



**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

**Налаз коштане модрице на магнетној  
резонанци, код акутне трауме колена,  
у СТИР у поређењу са Т1 секвенцом  
код повреда предње укрштене везе и менискуса**

Докторска дисертација

Др мр. сц. мед. Ђорђе Јелић

Ментор Проф др Драган Машуловић

КРАГУЈЕВАЦ, 2013.

## ЗАХВАЛНИЦА

Ову монографију посвећујем својим родитељима Радошу и Радојци и потомцима Катарини и Марку.

Захваљујем се на колегијалној и пријатељској подршци коју су ми, при изради дисертације, пружали Проф. Драган Машуловић и Проф. Владимир Јаковљевић.

Посебно се захваљујем својој супрузи, Марини, на стрпљивој и упорној подршци мом учењу и писању.

Ђорђе Јелић

## **I. Аутор**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Име и презиме:        | Ђорђе Јелић  |
| Датум и место рођења: | 25. 08.1967. Сарајево, СФР Југославија   |
| Садашње запослење:    | Радиолог, Завод за радиологију и ултразвучну дијагностику Еуродијагностика, Београд. |

## **II. Докторска дисертација**

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Наслов:                              | Налаз коштане модрице на магнетној резонанци код акутне трауме колена у СТИР у поређењу са Т1 секвенцом код повреда предње укрштене везе и менискуса |
| Број страница:                       | 165  |
| Број слика:                          | 45/15/7  |
| Број библиографских података:        | 133  |
| Установа и место где је рад израђен: | Завод за радиологију и ултразвучну дијагностику Еуродијагностика, Београд.   |
| Научна област (УДК):                 | Медицина (Радиологија, Спортска медицина, Ортопедија)  |
| Ментор:                              | Проф. др Драган Машуловић  |

## **III. Оцена и одбрана**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Датум пријаве теме:                                   | 12. 05. 2011.            |
| Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: | 1235/19<br>28. 09. 2011. |

Комисија за оцену подобности теме и кандидата:

|  |  |
|--|--|
|  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Проф. др Милан Мијаиловић, председник, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Радиологија,</li><li>2. Доц. др Драган Машуловић, члан, доцент Медицинског факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Радиологија,</li><li>3. Проф. др Мирослав Милинковић, члан, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Новом Саду за ужу научну област Хирургија</li></ol> |
|--|--|

Комисија за оцену докторске дисертације:

1. Проф. др Бранко Ристић, ванредни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Хирургија, председник,
2. Проф. др Владимир Јаковљевић, ванредни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија, члан,
3. Проф. др Мирослав Миланков, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Новом Саду за ужу научну област Хирургија, члан.

Комисија за одбрану докторске дисертације:

1. Проф. др Бранко Ристић, ванредни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Хирургија, председник,
2. Проф. др Владимир Јаковљевић, ванредни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија, члан,
3. Проф. др Мирослав Миланков, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Новом Саду за ужу научну област Хирургија, члан.

Датум одбране дисертације:

## **САДРЖАЈ**

### **1. УВОД**

#### 1.1. УВОД

#### 1.2. МАГНЕТНА РЕЗОНАНЦА

##### 1.2.1. Историјат развоја МР

##### 1.2.2. Технички елементи МР уређаја

##### 1.2.3. Физичкохемијски принципи снимања магнетном резонанцом

##### 1.2.4. Квалитет слике на МР

#### 1.3. КОЛЕНО

##### 1.3.1. УВОД

##### 1.3.1.а) Биомеханика колена

##### 1.3.1.б) Анатомија колена

##### 1.3.2. СТРУКТУРА ЗГЛОБА

##### 1.3.2.а) Ембриогенеза и врсте зглобова

##### 1.3.2. б) Зглобна хрскавица

##### 1.3.2.в) Апарат за учвршћивање зглоба :

А. чаура (капсула) зглоба

Б. синовија

В. везе (лигаменти)

##### 1.3.3. БУРЗЕ

##### 1.3.4. МИШИЋИ

### 1.3.5. УКРШТЕНИ ЛИГАМЕНТИ КОЛЕНА

1.3.5.а) Предњи укрштени лигамент

1.3.5.б) Задњи укрштени лигамент

1.3.5.в) Структура укрштених лигамената

1.3.5.г) Васкуларизација укрштених веза

1.3.5.д) Укрштени лигаменти на МР снимцима

### 1.3.6. ТРАНСВЕРЗАЛНИ ЛИГАМЕНТ

### 1.3.7. МЕНИСКУСИ

1.3.7.а) Структура, анатомија и функција менискуса

1.3.7.б) Медијални менискус

1.3.7.в) Латерални менискус

1.3.7.г) Менискуси на МР снимцима

## 1.4. СТРУКТУРА И КАРАКТЕРИСТИКЕ НОРМАЛНЕ КОСТИ

1.4.1. Увод

1.4.2. Коштане ћелије

1.4.3. Међућелијска супстанца кости

1.4.4. Грађа кости

1.4.5. Кости на МР прегледу

## 2.ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ СТУДИЈЕ

### **3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ**

3.1. Технички параметри радиолошке методологије анализе прегледа колена

3.2. Структура узорка

3.3. Статистичка методологија

### **4. РЕЗУЛТАТИ**

### **5. ДИСКУСИЈА**

### **6. ЗАКЉУЧАК**

### **7. ЛИТЕРАТУРА**

### **8. ПРИЛОГ**

### **9. БИОГРАФИЈА АУТОРА**

## 1. УВОД

Нормална функција колена је неопходна у свакодневном животу. Колено се сматра најчвршћим и најзначајнијим зглобом у људском организму. Због тога реч колено у српском језику има и друга значења, не само анатомску структуру зглоба. Тако је и народној епској поезији и у народним пословицама реч колено коришћена као метафора и идиом била : 1. метафора карактерне особине постојане и чврсте личности : јуначко колено; 2. носилац најсветијих и најзначајнијих породичних и народних карактеристика : с` колена на колено; 3. одраз породичне традиције утемељене на чврстим моралним начелима : коленовићи, а иста реч је означавала и племство; 4. али и израз пораза и предаје : бацити на колена, поклекнути; 5. Означава и генерације, нараштаје, без борбености а равнодушне на етичке проблеме : меко колено; 6. Адамско колено је идиом за људе који су добре душе и имају срце за цео свет.

У савременом живљењу функција колена је свакодневно на испиту у многим популарним спортовима, а поготово код бројних рекреативних спортиста.

Повреде колена су међу најчешћим повредама мускулоскелетног система, нарочито код спортиста(1). Оне представљају други по учесталости проблем код мускулоскелетног система због којег се пацијенти јављају лекару(2). У популацији која се бави спортом је ризик од мускулоскелетних повреда значајно повећан, нарочито зглобова, а међу њима је колено најчешће третирано део тела од стране ортопеда (3). Повреде колена су проузроковане и сложеном структуром колена, као и екстремним напрезањима, која се у спорту веома често срећу. У прилог сложености структуре иде и то да колено, као угаоноваљкасти зглоб, није типични маказаста зглоб већ има и



ротаторну компоненту. Та ротаторна компонента и чињеница да је колена носилац целокупне тежине човековог тела представљају узрок велике осетљивости колена на поведу. Повреде колена доводе до акутног болног стања и до смањене функционалности зглоба, која може бити акутна, субакутна или хронична. Студије су показале да лица која задобију лезију предње укрштене везе (АЦЛ) пре 22 године живота имају већи ризик од развоја дегенеративних остеоартритичних промена колена до својих педесетих година(4). Једно од објашњења за овакву тврдњу је и то да се приликом лезије АЦЛ често развијају и окултне лезије у околним костима. Ради се заправо о коштаном модрицама (КМ) које су сачињене од посттрауматских промена, хеморагије, едема и микротрабекуларних фрактура у коштаној сржи, а које се могу дијагностиковати једино магнетном резонанцом. Испод оваквих микротрабеликалних фрактура кортикалне кости се налази посттрауматски измењена хрскавица и посттрауматски дегенеративно истањена хрскавица(5.6.7). Управо ће анализа КМ бити предмет нашег истраживања.

У алгоритму прегледа код акутно трауматизованог колена са болним стањем на првом је месту анализа механизма трауме и физикални преглед колена. Потом, ако је то од клиничког интереса, је потребно урадити радиографију или МР повређеног колена. Магнетна резонанца (МР) је увела револуцију у дијагностиковању повреда колена, потиснувши и у потпуности заменивши, инванзивну, дијагностичку артроскопију. Ради дефинитивне дијагнозе повреда унутрашњих структура колена раде се магнетна резонанца али и артрографија и артроскопија колена. Артроскопија је инванзивна дијагностичка метода која се ради од 1970-их. Као инванзивна метода се сматра

некомфорном, а подразумева и ризик од компликација. Компликације се могу срести и код артрографије, која се ради на уређају за компјутеризовану томографију (КТ), па се код ње још прикључује и радијациони ризик. Од 1980-их се као дијагностичка метода избора код трауме колена користи МР. Предност МР прегледа код трауме колена је у томе што је комфорна, неинванзивна метода која приказује највећи број мекоткивних структура, како унутразглобних тако и ванзглобних, и коштаних структура колена. Развој и унапређење МР дијагностике омогућава неинванзивну и најисплативију дијагностику код повреда коленог зглоба која је, при томе, независна од операторовог субјективног мишљења и вештине при артроскопском прегледу. Предност је и то што је код МР дијагностике могуће и више пута, на основу истог МР прегледа, вршити реинтерпретацију МР прегледа, односно вршити консултативе прегледе типа другог мишљења. МР је метода која даје мултипланарни приказ слика што омогућава бољу и сигурнију анализу и потврду налаза. МР преглед се препоручује код свих пацијената код којих постоји клиничка сумња на интраартикуларну патологију колена. У случају недоступности МР прегледа препоручују се артрографија и артроскопија.

МР је метода избора код готово свих клиничких стања повређеног колена. Код акутно повређеног колена на МР снимцима се приказују повреде менисуса и лигамената. Али осим тих круцијалних елемената анализирају се и околне мекоткивне структуре, васкуларне структуре, хрскавице, синовија, пликe, бурзе, присуство ефузије, као и фрактуре, окултне фрактуре, остеохондралне лезије и коштане модрице колена. За овако богат спектар могућности МР анализа заслужан је развој МР технологије са високорезолутивним снимцима и развојем специфичних секвенци за анализу

појединих структура колена. Ово је једини неинванзивни преглед који омогућава неинванзивну анализу коштане сржи. Због тога је веома важно познавати дистрибуцију и динамични физиолошки процес мењања коштане сржи. Повећање употребе МР прегледа код акутне трауме колена је довело до подизања нивоа свети о коштаном модрицама. Проблем нашег истраживања је да утврдимо начин на који је могуће уочити и прецизно утврдити локализацију, величину и број КМ, правилним избором секвенци снимања на МР. У бројним студијама се истражује фреквенца и локализација коштаных модрица као и време трајања КМ, њихов утицај на степен болности колена, на дуготрајне консеквенце преко оштећења хрскавице испод коштане модрице. Резултати ових радова се често разликују, па тако време за резолуцију КМ варира од неколико недеља до 2 године (8.9.10). Чак се појављују и велике разлике и у инциденци налаза КМ. Због тога је у у нашем раду од посебног значаја била СТИР секвенца којом се најпрецизније анализира структура коштане сржи а посебно налаз коштане модрице. На тај начин смо покушали подићи степен поузданости МР налаза код детекције коштаных модрица. Основна карактеристика ове секвенце је да „гушењем“ сигнала масти у коштаном сржи омогућава оптималан увид у налаз течности, како у коштаном сржи тако и у околним мекоткивним структурама. Тако се упечатљиво уочава налаз едема коштане сржи који одговара коштаном модрици и анализира локација и карактеристике налаза КМ. Налазом коштане модрице код акутног трауматизованог колена, као отиска вектора силе који изазивају велику трауму колена, можемо повећати самопоуздање радиолога да ће, код таквих налаза, у великом броју случајева бити удружене и лезије мекоткивних структура колена. Осим тога дистрибуција КМ представља врло поуздан отисак вектора силе који нам

објашњавају механизам трауме колена. Осим што КМ представља отисак директног ударца у кост, компресивних сила код судара костију, оне се могу уочити и код тракционих сила које могу проузроковати авулзиону лезију(11). Трауме колена су због екстремних напрезања чешће код спортиста па смо анализирали групу испитаника са спортском траумом колена. Проблеми које смо поставили пред себе су :

А) Да ли је СТИР прецизнија секвенца МР прегледа од Т1 секвенце, за откривање налаза КМ?

Б) Да ли је, и у којој мери, налаз КМ удружен са налазима лезија унутрашњих мекоткивних структура колена?

В) При којим спортовима се налазе екстензивније повреде колена са налазима КМ и лезијама АЦЛ?

Овим радом још једном желимо скренути пажњу на техничку могућност снимања и значај анализе коштане сржи код МР прегледа акутне трауме колена.

## 1.2. МАГНЕТНА РЕЗОНАНЦА

1.2.1. Историјат развоја МР.

1.2.2. Технички елементи МР уређаја.

1.2.3. Физичкохемијски принципи снимања магнетном резонанцом.

1.2.4. Квалитет слике на МР.

1.2.1. Историјат развоја МР

Магнетна резонанца се у клиничкој дијагностичкој пракси користи од 1981. године. Историјат њеног развоја је започет научним радовима везаним за физичке принципе магнетне резонанце. Тако је прву Нобелову награду 1944. године, из ове области, добио Исидор Исак Раби за рад из области мерења нуклеарног магнетног момента који је објављен 1938. године (12).

Године 1946. су објавили радове Кар и Парсел (Carr i Purcell), који су добили Нобелову награду за физику 1952. године, и Блох(Bloch), независно и у исто време. Они су открили феномен магнетне резонанце (13.14). Већ је 1959. Године Сингер измерио проток крви на магнетној резонанци (15). Наредни велики корак је начинио др Рејмонд Дамедијан (Raymond Damadian), који је 1970. године конструисао скенер „Indomitable“, који се састојао од ручно направљеног суперкондуктивног магнета са шупљином која је била ширине 135 cm. Користио је систем за хлађење са течним хелијумом, осцилоскоп за анализу сигнала и минирачунар и антенску завојницу. Прво снимање овим уређајем није било успешно а други покушај је био успешан. Тада је

снимљен грудни кош Демадијановог асистента Ларија Минкофа (Larry Minkoff), који је био ситне грађе па је могао да уђе у малу антенску завојницу. Резултати овог рада су први пут објављени у часопису Science 1971. године(16). Демадијан је открио да туморске ћелије емитују сигнал који је другачији од сигнала околног здравог ткива и искористио то као основу за стварање нове технике за откривање тумора(17.18). Инспириран овим научним радом, у којем су коришћене T1 и T2 секвенца, Пол Латербур (Paul Lauterbur) 1973. године, користећи градијент имиџинг технику, реконструираше дводимензионалне слике у различитим равнима и приказује просторну расподелу воде у биолошким системима (19).

На основу Демадијановог апарата је направљена магнетна резонанца која је 1981. године стављена у комерцијалну употребу. Нобелова награда за медицину је 2003. године додељена Полу Латербуру и Питеру Менсфилду за открића у вези са сликањем меких ткива помоћу магнетне резонанце (19. 20.21).

До данас су развијене три врсте магнетних резонанци. То су перманентни, резистивни и суперкондуктивни магнети. Предност перманентних магнета, какав је коришћен у нашој студији, је ниска цена одржавања, отвореност система, тзв. отворене магнетне резонанце. Таква конструкција уређаја омогућава интервентне процедуре под вођством МР, а недостатци су ограничена снага магнетног поља и велика тежина магнетне резонанце. Такви уређаји су идеални за ортопедске индикације, прегледе целокупног локомоторног система, а посебно за зглобове.

### 1.2.2. Технички елементи МР уређаја

Уређај за магнетну резонацу чине : магнет који генерише магнетно поље, соленоидне шим-блиставе завојнице које чине магнетно поље што је више могуће хомогеним, градијентне завојнице које омогућавају просторну локализацију сигнала, радиофреквентне завојнице које преносе радио сигнал у део тела који се снима, пријемне завојнице које детектују повратни радио сигнал и компјутер који реконструира радио сигнале у коначну слику.

Магнет је језгро уређаја за магнетну резонанцу и смештен је у кућиште у ком је позициониран попут тунела и на тај начин ствара магнетно поље лонгитудиналног смера север-југ. Овај део уређаја је са перманентним, временски непроменљивим магнетним пољем, хомогеног интензитета. У клиничкој су употреби магнети јачине магнетног поља од 0,2 до 4 Тесла, а у експерименталне сврхе се користе и они јачине магнетног поља преко 9 Тесла. Ово основно магнетно поље индукује мерљиву ткивну магнетизацију читавог тела, усмеравајући је по уздужној оси.

Соленоидне завојнице, завојнице са намотајима или, како се још зову, намотаји за поравнање, имају специфичну улогу да механички и компјутерски омогућавају одржавање сталне хомогености главног спољашњег магнетног поља. На пример, сам улазак објекта, дела тела, у магнетно поље нарушава хомогеност магнетног поља а захваљујући соленоидним завојницама се то магнетно поље хомогенизује. У пракси се

за ову хомогенизацију магнетног поља и даље користи израз „шимовање“, без адекватног превода јер се оригинално завојнице зову „Shims“.

Градијентне завојнице мењају уздужну осу основног хомогеног магнетног поља. Оне се користе за уравнотежени, линеарни поремећај основног магнетног поља у равнима окомитим на уздужну осу. Те равни су X-раван која је усмерена латеролатерално, Y-раван усмерена антеропостериорно и Z-раван усмерена краниокаудално на уздужну осу магнета. Место где се укрштају ове три равни представља изоцентар магнета који задржава увек исту снагу магнетног поља. Укључивањем градијентних завојница прави се мала али довољна разлика у јачини основног магнетног поља у зависности од њихове удаљености од изоцентра. Градијенти се укључују и искључују великом брзином током прегледа и на тај начин одређују слој снимања, као и фазно и фреквентно кодирање.

Радиофреквентне завојнице (РФ) су завојнице које одашиљу радиофреквентне таласе који побуђују воденикове атоме. Оне те таласе шаљу неселективно на тело у МР али се селекција слоја врши одабиром градијента. Тако комбинацијом градијената, који доводе до линеарног поремећаја магнетног пола, и РФ електромагнетних таласа, који имају прецизан фреквенцијски распон али и неселективно поље интереса, добијамо ефекат побуђивања воденикових протона у само једном слоју тела иако је РФ пулс послат неселективно у тело. Овакав принцип усклађености градијената и РФ пулса подразумева да се и градијенти стално осцилирају у складу са понављањем РФ пулсева. На тај начин се постиже да сваки нови ехо РФ пулса буде забележен на правом, циљаном, месту. Постоје предајне и пријемне завојнице (радиофреквентне



антене, калемови). Предајна РФ завојница одашиље електромагнетне таласе којима побуђује језгра водоника у телу. Пријемна РФ завојница бележи сигнал који долази из ткива побуђеног електромагнетним таласима из предајне РФ завојнице. Пријемне завојнице су различитог облика и величине и могу бити велике, за читаво тело, или мање, за снимања одређених делова тела, па и површинске. Избор завојнице пре свега зависи од дела тела који се снима. Завојница би, по правилу, требало да се постави што ближе извору сигнала и да буде довољно велика да обухвати регију од интереса. На тај начин се оптимизује однос сигнала и шума.

### 1.2.3. Физичкохемијски принцип снимања тела магнетном резонанцом.

Магнетна резонанца омогућава снимање тела у дигиталном формату на основу ткивних карактеристика заснованих на хемијској композицији различитих врста ткива у организму. Она користи предности постојања обиља водоникових атома (протона) у организму и њихове интеракције са магнетним пољем. Два су разлога за избор, управо, водоникових атома : распрострањеност у ткивима и велики магнетни моменат језгра које садржи само један протон. Водоник има најјачи магнетни моменат и најзаступљеније је језго у организму. Водоник чини 63% људског тела и у води и у мастима. Основа технике снимања магнетном резонанцом је апликација јаког магнетног поља на регион од интереса и снимање резултата ефекта магнетног поља на језгра водоникових јона. Протони представљају језго атома водоника а када се изложе снажном магнетном пољу постављају се паралелно са снажним, хомогеним, статичким магнетним пољем које се производи у отвору магнетне резонанце. Ротација

наелектрисаних честица ствара магнетно поље. Тај се физичкохемијски феномен назива нуклеарна магнетна резонанција. Протони све време прецесирају, ротационо, као чигра круже, око оса, и то се назива спин. Осе магнетних сила протона се постављају паралелно са линијама сила магнетног поља. Те осе и њихови спинови могу бити постављене паралелно или антипаралелно. Након ексцитације следи прекид пулса и релаксација протона, као губитак претходно добијене енергије. На тај начин се систем враћа у претходно, равнотежно, стање емитујући зрачење чија је фреквенција једнака Ларморовој фреквенцији. Брзина којом се систем враћа у претходно стање се карактерише временима релаксације T1 и T2.

