalom. I konačno, merenja nisu sprovedena u slanom rastvoru kao što je to izveo Hoshino sa sar (119). Neopodna su dalja eksperimentalna istraživanja radi merenja radijalne distorzije slike artroskopa korišćenjem drugih dodatnih portala. Takođe, neophodno je merenje distorzije potapanjem čitavih modela u slani rastvor čime eksperimentalni deo studije bio najbliži prirodnom okruženju.

Saznanja iz eksperimentalnog dela istraživanja primenjena su na klinički deo studije. U mnogim radovima, koji se bave rekonstrukcijom prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, prisutan je veliki broj poput radova *Bedi* i sar. ili *Guglielmetti* i sar. koji porede operativne rezultate bušenja femoralnog kanala kroz TT tunel i AM portal (138,162-165). Sa druge strane, postoje studije poput radova *Sutter* i sar.(166) ili *Tompkins* i sar. (167) koje se bave vizuelizacijom mesta za anatomske insercije transplantata posmatrajući koleno kroz razne portale. Obe vrste studija imaju grupe od ukupno 20 do 80 ispitanika. U ovoj studiji ja načinjena podela na 30 pacijenata u ispitivanoj (TT portal) i 30 u kontrolnoj grupi (AL

portal). Hussin i sar.(168) su poredili modifikovani TT i AM portal prilikom bušenja femoralnog tunela i koristii su takođe ukupno 60 ispitanika. Azboy i sar. (169) u svom radu, koji takođe poredi TT i AM tehniku bušenja, imali ukupno 64 ispitanika. U sličnom radu su Youm i sar. (165), takođe poređujući TT i AM tehniku bušenja femoralnog kanala imali dve grupe od po 20 ispitanika. Prilikom merenja pozicije grafta korišćenjem AM ili TT tehnike, *Guler* i sar. (161) su imali ukupno 48 ispitanika. Sličan broj učesnika korišćen je i u mnogim drugim radovima (162,163,168,170). Navedeni broj od ukupno 60 ispitanika je minimalni broj učesnika za adekvatno statističko računanje.

Kada je u Sedinjenim Ameriki Državama 1972 godine izgalsan deveti amandman koji je dozvoljavao podjednako takmičenje žena u sportu, konstatovan je eksponencijalan porast broja ženskih profesionalnih takmičarki. Sa povećanim brojem ženskih atleta povećan je i broj žena sa povredama prednjeg ukrštenog ligamenta, i to čak desetostruko (171). Još 1995 godine su *Arendt* i *Dick* (171), uočili povećani incidencu povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena među učesnicima ženske američke atletske divizije u košaci i fudbalu. Posmatrajući period od 5 godina su utvrdili statistički značajnu diskepancu u korist ženskih atleta. Kasnije je, u Britanskim studijama koje se bave rukometom, utvrđen veći rizik za nastanak povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena kod žena (58,172). Utvrđeno je da je ženski pol faktor koji je direktno i proporcionalno povezan na većom incidencom ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta bez obzira na nivo fizičke spremnosti i aktivnost (173). U našem ukupnom uzroku od 60 ispitanika muškarci su činili veći broj, odnosno 70%, a žene 30%. *Inderhaug* i sar. (174) su sprovedli istraživanje na 80 ispitanika u kojem je bilo u 46 muškaraca i 34 žene. *Parkinson* i sar. (175) su u ukupnom uzorku od 102 ispitanika imali 60 muškaraca i 42 žene. *Ninković* i sar (176) su na uzorku od 39 pacijenata imali 76,9% muškaraca i 23,1% žena. Slične rezultate, sa većim brojem muškaraca u ukupnom uzorku, kao i naše istraživanje, su imali i mnogi drugi autori (177–179). Vredi pomenuti da su Azboy i sar.(169) u svom radu od 64 ispitanika imali samo dve žene. Doku su su *Guler* i sar. (161) su u svom radu od 48 ispitanika imali samo jednog ženskog ispitanika. Muška populacija je daleko aktivnija u profesionalnim, kontaktnim i povredama rizičnim sportovima. U navedenim sportovima su sile koje deluju na zglob kolena daleko veće a time i povrede prednjeg ukrštenog ligamenta češće. Ovim je moguće objasniti mušku dominaciju u skoro svakom uzorku kojim se ispituje povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena a uzima u obzir ispitanike oba pola. Kod nas nije bilo razlike u polnoj strukturi između ispitivane i kontrolne grupe.

Sanders i sar. (132) su u svojoj studiji od 1841 učesnika utvrdili da je pik incidence rupture prednjeg ukrštenog ligamenta kod muškaraca bio između 19 i 25 godina a kod žena između 14 i 18 godina. Slične podatke su pružili *Nichollis* i sar.(180) navodeći da je pik incidence kod muške populacije bio u dvadesetim godinama života a da je ženska populacija imala prvi pik u desetim a kasnije i u četrdesetim godinama života. Starosna struktura pacijenata kod kojih je urađena artroskopska rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta varira u objavljenim radovima. Najstariju grupu ispitanika objavili su *Kopf* i sar. (181) u svom radu o dokazivanju neanatomske pozicije tunela u butnoj kosti kod pacijenata operisanih tehnikom kroz golenjaču. Prosečna starost njihovih ispitanika je bila $35,1 \pm 9,1$ godina. Relativno staru grupu ispitanika (39,9 godina) imali su takođe i *Nichollis* i sar. (180). Jednu od mlađih grupa u istraživanju imao je *Guglielmetti* i sar.(162). Njihova prosečna starost ispitanika je iznosila 24 godine, sa najmlađim učesnikom 15 godina a najstarijim 40 godina. *Stijak* i sar. (182) su u svom radu obradili ukupno 66 pacijenata, podeljenih u 33 para. Prosečna starost ispitanika je bila $29,9 \pm 9,8$ godina u ispitivanoj grupi, i $30,1 \pm 11,1$ godina u kontrolnoj grupi. *Gokce* i sar. (183) u takođe napravili dve grupe ispitanika: prvu grupa je imala prosečnu starost od 23,4 godine a druga grupa je imala prosečnu starost 25,3 godina. Prosečna starost pacijenata uključenih u naše istraživanje iznosila je $28,18 \pm 9.74$ godina, a kretala se u intervalu od 15 do 50 godina. U svom radu su *Guler* i sar. (161), merenjem pozicije grafta AM ili TT tehnikom, imali pacijente muškog pola prosečne starosti $30,9 \pm 3,7$ godine i ženskog pola prosečno $31.4 \pm 4,1$ godina. *Geli* i sar. (163) su u svojoj studiji preseka sa praćenjem od 2 do 5 godina i ukupnom učestvovanju 47 pacijenata imali prosečnu starost od 27,47 godine u TT grupi i 26,41 godina u AM grupi. *Azboy* i sar. (169) su u AM portal grupi imali prosečnu starost ispitanika od 26,5 godina (od 17 do 35 godina) a u TT portal grupi je prosečna starost iznosila 27,6 godina (od 18 do 38 godina). U našem radu je prosečna starost pacijenata u ispitivanoj TT grupi izosila $26,07 \pm 9.25$ godina, dok je u kontrolnoj AM grupi iznosila $30,3 \pm 9.92$ godina što spada u prosek gore navedenih radova. 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 (84). Ova činjenica predstavlja značajan epidemiološki problem jer se najčešće povređuje mlada, sportski i radno aktivna populacija (90). Na našem materijulu nije bilo statistički značane razlike između ispitivane i kontrolne grupe prema starosti.

U našoj studiji najveći broj ispitanika je zadobio povredu prednjeg ukrštenog ligamenta kolena na fudbalu (41,6%), košarci (10%) i rukometu (10%). Zatim slede odbojka

(8,3%), skijanje (1,6%) i ragbi (1,6%). Nekim drugim sportom se bavilo 18,3% ispitanika. Ukupno pet ispitanika se nije bavilo sportom (8,3%). Kao što je već spomenuto, u našoj studiji nije postojala statistički značajna razlika u odnosu na vrstu sporta između grupa. Iz navedenog se vidi da je najveći procenat povreda prednjeg ukrštenog ligamenta nastao na fudbalu, a zatim slede košarka i rukomet, rezultati distribucije povređenih prema vrsti sporta su potpuno očekivani, ti sportovi u našoj zemlji prema broju sportista najzastupljeniji. Slično je u studiji *Ristića sa sar. (177)* od 451 pacijenata, podvrgnutih rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, 48% bilo aktivnih ili rekreativnih fudbalera. Navedeno govori o popularnosti ovog sporta u Srbiji. U drugoj studiji istog autora (184) registrovani su veoma slični rezultati, bilo je 38% fudbalera, 25% košarkaša i 13% rukometaša. Neophodno je uzeti u obzir da različite zemlje imaju različite nacionalne sportove. U svojoj metaanalizi su *Prodromos i sar. (185)* konstatovali da je najčešća povreda prednje ukrštenog ligamenta u Evropi kod fudbalera, košarkaša i rukometaša, dok se na teritoriji Severne Amerike i Australije značajan broj pacijenata povređuje prilikom utakmica američkog fudbala i ragbija. Tako je kod Belgijskog autora *Inderhaug i sar. (174)* u njegovoj studiji od 80 pacijenta najviše povreda imalo 33 fudbalera, a slede rukometaši (17), skijaši (8), košarkaši (4) itd. Kod autora iz Teksasa, *Souryal i sar. (186)* najzastupljeniji sport je bio ragbi (25,6%), a zatim slede košarka (20,7%), fudbal (11%), gimnastika (9,8%), skijanje (7,3%) i rodeo (4,9%). Autori sa Novog Zelanda, *Gianotti i sar. (187)* objavili su podatke iz svog nacionalnog registra za povrede. Povrede prednjeg ukrštenog ligamenta bile su najzastupljenije kod sledećih sportova po opadajućem redosledu: ragbi unija, netbal, fudbal, tač ragbi, skijanje, košarka, ragbi liga, hokej itd.