Управо у релаксацији протона, заправо времену релаксације, лежи кључ добијања основног параметра слике, контраста. Контраст слике на МР чине светла и тамна подручја, која омогућавају ткивно разграничење, која ми зовемо хиперинтензним и хипоинтензним подручјима сигнала. Интензитет МР сигнала зависи од многих параметара, укључујући густину фотона, време релаксације T1 и T2. Разна патолошка стања могу бити уочена пажљивим одабиром пулсних секвенци. Карактеристике пулсне секвенце су време понављања пулса ( time repetition TR = TP) и време од укључивања пулса до времена мерења сигнала ( the echo time TE = TE).

Радиофреквентни пулсеви се понављају у правилним временским интервалима. На пример, код уобичајене спин ехо секвенце се апликује 90° РФ пулс који помера магнетизацију ткива у трансверзалну раван а након извесног времена (TE) се емитује и импулс који помери магнетизацију за 180°. Сигнал који се мери представља трансверзалну магнетизацију.

Мењањем TE и TR стварају се различити контрасти. Понављање пулсних секвенци се обично врши пре пуног T1 опоравка. Варирањем TR и TE параметара, спин ехо секвенце, могу бити тако формиране да нагласе T1 или T2 контраст. На основу тога постоје четири основна својства која утичу на контраст слике код МР снимања.

То су :

1. Протонска густина ткива – ПД (proton density),
2. T1 релаксација (T1 relaxation time),
3. T2 релаксација (T2 relaxation time), и
4. Проток (flow).

А секвенце се зову :

-T1 секвенце, са кратким TR и кратким TE.

-T2 секвенце, са дугим TR и дугим TE

-Протонска густина секвенце, са дугим TR и кратким TE

Протонска густина ткива одговара броју водоникових протона у јединици запремине.

Ткива високе протонске густине имају и високи интензитет сигнала на ПД секвенцама.

Протонска густина је аналогна електронској густини код компјутеризоване томографије. На МР прегледу ткива са великом бројем водоникових атома, типа паренхим мозга и мишићно ткиво, имају висок сигнал, а ткива са малим бројем водоникових атома, типа кост и плућа, због присуства ваздуха, имају низак сигнал, и то у свим секвенцама.

T1 релаксација зависи од брзине кретања молекула у окружењу. Пошто је брзина кретања обрнуто пропорционална величини, мање ће молекуле бити знатно брже од Ларморове фреквенције водоника и због тога ће оне ефикасније предавати енергију у околину. Последица тога је да ће ткива са пуно воде имати ниску T1 ефикасност предаје енергије и последично низак интензитет сигнала у T1 секвенци. Супротно, ткива са пуно макромолекула, на пример масно ткиво, имаће високу T1 ефикасност предаје енергије и последично висок интензитет сигнала. T1 време релаксације је константа која представља време за које се опорави 63% лонгитудиналне магнетизације уз предају вишка енергије околини.

T1 релаксација, која представља опоравак лонгитудиналне магнетизације, се разликује од T2 релаксације која представља губитак трансверзалне магнетизације. Дакле T2 релаксација се очитује након губитка 63% трансверзалне магнетизације. Распад трансверзалне магнетизације је много бржи него опоравак лонгитудиналне магнетизације тако да је T2 релаксационо време, одређеног ткива, краће него T1 релаксационо време.

Најчешћа карактеристика протока је губитак сигнала услед брзог протичања артеријске крви.

Оптерећење (weighted - W) слике неким од поменутих пулсних параметара омогућава преминацију једног над остала два контрастна механизма. Најважнији параметри за подешавање оптерећења слике су време понављања радиофреквентног РФ пулса ( time repetition TR = TP), које се мери у милисекундама, и време добијања одјека ( the

echo time TE = TE), које се, такође, мери у милисекундама. TR одређује колико ће се релаксације догодити између два РФ пулса, односно количину T1 релаксације. TE је време које протекне од пуштања РФ пулса до читавања сигнала и оно одређује количину губитка трансверзалне магнетизације, пре читавања, односно количину T2 релаксације.

На основу овога је логично да свако ткиво има карактеристичан интензитет сигнала у T1 и T2 оптерећеним сликама.

Табела бр. 1 : Карактеристике ткива, интензитета сигнала, у T1 и T2 релаксационим временима.

| Ткиво              | T1 оптерећена слика (T1WI) | T2 оптерећена слика (T2WI) |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Кортикална кост    | Низак                      | Низак                      |
| Коштана срж-жута   | Висок                      | Средњи                     |
| Коштана срж-црвена | Низак/средњи               | Средњи                     |
| Едем коштане сржи  | Низак                      | Висок                      |
| Хијалина хрскавица | Средњи                     | Средњи                     |
| Лигамент           | Низак                      | Низак                      |
| Тетива             | Низак                      | Низак                      |
| Течност            | Низак                      | Висок                      |
| Маст               | Висок                      | Средњи                     |
| Акутно крвављење   | Низак/средњи               | Низак                      |
| Хронично крвављење | Висок                      | Висок                      |

Осим ових, основних, могу се поставити и други параметри као што су инверзионо време (ТИ), угао одклона (ФА), одабир слоја, број ексцитација (НЕХ), ширина поља посматрања (ФОВ), број фазних кодирања, број фреквенцијских кодирања и слично.

О инверзионом времену ће бити више речи у наредном поглављу.

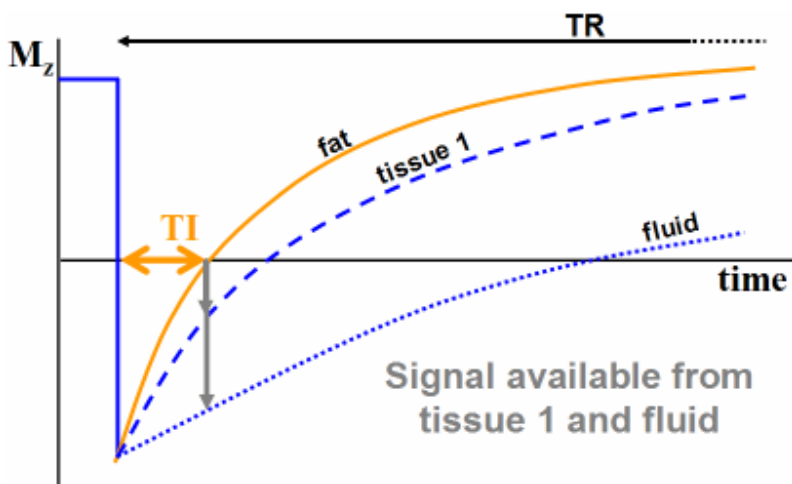
### Инверзиони опоравак (Inversion Recovery - IR)

Секвенца инверзионог опоравка започиње са  $180^\circ$  инверзионим пулсом који помиче магнетни вектор водоникових протона у потпуну сатурацију, након чега следи повратак ка почетној, лонгитудиналној, магнетној оријентацији. Ексцитацијски пулс под углом од  $90^\circ$  степени се аплицира у инверзионом времену (ТИ) које одређује контраст слике. Инверзионо време је временски период између  $180^\circ$  инверзионог пулса и  $90^\circ$  ексцитацијског пулса код пулсне секвенце инверзионог опоравка (Inversion Recovery pulse sequence). С обзиром да је брзина релаксације масти и воде различита може се калкулисати инверзионо време (ТИ) и на тај начин елиминисати сигнал појединих ткива. На пример у СТИР секвенци, са кратким ТИ, се елиминише сигнал масти а у ФЛАИР секвенци, са дугим ТИ, се елиминише сигнал воде. Пошто маст има кратко време опоравка у Т1 секвенци код СТИР се апликује кратко ТИ, од 140 милисекунди, што компримује сигнал масти.

Предност ове секвенце је да омогућава супресију сигнала масти са малом сензитивношћу на хетерогеност магнетног поља и ефекте магнетне осетљивост на присуство метала, као на пример ортопедске протезе код коштанозглобног снимања. Ова секвенца се не може користити да супримира сигнал масти код инјекције

гадолинијумског контраста јер гадолинијум има још краће T1 време опоравка па би се морало користити и краће инверзионо време опоравка (ТИ). Такав избор би био специфичан за релаксационо време гадолинијума али не и за ткиво (22).

Графикон бр. 1 : Опоравак магнетизације масти у односу на ткиво и течност и приказано ТИ код СТИР секвенце (23)



#### 1.2.4. Квалитет слике на МР

Квалитет слике на МР је мера дијагностичке тачности и изгледа слике. Дефинише се контрастом слике, могућношћу да се раздвоје детаљи у простору (просторна резолуција) и односом сигнала и шума (eng. signal-to-noise ratio SNR)(24.) Контраст слике је основа сваке радиолошке анализе и заснива се на контрасту између светлих и тамних подручја на добивеној слици дела људског тела. Просторно разлучивање

или просторна резолуција је заснована на могућности разлучивања блиских објеката. На МР прегледу квалитет појма структурне демаркације зависи од субјективне способности да се уочи просторна резолуција. То значи да ће се структура коју посматрамо приказати у зависности од тога колика је величине посматране структуре у вокселима, од дебљине пресека и размака међу пресецима, матрикса, ширине посматраног поља и ехоа.

Просторна резолуција је детерминисана величином матрикса-матрице, пољем од интереса (ФОВ) и дебљином пресека. Увећањем величине матрикса или умањењем ФОВ и дебљине слојева увећава се просторна резолуција али се тиме скраћује време сигнал шум и продужава време скенирања. За добијање снимака високе резолуције са високим сигнал-шум временом потребно је и продужити време скенирања. Сви параметри скенирања утичу на однос сигнал-шум. Сигнал се код снимања може побољшати путем увећања ТР, ФОВ, дебљине пресека и броја ексцитација или умањења ТЕ и величине матрице-матрикса. Најдиректнији начин појачања сигнала је путем повећања броја ексцитација, али се мора имати у виду да повећање броја ексцитација са две на четири, на пример, за дупло продужава време скенирања, али увећава сигнал само за квадратни корен из два. И на крају ТЕ не утиче на време скенирања иако опредељује максимални број пресека у вишеслајсном режиму. Увећање ТЕ или скраћење ТР умањује број пресека који могу бити добијени једном пулсном секвенцом.

Параметри снимања : ТР, величина матрикса и број ексцитација (Number of Excitations - NEX) су једини параметри који могу утицати на време снимања. Повећањем било којег од ових параметара повећава се укупно време снимања.



## **1.3. КОЛЕНО**

### 1.3.1. УВОД

1.3.1.а) Биомеханика колена

1.3.1.б) Анатомија колена

### 1.3.2. СТРУКТУРА ЗГЛОБА

1.3.2.а) Ембриогенеза и врсте зглобова

1.3.2. б) Зглобна хрскавица

1.3.2.в) Апарат за учвршћивање зглоба :

А. Чаура (капсула) зглоба,

Б. Синовија

В. Везе (лигаменти)

### 1.3.3. БУРЗЕ

### 1.3.4. МИШИЋИ

### 1.3.5. УКРШТЕНИ ЛИГАМЕНТИ КОЛЕНА

1.3.5.а) Предњи укрштени лигамент

1.3.5.б) Задњи укрштени лигамент

1.3.5.в) Структура укрштених лигамената

1.3.5.г) Васкуларизација укрштених веза

1.3.5.д) Укрштени лигаменти на МР снимцима

### 1.3.6. ТРАНСВЕРЗАЛНИ ЛИГАМЕНТ

### 1.3.7. МЕНИСКУСИ

1.3.7.а) Структура, анатомија и функција менискуса

1.3.7.б) Медијални менискус

1.3.7.в) Латерални менискус

1.3.7.г) Менискуси на МР снимцима

### 1.3.1. УВОД

#### 1.3.1.а) Биомеханика колена

Колени зглоб је највећи и најкомпликованији зглоб људског тела али са најмањом покретљивошћу. Колено је маказаста зглоб са ротационом функцијом(25). Покрети колена су могући у три равни : сагиталној, фронталној и трансферзалној. Покрети колена у сагиталној равни су савијање (флексија), опружање (екстензија), у фронталној равни абдукција и аддукција а у трансферзалној спољашње увртање (латерална ротација) и унутрашње увртање (медијална ротација). Ови покрети се зову покрети ротације колена. Колено се, такође, може померати у сагиталној равни anteriorno и posteriorno, у фронталној равни медијално и латерално а у трансверзалној равни дистракцијом и компресијом. Ово су, такозвани, покрети транслације. Укупно, дакле, постоји 12 праваца кретања коленог зглоба. Од свих тих 12 праваца кретања, осим флексије и екстензије, сви други имају веома ограничен ниво покрета.

У медицинској литератури која се бави анализама коленог зглоба покрети у фронталној равни, абдукција и аддукција, се обично именују као валгус и варус. При томе се ангулација упоље, дисталног коштанозглобног сегмента колена, назива валгус а ангулација према унутра, дисталног коштанозглобног сегмента колена, се назива варус. Важно је напоменути да је унутрашње увртање могуће само у савијеном положају колена. Тако је унутрашња ротација могућа за 10 степени код флексије колена од 90 степени а спољња ротација је могућа за 30-40 степени при истој флексији колена(26). Колено се сматра и „мобилним“ зглобом јер су могући покрети

латералног менискуса и фемура који на њега належа дуж тибије у току ротације(27). Раније студије функције колена су углавном вршене на кадаверичним коленима (28) али се употребом магнетне резонанце могу вршити и студије функције колена на живим испитаницима и оне се могу сматрати релевантнијим за анализу(29.30). Динамичком анализом функције колена, *in vivo*, се може формирати приступ превенцији повреда колена као што је руптура АЦЛ (31). На стабилност колена утиче више фактора, а то су : усправна (вертикална) осовина колена, анатомија коштаных елемената, ванзглобне и унутарзглобне структуре колена.

#### 1.3.1.б) Анатомија колена

Колени зглоб чине три кости : бутна кост – бедрањача (фемур), цеваница – голењача (тибија) и чашица (патела). Лисна кост – лишњача (фибула) не улази у састав коленог зглоба.

Зглобне структуре коленог зглоба на бедрањачи (фемуру) су медијални и латерални кондил фемура и зглобна површина за чашицу (*condilus medialis, condilus lateralis, facies patellaris*). Зглобне структуре на голењачи (тибији) су зглобне плоче (*facies articularis superior*) а на чашици је то зглобна плоча ка бедрањачи (*facies articularis patellae*).

Унутарзглобне (интраартикуларне) структуре колена су менискуси (*meniscus medialis i meniscus lateralis*), попречни лигамент колена (*ligamentum transversum genus*) и укрштени лигаменти колена (*ligamentum cruciatum anterius i ligamentum cruciatum posterius*).

## 1.3.2. СТРУКТУРА ЗГЛОБА

### 1.3.2.а) Ембриогенеза и врсте зглобова

Зглобови у ембрионалном развоју настају из густог мезенхималног ткива које развија хрскавичне зглобне површине, а између којих се постепено формира узана пукотина а са спољашње стране и везивни омотач. Формирана зглобна пукотина се временом развија у зглобну шупљину коју испуњава синовијална течност. Зглоб је са спољашње стране учвршћен везивном чауром која је по правилу двослојна, са чвршћим спољним везивним слојем и растреситијим унутрашњим слојем(32). Спољни слој, *stratum fibrosum*, је задужен за чврстину капсуле а унутрашњи слој растреситијег везива, *stratum synoviale*, које ограничава збијена опна, је задужен за продукцију синовијалне течности.

У организму постоје две врсте контакта костију, зглобова, а то су : синартрозе (*synarthrosis*) и диартрозе (*diarthrosis*). Синартрозе су кошатни спојеви путем танког слоја везивног ткива, као код коштаних шавова на лобањи – синдесмозе (*syndesmosis*), или путем хрскавице као код дискуса пршљенских тела или код пубичне симфизе – синхондрозе (*synchondrosis*).

Прави зглобови су покретни зглобови и чине их најмање две кости, прекривене зглобном хрскавицом, и апарат за учвршћивање зглоба који чине синовија, капсула и лигаменти. Овакви зглобови се називају диартрозе. Кости и хрскавица су „скелетна ткива“ која се одликују доминантном потпорном функцијом, а хистолошки доминантним присуством основне супстанце посебних одлика. Специфичан тип желатинозне мукополисахаридне основне супстанце хрскавичавог ткива даје

хрскавици карактеристичну гипкост, док таложење минералних соли унутар органског дела матрикса кости даје кости карактеристике чврстине и тврдине.

#### 1.3.2.б) Зглобна хрскавица

Зглобна хрскавица је високо специјализовано ткиво које испуњава јединствена биомеханичка својства. Зглобна хрскавица је глатка, полупровидна структура на зглобној површини кости која је најдебља на месту највећег притиска а пут периферно се стањује и на крају стапа са синовијом зглоба. У свом најдубљем делу, хрскавица, преко танке калцификоване зоне, чврсто прираста за кост од које ју је веома тешко отргнути. Састављена је од хондроцита, ћелија хрскавице, и основне масе, хондромукоида који је састављен од беланчевина и хондроитин-сумпорне киселине. Зглобна хрскавица има веома спор метаболизам, нема крвне судове и није инервисана, а везивна плоча између ње и кости је непропусна. Исхрањује се упијањем храњивих материја претежно из синовијалне течности, као и, мањим делом, дифузијом из коштаног ткива(33). Захваљујући глаткој површини хрскавице и утицају синовијалне течности, која подмазује зглобне површине хрскавице, омогућена је добра покретљивост зглобова. Осим тога хрскавица има велики значај у ублажавању притиска који се преноси преко зглоба. Она еластично реагује на притисак, па се делови хрскавице са директним притиском компресивно смањују и тако ублажавају оптерећења која трпи зглоб. Ту карактеристику јој омогућава висок проценат воде у структури хрскавице, који је око 75-85%. Такође су у функцији упијача силе притиска и специфично постављене фибриле колагених влакана, које су у површном делу постављене претежно тангенционално, у смеру затезања и трења, док су у дубоким

слојевима постављене претежно окомито, у смеру силе притиска. Највећа оптерећења силом трпи зглоб колена и то до 350 kg/cm<sup>2</sup> а у разним МР студијама је колени зглоб оптерећиван силом од 1000N(Њутна) (34) па и до 2000N(35). Као једноставну илустрацију оптерећења на колени зглоб треба напоменути да при ходу колено трпи двоструко оптерећење укупне телесне масе човека, а при трку је то оптерећење веће за 7 до 8 пута. Хрскавица колена је фиброкартилагинозна хрскавица, каква се још налази код дискуса кичме и на мандибуларном кондилу код темпоромандибуларног зглоба. Друга два типа хрскавице су еластична хрскавица коју налазимо у епиглотису и еустахијевој туби и, већинска, хијалина хрскавица која покрива диартрозне зглобове дугих костију. За дијагностику повређене хрскавице се као најсензитивнија неинванзивна метода показала магнетна резонанца а још увек се анализирају физички принципи и протокол прегледа зависно од техничких карактеристика и јачине магнетног поља МР апарата (36.37).

#### 1.3.2.в) Апарат за учвршћивање зглоба чине :

- А) Чаура (капсула) зглоба,
- Б) Синовија и
- В) Везе (лигаменти).

#### Зглобна чаура

Зглобна чаура је везивно-потпорни омотач зглоба који се наставља омотачем кости, периостом, а састављена је од везивног ткива богатог колагеним влакнима. Она потпуно затвара зглобну шупљину повезујући зглобне елементе, и дозвољава, али и ограничава, њихово покретање. Поједини делови зглобне чауре су додатно ојачани

лигаментима. Грађена је из два слоја, од којих је спољни фиброзовезивни грађен од чврстих везивних влакана и са мало ћелија и крвних судова. Унутрашњи слој, *stratum synoviale*, је растреситије везивне структуре, богат крвним капиларима и нервима. Површински слој синовијалног стратума чауре облаже синовија или синовијална мембрана. Она је богата крвним и лимфним судовима и нервним завршецима, а њене везивне ћелије су епителоидног изгледа и распореда, са великим бројем набора и ресица, и са местимичним кесастим проширењима испуњеним синовијалном течношћу (бурзама). Ове неравнине значајно повећавају површину синовијалне мембране, чија је основна улога да производи синовијалну течност. За ту производњу су задужене специфичне фибробластичне ћелије које синтетишу и луче хијалуронску киселину и протеине у састав синовијалне течности.

### Синовија

Синовијална (зглобна) течност је вискозна, безбојна течност (некада до жућкасте боје). Она је алкална са рН вредношћу од 8,2 до 8,4. Има нутритивну улогу у исхрани зглобне хрскавице и механичку улогу у подмазивању хрскавичне површине зглоба. Лабораторијска анализа састава синовијалне течности је рутинска код већине реуматских обољења. Код трауме колена синовијална течност се услед велике екстравазације плазме и инактивности колена, услед бола, нагомилава метаболичким производима и на тај начин повећава киселост средине што доводи до стварања фибринских влакана. Овај је процес основ за развој гранулационог ткива и артритичних промена у зглобу. Осим тога синовија на трауму реагује лучењем муцина.

Оба ова начина реакције синовије на трауму доводе до стварања супстрата који се зове трауматски синовитис.

Уз то, често, код повреде капсуларних структура колена долази до крвављења у зглоб, хемартроза.

Везе (лигаменти) колена

Предње ојачање зглобне чауре

Са предње стране је зглобна чаура ојачана тетивом квадрицепса и тетивом пателе (*ligamentum patelle*) која је, заправо, наставак тетиве квадрицепса са чашицом, унутар тетиве.

Стражње ојачање зглобне чауре

Лучни поплитеални лигамент (*Ligamentum politeum arcuatum*) и коси поплитеални лигамент (*Ligamentum popliteum obliquum*) који се при контракцији мишића семимембранозуса напне и тако стабилизује колена са стражње стране.

Постраначно ојачање зглобне чауре

Латерални колатерални лигамент, *ligamentum collaterale fibulare, laterale*, који исходи из латералног феморалног епикондила и припаја се на главицу фибуле. Нарочито је значајан у стабилизацији латералне стране колена код екстензије, док је у фази флексије лабавији и мање учествује у стабилизацији.



Медијални колатерални лигамент, *ligamentum collaterale tibiale, mediale*, исходи из постериорног аспекта медијалног епикондила фемура и припаја се на тибију у пределу *pes anserinus*, око 4-5 cm дистално од зглоба. Он, пре свега, даје медијалну стабилност колону. Чине га дубока и површна порција влакана. У средњем делу лигамента се дубока влакна припајају на медијални менискус.

### 1.3.3. БУРЗЕ

Бурзе су врећасте творевине испуњене вискозном течношћу и налазе се на местима на којима спречавају трење међу различитим структурама. Бурзе колена се налазе између зглобних структура: костију, зглобних веза и мишићних тетива. Око колена се уочава 10 бурзи (38).

Табела бр. 2 : Бурзе коленог зглоба.

| Назив бурзе  | Место бурзе   |
|--|---|
| <i>Bursa suprapatellaris</i>                           | Између фемура и квадрицепса                               |
| <i>Bursa musculi semimembranosi</i>                    | Између зглобне овојнице и тетиве семимембранозуса         |
| <i>Bursa subcutanea prepatellaris</i>                  | Поткожно испред чашице                                    |
| <i>Bursa subcutanea infrapatellaris</i>                | Испред лигамента пателе                                   |
| <i>Bursa infrapatellaris profunda</i>                  | Између горњег дела тубероситаса тибије и лигамента пателе |
| <i>Bursa prepatellaris subfascialis</i>                | Поткожно испред чашице                                    |
| <i>Bursa prepatellaris subtendinea</i>                 | Између чашице и тетиве квадрицепса                        |
| <i>Bursa subcutanea tuberositatis tibiae</i>           | Испред тубероситаса тибије                                |
| <i>Bursa subtendinea musculi gastrocnemii medialis</i> | Испод медијалне главе гастрокнемиуса                      |
| <i>Bursa anserina</i>                                  | Испод лигамента ансеринуса над тибијом                    |

### 1.3.4. МИШИЋИ

Табела бр. 3: Мишићи коленог зглоба.

| Мишићи  | Инервација      | Функција   | Исходиште   | Припој   |
|---|-----------------|--|---|--|
| <b>Вентрална група мишића – M. quadriceps femoris</b> |                 |  |   |  |
| M. rectus femoris                                     | n. femoralis    | Екстензија потколенице и флексија натколенице  | Spina iliaca anterior inferior, supercilium acetabuli                                       | Tuberositas tibiae                               |
| M. vastus Lateralis                                   |                 |  | Labium laterale lineae aspeae   |  |
| M. vastus intermedius                                 |                 |  | Facies anterior et facies lateralis femoris (горње 2/3)                                     |  |
| M. vastus medialis                                    |                 |  | Labium mediale lineae asperae   |  |
| <b>Дорзална медијална група мишића</b>                |                 |  |   |  |
| M. Semitendinosus                                     | n. ischiadicus  | Флексија и унутрашња ротација потколенице и екстензија натколенице                   | Tuber Ischiadicum   | Tuberositas tibiae -медијални руб- pes anserinus |
| M. Semi-membranosus                                   |                 |  |   |  |
| M. gracilis   | n. obturatorius | Аддукција и флексија потколенице   | Ramus inferior ossis pubis  |  |
| M. sartorius  | n. femoralis    | Флексија потколенице и натколенице, унутрашња ротација и благо абдукција натколенице | Spina illiaca anterior superior   |  |
| <b>Дорзална латерална група мишића</b>                |                 |  |   |  |
| M. biceps femoris                                     | n. ischiadicus  | Флексија и унутрашња ротација потколенице и екстензија натколенице                   | Tuber ischiadicum (caput longum) et labium laterale et mediale lineae asperae (caput breve) | Apex capitis fibulae                             |

Мишићи су најважнији потпорни елемент коленог зглоба. По просторној позицији су подељени на вентралну, дорзомедијалну и дорзолатералну групу мишића. Ради једноставнијег приказа они су, са подацима о инервацији, функцији, исходишту и месту припоја, представљени табеларно.

### 1.3.5. УКРШТЕНИ ЛИГАМЕНТИ КОЛЕНА (Ligamenta cruciata)

Укрштени лигаменти су централне везе коленог зглоба и позиционирани су интраартикуларно, али екстрасиноввијално. Чине их два међусобно укрштена лигамента који испуњавају интеркондиларну јаму натколоне кости. Заједно са осталим потпорним апаратом колена они имају функцију, и то најважнију, у стабилизацији коленог зглоба. Они спречавају неконтролисане покрете фемура преко платоа тибије и усмеравају, и одржавају, флексијско-ротационе покрете колена.

#### 1.3.5.а) Предњи укрштени лигамент

Предњи укрштени лигамент (Латински : Ligamentum cruciatum anterius; Енглески : anterior cruciate ligament - АЦЛ) је везан за задњи горњи део унутрашње структуре латералног кондила фемура и спушта се према напред и благо медијално до хватишта непосредно испред интеркондиларне еминенције тибије. Обмотан је синовијом, па на артроскопији изгледа као да пролази кроз синовију. АЦЛ се, дакле, налази интраартикуларно али екстрасиноввијално. Гледано функционално, чине га три снопа : 1) антеромедијални снопа, који исходи из феморалног кондила

постеросупериорно и припаја се на тибију антеромедијално, 2) интермедијални сноп који исходи из феморалног кондила између антеромедијалног и постеролатералног снопа и припаја се на тибију антеролатерално, 3) постеролатерални сноп који исходи из феморалног кондила антероинфериорно и припаја се на тибију постериорно. Антеромедијални сноп је најдужи а постеролатерални сноп је најкраћи и постављен готово вертикално. Снопови су међусобно преплетени и при различитим позицијама различито напети. Антеромедијални сноп је напет, пре свега, у фази флексије а постеролатерални у фази екстензије. Посматрајући у целини, АЦЛ је увек једнакомерно напета структура.

АЦЛ има изванредну стабилизацијску функцију у коленом зглобу јер спречава клизање (антериорну транслацију) тибије у односу на фемур и ограничава латералну ротацију тибије. Антеромедијални сноп даје, пре свега, антеролатералну ротацијску стабилност, постеролатерални сноп даје постеролатералну ротацијску стабилност. Осим тога АЦЛ спречава хиперекстензију, што је опет, већим делом, функција постеролатералног снопа.

АЦЛ је дуг око 31 mm а широк око 10 mm, заправо од 7 до 12 mm, у попречном дијаметру (39). Има кључну улогу у стабилизацији колена (40.41).

#### 1.3.5.б) Задњи укрштени лигамент

Задњи укрштени лигамент (Латински : *ligamentum cruciatum posterius*; Енглески : *posterior cruciate ligament* - ПЦЛ) је благо дебљи, за око 2 до 3 mm, и око два пута снажнији од АЦЛ. Он повезује постериорну интеркондиларну зону тибије са

медијалним кондилом фемура. Исходи из предњег унутрашњег дела медијалног кондила фемура и спушта се надоле, уназад и благо латерално, па се припаја иза интеркондиларне еминенције на платоу тибије. Он је као и АЦЛ интракапсуларни лигемент који лежи дубоко у зглобу колена. Такође је, као и АЦЛ, окружен синовијалном мембраном која овој аваскуларној вези омогућава прокрвљавање и инервацију. Дужина ПЦЛ је око 38 mm а ширина око 13 mm у средњем делу лигаментa(42).

Функција ПЦЛ је да стабилизује колени зглоб и спречава клизање, постериорну транслацију, тибије у односу на фемур и ограничава латералну ротацију тибије.

#### 1.3.5.в) Структура укрштених лигамената колена

Микроанатомски укрштене лигаменте колена чине мултипле фасцикуле чији је основни градивни материјал колаген. Колагена влакана су, унутар лигамената, усмерена тако да прате силе које делују на њих, а то су силе у правцу пружања мишићних влакана. Такав распоред основних градивних и потпорних структура које прате векторске правце силе која делује на њих срећемо и у коштаном и мишићном ткиву. Баш као и код коштаних гредица које се у зглобним коштаним структурама постављају у паралелне снопове по величини и снази, распоређене на примарне и секундарне, зависно од степена оптерећења, тако се и колагена влака, паралелно постављају у снопове различите дебљине и усмерености и подељена су у примарне, секундарне и терцијалне(43). То значи да осим уздужних паралелних снопова налазимо и косе и радијалне снопове у укрштеном лигаментима, што их значајно

разликује од осталих лигамената. Осим колагених влакана, која нису еластична, лигаменти садрже и мало еластичних влакана, која чине свега око 5% укупне суве масе ткива. Мали број ћелија, које се налазе у лигаментима, је карактеристика фиброцита и оне су издужене и густо стиснуте између колагених влакана. Највећи проценат у структури лигамената заузима вода, око 60-70%.

#### 1.3.5.г) Васкуларизација и инервација укрштених лигамената

Васкуларизација укрштених лигамената се врши преко средње артерије колена, која исходи из поплитеалне артерије а у колено улази кроз зид задње зглобне капсуле у подручју интеркондиларне јаме. Након гранања у интеркондиларној јами, средња артерија колена, даје бројне огранке за васкуларизацију укрштених лигамената и менискуса. Исхрана предњег укрштеног лигамента се делом обавља и преко синовијалне течности.

Венска дренажа се врши преко венских судова који су постављени уздужно, дуж лигамената, и даље преко синовијалних вена задње капсуле зглоба, а делом и преко масног јастучета испод АЦЛ.

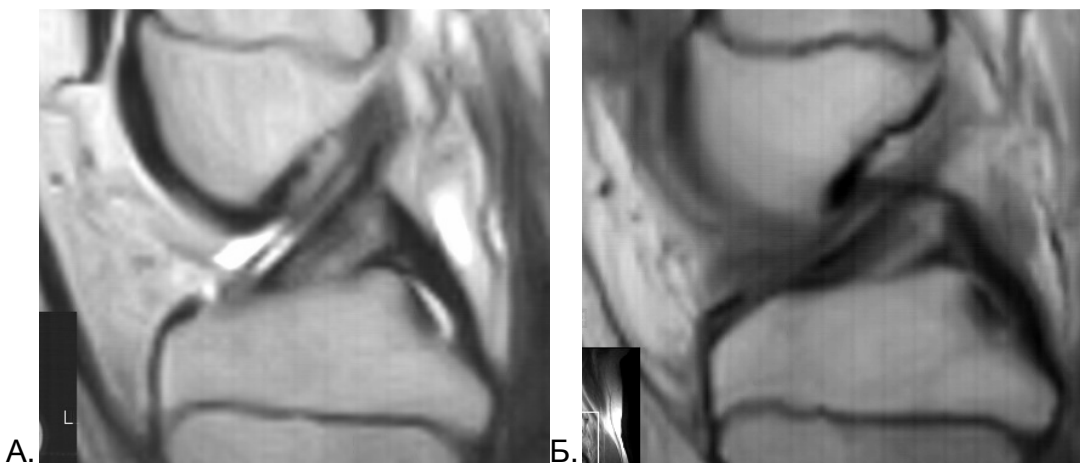
Инервација укрштених лигамената се, највећим делом, обавља преко медијалног и латералног поплитеалног нерва, а који су гране исхијадичног нерва. Они у поплитеалној јами пробијају задњу капсулу коленог зглоба и дуж синовијалне мембаране долазе до укрштених лигамената. У инервацији укрштених лигамената учествује и феморални нерв, који инервише предњи део колена и мањи део предњег укрштеног лигамента.

#### 1.3.5.д) Укрштени лигаменти на МР снимцима

АЦЛ на МР снимцима нема типичну хипоинтензну слику какву имају остали лигаменти. Разлог за то је преплетеност снопова који чине АЦЛ а између којих се може наћи масног ткива и синовије, а некада и мало течности. То објашњава зашто се АЦЛ на МР снимцима не диференцира као јасно хипоинтензна, тамна, структура у ПД и Т1 снимцима. Због тог нејасног сигнала унутар танке АЦЛ у ПД и Т1 снимцима, често се може стећи погрешан утисак да постоји патолошки налаз на АЦЛ. Због тога се о патолошком налазу на АЦЛ треба изјашњавати само на основу налаза у Т2 снимцима, а чак и на њима АЦЛ није потпуно хипоинтензан. Наравно код сумње на лезију АЦЛ-а је непоходно ту сумњу потврдити на снимцима у све три равни снимања.

ПЦЛ се на МР снимцима јасније уочава као хипоинтензна структура од АЦЛ. То делом зато што је дебљи а делом и због разике у преплетености унутрашњих снопова. Заправо код ПЦЛ нема преплетености лигаментарних нити, нити снопова око своје осе, као што је то случај код АЦЛ.

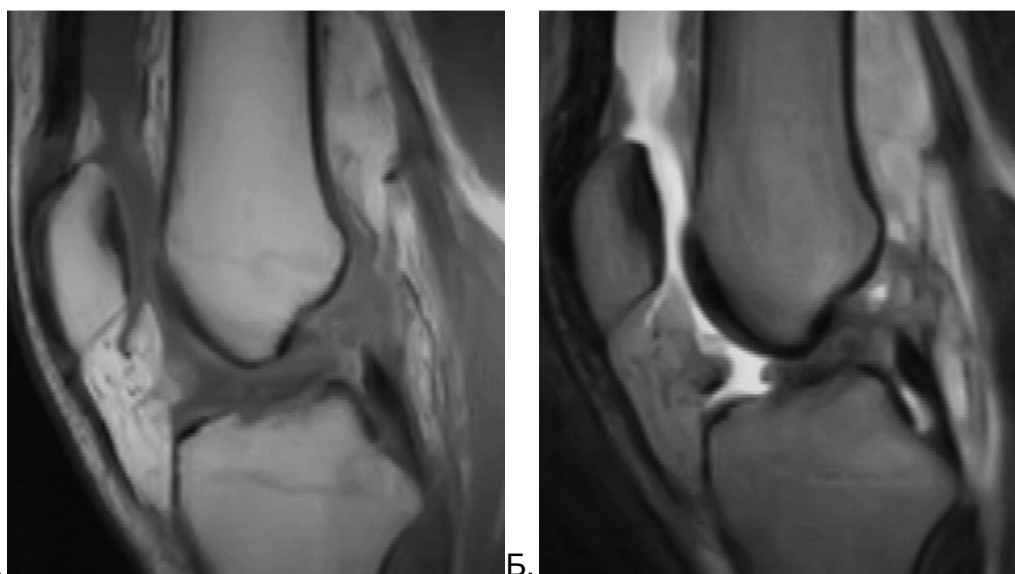
Слика бр. 1. : Нормалан налаз АЦЛ на МР прегледу.



А. T2 секвенца сагитално.

Б. T1 секвенца сагитално. На оба снимка се уочава мултифасцикуларна структура правилно постављеног и нормалног АЦЛ. Уочава се и разлика у дебљини АЦЛ и делимично приказаног ПЦЛ.

Слика бр. 2. : Акутна руптура АЦЛ на МР прегледу.

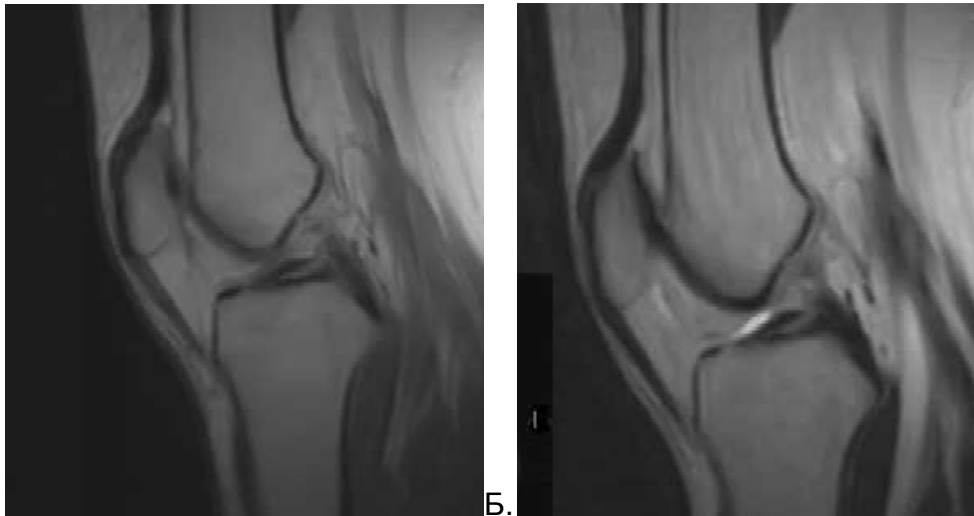


А. T1 оптерећена секвенца у сагиталној равни

Б. T2 оптерећена секвенца у сагиталној равни



Слика бр. 3. : Стара руптура АЦЛ на МР прегледу.



А. T1 оптерећена секвенца у сагиталној равни

Б. T2 оптерећена секвенца у сагиталној равни

### 1.3.6. ТРАНСВЕРЗАЛНИ ЛИГАМЕНТ

Трансверзални лигамент колена (*ligamentum transversum genus*) или антериорни (менискоменискални) лигамент спаја предње рогове оба менисуса, омогућавајући да менискуси не губе пропорцијални однос при покретима коленог зглоба, стабилизујући медијални менискус.

### 1.3.7. МЕНИСКУСИ

#### 1.3.7.а) Структура, анатомија и функција менискуса

Менискуси колена су фиброкартилагинозне структуре унутар којих су интегрисане ћелијске компоненте и екстрацелуларни матрикс. Ћелијска компонента представља мањи део целине и грађена је од фиброхондроцита који представљају јединствену структурну комбинацију фибробласта и хондроцита. Они су одговорни за формирање и одржавање екстрацелуларног матрикса. Екстрацелуларни матрикс је, већином, грађен од колагених влакана. Специфична оријентација ових влакана обезбеђује чврстину менискуса. Већина ових влакана је усмерена кружно а део влакана и радијално. Ова, радијално усмерена, влакана су у контакту и са кости али и са кружно оријентисаним колагеним влакнима. Овакава оријентација влакана омогућава и чврстину али и отпорност на компресивне и ротационе стресне силе. Већи део функционалног дела менискуса је колаген типа 1 а присутни су и колаген типови 2 и 3. Менискуси су васкуларизовани преко геникулатног система. Антериорна порција и периферна капсула се исхрањују преко медијалних и латералних грана инфериорне и супериорне геникулате. Постериорна порција се исхрањује преко средње геникулате. Крвни судови формирају перименикусни капиларни комплекс који исхрањује периферни аспект менискуса. Код деце је више од 50% периферног дела менискуса васкуларизовано па то на МР прегледу може дати лажну слику повреде менискуса. Код старијих је проценат васкуларизације мањи и износи од 10% до 30%.