U našem uzorku bilo je najviše rekreativaca (71,70%) dok se profesionalnim nivoom sportske aktivnosti bavilo znatno manje ispitanika (20%). Ukupno 8,3% ispitanika se nije bavilo sportom. Nije bilo razlike u nivou sportske aktivnosti između ispitivane i kontrolne grupe. Literaturni podaci ukazuju da se povrede prednjeg ukrštenog ligamenta češće dešavaju na utakmicama sa takmičarskim karakterom, nego za vreme treninga ili prijateljskih mečeva (188,189). Tokom takmičenja su pokreti osoba mnogo agresivniji i samim tim predstavljaju veći rizik za povredu. *Prodromos i sar. (185)* su u svojoj metaanalizi dobili vrlo sličan odnos rekreativnih i profesionalnih sportista među košarkašima (među muškarcima je odnos bio 0,2 dok je kod žena iznosio 0,21).

Stijak i sar. (182) su objavili da je njihov najveći broj ispitanika povredio zadobio u toku sportskih aktivnosti (98,5%), a samo jedan ispitanik u saobraćajnoj nezgodi. Drugi slični radovi (177) navode da je kod njihovih ispitanika prilikom sportskih aktivnosti nastalo 88% povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, 11% u toku aktivnosti dnevnog života i 1% kao posledica saobraćajnog traumatizma. U našem radu je 90% povreda prednjeg ukrštenog ligamenta nastalo tokom sportskih aktivnosti, 8,3% tokom aktivnosti dnevnog života i 1,6% u saobraćajnom traumatizmu. *Hewett* i sar. (190) kao i drugi autori (58,191,192) spominju dva osnovna mehanizma povređivanja zgloba kolena u sportu, kontakti i ne kontakti sport. *Myklebust* i sar. (193) su čak definisali ne kontaktnu povredu kao povredu kolena u kojoj nije došlo do direktnog kontakta između dva igrača. Pristan je relativni konsenzus u literaturu da je kontakti sport uzrok oko 70% povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena dok je ne kontakti sport uzrok oko 30% (190). U našoj studiji procenat kontaktnog sporta kao uzor povrede prednjeg ukrštenog ligamenta iznosio je 65% dok je procenat ne kontaktnog sporta bio 25%. Nisu registrovane razlike u uzroku povrede između ispitivane i kontrone grupe.

Uobičajen opseg indeksa telesne mase je od 18,5 do 24,9 kg/m² (194). U svojoj studiji od 1968 učesnika je *Barrett* sa sar. (195) utvrdio da pacijenti sa BMI većim od 30 kg/m² imaju veću verovatnoću povrede unutrašnjeg meniskusa ili rupure prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Suprotno tome su *Ifran* i sar. (196) utvrdili da ne postoji statistička korelacija između rupture nativnog ili rerupture transplantata prednjeg ukrštenog ligamenta. Njihov negativan nalaz se tumači time što se osobe sa znatno većim BMI ne izlažu telesno teškim sportovima. Utvrđeno je da postoji korelacija između antropometrijskih vrednosti i unutarzglobnih povreda sportisa. Sportisti mogu da smanje rizik od nastajanja unutarzglobnih povreda održavanjem niže telesne težine i na taj način da poboljšaju dugoročne funkcionalne rezultate rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (197). *Harhaji* i sar. (198) su u svom radu imali opseg BMI od 20,6 kg/m² do 28,7 kg/m², dok mu je prosečna vrednost na celom uzorku bila 23,7 kg/m². Sličniji našim rezultatima imali su *Hettrich* i sar.(199), koji su u svojim merenjima predikcije revizije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena imali prosečan BMI od 25 kg/m². Dosta veći prosečni BMI imali su *Maletis* i sar. (200) u svojoj Kalifornijskoj studiji koji je iznosio 26,3 kg/m². U našem istraživanju BMI se kretao u rasponu od 18,8 kg/m² do 31,2 kg/m², a prosečna vrednost na celom uzorku iznosila je 25,65 kg/m², što znači da je prosečna uhranjenost ispitanika bila na gornjoj granici normale. Među našim ispitanicima je pacijent sa najvišim BMI od 31,2 kg/m² bio rekreativni rukometaš sa telesnom visinom od 187 cm i čak 108 kg telesne težine. Pacijent sa najmanjom BMI od 18,8 kg/m² bio je

rekreativni košarkaš sa 193 cm visine i svega 70 kg telesne težine. Između vrednosti BMI ispitivane (25,39 kg/m²) i kontrolne grupe (25,9 kg/m²) nije registrovana statistički signifikantna razlika.

IKDC upitnik je napravljen sa ciljem da proceni simptome ispitanika, funkciju kolena i sportsku aktivnost ispitanika koji ima jedno ili više patoloških stanja u predelu kolena. Ta stanja uključuju povredu ligamenta, meniskusa, degeneraciju hrskavice, artritis ili disfunkciju patelofemoralnog kompleksa. Upitnik je lak za upotrebu i izdela je na delove za dokumentovanje, kvalifikaciju i evaluaciju i pokriva četiri oblasti: subjektivnu procenu tegoba, simptome, obim pokreta i stanje ligamenta (129). IKDC upitnik je komparabilan sa Lysholm i Tegner bodovnim skalama, te se preporučuje kombinovanje ovih pokazatelja u proceni ishoda operativnog lečenja prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kolena (201).

Posmatrajući ukupni uzorak, kod 88,3% pacijenata naše studije postignuta je ocena A ili B, znači normalan ili skoro normalan nalaz na operisanom kolenu. Slično dobre rezultate objavili su *Shelbourne* i sar. (202) koji su imali ukupno 90% ispitanika sa normalnim ili skoro normalnim nalazom kolena. *Moisala* i sar. (203) navode da je na njihovom ukupnom uzorku 82% pacijenata imalo normalan ili skoro normalan nalaz. Gotovo identičan rezultat postigli su *Streich* i sar. (204). Oni su prijavili 88,6% normalnih i skoro normalnih nalaza na kolenu kod pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta "single-bundle" tehnikom. Sa druge strane, znatno lošiji rezultat postigli su *Irrgang* i sar. imajući 62% ispitanika sa normalnim ili skoro normalnim nalazom kolena. Njihovih 28% ispitanika je imalo abnormalan nalaz kolena (ocena C) i 11% ispitanika je imalo tešku abnormalnost kolena (ocena D). Slično loš rezultat imali su *Myklebust* i sar. (205) u svojoj studiji od 70 učesnika. Oni su konstatovali svega 57% pacijenata sa normalnim ili skoro normalnim nalazom. Lošiji rezultati poslednjih studija mogu se tumačiti dugim periodom praćanja koji iznosi do 11 godina. Suprotno tome, pacijenti naše studije evaluirani su nakon godinu dana.

Teške abnormalnosti kolena (ocena D) u našoj studiji nije bilo. Takođe, bez teške abnormalnosti kolena sprovedena je i studija *Ninkovića* sa sar. (176). Iako su postigli izuzetno dobre rezultate sa pomenutih 90% normalnih ili skoro normalnih kolena, *Shelbourne* i sar. (202) su imali 3 slučaja teške abnormalnosti kolena nakon perioda praćanja od 10 godina. Upoređivanjem ocena IKDC upitnika između naše ispitivane i kontrone grupe nije utvrđeno postojanje statistički značajne razlike. Validnost IKDC upitnika u proceni funkcionalnog stanja nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta, kao i nakon njegove rekonstrukcije, je do sada dokazana. *Irrgang* i sar. (206) su 1998. godine evaluirali IKDC upitnik na 133

ispitanika i njihovi rezultati su još tada ukazivali da je on koristan za procenu funkcionalnog ishoda nakon rekonstrukcije.

Jedan od internacionalno prihvaćenih skorova za praćenje rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta je Tegner bodovna skala aktivnosti (207) a ona podrazumeva praćenje nivoa aktivnosti ispitanika. Moguće je praćenje pre i nakon operativnog lečenja. Ispitanici našeg istraživanja učestvovali su u takmičarskim sportovima nacionalnog nivoa (Tegner 10) u 1,6% slučajeva, odnosno jedan takmičar. Nižim rangom takmičenja (Tegner 7,8 i 9) aktivno se bavilo 36,6% ispitanika. Slično su *Harhaji* i sar. (198) u svom radu objavili da 3,3% ispitanika učestvuje u takmičenjima nacionalnog nivoa (Tegner 10), dok nižim rangom takmičenja (Tegner 7,8 i 9) aktivno se bavilo 23% ispitanika. Sa druge strane su *Ristića* i sar. (177) u svom radu imali znatno veći procenat profesionalnih sportista. Ukupno 260 aktivnih sportista činilo je 65% njihovih ispitanika. Od tog broja, na takmičenjima nacionalnog nivoa (Tegner 10) učestvovalo je čitavih 43% ispitanika. Posmatrajući prosečne vrednosti, Tegner skor naših ispitanika je porastao sa preoperativnih $3,38 \pm 1,63$, na postoperativnih $5,93 \pm 1,84$, što je statistički visoko značajna razlika. Razlika između Tegner skora u ispitivanoj i kontrolnoj grupi preoperativno nije postojala. Postoperativno, takođe nije postojala statistički značajna razlika između ispitivane i kontrolne grupe.