Менискуси су конвексних, задебљалих, спољних рубова а конкавних и танких унутрашњих рубова. Спољни рубови менискуса су везани за унутрашњу површину фиброзне зглобне овојнице, а за латерални менискус се припаја и поплитеални мишић. Унутрашњи рубови немају припоје везане за околне структуре. Површине менискуса су прилагођене њиховој функцији прилагођавања зглобних површина тибије и епикондила фемура. Због тога је доња површина, која налаже на тибију, равна а горња површина, у коју се уклапају епикондили фемура, је конкавна. На тај начин они обезбеђују правилну расподелу преноса оптерећења у зглобу и омогућавају покретљивост зглоба. Менискуси су од огромног значаја за стабилизацију коленог зглоба и за његове покрете, а отвореност медијалног менискуса омогућава и ротаторне покрете колена.

#### 1.3.7.б) Медијални менискус

Медијални менискус лежи на медијалном тибијалном платоу и обликом подсећа на слово „С“. Предњи рог медијалног менискуса је, кореном менискуса, чврсто везан за тибију уз предњи укрштени лигамент. Задњи рог медијалног менискуса је шири од предњег и везује се испред припоја задњег укрштеног лигамента.

#### 1.3.7.в) Латерални менискус

Латерални менискус је „затворенијег“, више округлог, облика од медијалног и више подсећа на слово „О“. Шири је од медијалног, нарочито у средњем делу, и покрива око

две трећине латералног тибјалног платоа. Предњи рог латералног менискуса је везан за тибју испред медијалне интеркондиларне еминенције, а задњи рог се припаја за интеркондиларну еминенцију испред припоја задњег рога медијалног менискуса (44).

#### 1.3.7.г) Менискуси на МР снимцима

Нормални менискуси су на МР прегледу троугластог облика, црни, хипоинтензни, врло јасне структуре. Код медијалног менискуса, на сагиталним пресецима, је постериорни рог већи од антериорног рога. Код латералног менискуса су оба рога приближно исте величине, с тим да је постериорни рог виши од антериорног. Виша позиција постериорног рога, код латералног менискуса, је убедљива на короналним пресецима, где се он завршава изнад тибјалне спине и припаја се непосредно уз задњи укрштени лигамент.

Нормалан менискус је униформног сигнала на МР снимцима. Ако је сигнал унутар структуре нејасан ни тада се не мора радити о патолошком налазу, поготово не о расцепу. Сигнал унутар структуре менискуса може представљати нормалан налаз у складу са старењем : дегенеративна промена менискуса; а може бити и последица појачане васкуларизације менискуса, која се обично виђа код деце и младих. Два основна критеријума за налаз расцепа менискуса су промењен облик менискуса и хиперинтензна промена у ПД или Т1 секвенци, која је недвосмислено у контакту са површином менискуса. Ако је менискус расцепљен онда се уочава прекид у нормалном троугластом изгледу менискуса. Ако је промена унутар нормалног сигнала

менискуса у контакту са контуром менискуса, онда је то дефинитивно налаз расцепа.

Сензитивност МР прегледа за лезије менискуса је до 95%(45).

Слика бр. 4: Менискуси на МР прегледу.



А.



Б.

А. Т1 секвенца, сагитално : Нормалан латерални менискус, оба рога.

Б. Т1 секвенца, сагитално : Расцеп постериорног рога медијалног менискуса.

## **1.4. СТРУКТУРА И КАРАКТЕРИСТИКЕ НОРМАЛНЕ КОСТИ**

### 1.4.1. Увод

### 1.4.2. Коштани ћелије

### 1.4.3. Међућелијска супстанца кости

### 1.4.4. Грађа кости

### 1.4.5. Кости на МР прегледу

### 1.4.1. Увод

Кости представљају најчвршћи потпорни механизам људског тела. Коштано ткиво је, као и сва потпорна везивна ткива, мезенхималног порекла. Такође је, као и остала везивна ткива, двокомпонентно, грађено од ћелија и међућелијске супстанце.

Ћелијска компонента је та која је задужена за динамичке процесе у кости; раст и ремоделирање, а међућелијска компонента јој даје основну карактеристику – чврстину.

### 1.4.2. Коштани ћелије (остеоцити)

Кост садржи два основна типа ћелија.

- остеобласте, који су задужени за процес изградње кости.

- остеокласте, који врше ресорпцију кости.

Остеоцити су од виталног значаја за коштани интегритет и метаболички су веома активни.

Остеобласти су ћелије чији се облик и величина мењају зависно од њене функционалне активности. Мононуклеарне су, а садрже велику количину ендоплазматског ретикулума који је одговоран за стварање и секрецију органског матрикса. Такође садрже бројне митохондрије и наглашен Голџијев апарат. У цитоплазми се још налазе и бројне везикуле које садрже калцијум и алкалну фосфатазу. Концентрација калцијума и алкалне фосфатазе у серуму одражава степен коштаног формирања и користи се као маркер остеобластне активности. На површини остеобласта се налазе рецептори за паратиреоидни хормон (ПТХ) а у једру рецептори за естрогене. Не поседују рецепторе за калцитонин. Остеобласти поседују цитоплазматичне продужетке којима су међусобно у контакту и на тај начин формирају једнослојне групе од по 100 до 400 ћелија дуж коштаних гредица. Таква повезаност им омогућава жив метаболизам који резултира стварањем некалцификованог коштаног матрикса, остеоида.

Материје које лаче остеобласти, а које су основа органског матрикса коштаног ткива су : - протеинске молекуле од којих се стварају колагене фибриле,- мукополисахариди,- алкална фосфатаза,- остеокалцин, који је специфични остеобластни маркер и- остеонектин, који везује хидроксиапатит за колаген и друге протеине. Приликом минерализације остеоида поједини остеобласти остају заробљени унутар коштаног матрикса, трансформишући се у остеоците. Остеоцити су, дакле, мале округле ћелије са много мањом протеосинтетском и секреторном активношћу од остеобласта. Међусобно су повезани цитоплазматским продужецима а виталност одржавају путем крвног дотока из бројних каналикула. Остеоцити одржавају хомеостатичну регулацију минерала, пре свега калцијума и фосфора (46. 47).

Остеокласти су џиновске мултинуклеарне ћелије. У ацидофилној цитоплазми се налази 5 до 20 или више једара. Садрже и велики број митохондрија, добро развијен Голџијев апарат и умерени зрнаст ендоплазматски ретикулум, као и бројне слободне рибозоме и лизозоме. Остеокласти су порекла од хематопоеетске ћелијске лозе, моноцита, што им даје својство макрофага.

Основна функција остеокласта је активна коштана ресорпција. Они су разруђено груписани дуж спољње површине коштаних гредица чије старе слојеве уклањају и, истовремено, формирају сржне просторе. Дефекти које они формирају на гредицама у виду полукружног удубљења, у склопу нормалне коштане разградње, су Хаушипове ове лакуне. Механизам коштане ресорпције започиње дигестијом веза кристала хидроксиапатита са колагеном. Након тога се колагена влакана лизирају колагеназама или активирањем катепсина у средини са ниским рН. Као резултат разградње колагена типа I настаје хидроксипролин. Ниво хидроксипролина у урину се користи као маркер остеокластне активности или степена коштане ресорпције (46.48.49). Остеокласти поседују рецепторе за калцитонин, али не и за ПТХ.

#### 1.4.3. Међућелијска супстанца кости

Међућелијска супстанца кости се састоји из органских и неорганских материја.

Органски састав (матрикс) кости чине колагена влакна и интерфибриларна основна супстанца.

Колагена влакна чине 90% органског матрикса. Колаген је у костима у облику фибрила и спада у групу колагена типа I. Основну структуру колагена, макромолекуле



аминокиселина, стварају остеобласти и секретују у екстрацелуларни простор. Ту се под утицајем ензима ствара проколаген. Тип I проколлагена садржи два идентична проалфа 1 ланца синтетисана из једног гена и дискретно различит проалфа 2 ланца синтетисан другим геном. Колаген, дакле, има специфичну троструку конформацију. Полимеризацијом проколлагена настају колагене фибриле које граде уплетене ланце. Анаболичка активност остеобласта је под утицајем, пре свега, хормона, витамина Ц и физичког стреса али и великог броја, чак и хиљада, протеина и великог броја гена. Интерфибриларна основна супстанца је, такође, продукт остеобластне активности, а чине је мукополисахариди и мала количина интерцелуларне течности. Мукополисахариди чине свега 1–2% органске компоненте кости. Осим мукополисахарида у гроунд супстанци се налазе и протеини остеокалцин и остеонектин.

Неоргански састав међућелијске супстанце кости чине, углавном, минералне соли - калцијум, фосфати и карбонат у односу 10:6:1, структурирани у форми кристала, доминантно, хидроксиапатита.

Минерализација започиње таложењем аморфних калцијума и фосфора и у време минералне фазе започиње кристализација. Кристали хидроксиапатита су уплетени у лонгитудиналном правцу сплета колагених фибрила. Око 80% минерала кости је депоновано на тај начин унутар колагених влакана а око 20% их се налази у околној, гроунд, супстанци. Јони који су исталожени на површини влакана и они у гроунд супстанци слободно се крећу. Такође постоје и други јони као што су хлор, магнезијум, флор, али у знатно мањој концентрацији (46).

Формирано коштано ткиво је састављено од 33% органског дела и 67% неорганског дела који је састављен од разних минералних соли.

#### 1.4.4. Грађа кости

Коштано ткиво се, код одраслих, састоји од два типа ткива :

- кортикалне или компактне кости и
- спонгиозне или трабекуларне кости.

Ова два типа ткива су различито распоређена и у различитој размери у појединим костима, које су при томе и различитог облика, па су подељене на:

1. цевасте или тубуларне кости,
2. кратке кости,
3. пљоснате кости и
4. друге кости.

Цевасте кости су дуге кости екстремитета и кратке кости шаке и стопала. Оне имају три дела: дијафизу, метафизу и епифизу. У делу дијафизе доминира компактна кост која чини кортеркс а у пределу епифиза доминира спонгиозна кост.

Кратке кости су кости корена шаке и стопала и саграђене су од спонгиозне кости окружене танким рубом кортикалне кости.

Пљоснате кости су ребра, стернум, скапула и већина костију лобање. Садрже релативно мало спонгиозе у којој је црвена костна срж и која је окружена кортикалном кости.

Друге кости су безимене кости, неке кости лобање и кичменог стуба. Вертебрална тела одговарају цевастим костима али вертебрални лукови имају грађу пљоснатих костију.

Код здраве одрасле особе кортикални део кости чини 80% скелетне масе. Његова основна функција је одржавање механичког интегритета кости. Основна функционална јединица кортикалне кости је Хаверзов систем или остеон. Он представља цилиндар од 5 до 20 концентрично, спирално поређаних коштаних ламела са централно постављеним васкуларним каналом, Хаверзовим каналом. Унутар ламела се налазе остеоцити. Од периоста до Хаверзовог канала су трансверзално положени Волкманови канали, који су шири, и којима пролазе крвни судови. Испод периоста, уз саму кост налази се слој ћелија остеогеног потенцијала које се могу трансформисати у остеобласте. Спонгиозна кост чини 20% скелета одрасле особе. Спонгиозна кост је грађена од трабекула, састављених од низа танких међусобно спојених плочица, усмерених у правцу деловања највеће механичке силе. Њихова величина, број и усмереност се мењају у систему одговора на механички стрес. Трабекуле су укрштене под разним, неправилним угловима, и на тај начин формирају простор у коме се налази коштана срж. Уз површину трабекула налазе се низови остеобласта што омогућава изузетну метаболичку активност која је 3 до 5 пута већа него у кортикалној кости. Такође је доказано да се трабекуларна и кортикална кост разликују и у сензитивности на различите хормонске стимулусе, као што су ниво ПТХ и полних хормона. На пример, кичмени стуб, чији пршљенови су углавном трабекуларне структуре, боље реагује на супституциону терапију полним хормонима

од апендикуларног, више кортикалног, скелета. Трабекуле или коштане гредице су основ микроархитектуре кости. Оне се усмерене у правилним сноповима који су условљени силама на које кост мора да одговори. Тако су у проксималном фемуру детектовани снопови трабекула подељени у лонгитудиналне и трансверзалне, на компресивну и тензиону групу, а потом и у подгрупе према приоритету на основне и помоћне(50). У дијафизи фемура су трабекуле усмерене паралелно са аксијалним вектором силе коју фемур преноси према коелну. У дисталном фемуру, у кондилима фемура, се трабекуле из аксијалног правца пружања, дуж дијафизе, усмеравају на окомити смер према зглобним површинама цилиндричних кондила, доминантно у сагиталној равни. Овакав распоред трабекула је условљен функциом која је, пре свега, компресивни пренос силе са фемура на тибјалне платоа а тензионе групе се готово и не детектују(51).

Коштана срж је компонента кости која је смештена у цевастим просторима дугих костију и у шупљинама сунђерастог коштаног ткива. Црвена или ћелијска коштана срж је хематопоеетски активна и производи црвена крвна зрнца и бела крвна зрнца и крвне плочице. Жута коштана срж је хематопоеетски неактивна и састављена је од ћелија масти. Ова два типа коштане сржи су различита по свом хемијском саставу а познавање ових разлика је значајно за разумевање МР карактеристика коштане сржи. Код деце црвена коштана срж садржи око 40% воде, 40% масти и 20% протеина. Коштана срж је динамичан орган који мења композицију током живота. Временом проценат масти у хематопоеетској коштаном сржи расте па у старости садржи око 60% масти, 30% воде и 10% протеина. Жута коштана срж садржи око 80% масти, 15% воде и 5% протеина.

#### 1.4.5. Кости на МР прегледу

Квалитет резолуције МР снимка се, између осталог, мери квалитетом и оштрином приказа кортикалне структуре кости која је хипоинтензна и у Т1 и Т2 снимцима. МР је веома значајна техника неинванзивне анализе коштане сржи. Нормална коштана срж се састоји из три основне компоненте : коштаног матрикса, црвене сржи и жуте сржи. Коштана компонента је трабекуларне структуре а у шупљинама кости су смештене компоненте црвене и жуте коштане сржи. С' обзиром на различите односе компоненти које у различитом животном добу чине коштану срж МР снимци ће зависити и од пулсне секвенце којом ћемо је приказати. Обично се користе спин-ехо (spine-echo) и фет-супресед (fat-suppressed секвенце). На снимцима СЕ Т1 оптерећеном секвенцом ће се диференцирати жута од црвене коштане сржи.

Црвена коштана срж на Т1 има интензитет сигнала који је исти или сличан сигналу мишића на обе, Т1 и Т2, секвенце.

Жута коштана срж је изоинтензна са субкутаном масним ткивом у Т1 оптерећеној спин-ехо секвенци. У Т2 оптерећеној спин-ехо секвенци је интензитет сигнала жуте сржи обично виши него код мишића а исти је, или благо нижи, од сигнала субкутане масти.

МР анализа коштане сржи је веома сензитивна техника прегледа. Током скелетног развоја се хематопоеична срж мења у масну коштану срж, што је важно знати да би се избегли лажно позитивни налази. Промене сигнала унутар коштане сржи могу бити знак многих обољења као што су коштана хиперплазија, туморска инфилтрација, губитак мијелоида, мијелофиброза, едем и исхемија.

Едем коштане сржи на МР прегледу се дефинише као зона ниског сигнала у Т1 снимцима а средњег или високог интензитета сигнала у Т2 снимцима. Едем коштане сржи се уочава као основни МР показатељ коштане модрице али је неспецифичан знак који може указивати на ентитете бројних етиологија као што су пролиферација црвене коштане сржи, стрес, остеохондралне лезије, остеонекроза, синдром едема коштане сржи, артропатија, Пеџетова болест и поремећаји замене коштане сржи (52).

Табела бр. 4. : Диференцијална дијагноза лезија коштане сржи (53).

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Трауматска                      | Контузије<br>(субхондрална импакција)  |
|                                 | Фрактуре<br>(хондрална,<br>субхондрална,<br>остеохондрална,<br>стрес фрактура.)                            |
|                                 | Спонтана остеонекроза колена   |
|                                 | Преоптерећење<br>(репетитивна микротраума)   |
| Нетрауматска                    | Васкуларна(периартикуларна<br>инфаркција кости)  |
|                                 | Удружена са остеоартритисом  |
|                                 | Пролазни синдром едема<br>коштане сржи   |
|                                 | Дисекантни остеохондритис  |
|                                 | Реактивна инфламација<br>(полиартритис,<br>реактивни артритис,<br>бактеријски артритис,<br>остеомијелитис) |
| Тумор/малигна инфилтрација сржи | Лимфоми,<br>мултипли мијелом и друго   |
| Остало                          | Постоперативно,<br>субхондрална циста,<br>црвена коштане срж   |

Познавање нормалних варијанти дистрибуције коштане сржи, нарочито у односу деца и одрасли, је важно да не би дошло до лажно позитивне интерпретације налаза(54). Разлика контраста између нормалног и патолошког налаза коштане сржи и између црвене и жуте сржи се у T2 повећава ако користимо секвенце супресије масти, а још више ако користимо секвенце са техником сатурације масти, СТИР. Коштана модрица је у СТИР секвенци, услед едема коштане сржи, наглашено хиперинтензна у односу на, гушењем сигнала масти, изразито хипоинтензну кост.

Посебну област код снимања костију магнетном резонанцом представља високорезолутивно снимање трабекуларне структуре костију. Ова метода снимања је развијена са развојем магнетних резонанци јаког магнетног поља и већином се користи у научне и експерименталне сврхе. Један од техничких предуслова за оваква снимања, осим јачине магнетног поља која је од 1,5Т па навише, је и развој посебних завојница као и градијентних завојница унутар МР апарата. У савременим студијским лабораторијама за изучавање микроархитектуре трабекуларне кости користе се, углавном, МР апарати јачине 7Т (55.56.57). Оваква снимања се користе у смислу евалуације коштане густине и микрархитектонске структуре трабекуларне кости. Високорезолутивни МР снимци костију су показали врло добру корелацију са морфометријским анализама трабекуларне кости, посебно код дијагностике остеопорозе али се у новије време усмерава пажња и на трабекуларну микроархитектуту код спортиста(58). Дубинска анализа трабекуларне кости и њене микроархитектуре и биомеханике, коришћењем МР, је врло скупо, али у будућности могуће поље за рану дијагностику остеопорозе. Такође је уочена могућност разликовања остеопоротске и неостепоротске фрактуре анализом густине и дебљине

трабекула, као и распореда трабекуларне структуре кости. Ова карактеристика високорезолутивног снимања би се могла користити у процени интензитета микрофрактурних промена у коштаног модрици, као и у процени репарационих процеса у КМ (59). У будућим анализама би било интересантно анализирати значај налаза микрофрактура коштаног гредица код налаза КМ на увећање коштаног канала у латералном кондилу фемура. Овакве методе снимања се називају још и микро МР снимања јер користе просторну резолуцију од 1  $\mu\text{m}$  до 10  $\mu\text{m}$ .

Слика бр. 5. : Коштана модрица латералног кондила фемура удружена са руптуром проксималне трећине АЦЛ.

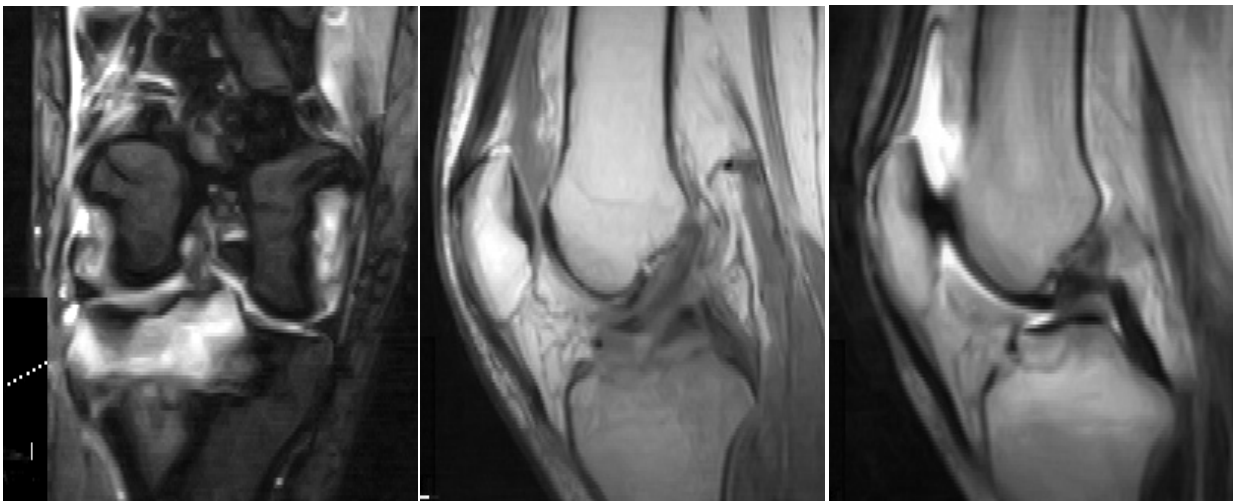




А. СТИР секвенца коронално: КМ, изразито хиперинтензни сигнал, у латералном кондилу фемура. Б. Т1 секвенца сагитално : КМ, умерено хипоинтензан сигнал, у латералном кондилу фемура. В. СТИР коронално: мања КМ на медијалном тибјалном платоу постериорно и знак празног интеркондиларног гребена ( empty notch) на месту проксималног припоја АЦЛ. Г. Т1 сагитално: руптура АЦЛ и проксималној трећини са потпуном дисрупцијом влакана и са косо положеним остатком АЦЛ, положеним на ПЦЛ.

Осим за анализу посттрауматског едема, МР је супериорна метода и за приказивање окултних фрактура колена(60).

Слика бр. 6. : Авулзиона фрактура тубероситаса тибје испод припоја АЦЛ



А. СТИР коронално: Велика КМ латералног тибјалног платоа а доминантно медијално, инфраспинозно, уз налаз КМ на оба кондила фемура. Тортуозан АЦЛ без прекида континуитета. Б. Т1 сагитално : Уредан правац пружања АЦЛ са авулзионим фрагментом тубероситаса тибје испод дисталног припоја АЦЛ који је одигнут од тибјалног платоа. В. Т2 сагитално: Фрагментирани тибјални плато са делинеираним интеркондиларним процесусом. ПЦЛ уредне морфологије.

## 2.ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ СТУДИЈЕ

А) Главни циљ рада је да евалуира степен удружености коштане модрице са посттрауматским повредама предње укрштене везе и менискуса. Таксативно су циљеви истраживања :

1. Утврдити разлику у дијагностичкој моћи СТИР и Т1 секвенце за дијагностиковање коштане модрице код пацијената са акутном трумом колена.
2. Утврдити учесталост појаве коштане модрице на МР код пацијената са акутном траумом колена.
3. Утврдити учесталост локализације коштаних модрица на медијалним или латералним феморалним кондилима и тибидјалним платоима.
4. Утврдити учесталост налаза лезија предње укрштене везе код пацијената са налазом коштане модрице и код пацијената без налаза коштане модрице.
5. Утврдити учесталост налаза лезија менискуса код пацијената са налазом коштане модрице и без налаза коштане модрице.
6. Пацијенте поделити у подгрупе, према врсти спорта при акутној трауми колена, и утврдити учесталост налаза коштаних модрица, лезија предње укрштене везе и менискуса по подгупама.

Б) Хипотезе истраживања:

1. Магнетном резонанцом акутно трауматизованог колена ћемо употребом СТИР секвенце наћи сигнификантно више коштаних модрица него у Т1 секвенци.
2. Магнетном резонанцом акутно трауматизованог колена, уз употребу СТИР секвенце, наћи ћемо сигнификантно више повреда предње укрштене везе и менискуса код пацијената са налазом коштане модрице него код пацијената без налаза коштане модрице.
3. Анализом дистрибуције коштаних модрица наћи ћемо сигнификантно више коштаних модрица латералних коштаних структура него медијалних коштаних структура.

### 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

#### 3.1. Технички параметри радиолошке методологије анализе прегледа колена

У студији је анализирано 100 МР прегледа колена код акутних спортских повреда, у периоду до месец дана од настанка повреде. Прегледи су урађени на апарату за магнетну резонанцу Хитачи МРП7000, отвореног типа, снаге магнетног поља 0,3 Тесла. Коришћен је стандардизовани протокол са СЕ Т1 оптерећеном секвенцом, ФС Т2 оптерећеном секвенцом и СТИР секвенцом.

На МР прегледу је, пре свега, анализиран налаз коштане модрице, која је представљена абнормалним сигналом коштане сржи кондила фемура и тибијалних платоа, а много ређе и пателе. Она се диференцира као зона субкортикално смањеног интензитета сигнала у Т1 и појачаног интензитета сигнала у Т2 секвенци. У СТИР секвенци је интензитет сигнала КМ готово бљештеће хиперинтензан због супримације интензитета сигнала масти и појачања интензитета сигнала воде, која се налази у структури едема посттрауматски настале микротрабекуларне фрактуре – коштане модрице.

Остали, најзначајнији параметри анализе МР прегледа посттрауматског колена су предња укрштена веза и менискуси.

Повреда предње укрштене везе се дијагностикује када у структури АЦЛ имамо средњи интензитет сигнала у Т1 и појачан интензитет сигнала у Т2. Комплетна руптура се дијагностикује када уочимо недостатак нормалних влакана, у све три равни, дуж уобичајеног правца пружања лигамента. Парцијална руптура се дијагностикује када се

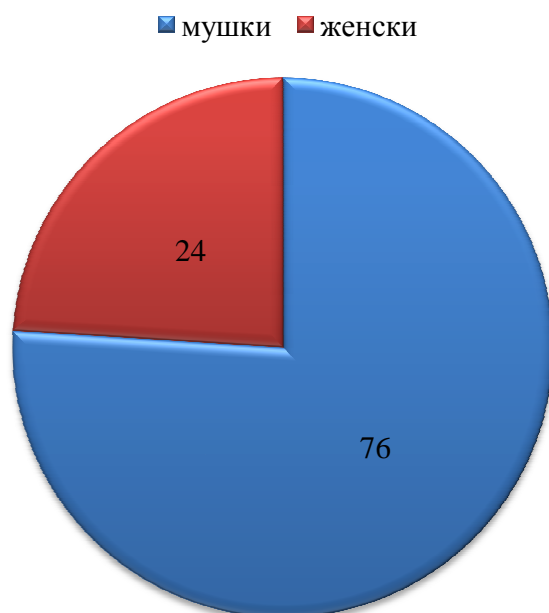
уочи патолошки интензитет сигнала у структури лигамета али се и поред тога уочавају очувана нека од влакана лигамента у очекиваном правцу пружања АЦЛ.

Повреда менискуса се дијагностикује као линеаран или ирегуларан, обично звездаст, хиперинтензни сигнал који се уочава у Т1 секвенци. Ако је таква промена у структури менискуса у контакту са рубном структуром онда је то, уобичајено, налаз расцепа менискуса, а ако је промена само у централном делу, без ширења, обично конусна, и без контакта са рубним структурама, онда је у питању миксоидна или дегенеративна промена. Код млађих пацијената је могуће и нутриционе артерије, које се код њих добро уочавају на МР прегледу, погрешно протумачити као расцеп менискуса.

### 3.2. СТРУКТУРА УЗОРКА

Прегледано је 76 мушкараца и 24 жене. Старосна доб пацијената је била од 12 до 46 година, а просечна старосна доб је била 25 година. Од укупног броја пацијената, 55% их је било млађих од 25 година, а 77% млађих од 30 година.

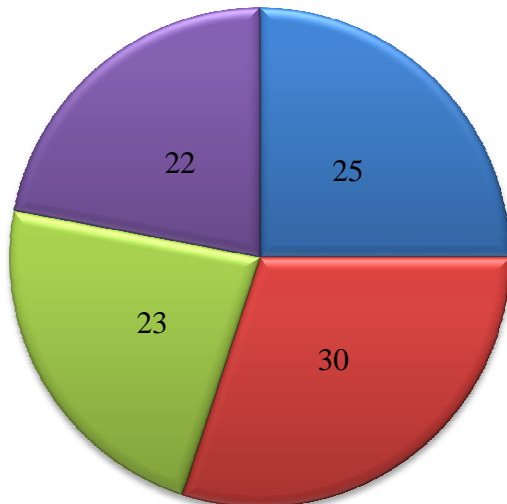
Графикон бр. 2. : Структура узорка према полу.



На основу претходног графикана може се уочити да 76% узорка чине испитаници мушког а 24% узорка су испитаници женског пола.

Графикон бр. 3. : Структура узорка према годинама старости.

■ до 18 година                      ■ од 19 до 24 године  
■ од 25 до 30 година            ■ преко 31 годину

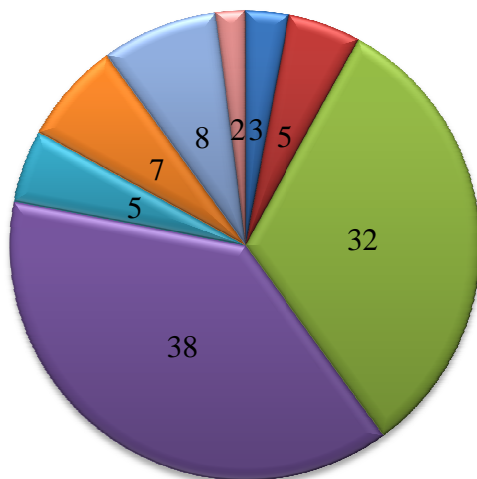


Што се тиче структуре узорка према годинама, скоро да је уједначен број испитаника у свим категоријама. У категорији „до 18 година“ је 25% испитаника, нешто више је испитаника у категорији „од 19 до 24 године“. Број испитаника до 30 и преко 30 година старости је уједначен и износи 23%, односно 22%.

Анализирали смо и структуру узорка према спорту којим су се испитаници бавили приликом повређивања.

Графикон бр. 4. : Структура узорка према врсти спорта.

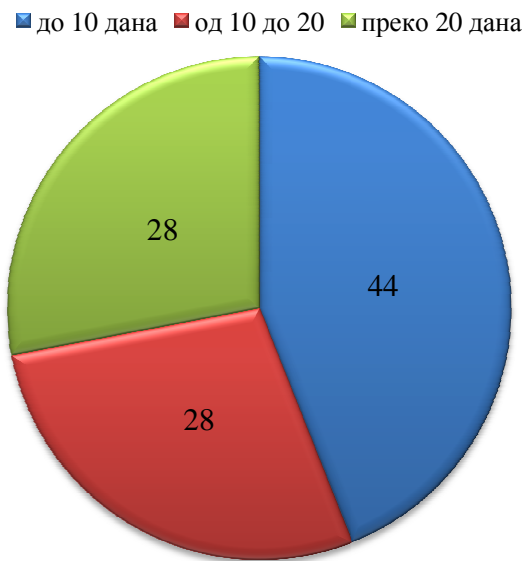
■ атлетика                      ■ борилачки спорт            ■ фудбал  
■ кошарка                      ■ одбојка                      ■ рукомет  
■ скијање                      ■ тенис



У овој анализи је уочено да су најзаступљенији испитаници који се баве кошарком (38%) и фудбалом (32%). Затим следе испитаници који се баве скијањем (8%), рукометом (7%), одбојком и борилачким спортовима (5%), атлетиком (3%) и тенисом (2%).

Анализирали смо и време јављања на МР преглед као број дана од настанка трауме.

Графикон бр. 5. : Структура узорка према времену МР прегледа у односу на време повреде



На основу броја дана од настанка трауме до МР прегледа, испитаници су сврстани у три групе. Најзаступљенији су они који су прегледани у првих десет дана након трауме (44%), а једнак је број испитаника (28%) који су прегледани у периоду од 10 до 20 дана након трауме и оних који су прегледани 20 дана након трауме.

При прегледу повређеног колена магнетном резонанцом смо анализирали и остале параметре као што су :

1. Коштана модрица (КМ), њено присуство, локализација, величина и видљивост у Т1 и СТИР секвенци,
2. Ефузија,
3. Предња укрштена веза : нормалан налаз, парцијална руптура и руптура,
4. Задња укрштена веза : нормалан налаз, парцијална руптура и руптура,
5. Медијални менискус : нормалан налаз и лезија,
6. Латерални менискус : нормалан налаз и лезија,
7. Медијални колатерални лигамент : нормалан налаз и лезија,

8. Латерални колатерални лигамент : нормалан налаз и лезија,
9. Тетива квадрицепса : нормалан налаз и лезија,
10. Тетива пателе : нормалан налаз и лезија
11. Постеролатерални угао колена : нормалан налаз и лезија.

### 3.3. СТАТИСТИЧА МЕТОДОЛОГИЈА

За обраду података је коришћен програм SPSS for Windows 17 који ради под Microsoft Windows окружењем. Резултати анализа су приказани нумерички, табеларно и графички. Што се тиче плана статистичке обраде прво је, у смислу описивања, сажимања и валидације добијених података рађена квантитативна анализа дескриптивном статистиком. Она се назива и униваријантном статистиком и на основу ње закључујемо да ли су подаци погодни за примену неке статистичке методе. У њу спадају мере централне тенденције и мере варијабилности.

Потом су коришћени Вилкоксон тест (Wilcoxon test), Спирманов коефицијент корелације и Хи квадрат тест.

Вилкоксон тест је непараметријски тест који је коришћен и представља еквивалент упареном Т тесту. Користи се када варијабле по којима желимо да вршимо поређење нису независне, као и код поновљених мерења на истим, сродним, односно, упареним, испитаницима. Овај тест одговара на једно од најчешћих питања у статистици а то је : „да ли постоје статистички значајне разлике између вредности на два варијаблама?“ Он се користи када подаци нису нормално дистрибуирани или се не могу трансформисати у нормалну дистрибуцију.

Корелација између две варијабле је још значајнији параметар који нам указује на могућу повезаност између њих. Најчешће се користи Пирсонов коефицијент корелације али смо у овом раду, с обзиром да подаци на једној варијабли нису нормално дистрибуирани, користили Спирманов коефицијент корелације. Корелација између две варијабле показује колико је информација о једној варијабли истовремено

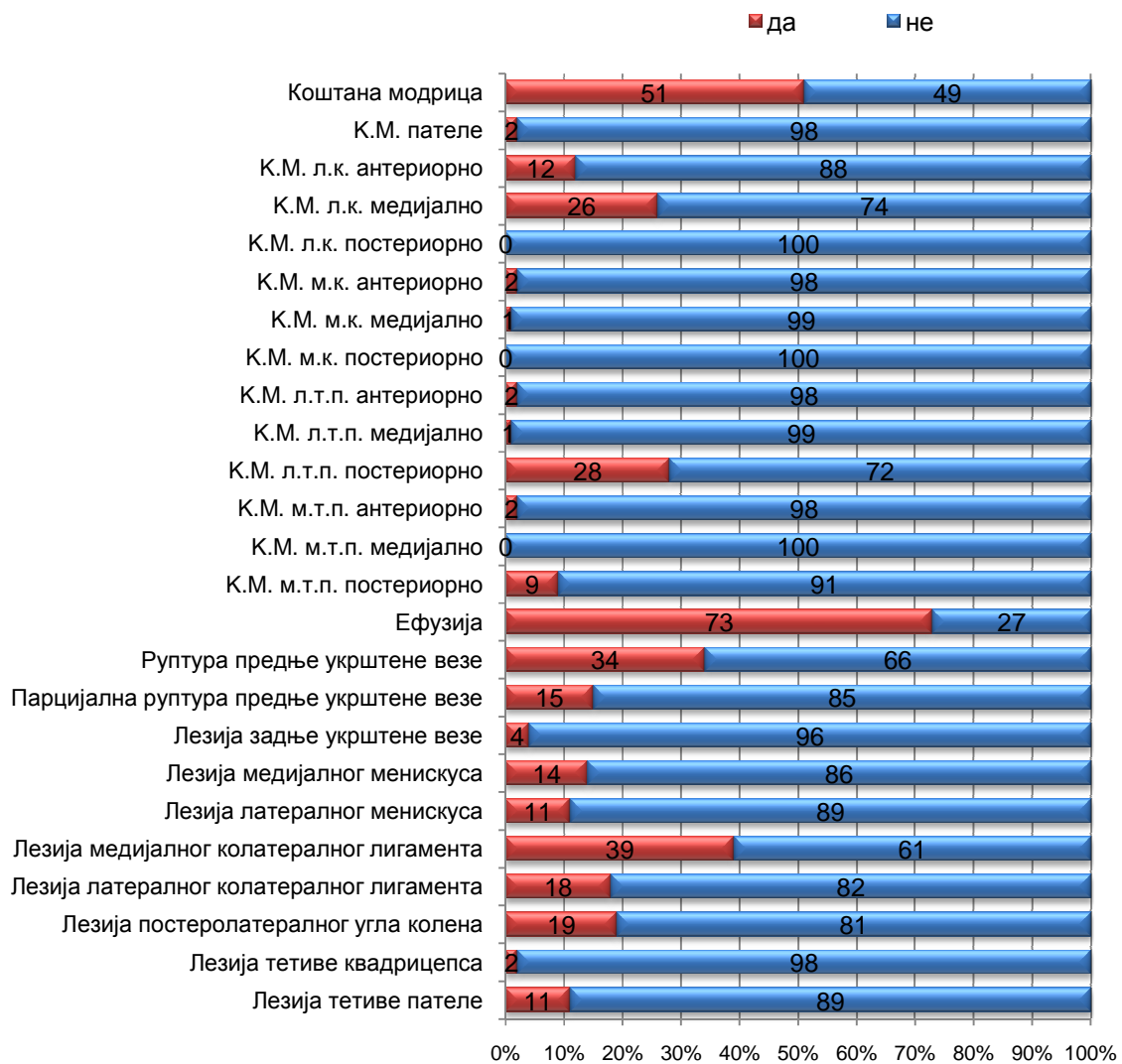
садржано и у другој. Овај коефицијент узима вредности између  $-1$  и  $1$ . Уколико вредност има негативан предзнак то значи да је корелација негативног смера, односно да повећање једне промењиве доводи до смањења друге и обрнуто. Уколико има позитиван предзнак, то значи да је веза позитивног смера, односно да повећање једне промењиве доводи до повећања друге и да смањење једне промењиве доводи до смањења друге. Јачину везе одређује вредност коефицијента. Уколико је вредност коефицијента блиска  $1$  или  $-1$  то значи да је веза између посматраних промењивих јака. Уколико се та вредност приближава нули, веза између промењивих слаби. Хи квадрат тест смо користили да би одредили да ли постоји статистички значајна повезаност између добијених и очекиваних фреквенција у одговарајућим категоријама анализираних варијабли.



#### 4. РЕЗУЛТАТИ

У анализи групе од 100 пацијената са акутном траумом колена користили смо следеће параметре за анализу налаза МР прегледа.

Графикон бр. 6. : Параметри анализе МР прегледа код повређеног колена



Табела бр. 5. : Легенда уз графикон бр 6.

|  |  |
|--|--|
| Коштана модрица                          | Коштана модрица  |
| К.М. пателе                              | Коштана модрица пателе                                   |
| К.М. л. к. антериорно                    | Коштана модрица латерални кондил антериорно              |
| К.М. л. к. медијално                     | Коштана модрица латерални кондил медијално               |
| К.М. л. к. постериорно                   | Коштана модрица латерални кондил постериорно             |
| К.М. м.к. антериорно                     | Коштана модрица медијалног кондила антериорно            |
| К.М. м.к. медијално                      | Коштана модрица медијалног кондила медијално             |
| К.М. м.к. постериорно                    | Коштана модрица медијалног кондила постериорно           |
| К.М. л.т.п. антериорно                   | Коштана модрица латералног тибијалног платоа антериорно  |
| К.М. л.т.п. медијално                    | Коштана модрица латералног тибијалног платоа медијално   |
| К.М. л.т.п. постериорно                  | Коштана модрица латералног тибијалног платоа постериорно |
| К.М. м.т.п. антериорно                   | Коштана модрица медијалног тибијалног платоа антериорно  |
| К.М. м.т.п. медијално                    | Коштана модрица медијалног тибијалног платоа медијално   |
| К.М. м.т.п. постериорно                  | Коштана модрица медијалног тибијалног платоа постериорно |
| Ефузија                                  | Ефузија  |
| Руптура предње укрштене везе             | Руптура предње укрштене везе                             |
| Парцијална руптура предње укрштене везе  | Парцијална руптура предње укрштене везе                  |
| Лезија задње укрштене везе               | Лезија задње укрштене везе                               |
| Лезија медијалног менискуса              | Лезија медијалног менискуса                              |
| Лезија латералног менискуса              | Лезија латералног менискуса                              |
| Лезија медијалног колатералног лигамента | Лезија медијалног колатералног лигамента                 |
| Лезија латералног колатералног лигамента | Лезија латералног колатералног лигамента                 |
| Лезија постеролатералног угла колена     | Лезија постеролатералног угла колена                     |
| Лезија тетиве квадрицепса                | Лезија тетиве квадрицепса                                |
| Лезија тетиве пателе                     | Лезија тетиве пателе                                     |

Са претходног графикона се може уочити да нема пацијената код којих су утврђене коштане модрице медијалног тибијалног платоа медијално, медијалног кондила постериорно и латералног кондила постериорно.