Gotovo iste rezultate postigli su *Wexler* i sar. (208) sa preoperativnom srednjom vrednošću Tegner skora $3,9 \pm 1,8$ i postoperativnim srednjim vrednostima $5,9 \pm 1,7$. Nešto bolje rezultate prikazali je *Haklar* i sar. (209) sa preoperativnom srednjom vrednošću Tegner skora 3,3 i postoperativnim srednjim vrednostima 6,7. Iako su u svom radu imali znatno starije ispitanike ($34 \pm 8,85$ godina), od njihovih 112 ispitanika rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta je sprovedena na 79,4% njih. Na njihovim ostalim ispitanicima je vršeno samo šivenje meniskusa, što je daleko manje invezivna procedura. Lošije rezultate od naših prikazao je *Steadman* sa sar. (210) u svojoj studiji od 48 ispitanika kojima je izvršena rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenata kolena. Nakon dve godine praćenja je njihov Tegner skor iznosio 5. Međutim, studija se sastojala od starijih ispitanika sa srednjom vrednošću od čak 51 godinom. *Moisala* i sar. (203) su ostvarili nama slične rezultate, njihovi ispitanici su imali pre operacije srednju vrednost Tegner skora 3, a postoperativno nakon dve godine praćenja vrednost im je porasla na 6. Znatno bolje rezultate od naših imali su i *Ristić* i sar. (211) Srednja vrednost Tegner skora njihovih ispitanika iznosila je 2,25, a postoperativna srednja vrednost 7,62. Moguće je objasniti njihov postoperativni bolji rezultat znatno višim procentom profesionalnih sportista u uzorku. Tako je *Klasan* sa sar. (212)

zaključio da sportisti viskog nivoa imaju veću verovatnoću vraćanju nivou sportske aktivnosti pre povrede. U njihovom radu se čak 50% sportista vratilo predhodnom nivou aktivnosti. Njihovi ispitanici su pre povrede imali prosečan Tegner skor 8. Smatra se da je vrednost Tegner skora preko 7,1 dobar rezultat (213,214). Lošiji rezultati naših ispitanika mogu se objasniti činjenicom da je kod nas postoperativno testiranje sprovedeno godinu dana nakon operativne intervencije. Mnogi drugi autori vrše testiranje nakon dve ili više godina (209,210,212) ili vrše ispitivanje na znatno mlađoj dobi pacijenata (215,216). Tako su *Klasan i sar.* (212) zaključili da mlađi sportisti postižu znatno bolje vrednosti Tegner skora nakon dve godine praćenja.

Lysholm skala predstavlja sistem koji meri pacijentovu percepciju sopstvene funkcionalnosti u aktivnostima dnevnog života koje su njemu najvažnije, kao i na njegovu funkcionalnu sposobnost tokom fizičkih aktivnosti različitog intenziteta (127). Kod naših su ispitanika vrednosti Lysholm skale signifikantno različite pre i nakon operacije. Srednja vrednost obe grupe pre operacije iznosila je $69,92 \pm 17,57$ boda što je signifikantno manja vrednost u odnosu na srednju vrednost posle operacije od $91,1 \pm 6,31$ boda. Navedeno predstavlja značajno poboljšanje funkcionalnosti naših ispitanika. Četiri naša ispitanika (6,6%) dostiglo je maksimalan broj bodova od 100. Razlika između Lysholm skora u ispitivanoj i kontrolnoj grupi preoperativno nije postojala. Razlika vrednosti Lysholm skora posle operacije međusobnim poređenjem vrednosti dobijenih za različite operativne portale, odnosno ispitivanu i kontrolnu grupu, nije pokazala statističku značajnost.

Wexler i sar. (208) su kod svoja 22 ispitanika naveli prosečnu vrednost Lysholm skale postoperativno od 82 ± 14 boda. Iako su njihove vrednosti niže od naših, njihovi ispitanici bili su znatno stariji sa prosečno $33 \pm 8,3$ godine. Vrednosti sličnije našim prikazao je *Klasan i sar.* (212) u svom radu sa 123 ispitanika nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. Preoperativna srednja vrednosti Lysholm skale njegovih ispitanika iznosila je $64,4 \pm 18$ boda a postoperativno $91,4 \pm 7,8$ boda. Slične rezultate objavili su *Moisala i sar.* (203) sa porastom vrednosti Lysholm skora sa preoperativnih 70 ± 18 na 92 ± 10 boda, ali dve godine nakon operacije. *Tay i sar.* (217) su prikazali podatke svoje studije rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena sa 106 ispitanika azijske rase. Ispitali su pacijente 6 meseci, godinu dana i dve godine nakon rekonstrukcije. Preoperativna srednja vrednosti Lysholm skale mlađe grupe ispitanika iznosila je $65,3 \pm 20,4$ boda dok je kod starije grupe iznosila $53 \pm 23,7$ boda. Nakon 6 meseci utvrdili su signifikantno povećanje Lysholm skale. Mlađa grupa je imala Lysholm skor od $89 \pm 11,1$ a starija $92,4 \pm 11,9$ boda. Godinu dana nakon operacije je mlađa

grupa imala Lysholm skor od $92,3 \pm 8,3$ a starija $94 \pm 7,2$ boda. Vrednosti Lysholm skora nakon 2 godine se nisu menjale. Iz navedenog je moguće zaključiti da se vrednosti naših ispitanika takođe nebi menjale dve godine nakon rekonstrukcije. Naši ispitanici su po godinama između dve navedene grupe *Tay-a* i sar. Validnost Lysholm skale potvrđena je i u radu *Briggs-a* i sar. Oni su procenjivali njenu pouzdanost na 1075 ispitanika sa rekonstruisanim prednjim ukrštenim ligamentom u cilju procene njene upotrebljivosti 25 godina nakon njene prve upotrebe (218).

Artrometrijsko merenje prednjeg pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost (Lachmann test) koristi se pri merenju postoperativne stabilnosti kolena. Većina autora (91,219–221) deli prednje pomeranje golenjače u odnosu na butnu kost na tri stepena: 0-3 mm, 3.1-4.9 mm i preko 5 mm. 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. Na našem celom uzorku srednja vrednost pomeranja golenjače u odnosu na butnu kost iznosila je $1,58 \text{ mm} \pm 0,92 \text{ mm}$. Nije postojala statistički značajna razlika Lachman testa između ispitivane i kontrolne grupe. Iz navedenog je moguće zaključiti da je ukupni rezultat našeg istraživanja odličan. *Inderhaug* i sar. (174) su dobili slične rezultate. Njihova grupa pacijenata koja je imala napred pozicioniran tunnel u golenjači (< 50% od AP dijametra) imala je srednju vrednost Lachman testa izmeren artrometrom 2,3 mm, a grupa koja je imala tunnel pozadi u golenjači (>50% od AP dijametra) imala je vrednost 2,0 mm. *Ejerhed* i sar. (222) su objavili postoperativne srednje vrednosti Lachman testa u grupi operisane BTB tehnikom 2,3 mm a u grupi operisne koristeći hamstring tetivu 2,7 mm. Najbolje rezultete, objavili su *Harilainen* i sar. (223) u svom radu, takođe poređenja BTB i hamstring graft tehniku, gde su dobili srednje vrednosti Lachmann testa $1,5 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ i $1,2 \text{ mm} \pm 3,9 \text{ mm}$. *Khalfayan* i sar. (219) 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. Još bolje rezultate objavili su O'Neill i sar. u svojoj studiji od 125 ispitanika, navodeći da je 87% njihovih ispitanika imalo razliku pomeranju na Lachman tesu manje od 3 mm.

Prisutna su izvesna ograničenja kliničkog dela studije. Kao prvo, iako većina već navedih studija koristi između 20 i 80 spitanika, smatramo da je radi dobijanja još kvalitetnijih podataka potreban veći broj učesnika. Kao drugo, u našoj studiji je operativna intervencija vršena od strane jednog hirurga. Smatramo da je neophodna implementacija operativne tehnike od strane većeg broja hirurga kako bi se izveli bolji zaključci o korisnosti TT portala.

Prednost operativne tehnike, kojom se vizualizuje femoralni propoj kroz TT portal, je znatno bolja vidljivost zadnjeg zida unutrašnje strane spoljašnjeg kondila butne kosti. Ovom tehnikom je manja verovatnoća za neadekvatno postavljanje kalema. Sa druge strane je neophodan izvestan stepen manuelne spretnosti kako bi se izbeglo oticanje tečnosti kroz TT kanal u momentu određivanja mesta bušenja femoralnog kanala.

U standardnoj proceduri rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena koriste se AL i AM portal. Kako se AL portal uobičajeno koristi prilikom određivanja mesta postavljanja kalema na butnoj kosti, moguća je i provera adekvatnosti tog mesta kroz već napravljeni TT portal. Obe mogućnosti vizualizacije su posebno bitne mladim i manje iskusnim hirurzima, kao i hirurzima koji žele postupno da pređu na TT portal tehniku.

7. Zaključak

1. Prilikom vizualizacije predodređenog mesta za bušenje tunela na butnoj kosti konstatovano je da su slike dobijene AM i AL portalima sa većim stepenom radijalne distorzije u pređenju sa TT portalom. Navedenim je jasno da slika na monitoru artroskopskog stuba ima manju zakrivljenost prilikom korišćenja TT portala za vizualizaciju tj. primenom TT portala dobija se najjasnija slika.
2. Matematičkim modelom je dokazano da je vizualizacija mesta bušenja na butnoj kosti najadekvatnija prilikom korišćenja TT portala. Neophodno je korišćenje optike artroskopa od 30° , savijanje kolena između 110° i 130° i da je tom prilikom ugao bušenja golenjače u horizontalnoj ravni $<1^\circ$ dok je u sagitalnoj ravni 32° u odnosu na dijafizu golenjače. Međutim, navedeno nije potvrđeno u kliničkom delu studije.

3. U kliničkom delu studije, nakon izvršenog poređenja operativnih rezultata objektiviziranih skorova, ispitivane grupe koja je operisana vizualizacijom mesta insercije transplantata kroz TT portal i kontrolne grupe operisane korišćenjem AL portala, zaključujemo da nije prisutna statistički značajna razlika u operativnim rezultatima tj. obe operativne procedure daju jednake vrednosti na objektivnim skorovima.