Најзначајнији параметар испитивања био је анализа налаза коштане модрице. КМ смо анализирали по разним параметрима:

1. Број КМ код акутне трауме колена.
2. Локација КМ код акутне трауме колена.
3. Величина КМ.
4. Процена видљивости (резолуције и интензитета сигнала) КМ у СТИР у односу на Т1 секвенцу.

Од 100 испитаника из узорка, код 51 ( 51% ) испитаника су идентификоване једна до три коштане модрице. Од 51 испитаника, код 27 су уочене 2 КМ а код 7 испитаника чак 3 КМ. Укупно је регистровано 85 КМ од којих 69 (81,1%) на латералним коштаном структурама, 14 (16,5%) на медијалним а две КМ (2,3%) на патели. Највећи број коштаних модрица је уочен на латералном кондилу фемура, укупно 38 КМ а потом на латералном тибјалном платоу 28 КМ од чега је 7 КМ латералног тибјалног платоа било солитарно а 21 удружена са КМ на латералном кондилу фемура, такозване кисинг (kissing), или приљубљене, коштане модрице. Из ове дистрибуције налаза КМ се уочава да доминирају налази КМ на латералним коштаном структурама колена какве уобичајено налазимо код трауме колена у валгус позицији са унутрашњом ротацијом.

На медијалним структурама колена доминира налаз КМ на постеромедијалном тибјалном платоу, где уочавамо укупно 9 КМ од којих су 8 КМ удружене са налазом КМ на латералним коштаном структурама коленог зглоба а само је 1 солитарна КМ. При томе је 8 од 9 пацијента са налазом КМ на ПМТП имало и удружени налаз руптуре АЦЛ.

Један је налаз КМ на медијалном кондилу фемура, без удружености са лезијама унутрашњих структура колена.

Два су налаза КМ на медијалном тибидјалном платоу антериорно, непосредно испод дисталног припоја предње укрштене везе и овакви налази су налази авулзионих а не импакционих трауматских лезија кости. Они се обично јављају код хиперекстензионих повреда а један од ова два налаза је имао удружену парцијалну руптуру АЦЛ док је други био без удружених налаза са АЦЛ и менискусима.

Уочена су два налаза КМ на патели код латералне дислокације пателе и они, сасвим очекивано, с обзиром на векторе силе и механизам трауме, немају значаја код анализе удружености КМ са лезијама предње укрштене везе и меникуса.

Табела бр. 6. : Локације налаза КМ код акутне трауме колена

| Скраћени назив | Пун назив   | да | не  |
|----------------|---|----|-----|
| Мтп. Пост.     | Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа постериорно | 9  | 91  |
| Мтп. Мед.      | Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа медијално   | 0  | 100 |
| Мтп. Ант       | Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа антериорно  | 2  | 98  |
| Лтп. Пост.     | Коштана модрица латералног тибидјалног платоа постериорно | 28 | 72  |
| Лтп. Мед.      | Коштана модрица латералног тибидјалног платоа медијално   | 1  | 99  |
| Лтп. Ант.      | Коштана модрица латералног тибидјалног платоа антериорно  | 2  | 98  |
| Мк. Пост.      | Коштана модрица медијалног кондила постериорно            | 0  | 100 |
| Мк. Мед.       | Коштана модрица медијалног кондила медијално              | 1  | 99  |
| Мк. Ант.       | Коштана модрица медијалног кондила антериорно             | 2  | 98  |
| Лк. Пост.      | Коштана модрица латералног кондила постериорно            | 0  | 100 |
| Лк. Мед.       | Коштана модрица латералног кондила медијално              | 26 | 74  |
| Лк. Ант.       | Коштана модрица латералног кондила антериорно             | 12 | 88  |

Из табеларног приказа се може уочити да КМ нису дијагностиковане на медијалном тибидјалном платоу у медијалној трећини, медијалном кондилу постериорно и латералном кондилу постериорно.

Код анализе величине КМ мерили смо ширину основе КМ уз кортекс и дубину простирања КМ у субкортикалну кост. Неке од уочених КМ, уобичајено на феморалним кондилима, су имале конуси облик са широком базом уз кортекс и врхом пут центра кондила. Овакав облик управо одговара радијалном правцу и позицији коштаных гредица у кондилима фемура и осликава зону која је највише трпила оптерећења при трауми и у којој је дошло до микротрабекуларних фрактура.

Као главни параметар за анализу видљивости смо увели величину простирања КМ у дубину испод кортекса кости а пут коштане сржи. Уочили смо да приликом анализе КМ у СТИР секвенци имамо наглашено бољу видљивост и бољу резолуцију ако је интензитет сигнала КМ већи, односно хиперинтензнији, а самим тим и контраст и резолуција у односу на околно ткиво су наглашенији. Такође су видљивост, контраст и резолуција КМ у Т1 секвенци била боља ако је интензитет сигнала КМ био нижи. Због тога смо те параметре, који обележавају бољу видљивост објединили у један и назвали га видљивост. Тако смо направили скалу видљивости на основу резолуције и интензитета сигнала од 0 - не види се, 1- веома слабо се види, 2 - види се и 3 – одлично се види.

Табела бр. 7. : Дубина и видљивост КМ, на латералном кондилу фемура, мерена у СТИР секвенци.

| Дубина КМ   | СТИР интензитет_сигнала |      |      |      |      |       |      |       | Укупно |       |
|-------------|-------------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|--------|-------|
|             | 0                       |      | 1    |      | 2    |       | 3    |       |        |       |
|             | Број                    | %    | Број | %    | Број | %     | Број | %     | Број   | %     |
| до 10 mm    | 1                       | 2,6% | 2    | 5,3% | 1    | 2,6%  |      |       | 4      | 10,5% |
| до 20 mm    |                         |      |      |      | 7    | 18,4% | 12   | 31,6% | 19     | 50,0% |
| преко 20 mm |                         |      |      |      | 1    | 2,6%  | 14   | 36,8% | 15     | 39,5% |

Из табеле се може видети да КМ чији је интензитет сигнала мањи имају мању дубину, а са повећањем дубине, појачава се и интензитет сигнала измереног СТИР методом. Такође се уочава да се 39,5% КМ на латералном кондилу фемура простиру у дубину већу од 20 mm а укупно је 89,5% КМ које су се у дубину простирали за више од 10 mm.

Анализирали смо и видљивост КМ на латералном кондилу фемура у СТИР И Т1 секвенци. Укупно је 38 коштаних модрица утврђено на латералном кондилу фемура (26 антериорно и 12 медијално).

Табела бр. 8. : Видљивост КМ процењена у Т1 и СТИР секвенци на латералном кондилу фемура.

|    |   | СТИР |   |   |    |
|----|---|------|---|---|----|
|    |   | 0    | 1 | 2 | 3  |
| Т1 | 0 |      | 2 | 3 |    |
|    | 1 |      |   | 1 |    |
|    | 2 | 1    |   | 5 | 18 |
|    | 3 |      |   |   | 8  |

За 13 коштаних модрица утврђени су исти интензитети обема методама. За једну коштану модрицу, Т1 метода даје бољу видљивост -2, од методе СТИР -0. У осталих 24 случаја СТИР метода показује већу видљивост коштане модрице од Т1 методе (комбинације изнад главне дијагонале).

Што се тиче налаза КМ на медијалном кондилу фемура, код три испитаника утврђене су КМ на медијалном кондилу, 2 антериорно и 1 медијално.

Табела бр. 9. : Видљивост КМ процењена у Т1 и СТИР секвенци на медијалном кондилу фемура:

|    |   |      |   |
|----|---|------|---|
|    |   | СТИР |   |
|    |   | 2    | 3 |
| Т1 | 0 | 2    |   |
|    | 3 |      | 1 |

За две коштане модрице на медијалном кондилу, видљивост коштане модрице утврђена Т1 секвенцом износи 0, а СТИР секвенцом 2. За трећу модрицу обе методе дају исти степен видљивости, који износи 3.

Табела бр. 10. : Дубина и видљивост КМ, на медијалном кондилу фемура, мерена у СТИР секвенци.

| Дубина КМ   | СТИР интензитет_сигнала |       |      |       | Укупно |       |
|-------------|-------------------------|-------|------|-------|--------|-------|
|             | 2                       |       | 3    |       |        |       |
|             | Број                    | %     | Број | %     | Број   | %     |
| до 10 mm    | 1                       | 33,3% |      |       | 1      | 33,3% |
| до 20 mm    | 1                       | 33,3% |      |       | 1      | 33,3% |
| преко 20 mm |                         |       | 1    | 33,3% | 1      | 33,3% |

Када је у питању дубина КМ на медијалном кондилу, из претходне табеле се може видети да КМ чији је интензитет сигнала и степен видљивости 2, дубине мање и једнаке до 20 mm, а са повећањем дубине, преко 20 mm, код једне КМ која је била те величине, се појачава и интензитет сигнала и степен видљивости, на 3, одређен у СТИР секвенци.

Што се тиче налаза КМ на латералном тибидјалном платоу, код 31 испитаника утврђене су КМ на латералном тибидјалном платоу, 2 антериорно, 1 медијално и 28 постериорно.

Табела бр 11. : Видљивост КМ процењена у Т1 и СТИР секвенци на латералном тибидјалном платоу:

|    |   | СТИР |    |
|----|---|------|----|
|    |   | 2    | 3  |
| Т1 | 0 | 2    |    |
|    | 2 | 5    | 20 |
|    | 3 |      | 4  |

За девет коштаных модрица на латералном тибидјалном платоу видљивост коштане модрице утврђена Т1 секвенцом и СТИР секвенцом је иста. За остале 22 модрице СТИР секвенца даје већи степен видљивости.



Табела бр. 12. : Дубина и видљивост КМ, на латералном тибидјалном платоу, мерена у СТИР секвенци.

| Дубина КМ   | СТИР интензитет_сигнала |       |      |       | Укупно |       |
|-------------|-------------------------|-------|------|-------|--------|-------|
|             | 2                       |       | 3    |       |        |       |
|             | Број                    | %     | Број | %     | Број   | %     |
| до 10 mm    |                         |       | 2    | 6,5%  | 2      | 6,5%  |
| до 20 mm    | 7                       | 22,6% | 9    | 29,0% | 16     | 51,6% |
| преко 20 mm |                         |       | 13   | 41,9% | 13     | 41,9% |

Када је у питању дубина КМ на латералном тибидјалном платоу, из претходне табеле се може видети да седам КМ од 10 до 20 mm има видљивост 2 у СТИР секвенци. Што се тиче степена видљивости 3, а са повећањем дубине КМ појачава се и степен видљивости. Тако да имамо 13 модрица дубине преко 20 mm које су све процењене оценом 3 за видљивост.

Што се тиче КМ на медијалном тибидјалном платоу код 11 испитаника су утврђене КМ на медијалном тибидјалном платоу, 2 антериорно и 9 постериорно.

Табела бр. 13. : Видљивост КМ процењена у Т1 и СТИР секвенци на медијалном тибидјалном платоу:

|    |   | СТИР |   |
|----|---|------|---|
|    |   | 2    | 3 |
| Т1 | 0 | 1    |   |
|    | 1 | 1    | 1 |
|    | 2 |      | 6 |
|    | 3 |      | 2 |

Само за две КМ на медијалном тибидјалном платоу видљивост утврђена Т1 секвенцом и СТИР секвенцом је иста. За осталих 9 коштаних модрица СТИР секвенца даје већи степен видљивости.

Табела бр. 14. : Дубина и видљивост КМ, на медијалном тибидјалном платоу, мерена у СТИР секвенци.

| Дубина КМ   | СТИР интензитет_сигнала |      |      |       | Укупно |       |
|-------------|-------------------------|------|------|-------|--------|-------|
|             | 2                       |      | 3    |       |        |       |
|             | Број                    | %    | Број | %     | Број   | %     |
| до 10 mm    | 1                       | 9,1% |      |       | 1      | 9,1%  |
| до 20 mm    | 1                       | 9,1% | 3    | 27,3% | 4      | 36,4% |
| преко 20 mm |                         |      | 6    | 54,5% | 6      | 54,5% |

Када је у питању дубина КМ на медијалном тибидјалном платоу, из претходне табеле се може видети да девет КМ дубине веће од 10 mm има видљивост 3 у СТИР секвенци.

Што се тиче налаза КМ на патели, две коштане модрице су утврђене на патели и за обе је добијен исти податак да видљивост коштане модрице утврђен у Т1 секвенци износи 0, а у СТИР секвенци 1.

С обзиром да поједини пацијенти имају само једну , други две, а неки и три КМ извршили смо и анализу процене видљивости по редоследу бележења КМ. Тако да укупно 51 пацијент има, такозвану, прву КМ.

Табела бр. 15. : Упоредивање видљивости налаза прве коштане модрице дијагностиковане помоћу СТИР и Т1 секвенце (51 испитаник)

|        |   | СТИР |   |    |    | Укупно |
|--------|---|------|---|----|----|--------|
|        |   | 0    | 1 | 2  | 3  |        |
| Т1     | 0 | 0    | 2 | 8  | 0  | 10     |
|        | 1 | 0    | 0 | 2  | 1  | 3      |
|        | 2 | 1    | 0 | 6  | 23 | 30     |
|        | 3 | 0    | 0 | 0  | 8  | 8      |
| Укупно |   | 1    | 2 | 16 | 32 | 51     |

Када упоредимо налазе видљивости коштане модрице добијене помоћу СТИР и Т1 секвенце уочавамо да се у 14 (27,5%) случајева видљивост коштане модрице поклапа (главна дијагонала). Такође, из претходне табеле лако уочавамо да је само у једном случају идентификована боља видљивост коштане модрице Т1 него СТИР секвенцом (испод главне дијагонале), док је у 36 (70,6%) случајева СТИР секвенцом идентификована боља видљивост коштане модрице (изнад главне дијагонале). Када израчунамо корелацију ове две методе, добијемо статистички значајну умерену повезаност.

Табела бр. 16. : Корелација видљивости „прве“ КМ у Т1 и СТИР секвенци

|             |                        | СТИР секвенца |
|-------------|------------------------|---------------|
| Т1 секвенца | Коефицијент корелације | 0,663**       |
|             | Значајност             | 0,000         |
|             | Број испитаника        | 51            |

Да би смо утврдили да ли постоје статистички значајне разлике у утврђивању видљивости коштаних модрица код испитаника помоћу ове две методе коришћен је непараметријски Вилкоксон тест (Wilcoxon test).

Табела бр. 17. : Вилкоксон тест значајности разлике видљивости „прве“ КМ у Т1 и СТИР секвенци

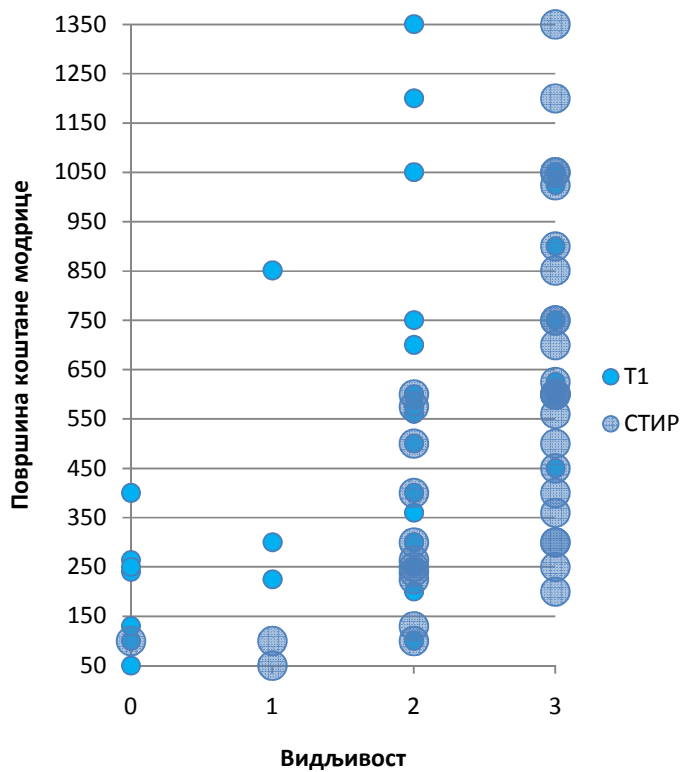
|            | СТИР - Т1 |
|------------|-----------|
| Z          | -5,067    |
| Значајност | ,000      |

Овим тестом је утврђено да постоји статистички значајна разлика ( $Z=-5,067$ ,  $p=0,000$ ) између метода Т1 и СТИР, а као што је у претходној табели приказано.

Из тога се може закључити да бољу видљивост коштане модрице, код акутне трауме колена, даје СТИР метода.

На следећем графикону је приказана анализа величине коштане модрице која је приказана у  $\text{mm}^2$  и њихове видљивости у Т1 и СТИР секвенци. Под величином се подразумева површина добијена као производ ширине и дубине КМ.

Графикон бр. 7. : Величина „прве“ модрице у  $\text{mm}^2$  и њена видљивост у Т1 и СТИР секвенци



Са претходног графикона се јасно уочава да се мање КМ слабије или никако не виде у Т1 секвенци него у СТИР секвенци. Тако да се разлог за разлику у степену видљивости, коју смо уочили Вилкисоновим тестом, најпре може приписати малим КМ које су у Т1 никако или слабо видљиве.

Табела бр. 18. : Упоредњавање видљивости налаза друге коштане модрице дијагностиковане помоћу СТИР и Т1 секвенце (27 испитаника)

|        |   | СТИР |    | Укупно |
|--------|---|------|----|--------|
|        |   | 2    | 3  |        |
| Т1     | 0 | 9    | 1  | 10     |
|        | 1 | 3    | 0  | 3      |
|        | 2 | 4    | 6  | 10     |
|        | 3 | 1    | 3  | 4      |
| Укупно |   | 17   | 10 | 27     |

Када посматрамо испитанике код којих су утврђене две коштане модрице, долазимо до потпуно исте слике као у претходном случају. Од 27 испитаника, у 7 случајева је дошло до поклапања јачине видљивости коштане модрице помоћу обе методе. Само у једном случају идентификована је боља видљивост коштане модрице Т1 него СТИР секвенцом, док је у 18 случајева СТИР секвенцом идентификована боља видљивост коштане модрице. Треба напоменути да СТИР секвенцом нису идентификоване коштане модрице које су сврстане под категорије 0 и 1 и зато је у табели главна дијагонала матрице спуштена наниже. Када израчунамо корелацију ове две методе, добијемо статистички значајну умерену повезаност.

Табела бр. 19. : Корелација видљивости „друге“ КМ у Т1 и СТИР секвенци

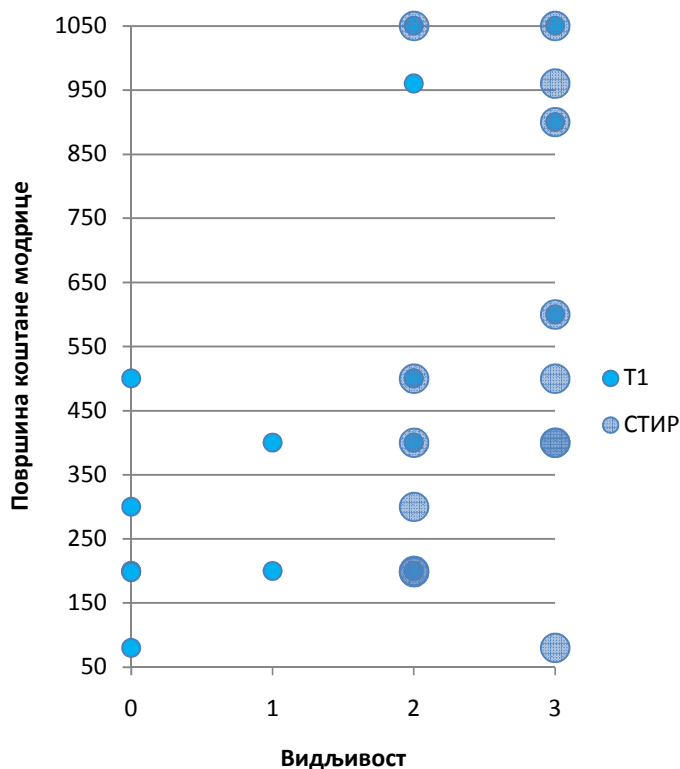
|             |                        | СТИР секвенца |
|-------------|------------------------|---------------|
| Т1 секвенца | Коефицијент корелације | 0,552(**)     |
|             | Значајност             | 0,003         |
|             | Број испитаника        | 27            |

Такође, непараметријским Вилкоксон тестом (Wilcoxon test) утврђена је статистички значајна разлика ( $Z=-3,810$ ,  $p=0,000$ ) између Т1 и СТИР секвенце, а као што је у претходној табели приказано, бољу видљивост коштане модрице даје СТИР секвенца.

Табела бр. 20. : Вилкоксон тест значајности разлике видљивости „друге“ КМ у Т1 и СТИР секвенци

|            | СТИР - Т1 |
|------------|-----------|
| Z          | -3,810    |
| Значајност | 0,000     |

Графикон бр. 8. : Величина „друге“ модрице у  $\text{mm}^2$  и њена видљивост у Т1 и СТИР секвенци



Као и у случају са првом КМ, и на овом графикону уочавамо да су мање КМ слабо или никако видљиве у Т1 секвенци.

Табела бр. 21. : Упоређивање видљивости налаза „треће“ коштане модрице дијагностиковане помоћу СТИР и Т1 секвенце (7 испитаника)

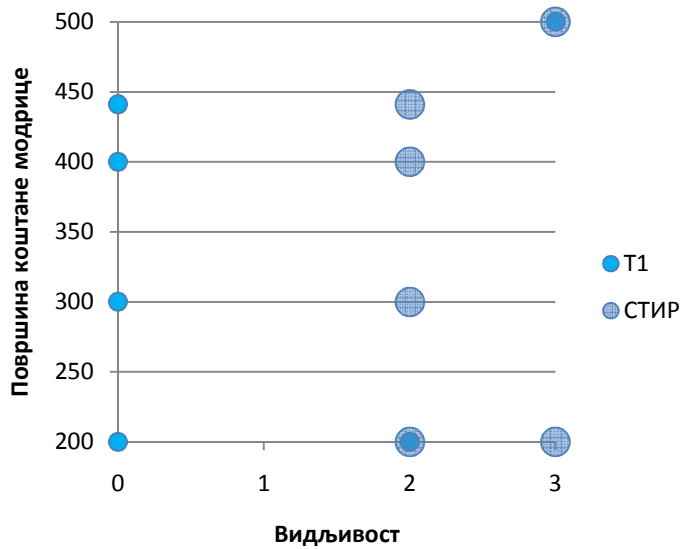
|        |   | СТИР |   | Укупно |
|--------|---|------|---|--------|
|        |   | 2    | 3 |        |
| Т1     | 0 | 5    | 0 | 5      |
|        | 2 | 0    | 1 | 1      |
|        | 3 | 0    | 1 | 1      |
| Укупно |   | 5    | 2 | 7      |

Код само 7 испитаника је утврђена „трећа“ коштана модрица, при чему је само у једном случају дошло до подударана идентификовања коштане модрице. У пет случајева Т1 секвенца није ни регистровала КМ, док је СТИР секвенца ове коштане модрице класификовала у категорију 2. Код једног испитаника Т1 секвенца је класификовала модрицу у категорију 2 а СТИР секвенца у категорију 3. И поред овако малог броја испитаника Вилкоксон тестом је, такође, утврђена статистички значајна разлика ( $Z=-2,333$ ,  $p=0,020$ ) између метода Т1 и СТИР, а као што је у претходној табели приказано. Бољу видљивост коштане модрице даје СТИР метода.

Табела бр. 22. : Вилкоксон тест значајности разлике видљивости „треће“ КМ у Т1 и СТИР секвенци

|            |           |
|------------|-----------|
|            | СТИР - Т1 |
| Z          | -2,333    |
| Значајност | 0,020     |

Графикон бр. 9. : Величина „треће“ модрице у  $\text{mm}^2$  и њена видљивост у Т1 и СТИР секвенци



Из овог графикона уочавамо да је највећа трећа КМ,  $500 \text{ mm}^2$  била за два пута мања од највеће друге КМ  $1050 \text{ mm}^2$ , а за нешто мање од три пута мања од највеће прве КМ  $1350 \text{ mm}^2$ . Поучени искуством са претходних графикона сасвим је очекиван налаз да се код тако малих КМ велики број њих уште не приказује у Т1 секвенци.

У анализи дубине КМ која се простире у трабекуларну, субкортикалну, кост смо направили и следећу поделу, на мале и велике КМ. У тој подели су мале до  $20 \text{ mm}$  а велике више од  $20 \text{ mm}$  у дубину трабекуларне кости.



Табела бр. 23. : Видљивост КМ у Т1 секвенци у групи малих, до 20 mm, и великих, већих од 20 mm, коштаних модрица.

| Дубина КМ   | Т1 видљивост |       |      |      |      |       |      |       | Укупно |       |
|-------------|--------------|-------|------|------|------|-------|------|-------|--------|-------|
|             | 0            |       | 1    |      | 2    |       | 3    |       |        |       |
|             | Број         | %     | Број | %    | Број | %     | Број | %     | Број   | %     |
| до 20 mm    | 10           | 19,6% | 2    | 3,9% | 20   | 39,2% | 2    | 3,9%  | 34     | 66,7% |
| преко 20 mm |              |       | 1    | 2,0% | 10   | 19,6% | 6    | 11,8% | 17     | 33,3% |

Из ове табеле се уочава да је већи број коштаних модрица био дијаметра до 20 mm, укупно 34 КМ или 66.7% а да је 17 КМ или 33,3% било већих од 20 mm. Од тога је 10 КМ, 19,6%, које су уочене на МР прегледу у СТИР секвенци, а које су величине до 20 mm у дубину трабекуларне кости, остало неуочено у Т1 секвенци. Још 2 КМ, 3,9%, величине до 20 mm су биле оцењене као веома слабо видљиве, као и једна КМ величине веће од 20 mm, 2,0%. Из ове табеле се може закључити да више од 20% налаза коштаних модрица код акутне трауме колена остаје недијагностиковано ако се преглед уради у само Т1 секвенци, односно ако се не уради СТИР секвенца.

На основу поделе на мале и велике коштане модрице смо направили и табелу у којој смо регистровали њихову анатомску дистрибуцију у коштаном структурама колена и удруженост са осталим мекоткивним лезијама колена.

Табела бр. 24. : Локација коштане модрице и подела према дубини на мале и велике КМ.

|   | Дубина КМ |            |
|---|-----------|------------|
|   | до 20 мм  | преко 20мм |
| Коштана модрица пателе                                    | 2         |            |
| Коштана модрица латералног кондила антериорно             | 7         | 5          |
| Коштана модрица латералног кондила медијално              | 16        | 10         |
| Коштана модрица медијалног кондила антериорно             | 1         | 1          |
| Коштана модрица медијалног кондила медијално              | 1         |            |
| Коштана модрица латералног тибидјалног платоа антериорно  | 2         |            |
| Коштана модрица латералног тибидјалног платоа медијално   |           | 1          |
| Коштана модрица латералног тибидјалног платоа постериорно | 16        | 12         |
| Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа антериорно  | 2         |            |
| Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа постериорно | 3         | 6          |
| Ефузија   | 29        | 16         |
| Руптура предње укрштене везе                              | 19        | 13         |
| Парцијална руптура предње укрштене везе                   | 5         | 1          |
| Лезија задње укрштене везе                                | 2         | 1          |
| Лезија медијалног менискуса                               | 5         | 3          |
| Лезија латералног менискуса                               | 4         | 4          |
| Лезија медијалног колатералног лигамента                  | 14        | 11         |
| Лезија латералног колатералног лигамента                  | 6         | 4          |
| Лезија постеролатералног угла колена                      | 6         | 5          |
| Лезија тетиве пателе                                      | 2         |            |

Потом смо коштане модрице решили да групишемо у три групе до 10 mm, до 20 mm и 30 и више милиметара у дубину трабекуларне кости, па да онда видимо које од ова два груписања даје интересантнији резултат.

Табела бр. 25. : Видљивост КМ у Т1 секвенци у три групе, до 10 mm, до 20 mm и већих од 20 mm, коштаних модрица

| Дубина<br>КМ   | Т1 видљивост |       |      |      |      |       |      |       | Укупно |       |
|----------------|--------------|-------|------|------|------|-------|------|-------|--------|-------|
|                | 0            |       | 1    |      | 2    |       | 3    |       |        |       |
|                | Број         | %     | Број | %    | Број | %     | Број | %     | Број   | %     |
| До 10 mm       | 4            | 7,8%  | 1    | 2,0% | 3    | 5,9%  |      |       | 8      | 15,7% |
| До 20 mm       | 6            | 11,8% | 1    | 2,0% | 17   | 33,3% | 2    | 3,9%  | 26     | 51,0% |
| Преко<br>20 mm |              |       | 1    | 2,0% | 10   | 19,6% | 6    | 11,8% | 17     | 33,3% |

Из претходне табеле можемо уочити је укупно 15,7% КМ било величине до 10 mm, а да 6 од 8 КМ величине до 10 mm се не види у Т1 секвенци, или има веома слабу видљивост. Из ове групе нити једна КМ нема видљивост 3 у Т1 секвенци. Укупно 51% КМ је било величине до 20 mm, а 7 од 26 КМ се не види или има веома слабу видљивост у Т1 секвенци. Само 2 КМ из ове, највеће, групе има степен видљивости 3 у Т1 секвенци али их 17 има добру видљивост. КМ величине преко 20 mm чине 33,3% укупног броја КМ а само 1 од 17 КМ има веома слабу видљивост док осталих 16 има добру или одличну видљивост, процењене оценом 2 и 3, у Т1 секвенци.

Табела бр. 26. : Локација коштане модрице и подела према према дубини у три групе до 10 mm, до 20 mm и већих од 20 mm и удруженост са осталим параметрима посматрања.

|   | Дубина КМ |          |             |
|---|-----------|----------|-------------|
|   | до 10 mm  | до 20 mm | преко 20 mm |
| Коштана модрица пателе                                    | 2         |          |             |
| Коштана модрица латералног кондила антериорно             | 2         | 5        | 5           |
| Коштана модрица латералног кондила медијално              | 2         | 14       | 10          |
| Коштана модрица медијалног кондила антериорно             |           | 1        | 1           |
| Коштана модрица медијалног кондила медијално              | 1         |          |             |
| Коштана модрица латералног тибидјалног платоа антериорно  |           | 2        |             |
| Коштана модрица латералног тибидјалног платоа медијално   |           |          | 1           |
| Коштана модрица латералног тибидјалног платоа постериорно | 2         | 14       | 12          |
| Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа антериорно  | 1         | 1        |             |
| Коштана модрица медијалног тибидјалног платоа постериорно |           | 3        | 6           |
| Ефузија   | 6         | 23       | 16          |
| Руптура предње укрштене везе                              | 2         | 17       | 13          |
| Парцијална руптура предње укрштене везе                   |           | 5        | 1           |
| Лезија задње укрштене везе                                | 1         | 1        | 1           |
| Лезија медијалног менискуса                               | 1         | 4        | 3           |
| Лезија латералног менискуса                               | 1         | 3        | 4           |
| Лезија медијалног колатералног лигамента                  | 2         | 12       | 11          |
| Лезија латералног колатералног лигамента                  | 2         | 4        | 4           |
| Лезија постеролатералног угла колена                      | 1         | 5        | 5           |
| Лезија тетиве пателе                                      |           | 2        |             |

Из ове табеле се може видети да је удруженост налаз КМ са лезијом АЦЛ била мања код КМ мањих од 10 mm него код оних које су биле веће од 10 mm. Да би смо то испитали урађен је Хи квадрат тест, који је потврдио постојање статистички

значајне разлике између броја пацијената са различитом величином КМ који су имали и удружену руптуру АЦЛ.

Табела бр. 27. : Хи квадрат тест значајности разлике величине КМ и удружености са руптуром АЦЛ.

Chi-Square Tests

|                                       | Вреднос<br>т | Степени<br>слободе | Значајност |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|------------|
| Pearson Chi-Square<br>Број пацијената | 6.323<br>51  | 2                  | 0,042      |

Потом смо направили анализу удружености налаза коштане модрице и лезија предњег укрштеног лигамента - АЦЛ. При томе смо под појмом лезија АЦЛ подразумевали налазе парцијалне и потпуне руптуре АЦЛ.

Табела бр. 28. : Однос налаза без КМ и са КМ са налазима руптуре АЦЛ, парцијалне руптуре АЦЛ и без руптуре АЦЛ.

|        | Број<br>пацијената са<br>руптуром<br>предње<br>укрштене везе | Број<br>пацијената са<br>парцијалном<br>руптуром<br>предње<br>укрштене везе | Без руптуре | Укупно |
|--------|--|---|-------------|--------|
| са КМ  | 32   | 6   | 13          | 51     |
| без КМ | 2  | 9   | 38          | 49     |
| Укупно | 34   | 15  | 51          | 100    |

Од 51 пацијента са КМ чак 32 (63%) имају руптуру предње укрштене везе. Такође постоје два пацијента која немају КМ али имају руптуру АЦЛ. Што се тиче

парцијалне руптуре предње укрштене везе, 6 испитаника има КМ а 9 испитаника је нема. Без обзира да ли пацијент има КМ или нема, имамо 34 пацијента са руптуром АЦЛ а 15 са парцијалном руптуром АЦЛ. Уколико посматрамо само пацијенте са КМ, из претходне табеле може се уочити да 38 пацијената има или потпуну или парцијалну руптуру АЦЛ.

Табела бр. 29. : Приказ броја пацијената са руптуром АЦЛ и без руптуре АЦЛ и бројем налаза удружених КМ.

| Руптура предње укрштене везе | Број пацијената са једном КМ | Број пацијената са две КМ | Број пацијената са три КМ |
|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| да                           | 32                           | 20                        | 7                         |
| не                           | 19                           | 7                         |                           |
| Укупно                       | 51                           | 27                        | 7                         |

Од укупно 51 испитаника са налазом КМ њих 32 је имало једну КМ и руптуру АЦЛ, 20 је имало две КМ и руптуру АЦЛ а седам је имало три КМ и руптуру АЦЛ. У групи која је имала налаз КМ а није имала руптуру АЦЛ налазимо њих 19 са једном КМ а без руптуре АЦЛ, 7 са две КМ и ниједног са три КМ а без руптуре АЦЛ.

Табела бр. 30. : Приказ броја пацијената са парцијалном руптуром АЦЛ и без руптуре АЦЛ и бројем налаза удружених КМ.

| Парцијална руптура предње укрштене везе | Број пацијената са једном КМ | Број пацијената са две КМ | Број пацијената са три КМ |
|---|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| да                                      | 6                            | 3                         |                           |
| не                                      | 45                           | 24                        | 7                         |
| Укупно                                  | 51                           | 27                        | 7                         |

Уочавамо да је 6 испитаника имало једну КМ и парцијалну руптуру АЦЛ, 3 их је имало две КМ и парцијалну руптуру АЦЛ.

Табела бр. 31. : Руптура АЦЛ ( потпуна и парцијална) и дубина КМ

| Дубина КМ   | Број пацијената СА руптуром предње укрштене везе | Број пацијената СА парцијалном руптуром предње укрштене везе |
|-------------|--|--|
| до 10 mm    | 2  |  |
| до 20 mm    | 17   | 5  |
| преко 20 mm | 13   | 1  |
| без КМ      | 2  | 9  |
| Укупно      | 34   | 15   |

Чак 38% пацијената који имају руптуру предње укрштене везе, имају КМ дубине веће од 20 mm, 56% пацијената имају КМ дубине до 20 mm. Само 2 пацијента (6%) имају руптуру АЦЛ али без КМ. Када посматрамо парцијалну руптуру ситуација је другачија, код 9 (60%) испитаника који немају КМ имају парцијалну руптуру АЦЛ, а преосталих 6 имају КМ дубине веће од 10 mm.

Табела бр. 32. : Однос пацијената са и без руптуре АЦЛ у односу на налаз КМ

|   | са КМ | без КМ | Укупно |
|---|-------|--------|--------|
| Број пацијената са руптуром предње укрштене везе (потпуном или парцијалном) | 38    | 11     | 49     |
| Без руптуре   | 13    | 38     | 51     |
| Укупно  | 51    | 49     | 100    |

Да би испитали да ли постоји статистички значајна повезаност између постојања лезије АЦЛ и постојања КМ код пацијената, урађен је Хи квадрат тест ( $\chi^2$ ). Овим тестом је утврђена статистички значајна повезаност ( $\chi^2=27,103$ ,  $p=0,000$ ) и то у смислу да већина пацијената са КМ има и лезију АЦЛ.

Табела бр. 33. : Хи квадрат тест значајности повезаности лезија АЦЛ и налаза КМ.

| Chi-Square Tests                      |               |                    |            |
|---------------------------------------|---------------|--------------------|------------|
|                                       | Вреднос<br>т  | Степени<br>слободе | Значајност |
| Pearson Chi-Square<br>Број пацијената | 27,103<br>100 | 11                 | 0,000      |

Пошто је уочена сигнификантна удруженост КМ и лезија АЦЛ онда смо решили да анализирамо да ли су бројније КМ код испитаника са АЦЛ у односу на оне који немају повреду АЦЛ

Табела бр. 34. : Број КМ код пацијената са руптуром (потпуна или парцијална) АЦЛ и без руптуре АЦЛ.

| Број КМ        | Број пацијената СА руптуром (потпуном или парцијалном) предње укрштене везе | Број пацијената БЕЗ руптуре предње укрштене везе |
|----------------|---|--|
| 1              | 38  | 13   |
| 2              | 23  | 4  |
| 3              | 7   | -  |
| без<br>модрице | 11  | 38   |

Из претходне табеле се може видети да 38 (75%) пацијената који имају једну КМ имају руптуру АЦЛ. Код пацијената са две КМ, 23 (85%) пацијента имају руптуру



АЦЛ. Што се тиче пацијената који имају 3 КМ, сви(100%) имају руптуру предње укрштене везе. Такође, постоји 11 пацијента који имају руптуру (потпуну или парцијалну) предње укрштене везе али немају КМ.

Анализирали смо и да ли су веће КМ код повреда АЦЛ од оних код којих нема повреда АЦЛ? За величину КМ, коришћена је дубина (други параметар у величини), и то три категорије дубине (до 10 mm, до 20 mm, преко 20 mm). Табела бр. 35. : Величина КМ код пацијената са руптуром АЦЛ (потпуна или парцијална) и без руптуре АЦЛ

| Дубина КМ   | Број пацијената СА руптуром предње укрштене везе | Број пацијената БЕЗ руптуре предње укрштене везе |
|-------------|--|--|
| до 10 mm    | 2  | 6  |
| до 20 mm    | 22   | 4  |
| преко 20 mm | 14   | 3  |
| без КМ      | 11   | 38   |
| Укупно      | 49   | 51   |

Чак 14 пацијената који имају руптуру предње укрштене везе (потпуну или парцијалну), имају КМ дубине веће од 20 mm, само 3 пацијента без руптуре имају КМ већу од 20 mm. Да би испитали да ли постоји статистички значајна разлика у броју пацијената према дубини КМ код пацијената код којих постоји лезија АЦЛ и, урађен је Хи квадрат тест ( $\chi^2$ ). Овим тестом је утврђена статистички значајна повезаност ( $\chi^2=27,274$ ,  $p=0,002$ ) и то у смислу да већина пацијената са лезијом АЦЛ има дубље КМ.

Табела бр. 36. : Хи квадрат тест значајности разлике дубине КМ и удружених лезија АЦЛ.

| Chi-Square Tests                      |               |                    |            |
|---------------------------------------|---------------|--------------------|------------|
|                                       | Вреднос<br>т  | Степени<br>слободе | Значајност |
| Pearson Chi-Square<br>Број пацијената | 27,274<br>100 | 2                  | 0,002      |

Из ове анализе можемо закључити да код већих преноса силе, при трауми колена, који изазивају велике и екстензивне, дубоке, КМ, чешће долази до лезија АЦЛ него код оних са налазом мањих, плићких, КМ.

Једно од питања на које смо тражили одговор у овој студији је и да ли кисинг КМ доминира код повреда АЦЛ. На основу тога ћемо знати која врста ротационе повреде је најзаступљенија код повреда АЦЛ.

Табела бр. 37. : Кисинг КМ и удруженост са руптуром АЦЛ

| Кисинг КМ | Број пацијената СА<br>руптуром АЦЛ | Број пацијената БЕЗ<br>руптуре АЦЛ | Укупно |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|--------|
| не        | 29                                 | 50                                 | 79     |
| да        | 20                                 | 1                                  | 21     |
| Укупно    | 49                                 | 51                                 | 100    |

Из претходне табеле може се видети да само један пацијент без руптуре АЦЛ има кисинг КМ. Да би се утврдило постојање статистички значајне разлике у броју пацијената са кисинг КМ у зависности од постојања руптуре АЦЛ урађен је Хи квадрат тест ( $\chi^2$ ). Овим тестом је утврђена статистички значајна разлика у броју

пацијената са кисинг КМ ( $\chi^2=37,783$ ,  $p=0,000$ ) и то у смислу да већина пацијената са лезијом АЦЛ има и кисинг КМ.