8. Literatura

1. Davarinos N, O'Neill BJ, Curtin W. A Brief History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Adv Orthop Surg.* 2014;2014:1–6.
2. Stark J. Two Cases of Rupture of the Crucial Ligament of the Knee-Joint. *Edinb Med Surg J.* 1850 Oct 1;74(185):267–71.
3. Snook GA. A short history of the anterior cruciate ligament and the treatment of tears. *Clin Orthop.* 1983 Feb;(172):11–3.
4. Robson AWM. VI. Ruptured Crucial Ligaments and their Repair by Operation. *Ann Surg.* 1903 May;37(5):716–8.
5. The classic. Operation for repair of the crucial ligaments Ernest W. Hey Groves, MD., F.R.C.S. *Clin Orthop.* 1980 Apr;(147):4–6.
6. Campbell W. 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.
7. Jones KG. RECONSTRUCTION OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT. A TECHNIQUE USING THE CENTRAL ONE-THIRD OF THE PATELLAR LIGAMENT. *J Bone Joint Surg Am.* 1963 Jul;45:925–32.
8. Franke K. Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions. *Orthop Clin North Am.* 1976 Jan;7(1):191–3.
9. Rushton N, Dandy DJ, Naylor CP. The clinical, arthroscopic and histological findings after replacement of the anterior cruciate ligament with carbon-fibre. *J Bone Joint Surg Br.* 1983 May;65(3):308–9.
10. Jackson DW, Grood ES, Cohn BT, Arnoczky SP, Simon TM, Cummings JF. The effects of in situ freezing on the anterior cruciate ligament. An experimental study in goats. *J Bone Joint Surg Am.* 1991 Feb;73(2):201–13.

11. Nikolaou PK, Seaber AV, Glisson RR, Ribbeck BM, Bassett FH. Anterior cruciate ligament allograft transplantation. Long-term function, histology, revascularization, and operative technique. *Am J Sports Med.* 1986 Oct;14(5):348–60.
12. Slappey GS, Friedman MJ. Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Semitendinosus/Gracilis Technique. In: Chow JCY, editor. *Advanced Arthroscopy* [Internet]. New York, NY: Springer; 2001 [cited 2020 Jan 5]. p. 419–33. Available from: https://doi.org/10.1007/978-0-387-21541-9_48
13. Pinczewski LA, Clingeleffer AJ, Otto DD, Bonar SF, Corry IS. Integration of hamstring tendon graft with bone in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 1997 Oct;13(5):641–3.
14. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti ML. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2003 May 1;19(5):540–6.
15. Pećina M. Biomehanička podloga klasifikacije nestabilnosti koljena. In: *Koljeno*. Zagreb: Jumea; 1982. p. 263–8.
16. Krajčinović J, Janjić Đ. Rekonstrukcija prednjeg ukrštenog ligamenta Kennet-Jonesovom operacijom. In Split, Hrvatska; 1980. p. 79–80.
17. Mikić Ž, Vukadinović S, Somer T, Ercegan G. Vaskularizacija ukrštenih ligamenata kolena u psa. In: *Eksperimentalna hirurgija kolena u psa*. Novi Sad: Društvo lekara Vojvodine; 1987. p. 66–77.
18. Vukadinović S. Eksperimentalna istraživanja kvaliteta tetiva, ligamenata, fascija i meniskusa u rekonstrukciji ukrštenih ligamenata kolena u psa. [Novi Sad]: *Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet*; 1984.
19. Savić D. Transplantacija ukrštenih ligamenata kolena u eksperimentalnim uslovima. [Novi Sad]: *Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet*; 1999.
20. Milankov M, Savić D, Stanković M, Kecojević V, Zabunov S, Ninković S. Artroskopski asistirana ligamentoplastika prednjeg ukrštenog ligamenta (LCA) kolena. In Vrdnik, Srbija; 2002. p. 139.
21. Macmull S, Gupte CM. (ii) Basic knee arthroscopy: a brief history, surgical techniques and potential complications. *Orthop Trauma.* 2015 Feb 1;29(1):6–11.
22. Jackson RW, Abe I. The role of arthroscopy in the management of disorders of the knee. An analysis of 200 consecutive examinations. *J Bone Joint Surg Br.* 1972 May;54(2):310–22.
23. Gillquist J, Hagberg G. Findings at Arthroscopy and Arthrography in Knee Injuries. *Acta Orthop Scand.* 1978 Jan;49(4):398–402.
24. Patel D. Superior lateral-medical approach to arthroscopic meniscectomy. *Orthop Clin North Am.* 1982 Apr;13(2):299–305.

25. Bottoni CR, Rooney RC, Harpstrite JK, Kan DM. Ensuring accurate femoral guide pin placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Orthop Belle Mead NJ*. 1998 Nov 1;27(11):764–6.
26. Dye SF. The knee as a biologic transmission with an envelope of function: a theory. *Clin Orthop*. 1996 Apr;(325):10–8.
27. Iranpour F, Aframian A, Cobb JP. The Patellofemoral Joint. In: Rodríguez-Merchán EC, Liddle AD, editors. *Joint Preservation in the Adult Knee* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017 [cited 2020 Apr 25]. p. 43–53. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-319-41808-7_5
28. Aglietti P, Menchetti PPM. Biomechanics of the Patellofemoral Joint. In: Scuderi GR, editor. *The Patella* [Internet]. New York, NY: Springer; 1995 [cited 2020 Apr 25]. p. 25–48. Available from: https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4188-1_3
29. 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 Mar;58(2):159–72.
30. Brantigan O WA. THE TIBIAL COLLATERAL LIGAMENT: ITS FUNCTION, ITS BURSAE, AN... : JBJS [Internet]. [cited 2020 Apr 25]. Available from: https://journals.lww.com/jbjsjournal/Abstract/1943/25010/THE_TIBIAL_COLLATERAL_LIGAMENT_ITS_FUNCTION,_ITS.11.aspx
31. Müller W. *The Knee: Form, Function, and Ligament Reconstruction* [Internet]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 1982 [cited 2020 Apr 25]. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9783642617652>
32. Brantigan OC, Voshell AF. Ligaments of the knee joint; the relationship of the ligament of Humphry to the ligament of Wrisberg. *J Bone Joint Surg Am*. 1946 Jan;28:66.
33. Allen AA, Caldwell GL, Fu FH. Anatomy and biomechanics of the meniscus. *Oper Tech Orthop*. 1995 Jan 1;5(1):2–9.
34. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop*. 1975 Feb;(106):216–31.
35. Norwood LA, Cross MJ. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med*. 1979 Jan 1;7(1):23–6.
36. Ninković S. Uvećanje koštanog kanala u butnoj kosti i golenjači nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. [Novi Sad]: Medicinski fakultet Novi Sad; 2011.
37. Scott W IK. *Insall & Scott Surgery of the Knee - 5th Edition* [Internet]. Churchill Livingstone; 2011 [cited 2020 Apr 25]. 1504 p. Available from: <https://www.elsevier.com/books/insall-and-scott-surgery-of-the-knee/scott/978-1-4377-1503-3>
38. Amiel D, Billings E, Harwood FL. Collagenase activity in anterior cruciate ligament: protective role of the synovial sheath. *J Appl Physiol*. 1990 Sep 1;69(3):902–6.

39. Bernard M, Hertel P, Hornung H, Cierpinski T. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg.* 1997;10(1):14–21; discussion 21-22.
40. Shino K, Mae T, Take Y, Iuchi R, Nakagawa S. One-stage revision anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with rectangular tunnel technique. *Asia-Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2015 Apr;2(2):43–8.
41. Zantop T, Wellmann M, Fu FH, Petersen W. Tunnel Positioning of Anteromedial and Posterolateral Bundles in Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Anatomic and Radiographic Findings. *Am J Sports Med.* 2008 Jan 1;36(1):65–72.
42. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo SL, Daniel DM. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med.* 1993 Apr;21(2):231–7.
43. Jovanović S, Keros P, Ruszkowski I, Malobabić S. Donji ekstremitet. Beograd-Zagreb: Naučna knjiga i školska knjiga; 1989.
44. Huiskes R, Blankevoort L. Anatomy and Biomechanics of the Anterior Cruciate Ligament: A Three-Dimensional Problem. In: Jakob RP, Stäubli H-U, editors. *The Knee and the Cruciate Ligaments: Anatomy Biomechanics Clinical Aspects Reconstruction Complications Rehabilitation* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 1990 [cited 2020 Apr 26]. p. 92–109. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-84463-8_7
45. Jakob RP, Stäubli H-U, editors. *The Knee and the Cruciate Ligaments: Anatomy Biomechanics Clinical Aspects Reconstruction Complications Rehabilitation* [Internet]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 1990 [cited 2020 Apr 26]. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9783642844652>
46. Aweid O, Osmani H, Melton J. Biomechanics of the knee. *Orthop Trauma.* 2019 Aug 1;33(4):224–30.
47. Mrvaljević D, Mrvaljević M. Anatomija donjeg ekstremiteta. 13th ed. Beograd: Savremena administracija; 2003. 146 p.
48. Toy BJ, Yeasting RA, Morse DE, McCann P. Arterial Supply to the Human Anterior Cruciate Ligament. *J Athl Train.* 1995 Jun;30(2):149–52.
49. Makhmalbaf H. ACL Deficient Knee, an Approach to Patient Selection and Reconstruction. *Arch Bone Jt Surg.* 2013 Dec;1(2):45–7.
50. Micheo W, Hernández L, Seda C. Evaluation, management, rehabilitation, and prevention of anterior cruciate ligament injury: current concepts. *PM R.* 2010 Oct;2(10):935–44.
51. Palmer I. On the injuries to the ligaments of the knee joint: a clinical study. 1938. *Clin Orthop.* 2007 Jan;454:17–22; discussion 14.
52. Abbott LC, Saunders JB deC M, Bost FC, Anderson CE. INJURIES TO THE LIGAMENTS OF THE KNEE JOINT. *JBJS.* 1944 Jul;26(3):503–21.
53. O'Donoghue DH, Rockwood CA, Frank GR, Jack SC, Kenyon R. Repair of the anterior cruciate ligament in dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1966 Apr;48(3):503–19.

54. Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. As determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am.* 1974 Mar;56(2):223–35.
55. Wang JB, Rubin RM, Marshall JL. A mechanism of isolated anterior cruciate ligament rupture. Case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1975 Apr;57(3):411–3.
56. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 2012 Jul;22(4):349–55.
57. Delfico AJ, Garrett WE. MECHANISMS OF INJURY OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT IN SOCCER PLAYERS. *Clin Sports Med.* 1998 Oct 1;17(4):779–85.
58. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2009 Jul;17(7):705–29.
59. Siebold R, Fu FH. Assessment and Augmentation of Symptomatic Anteromedial or Posterolateral Bundle Tears of the Anterior Cruciate Ligament. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2008 Nov 1;24(11):1289–98.
60. Sandberg R, Balkfors B. Partial rupture of the anterior cruciate ligament. Natural course. *Clin Orthop.* 1987 Jul;(220):176–8.
61. Noyes FR, Mooar LA, Moorman CT, McGinniss GH. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency. *J Bone Joint Surg Br.* 1989 Nov;71(5):825–33.
62. Thompson WO, Fu FH. The meniscus in the cruciate-deficient knee. *Clin Sports Med.* 1993 Oct;12(4):771–96.
63. Krych AJ, McIntosh AL, Voll AE, Stuart MJ, Dahm DL. Arthroscopic Repair of Isolated Meniscal Tears in Patients 18 Years and Younger. *Am J Sports Med.* 2008 Jul 1;36(7):1283–9.
64. Spindler KP, Wright RW. Anterior Cruciate Ligament (ACL) Tear. *N Engl J Med.* 2008 Nov 13;359(20):2135–42.
65. Noyes FR, Matthews DS, Mooar PA, Grood ES. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: the results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability. *JBSJ.* 1983 Feb;65(2):163–74.
66. Lombardi M, Cardenas AC. Hemarthrosis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [cited 2020 May 2]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525999/>
67. Ohori T, Mae T, Shino K, Tachibana Y, Fujie H, Yoshikawa H, et al. Varus-valgus instability in the anterior cruciate ligament-deficient knee: effect of posterior tibial load. *J Exp Orthop.* 2017 Jun 27;4(1):24.

68. Prins M. The Lachman test is the most sensitive and the pivot shift the most specific test for the diagnosis of ACL rupture. *Aust J Physiother.* 2006 Jan 1;52(1):66.
69. Phisitkul P, James SL, Wolf BR, Amendola A. MCL Injuries of the Knee: Current Concepts Review. *Iowa Orthop J.* 2006;26:77–90.
70. Kim SJ, Kim HK. Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test. *Clin Orthop.* 1995 Aug;(317):237–42.
71. Mitsou A, Vallianatos P. Clinical diagnosis of ruptures of the anterior cruciate ligament: a comparison between the Lachman test and the anterior drawer sign. *Injury.* 1988 Nov 1;19(6):427–8.
72. Katz JW, Fingerroth RJ. The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. *Am J Sports Med.* 1986 Feb;14(1):88–91.
73. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med.* 1976 Apr;4(2):84–93.
74. Galway HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop.* 1980 Apr;(147):45–50.
75. Donaldson WF, Warren RF, Wickiewicz T. A comparison of acute anterior cruciate ligament examinations. Initial versus examination under anesthesia. *Am J Sports Med.* 1985 Feb;13(1):5–10.
76. Segond P-F (1851-1912) A du texte. Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse, par Paul Segond,... [Internet]. 1879 [cited 2020 May 24]. Available from: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5712206r>
77. Harilainen A. Evaluation of knee instability in acute ligamentous injuries. *Ann Chir Gynaecol.* 1987;76(5):269–73.
78. Behairy NH, Dorgham MA, Khaled SA. Accuracy of routine magnetic resonance imaging in meniscal and ligamentous injuries of the knee: comparison with arthroscopy. *Int Orthop.* 2009 Aug;33(4):961–7.
79. Yaqoob J, Alam MS, Khalid N. Diagnostic accuracy of Magnetic Resonance Imaging in assessment of Meniscal and ACL tear: Correlation with arthroscopy. *Pak J Med Sci.* 2015;31(2):263–8.
80. Lee W, Kim HS, Kim SJ, Kim HH, Chung JW, Kang HS, et al. CT Arthrography and Virtual Arthroscopy in the Diagnosis of the Anterior Cruciate Ligament and Meniscal Abnormalities of the Knee Joint. *Korean J Radiol.* 2004;5(1):47–54.
81. Does Cybex testing increase knee laxity after anterior cruciate ligament reconstructions? - Murray E. Maitland, Ron Lowe, Susan Stewart, Tak Fung, G. Douglas Bell, 1993 [Internet]. [cited 2020 May 31]. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/036354659302100509>
82. A Five-Year Comparison of Patellar Tendon versus Four-Strand Hamstring Tendon Autograft for Arthroscopic Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament - Leo A. Pinczewski, David

J. Deehan, Lucy J. Salmon, Vivianne J. Russell, Amanda Clingeffer, 2002 [Internet]. [cited 2020 Jun 13]. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03635465020300041201>

83. Mikić Ž, Ercegan G, Somer Lj, Somer T, Vukadinović S. Eksperimentalna hirurgija kolena u psa. Novi Sad: Društvo lekara Vojvodine; 1987. 66–77 p.
84. Woo SL-Y, Chan SS, Yamaji T. Biomechanics of knee ligament healing, repair and reconstruction. *J Biomech.* 1997 May 1;30(5):431–9.
85. Chimich D, Frank C, Shrive N, Bray R, King G, McDonald D. No effect of mop-ending on ligament healing. Rabbit studies of severed collateral knee ligaments. *Acta Orthop Scand.* 1993 Oct;64(5):587–91.
86. Krause M, Freudenthaler F, Frosch K-H, Achtnich A, Petersen W, Akoto R. Operative Versus Conservative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Dtsch Ärztebl Int.* 2018 Dec;115(51–52):855–62.
87. Farshad M, Gerber C, Meyer DC, Schwab A, Blank PR, Szucs T. Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis. *BMC Health Serv Res.* 2011 Nov 19;11:317.
88. Sundararajan SR, Rajasekaran S, Bernard SL. Displaced anterior cruciate ligament avulsion fractures: Arthroscopic staple fixation. *Indian J Orthop.* 2011;45(4):324–9.
89. Clancy WG, Narechania RG, Rosenberg TD, Gmeiner JG, Wisnefske DD, Lange TA. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. *J Bone Joint Surg Am.* 1981 Oct;63(8):1270–84.
90. 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. *The Knee.* 2005 Jan 1;12(1):41–50.
91. O’Neill DB. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 1996 Jun;78(6):803–13.
92. Miller SL, Gladstone JN. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2002 Oct;33(4):675–83.
93. Fulkerson JP, Langeland R. An alternative cruciate reconstruction graft: The central quadriceps tendon. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 1995 Apr 1;11(2):252–4.
94. Rabuck SJ, Middleton KK, Maeda S, Fujimaki Y, Muller B, Araujo PH, et al. Individualized Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech.* 2012 Mar 3;1(1):e23–9.
95. Rackemann S, Robinson A, Dandy D. 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 May;73-B(3):368–73.
96. Yasuda K, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. Quantitative evaluation of knee instability and muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar and quadriceps

- tendon: *Am J Sports Med* [Internet]. 2016 Apr 23 [cited 2020 Jun 22]; Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354659202000420>
97. Rubinstein RA, Shelbourne KD, VanMeter CD, McCarroll JC, Rettig AC. Isolated autogenous bone-patellar tendon-bone graft site morbidity. *Am J Sports Med*. 1994 Jun;22(3):324–7.
 98. Stucken C, Garras DN, Shaner JL, Cohen SB. Infections in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health*. 2013 Nov;5(6):553–7.
 99. Thompson J, Harris M, Grana W. Patellofemoral pain and functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction: an analysis of the literature. *Am J Orthop Belle Mead NJ*. 2005 Sep 1;34:396–9.
 100. Palazzolo A, Rosso F, Bonasia DE, Saccia F, Rossi R. Uncommon Complications after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Joints*. 2018 Nov 30;6(3):188–203.
 101. Dhanda S, Sanghvi D, Pardiwala D. Case Series: Cyclops lesion - extension loss after ACL reconstruction. *Indian J Radiol Imaging*. 2010 Aug;20(3):208–10.
 102. Kleipool AE, van 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 Jan;65(1):62–6.
 103. Berg EE. Management of patella fractures associated with central third bone-patella tendon-bone autograft ACL reconstructions. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 1996 Dec 1;12(6):756–9.
 104. 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 Mar 1;24(2):201–4.
 105. Cerulli G, Placella G, Sebastiani E, Tei MM, Speziali A, Manfreda F. ACL Reconstruction: Choosing the Graft. *Joints*. 2013 Jun 12;1(1):18–24.
 106. 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.
 107. Aglietti P, Buzzi R, Menchetti PPM, Giron F. Arthroscopically Assisted Semitendinosus and Gracilis Tendon Graft in Reconstruction for Acute Anterior Cruciate Ligament Injuries in Athletes. *Am J Sports Med*. 1996 Nov 1;24(6):726–31.
 108. Yasuda K, Tsujino J, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med*. 1995 Dec;23(6):706–14.
 109. Lee SR, Kim JG, Nam SW. The Tips and Pitfalls of Meniscus Allograft Transplantation. *Knee Surg Relat Res*. 2012 Sep;24(3):137–45.
 110. Prokopis PM, Schepsis AA. Allograft use in ACL reconstruction. *The Knee*. 1999 Apr 1;6(2):75–85.

111. Cole DW, Ginn TA, Chen GJ, Smith BP, Curl WW, Martin DF, et al. Cost comparison of anterior cruciate ligament reconstruction: autograft versus allograft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2005 Jul;21(7):786–90.
112. Kan S-L, Yuan Z-F, Ning G-Z, Yang B, Li H-L, Sun J-C, et al. Autograft versus allograft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2016 Sep 23 [cited 2020 Jun 24];95(38). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5044918/>
113. Busam ML, Rue J-PH, Bach BR. Fresh-Frozen Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clin Sports Med*. 2007 Oct 1;26(4):607–23.
114. Dandy DJ. Arthroscopic management of the knee [Internet]. Edinburgh ; New York : Churchill Livingstone; 1987 [cited 2021 Jun 5]. 246 p. Available from: <http://archive.org/details/arthroscopicmana0000dand>
115. Thorlund JB, Juhl CB, Roos EM, Lohmander L. Arthroscopic surgery for degenerative knee: systematic review and meta-analysis of benefits and harms. *Br J Sports Med*. 2015 Oct;49(19):1229–35.
116. Hoshino Y, Rothrauff BB, Hensler D, Fu FH, Musahl V. Arthroscopic image distortion-part I: the effect of lens and viewing angles in a 2-dimensional in vitro model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2016 Jun;24(6):2065–71.
117. Hoshino Y, Nagamune K, Yagi M, Araki D, Nishimoto K, Kubo S, et al. The effect of intra-operative knee flexion angle on determination of graft location in the anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009 Sep;17(9):1052–60.
118. Kekatpure AL, Adikrishna A, Sun J-H, Sim G-B, Chun J-M, Jeon I-H. Comparative analysis of visual field and image distortion in 30° and 70° arthroscopes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2016 Jul;24(7):2359–64.
119. Hoshino Y, Rothrauff BB, Hensler D, Fu FH, Musahl V. Arthroscopic image distortion—part II: the effect of lens angle and portal location in a 3D knee model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016 Jun 1;24(6):2072–8.
120. Zantop T, Haase A-K, Fu FH, Petersen W. Potential risk of cartilage damage in double bundle ACL reconstruction: impact of knee flexion angle and portal location on the femoral PL bundle tunnel. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008 May 1;128(5):509–13.
121. Brown DC. Close-Range Camera Calibration. :12.
122. Brown DH. Decentering distortion of lenses. In 1966.
123. Dougherty G. *Digital Image Processing for Medical Applications*. 1 edition. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press; 2009. 459 p.
124. Drap P, Lefèvre J. An Exact Formula for Calculating Inverse Radial Lens Distortions. *Sensors*. 2016 Jun;16(6):807.
125. Hartley R, Kang SB. Parameter-Free Radial Distortion Correction with Center of Distortion Estimation. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*. 2007 Aug;29(8):1309–21.

126. Vijayan Asari K, Kumar S, Radhakrishnan D. A new approach for nonlinear distortion correction in endoscopic images based on least squares estimation. *IEEE Trans Med Imaging*. 1999 Apr;18(4):345–54.
127. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982 Jun;10(3):150–4.
128. Tegner Y, Lysholm J, Odensten M, Gillquist J. Evaluation of cruciate ligament injuries. A review. *Acta Orthop Scand*. 1988 Jun;59(3):336–41.
129. Hefti F, Müller W, Jakob RP, Stäubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 1993;1(3–4):226–34.
130. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1990 May 1;18(3):292–9.
131. Ninkovic S, Savic D, Stanković M, Radic S, Milicic A, Milankov M. Poređenje kliničkih rezultata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta korišćenjem dvaju različitih postupaka. *Acta Chir Jugosl*. 2005 Jan 1;52:89–94.
132. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med*. 2016 Jun;44(6):1502–7.
133. Williams A, Devic N. Tunnels, graft positioning, and isometry in ACL reconstruction. In: Bonnin M, Amendola A, Bellemans J, MacDonald S, Ménétrey J, editors. *The Knee Joint: Surgical Techniques and Strategies* [Internet]. Paris: Springer; 2012 [cited 2021 Mar 23]. p. 183–94. Available from: https://doi.org/10.1007/978-2-287-99353-4_16
134. Irrgang JJ, Harner CD. Loss of motion following knee ligament reconstruction. *Sports Med Auckl NZ*. 1995 Feb;19(2):150–9.
135. Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2007 Dec;23(12):1326–33.
136. Jorge PB, Escudeiro D, Severino NR, Santili C, Cury R de PL, Junior AD, et al. Positioning of the femoral tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction: functional anatomical reconstruction. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018 Oct 1;4(1):e000420.
137. Bucher TA, Naim S, Mandalia V. The Use of the 70° Arthroscope for Anatomic Femoral and Tibial Tunnel Placement and Tunnel Viewing in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech*. 2014 Jan 3;3(1):e79–81.
138. Bedi A, Musahl V, Steuber V, Kendoff D, Choi D, Allen AA, et al. Transtibial Versus Anteromedial Portal Reaming in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: An Anatomic and Biomechanical Evaluation of Surgical Technique. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2011 Mar 1;27(3):380–90.

139. Okazaki K, Matsuda S, Tashiro Y, Iwamoto Y. The 45-Degree Arthroscope Improves Visualization of the Femoral Attachment of the Anterior Cruciate Ligament. *Surg Sci*. 2012 Jan 13;3(1):43–6.
140. Mandalia VI, Kosy JD. Anterior cruciate ligament reconstruction with 70° arthroscope and flexible reamers – Early operative experience. *J Arthrosc Jt Surg*. 2016 May 1;3(2):51–5.
141. Cohen SB, Fu FH. Three-Portal Technique for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Use of a Central Medial Portal. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2007 Mar 1;23(3):325.e1-325.e5.
142. Elazab A, Lee YS, Kang SG. Femoral Footprint Reconstruction With a Direct Viewing of the Posterior Insertion Using a Trans-Septal Portal in the Outside-In Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech*. 2016 Feb;5(1):e49–54.
143. Sommer C, Friederich NF, Müller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000 Jul 1;8(4):207–13.
144. Azar FM. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Instr Course Lect*. 2002;51:335–42.
145. Vaseenon T, Phisitkul P, Wolf BR, Femino JE, Amendola A. Preventing Damage to Arthroscopic Lens During Surgery. *Arthroscopy*. 2011 Mar 1;27(3):404–8.
146. Mariani PP. The 45 degrees arthroscope: A forgotten scope in knee surgery. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019 Jun 1;105(4):691–5.
147. Bedi A, Altchek DW. The “Footprint” Anterior Cruciate Ligament Technique: An Anatomic Approach to Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy*. 2009 Oct 1;25(10):1128–38.
148. Bedi A, Dines J, Dines DM, Kelly BT, O’Brien SJ, Altchek DW, et al. Use of the 70° arthroscope for improved visualization with common arthroscopic procedures. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2010 Dec;26(12):1684–96.
149. Lubowitz JH. Anteromedial Portal Technique for the Anterior Cruciate Ligament Femoral Socket: Pitfalls and Solutions. *Arthroscopy*. 2009 Jan 1;25(1):95–101.
150. Shino K. Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Overview, Current Practice, and Future Directions. In: Niwa S, Yoshino S, Kurosaka M, Shino K, Yamamoto S, editors. *Reconstruction of the Knee Joint*. Tokyo: Springer Japan; 1996. p. 65–74.
151. Colvin AC, Shen W, Musahl V, Fu FH. Avoiding pitfalls in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2009 Aug;17(8):956–63.
152. Logan JS, Elliot RR, Wilson AJ. TransLateral ACL reconstruction: a technique for anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2012 Jul;20(7):1289–92.
153. Eriksson E, Sebik A. A comparison between the transpatellar tendon and the lateral approach to the knee joint during arthroscopy. A cadaver study. *Am J Sports Med*. 1980 Apr;8(2):103–5.

154. Checa A. Is the central portal a safe approach for arthroscopy of the knee? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 May;17(5):555–6.
155. Ahn JH, Lee YS, Lee SH. Creation of an Anatomic Femoral Tunnel With Minimal Damage to the Remnant Bundle in Remnant-Preserving Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using an Outside-In Technique. *Arthrosc Tech.* 2014 Feb 1;3(1):e175–9.
156. Celentano U, Cardoso MPA, Martins CAQ, Ramirez CP, van Eck CF, Smolinski P, et al. Use of transtibial aimer via the accessory anteromedial portal to identify the center of the ACL footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2012 Jan;20(1):69–74.
157. Silva A, Sampaio R, Pinto E. Placement of femoral tunnel between the AM and PL bundles using a transtibial technique in single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Sep 1;18(9):1245–51.
158. Howell S, Hull M. Checkpoints for Judging Tunnel and Anterior Cruciate Ligament Graft Placement. *J Knee Surg.* 2009;22(02):161–70.
159. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Fischer S, Mader K, Koebke J, Schneider T. Femoral bone tunnel placement using the transtibial tunnel or the anteromedial portal in ACL reconstruction: a radiographic evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 Mar 1;17(3):220–7.
160. Cho Y, Cho J, Kim D. Normal sagittal of the anterior cruciate ligament can be reproduced using accessory anteromedial portal technique: a magnetic resonance imaging study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012 Jul 1;132(7):1011–9.
161. Guler O, Mahirogulları M, Mutlu S, Cercı MH, Seker A, Cakmak S. Graft position in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: anteromedial versus transtibial technique. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016 Nov 1;136(11):1571–80.
162. Guglielmetti LGB, Cury R de PL, Oliveira VM de, Camargo OPA de, Severino FR, Severino NR, et al. TRANSTIBIAL VERSUS ANTEROMEDIAL PORTAL TECHNIQUES IN ACL RECONSTRUCTION. *Rev Bras Med Esporte.* 2016 Oct;22(5):368–73.
163. Alentorn-Geli E, Samitier G, Alvarez P, Steinbacher G, Cugat R. Anteromedial portal versus transtibial drilling techniques in ACL reconstruction: a blinded cross-sectional study at two- to five-year follow-up. *Int Orthop.* 2010 Jun;34(5):747–54.
164. Han JK, Chun KC, Lee SI, Kim S, Chun CH. Comparison of Modified Transtibial and Anteromedial Portal Techniques in Anatomic Single-Bundle ACL Reconstruction. *Orthopedics.* 2019 Mar 1;42(2):83–9.
165. Youm Y-S, Cho S-D, Lee S-H, Youn C-H. Modified Transtibial Versus Anteromedial Portal Technique in Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Comparison of Femoral Tunnel Position and Clinical Results. *Am J Sports Med.* 2014 Dec 1;42(12):2941–7.
166. Sutter EG, Anderson JA, Garrett WE. Direct Visualization of Existing Footprint and Outside-In Drilling of the Femoral Tunnel in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Knee. *Arthrosc Tech.* 2015 Mar 9;4(2):e107–13.

167. Tompkins M, Milewski MD, Brockmeier SF, Gaskin CM, Hart JM, Miller MD. Anatomic femoral tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: Use of an accessory medial portal versus traditional transtibial drilling. *Am J Sports Med.* 2012 Jun 1;40(6):1313–21.
168. Hussin EA, Aldaheri A, Alharbi H, Farouk HA. Modified transtibial versus anteromedial portal techniques for anterior cruciate ligament reconstruction, a comparative study. *Open Access J Sports Med.* 2018 Sep 19;9:199–213.
169. Azboy I, Demirtaş A, Gem M, Kıran S, Alemdar C, Bulut M. A comparison of the anteromedial and transtibial drilling technique in ACL reconstruction after a short-term follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014 Jul;134(7):963–9.
170. Mulcahey MK, David TS, Epstein DM, Alaia MJ, Montgomery KD. Transtibial Versus Anteromedial Portal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Soft-Tissue Graft and Expandable Fixation. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2014 Nov 1;30(11):1461–7.
171. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995 Dec;23(6):694–701.
172. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 2005 Jun;39(6):324–9.
173. Arendt EA, Agel J, Dick R. Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women. *J Athl Train.* 1999 Apr;34(2):86–92.
174. 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 Off J ESSKA.* 2014 May;22(5):1182–9.
175. 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 Off J ESSKA.* 2017 May;25(5):1568–75.
176. Ninković S, Milčić A, Savić D, Stanković M, Radić S, Milankov M. [Correlation between radiological and clinical findings after anterior cruciate ligament reconstruction]. *Med Pregl.* 2006 Sep 1;59:421–5.
177. Ristić V, Ninković S, Harhaji V, Milankov M. Causes of anterior cruciate ligament injuries. *Med Pregl.* 2010 Aug;63(7–8):541–5.
178. Dai C, Wang F, Wang X, Wang R, Wang S, Tang S. Arthroscopic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with six-strand hamstring tendon allograft versus bone-patellar tendon-bone allograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2016 Sep;24(9):2915–22.
179. Nordin JS, Olsson O, Lunsjö K. The gracilis tendon autograft is a safe choice for orthopedic reconstructive procedures: a consecutive case series studying the effects of tendon harvesting. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019 Mar 30;20(1):138.

180. Nicholls M, Aspelund T, Ingvarsson T, Briem K. Nationwide study highlights a second peak in ACL tears for women in their early forties. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Feb 1;26(2):648–54.
181. 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 Jun;92(6):1427–31.
182. 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 Off J ESSKA*. 2009 Aug;17(8):887–94.
183. Gokce A, Beyzadeoglu T, Ozyer F, Bekler H, Erdogan F. Does bone impaction technique reduce tunnel enlargement in ACL reconstruction? *Int Orthop*. 2009 Apr;33(2):407–12.
184. Ristic V, Ristic S, Maljanovic M, Djan V, Milankov V, Harhaji V. Risk factors for bilateral anterior cruciate ligament injuries. *Med Pregl*. 2015;68(5–6):192–7.
185. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2007 Dec;23(12):1320-1325.e6.
186. Souryal TO, Moore HA, Evans JP. Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries: associated intercondylar notch stenosis. *Am J Sports Med*. 1988 Oct;16(5):449–54.
187. Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *J Sci Med Sport*. 2009 Nov 1;12(6):622–7.
188. Seil R, Rupp S, Tempelhof S, Kohn D. 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 Oct;26(5):681–7.
189. Marder RA, Raskind JR, Carroll M. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med*. 1991 Sep 1;19(5):478–84.
190. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors. *Am J Sports Med*. 2006 Feb 1;34(2):299–311.
191. McNair PJ, Marshall RN, Matheson JA. Important features associated with acute anterior cruciate ligament injury. *N Z Med J*. 1990 Nov 14;103(901):537–9.
192. Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med*. 2007 Aug;41 Suppl 1:i52-59.
193. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjøelberg A, Olsen O-E, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2003 Mar;13(2):71–8.

194. Harput G, Guney-Deniz H, Ozer H, Baltaci G, Mattacola C. Higher Body Mass Index Adversely Affects Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Individuals Who Are Recreationally Active. *Clin J Sport Med*. 2020 Nov;30(6):e194.
195. Barrett GR, Thibodeaux KE, Replogle WH, Barrett A, Parks T, Baker D. Body Mass Index as an Indicator of Associated Intra-articular Injuries in Patients With Anterior Cruciate Ligament Tears. *J Surg Orthop Adv*. 2015;24(3):159–63.
196. Ifran NN, Mok YR, Krishna L. Tear Rates of the Ipsilateral ACL Graft and the Contralateral Native ACL Are Similar following ACL Reconstruction. *J Knee Surg*. 2020 Jul 13;
197. Bowers AL, Spindler KP, McCarty EC, Arrigain S. Height, weight, and BMI predict intra-articular injuries observed during ACL reconstruction: evaluation of 456 cases from a prospective ACL database. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2005 Jan;15(1):9–13.
198. Harhaji Vladimir. Prostorno određivanje položaja kalema u butnoj kosti posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena [dissertation]. [Novi Sad]: Novi Sad; 2012.
199. Hettrich CM, Dunn WR, Reinke EK, MOON Group, Spindler KP. The rate of subsequent surgery and predictors after anterior cruciate ligament reconstruction: two- and 6-year follow-up results from a multicenter cohort. *Am J Sports Med*. 2013 Jul;41(7):1534–40.
200. Maletis GB, Inacio MCS, Funahashi TT. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry. *Am J Sports Med*. 2015 Mar;43(3):641–7.
201. Wera JC, Nyland J, Ghazi C, MacKinlay KGW, 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. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2014 Nov 1;30(11):1505–12.
202. Shelbourne KD, Gray T. Minimum 10-year results after anterior cruciate ligament reconstruction: how the loss of normal knee motion compounds other factors related to the development of osteoarthritis after surgery. *Am J Sports Med*. 2009 Mar;37(3):471–80.
203. Moisala A-S, 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 Off J ESSKA*. 2007 Jul;15(7):879–87.
204. 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 Mar 1;16(3):232–8.
205. Myklebust G, Holm I, Maehlum S, Engebretsen L, Bahr R. Clinical, functional, and radiologic outcome in team handball players 6 to 11 years after anterior cruciate ligament injury: a follow-up study. *Am J Sports Med*. 2003 Dec;31(6):981–9.
206. Irrgang JJ, Ho H, Harner CD, Fu FH. Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1998 Apr 1;6(2):107–14.

207. Falchook FS, Tigges S, Carpenter WA, Branch TP, Stiles RG. Accuracy of direct signs of tears of the anterior cruciate ligament. *Can Assoc Radiol J J Assoc Can Radiol*. 1996 Apr;47(2):114–20.
208. Wexler G, Bach BR, Bush-Joseph CA, Smink D, Ferrari JD, Bojchuk J. Outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction in patients with Workers' Compensation claims. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2000 Feb;16(1):49–58.
209. Haklar U, Donmez F, Basaran SH, Canbora MK. Results of arthroscopic repair of partial- or full-thickness longitudinal medial meniscal tears by single or double vertical sutures using the inside-out technique. *Am J Sports Med*. 2013 Mar;41(3):596–602.
210. Steadman JR, Matheny LM, Briggs KK, Rodkey WG, Carreira DS. Outcomes following healing response in older, active patients: a primary anterior cruciate ligament repair technique. *J Knee Surg*. 2012 Jul;25(3):255–60.
211. Ristić V, Ninković S, Harhaji V, Stanković M, Savić D, Milankov M. Reconstruction of anterior cruciate ligament by using two different techniques. *Med Pregl*. 2010;63(11–12):845–50.
212. Klasan A, Putnis SE, Grasso S, Kandhari V, Oshima T, Parker DA. Tegner level is predictive for successful return to sport 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2020 Oct 28 [cited 2021 Apr 9]; Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-020-06335-4>
213. Shaieb MD, Kan DM, Chang SK, Marumoto JM, Richardson AB. A Prospective Randomized Comparison of Patellar Tendon versus Semitendinosus and Gracilis Tendon Autografts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2002 Mar 1;30(2):214–20.
214. Anderson AF, Snyder RB, Lipscomb AB. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Study of Three Surgical Methods. *Am J Sports Med*. 2001 May 1;29(3):272–9.
215. Soneru A, Sarwark JF. Survivorship of allograft ACL reconstruction in adolescent patients. *J Orthop*. 2019 Feb;16(1):11–3.
216. Astur DC, Novaretti JV, Cavalcante ELB, Goes A, Kaleka CC, Debieux P, et al. Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reruptures Are Related to Lower Functional Scores at the Time of Return to Activity: A Prospective, Midterm Follow-up Study. *Orthop J Sports Med*. 2019 Dec;7(12):2325967119888888.
217. Tay KS, Tan AHC. Clinical Outcomes, Return to Sports, and Patient Satisfaction After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Young and Middle-Aged Patients in an Asian Population-A 2-Year Follow-up Study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2018 Apr;34(4):1054–9.
218. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. 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 May 1;37(5):890–7.

219. 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 Jun;24(3):335–41.
220. Bach BR, Aadalen KJ, Dennis MG, Carreira DS, Bojchuk J, Hayden JK, et al. Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Fresh-Frozen, Nonirradiated Patellar Tendon Allograft: Minimum 2-Year Follow-up. *Am J Sports Med.* 2005 Feb;33(2):284–92.
221. Lewis PB, Parameswaran AD, Rue J-PH, Bach BR. Systematic review of single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction outcomes: a baseline assessment for consideration of double-bundle techniques. *Am J Sports Med.* 2008 Oct;36(10):2028–36.
222. Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, Köhler K, Karlsson J. Patellar Tendon or Semitendinosus Tendon Autografts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction?: A Prospective Randomized Study with a Two-Year Follow-up. *Am J Sports Med.* 2003 Jan 1;31(1):19–25.
223. Harilainen A, Linko E, Sandelin J. Randomized prospective study of ACL reconstruction with interference screw fixation in patellar tendon autografts versus femoral metal plate suspension and tibial post fixation in hamstring tendon autografts: 5-year clinical and radiological follow-up results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Jun 1;14(6):517–28.

9. Prilozi

Prilog 1: Tegner bodovna skala aktivnosti

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

Prilog 2: Lysholm bodovna skala za koleno

NESTABILNOST	
nikad ne „klecne“	25
retko, tokom sportskih ili drugih jakih naprezanja	20
često, tokom sportskih aktivnosti (sport nije moguć)	15

povremeno, u svakodnevnim aktivnostima	10
često, u svakodnevnim aktivnostima	5
pri svakom koraku „klecne“	0
BOL	
nikada	25
povremen i blag za vreme jakih naprezanja	20
značajan, za vreme jakih naprezanja	15
značajan, za vreme ili nakon pešačenja dužeg od 2km	10
značajan, za vreme ili nakon pešačenja kraćeg od 2km	5
stalan i jak	0
BLOKIRANJE	
nema blokiranja ili osećaja „krckanja“	15
osećaj „krckanja“ ali bez blokiranja	10
povremeno blokiranje	6
često blokiranje	2
blokirano koleno prilikom pregleda	0
OTICANJE	
nikad	10
posle jakih naprezanja	6
posle uobičajenih naprezanja	2
stalno	0
OSLONAC	
pun oslonac	5
koristi štap ili štaku	2
oslonac nije moguć	0
ČUČANJE	
bez problema	5
uz blage teškoće	4
koleno nije moguće saviti preko 90°	2
nije moguće	0
PENJANJE UZ STEPENICE	
bez problema	10
uz blage teškoće	6
po jednu stepenicu	2
nije moguće	0
ŠANTANJE	
nikada	5
neznatno ili periodično	3
izraženo i stalno	2

Zbir svih zaokruženih bodova se sabere, moguće je zaokružiti samo jedan broj po stavci. Tumačenje rezultata: odličan (91-100), dobar (84-90), zadovoljavajući (65-83) i loš (0-64)

Prilog 3: 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							

Aktivnost

	Pre povrede	Pre operacije	Posle operacije
--	-------------	---------------	-----------------

I Veliki napor skakanje,
promena pravca, fudbal

II Srednji napor težak fizički rad,
skijanje ili tenis

III Malo naprezanje
lak fizički rad, džogin ili trčanje

IV Umereno naprezanje
kućni poslovi, dnevne aktivnosti

Osam grupa abnormalnost A)Normalno B)Skoro normalno C)Abnormalno D)Teška

1. Subjektivne tegobe:

Kako funkcioniše vaše koleno? (normalno, skoro normalno, abnormalno, teško abnormalno)

Koliko vaše koleno utiče na dnevne aktivnosti? (0, 1, 2, 3)

2. Simptomi: stepenujte maksimalnu aktivnost bez simptoma (od I do IV)

Bol
Otok
Delimično popuštanje kolena
Potpuno popuštanje kolena

3. Obim pokreta: fleksija i ekstenzija kod operisane _____ i kod neoperisne noge _____

Deficit ekstenzije:	<3°	3-5°	6-10°	>10°
Deficit fleksije:	0-5°	6-15°	16-25°	>25°

4. Pregled ligamenata:

LACHMAN (25 flex): -1 do 2 mm 3-5 mm 6-10 mm >10 mm

zaustavljanje: čvrsto___ ili meko___

A.P. pomeranje (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

5. Lokalni nalaz:

- patelofemoralni krepitacije	nema	umereno	srednje bolno	izraženo
- krepitacije med. dela	nema	umereno	srednje bolno	izraženo
- krepitacije lat. dela	nema	umereno	srednje bolno	izraženo

6. Vidljiva patologija: nema srednje umereno jako

7. RTG ispitivanje:

- med. zglobna pukotina	nema	srednje	umereno	jako
- lat. zglobna pukotina	nema	srednje	umereno	jako
- patelofemoralni zglob	nema	srednje	umereno	jako

8. Funkcionalni test: 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 uporediti pre i postoperativni status. U konačnoj oceni ispituju se samo prve 4 grupe, ali se sve dokumentuju

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Транстибијални портал у реконструкцији предњег укрштеног лигамента
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
а) Клиника за ортопедску хирургију и трауматологију Клиничког центра Војводине у Новом Саду б) Катедра за општу физику и методику наставе физике, Природно-математички факултет у Новом Саду
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
Истраживање је спроведено у оквиру израде докторске дисертације и није део другог пројекта
1. Опис података
<p>1.1 Врста студије</p> <p><i>Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају</i></p> <p>Проспективно истраживање у оквиру докторске дисертације спроведено је на укупно 60 пацијената са повредом предњег укрштеног лигамента колена. У експерименталном делу студије коришћени су модели колена. Рачуната је видљивост места инсерције трансплантата предњег укрштеног лигамента колена кроз транстибијални портал и мерена је дисперзија слике. У клиничком делу студије је експериментална група подвргнута оперативном лечењу са визуализацијом места инсерције кроз нови транстибијални портал. Вршено је поређење постоперативних скорова испитиване и контролне групе.</p>
<p>1.2 Врсте података</p> <p>а) <u>квантитативни</u></p> <p>б) <u>квалитативни</u></p>
<p>1.3. Начин прикупљања података</p> <p>а) <u>анкете, упитници, тестови</u></p> <p>б) <u>клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи</u></p> <p>в) <u>генотипови: навести врсту _____</u></p> <p>г) <u>административни подаци: навести врсту _____</u></p> <p>д) <u>узорци ткива: навести врсту _____</u></p> <p>ђ) <u>снимци, фотографије: фотографије током мерења експерименталних модела као и интраоперативни снимци током клиничке процедуре</u></p> <p>е) <u>текст, навести врсту _____</u></p>

ж) мапа, навести врсту _____

з) остало: сопствена експериментална истраживања

1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

а) Excel фајл, датотека __.xls_____

б) SPSS фајл, датотека __.sav_____

в) PDF фајл, датотека _____ .pdf_____

г) Текст фајл, датотека ____.docx_____

д) JPG фајл, датотека _____ .jpg_____

е) Остало, датотека _____

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

а) број варијабли ____ велики број _____

б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) _____ 60 испитаника _____

1.3.3. Поновљена мерења

а) да

б) не

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) временски размак између поновљених мера је _____

б) варијабле које се више пута мере односе се на _____

в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као _____

Напомене: _____

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

а) Да

б) Не

Ако је одговор не, образложити _____

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

а) експеримент, навести тип __ експериментални модели колена су коришћени ради симулације места уласка и положаја артроскопа током операција. Дисперзија слике је мерена фотографисањем карлибрационе шеме на моделу током интервенције.

б) корелационо истраживање, навести тип _____

ц) анализа текста, навести тип _____

д) остало, навести шта __у клиничком делу студије је 30 испитаника подвргнуто интервенцији реконструкције предњег укрштеног лигмента колена користећи транстибијални портал за визуализацију места инсерције БТБ калема док је преосталих 30 испитаника оперисано стандардном методом визуализације места инсерције БТБ калема

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да Не

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) Колики је број недостајућих података? _____

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да Не

в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Подаци овог рада су резултат експерименталног и клиничког дела истраживања. Поступак обраде података у експерименталном делу је или дефинисан одговарајућим стандардом/техничком регулативом или релевантном стручном литературом. Квалитет клиничких резултата је контролисан у складу са стандардима добре клиничке праксе. Квалитет, тј. поузданост добијених клиничких података се обезбеђује бирањем одговарајућег броја узорака тако да се при обради резултата могу применити статистичке методе.

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

Контрола уноса података је вршена вишеструким личним проверавањима и независном провером од стране сарадника и ментора. Након тога су подаци уношени у матрицу.

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у Репозиторијуму докторских дисертација на Универзитету у Новом Саду.

3.1.2. URL адреса <https://cris.uns.ac.rs/searchDissertations.jsf>

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

- a) Да
- б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____
- в) Не

Ако је одговор не, навести разлог _ подаци добијени истраживањем нису још у потпуности објављени у виду научних радова и биће доступни са сваком публикацијом у складу са етичким принципима заштите поверљивих информација и принципима отворене науке.

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? _____

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? ___ трајно ___

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да Не

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да Не

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да Не

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да Не

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

_____ Етички одбор Клиничког центра Војводине 03.09.2018. године _____

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да Не

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

а) Подаци нису у отвореном приступу

б) Подаци су анонимизирани

ц) Остало, навести шта

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

у случају других истраживања где би подаци били потенцијално корисни. Након образложења потребе за увидом омогућиће се приступ анонимизираним подацима

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима: _____ комуникацијом са аутором _____

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

_____ некомерцијано ауторство _____

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

_____ Миодраг Врањеш, miodrag.vranjes@mf.uns.ac.rs _____

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

_____ Миодраг Врањеш, miodrag.vranjes@mf.uns.ac.rs _____

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима

_____ Миодраг Врањеш, miodrag.vranjes@mf.uns.ac.rs _____