Табела бр. 38. : Хи квадрат тест значајности разлике броја кисинг КМ и руптуре АЦЛ.

|                                       | Вреднос<br>т  | Степени<br>слободе | Значајност |
|---------------------------------------|---------------|--------------------|------------|
| Pearson Chi-Square<br>Број пацијената | 37,783<br>100 | 1                  | 0,000      |

Из претходне анализе се може закључити да код трауме колена са налазом КМ и лезије АЦЛ доминира механизам трауме валгуса са унутрашњом ротацијом који се типично осликава налазом коштаних модрица на латералним коштаном структурама, а посебно кисинг коштаном модрицама.

Један од основних циљева рада је био да утврдимо учесталост и значајност удружености патолошких налаза лезије АЦЛ и лезије менискуса са налазима коштане модрице. Пошто смо у анализи МР колена имали више обележја посматрања, патолошких налаза меких ткива, све смо их уврстили у анализу у којој смо тумачили значај њихове удружености и учесталости удружености налаза са налазом коштане модрице.

Табела бр. 39. : Удруженост патолошких налаза меких ткива колена са налазом КМ и Хи квадрат тестом израчунати степен статистичке значајности те удружености.

| Патолошки налази меких ткива колена      | Број пацијената са налазом коштане модрице | Број пацијената без налаза коштане модрице | $\chi^2$ | Статистичка значајност |
|--|--|--|----------|------------------------|
| Ефузија                                  | 45   | 28   | 12,257   | 0,000**                |
| Руптура предње укрштене везе             | 32   | 2  | 38,325   | 0,000**                |
| Парцијална руптура предње укрштене везе  | 6  | 9  | 0,854    | 0,355                  |
| Лезија задње укрштене везе               | 3  | 1  | 0,960    | 0,327                  |
| Лезија медијалног менискуса              | 8  | 6  | 0,246    | 0,620                  |
| Лезија латералног менискуса              | 8  | 3  | 2,335    | 0,127                  |
| Лезија медијалног колатералног лигаментa | 25   | 14   | 4,392    | 0,036*                 |
| Лезија латералног колатералног лигаментa | 10   | 8  | 0,182    | 0,669                  |
| Лезија постеролатералног угла колена     | 11   | 8  | 0,446    | 0,504                  |
| Лезија тетиве квадрицепса                | 0  | 2  | 2,123    | 0,145                  |
| Лезија тетиве пателе                     | 2  | 9  | 5,327    | 0,021*                 |

Иако је скоро подједнак број испитаника са и без налаза коштане модрице, из претходне табеле може се уочити да су код ефузије утврђене статистички значајне разлике ( $\chi^2=12,257$ ,  $p=0,000$ ) у броју пацијената са и без налаза коштане модрице. Код 45 пацијената од 51 пацијента са налазом коштане модрице је дошло до ефузије, док је тај број много мањи код пацијената без налаза коштане модрице, укупно 28. Такође, када се ради о руптури предње укрштене везе, утврђена је статистички значајна разлика ( $\chi^2=38,3257$ ,  $p=0,000$ ) у броју пацијената

са и без налаза коштане модрице. До руптуре предњег укрштеног лигамента је дошло само код два пацијента без налаза коштане модрице.

Што се тиче лезије медијалног колатералног лигамента су утврђене статистички значајне разлике ( $\chi^2=4,392$ ,  $p=0,036$ ) у броју пацијената са и без налаза коштане модрице, другим речима да код пацијената са налазом коштане модрице чешћа је лезија медијалног колатералног лигамента. Ово се може тумачити већим бројем налаза КМ на латералним коштаном структурама где код трауме у валгус позицији са унутрашњом ротацијом страдају медијалне мекоткивне структуре.

Када се ради о лезији тетиве пателе, анализом је утврђена такође статистички значајна разлика ( $\chi^2=5,327$ ,  $p=0,021$ ) у броју пацијената са и без коштане модрице у смислу да је код пацијената без налаза коштане модрице чешће срећемо лезије тетиве пателе. То је и логичан налаз јер су тендинопатије, које обично срећемо као налаз на тетиви пателе, последица хроничног пренапрезања а не акутне трауме какву срећемо код налаза КМ.

Што се тиче налаза лезије менискуса и њихове удружености са налазом КМ није уочена статистичка значајност код удружености лезије менискуса у групи са КМ у односу на групу пацијената без КМ.

Табела бр. 40. : Удруженост лезије менискуса са налазом КМ и без налаза КМ.

| Лезија менискуса | КМ | без КМ | Укупно |
|------------------|----|--------|--------|
| не               | 35 | 40     | 75     |
| да               | 16 | 9      | 25     |
| Укупно           | 51 | 49     | 100    |

Из претходне табеле може се видети иако има 16 пацијената са лезијом менискуса који имају КМ и 9 који немају, Хи квадрат тестом ( $\chi^2$ ) није утврђена статистички значајна разлика ( $\chi^2=2,254$ ,  $p=0,133$ ) у броју пацијената који имају лезију менискуса и имају, односно немају КМ.

Табела бр. 41. : Хи квадрат тест значајности разлике налаза лезије менискуса са налазима са и без КМ.

Chi-Square Tests

|                                       | Вреднос<br>т | Степени<br>слободе | Значајност |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|------------|
| Pearson Chi-Square<br>Број пацијената | 2,254<br>100 | 1                  | 0,133      |

С'обзиром да је уочена значајна статистичка повезаност налаза коштане модрице удруженог са налазом лезија АЦЛ урадили смо анализу сензитивности и специфичности овакве удружености.

Треба испитати сензитивност и специфичност теста (променљива КМ) да раздвоји испитанике у две групе : они који имају лезију АЦЛ и они који немају лезију АЦЛ. Код неких случајева лезија је правилно класификована као позитивна (TP – True Positive), а код неких случајева лезија је класификована као негативна (FN = False Negative). Са друге стране, неки случајеви без КМ ће бити исправно класификовани као негативни (TN = True Negative), док ће неки случајеви без КМ бити класификовани као позитивни (FP = False Positive).

Табела бр. 42. : Сензитивност и специфичност КМ као дијагностичког средства за руптуру АЦЛ.

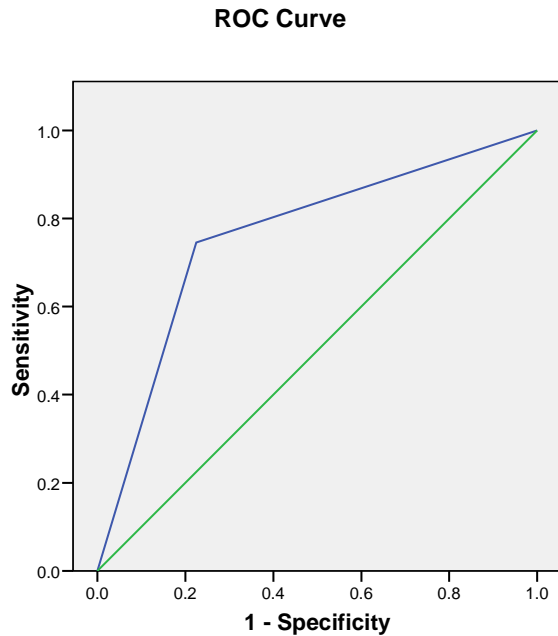
|        |                         | АЦЛ                |                    | Укупно |
|--------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------|
|        |                         | присутна<br>(true) | одсутна<br>(false) |        |
| КМ     | позитиван<br>(positive) | 38 (TP)            | 13 (FP)            | 51     |
|        | негативан<br>(negative) | 11 (FN)            | 38 (TN)            | 49     |
| Укупно |                         | 49                 | 51                 | 100    |

Сензитивност (вероватноћа да ће резултат теста бити позитиван када постоји лезија АЦЛ) =  $TP/(TP+FN) = 38/(38+11) = 0,777$

Специфичност (вероватноћа да ће резултат теста бити негативан када не постоји лезија АЦЛ) =  $TN/(TN+FP) = 38/(38+13) = 0,745$

Свеукупна тачност =  $(TP+ TN)/\text{Тотал} = (38+38)/100 = 0,76$

Графикон бр. 10. : Сензитивност и специфичност теста удружености налаза КМ и лезија АЦЛ.



Diagonal segments are produced by ties.

**Area Under the Curve**

Test Result Variable(s): acl

| Area | Std. Error <sup>a</sup> | Asymptotic Sig. <sup>b</sup> | Asymptotic 95% Confidence Interval |             |
|------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------|
|      |                         |                              | Lower Bound                        | Upper Bound |
| ,760 | ,050                    | ,000                         | ,663                               | ,857        |

The test result variable(s): acl has at least one tie between the positive actual state group and the negative actual state group. Statistics may be biased.

- a. Under the nonparametric assumption
- b. Null hypothesis: true area = 0.5

На основу свеукупне тачности, погодније је да је свеукупна тачност ближе 1, може се закључити да се постојање КМ може користити као тест за утврђивање постојања лезије АЦЛ.

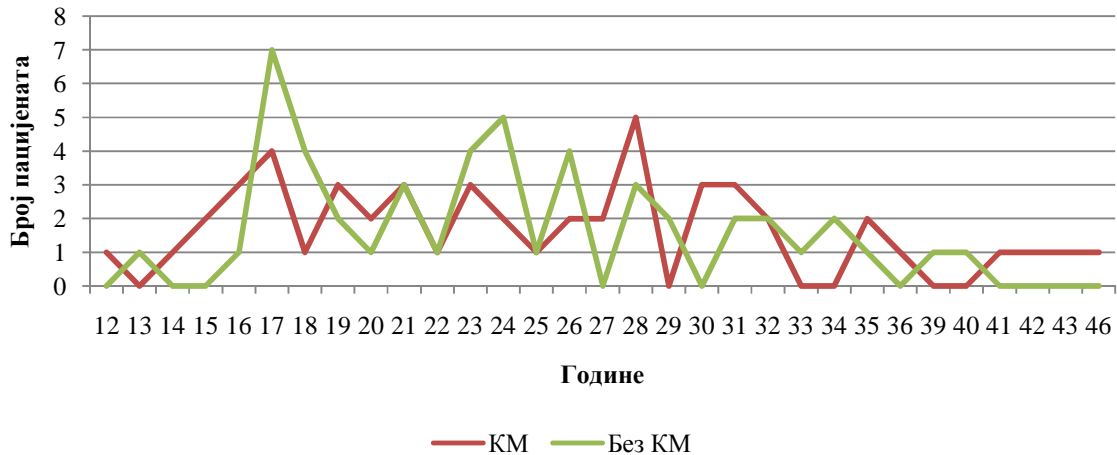


Анализирали смо и поделу по спортовима испитаника са траумом колена. Што се тиче анализе налаза КМ код акутне трауме колена по спортовима налаз је следећи. Када узмем у обзир врсту спорта и постојања коштане модрице добије се да атлетичари имају акутну трауму колена али да код њих нема коштане модрице. Такође, од 8 скијаша, из узорка код шест, је уочена коштана модрица. Висок проценат испитаника са коштаном модрицом је и код оних који тренирају фудбал и рукомет. Од 32 фудбалера чак 21 има налаз КМ а у рукомету од 7 испитаника, четири испитаника има КМ. Следећа табела то и показује.

Табела бр. 43. : Учесталост налаза КМ по врсти спортске активности при повреди.

| Спорт           | Укупан број испитаника | Број испитаника са коштаном модрицом | % испитаника са коштаном модрицом |
|-----------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| атлетика        | 3                      | -                                    | -                                 |
| борилачки спорт | 5                      | 2                                    | 40%                               |
| фудбал          | 32                     | 21                                   | 66%                               |
| кошарка         | 38                     | 15                                   | 39%                               |
| одбојка         | 5                      | 2                                    | 40%                               |
| рукомет         | 7                      | 4                                    | 57%                               |
| скијање         | 8                      | 6                                    | 75%                               |
| тенис           | 2                      | 1                                    | 50%                               |

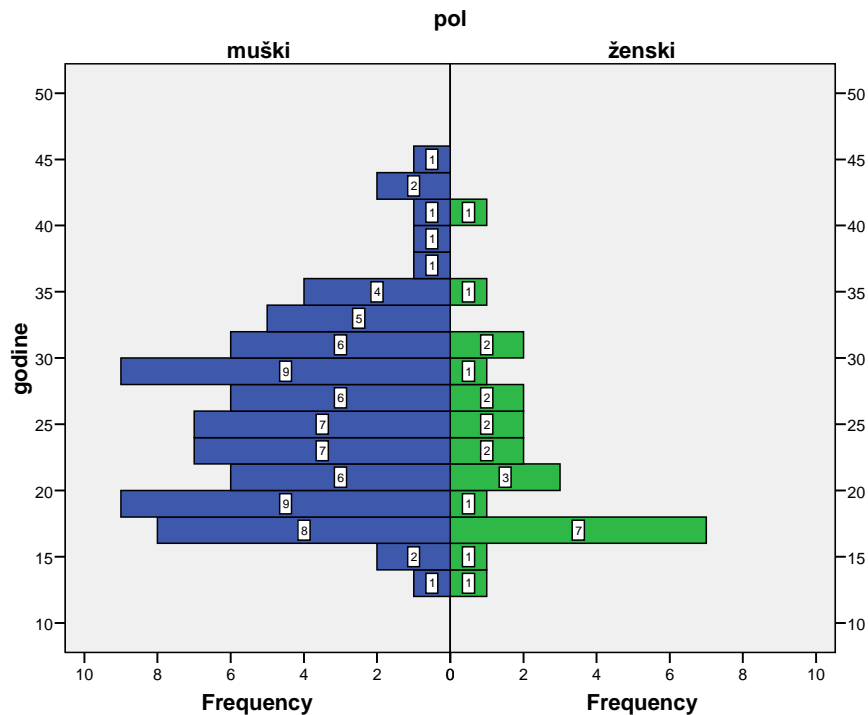
Графикон бр. 11. : Приказ броја испитаника са КМ и без КМ према броју година испитаника.



Уочена су два пика налаза КМ по старосној структури а то је у 17 години живота, и у 28 години живота. Пик налаза КМ у 17 години живота би се могао поклопити и са пиком трауме колена без налаза КМ али се зато следећи пик трауме колена без налаза КМ уочава са 24 године и не поклапа се са пиком од 28 година у којем налазимо већи број КМ.

У следећем графикону је направљена подела пикова инциденце старосне доби код мушкараца и код жена. Ту се уочава интересантан податак да је пик инциденце акутне трауме колена убедљиво највећи код жена у старосној доби око 17 година и да су оне тиме допринеле највишем пику налаза трауме колена са претходног графикона али и другом по висини пику акутне трауме колена са налазом КМ.

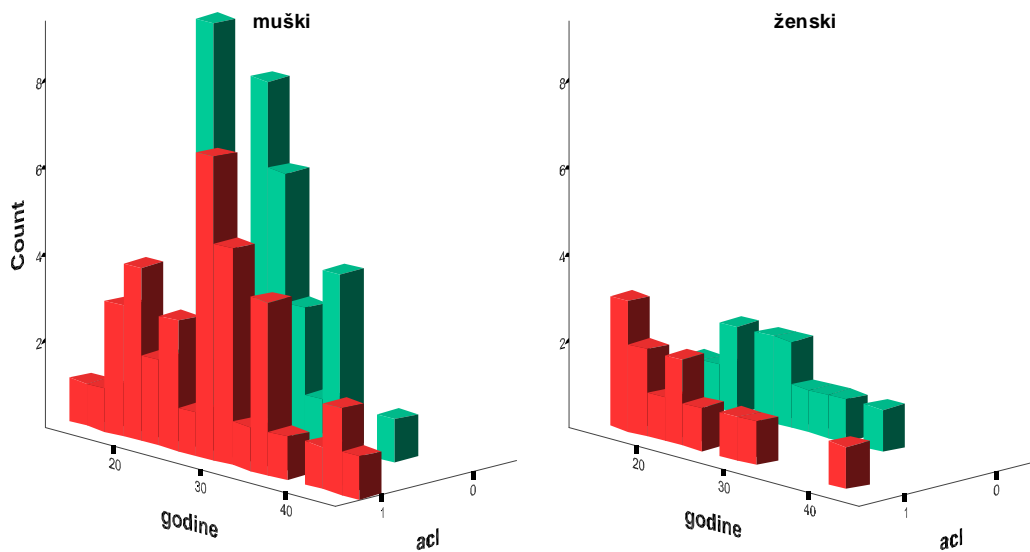
Графикон бр. 12. : Пикови инциденце старосне доби испитаника за мушкарце и жене.



Са претходног графикона се уочава да се највећи број повређених мушкараца јавио у старосној доби од 18 до 20 година и 28 до 30 година, по 9 испитаника. Потом у старосној доби 16 до 18 година 8 испитаника а у старосној доби од 22 до 24 и 24 до 26 година се јавило по 7 испитаника. У групи жена доминира група у старосној доби од 16 до 18 година у којој се јавило 7 испитаница.

На следећем графикану је приказана расподела година и постојања лезија АЦЛ за оба пола.

Графикон бр. 13. : Расподела година и постојања лезија АЦЛ за оба пола.



Из овог графикана се уочава да је пик лезија АЦЛ код мушкараца, спортиста, пре двадестете године а да је висок степен лезија АЦЛ и у периоду 24 и 26 година а потом и између 26 и 28 година. Код жена је степен лезија АЦЛ наглашен у периоду 16 до 18 година а потом је у периоду од 20 до 30 година следи нижи али исти ниво заступљености лезија АЦЛ. Иако је разлика у броју мушкараца и жена укључених у студију била велика па се компарација статистички није могла валидно извршити, једноставном анализом можемо потврдити да је од 24 прегледане жене руптуру АЦЛ

имало њих 11 а да је од 76 прегледаних мушкараца руптуру АЦЛ имало њих 27. То значи да је 45,8% повређених жена имало руптуру АЦЛ а да је исту повреду имало 35,5% мушкараца. У нашој студији је такође уочено да су лезије АЦЛ код жена биле доминантно у групи до 20 година. Прецизније, од 11 испитаница са руптуром АЦЛ чак 7 од укупно 10 их је било млађе од 20 година, две од укупно 7 у групи од 20 до 25 година и две од укупно 7 у групи старијој од 25 година. Код мушкараца се јављају два пика инциденце повреда АЦЛ, до 20 год. и од 25 до 30 год.

Табела бр. 44. : Време јављања на МР преглед у односу на време од настанка повреде и однос према налазу повреде АЦЛ.

| Време од повреде | Број пацијената СА руптуром (потпуном или парцијалном) АЦЛ | Број пацијената БЕЗ руптуре АЦЛ | Укупно |
|------------------|--|---------------------------------|--------|
| до 10 дана       | 25   | 19                              | 44     |
| од 10 до 20      | 10   | 18                              | 28     |
| преко 20 дана    | 14   | 14                              | 28     |
| Укупно           | 49   | 51                              | 100    |

Из претходне табеле се уочава да је највећа учесталост јављања испитаника са руптуром АЦЛ у првих 10 дана. У том периоду се јавило око 50% укупног броја пацијената са руптуром АЦЛ. У прериоду од 10 до 20 дана након повреде на преглед је долазио већи број испитаника без руптуре АЦЛ а у преиоду од више од 20 дана од настанка повреде на преглед је долазио једнак број испитаника са и без руптуре АЦЛ.

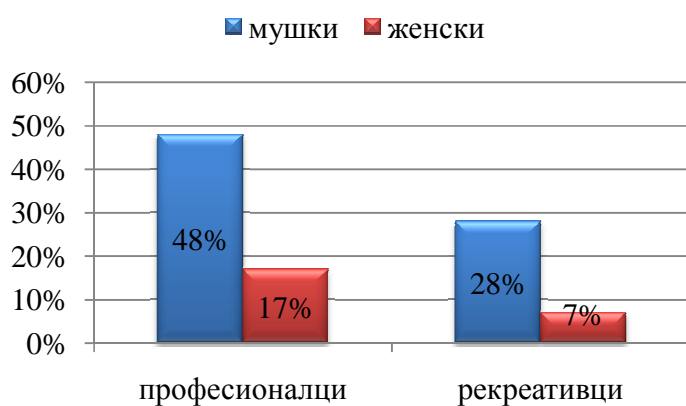
Табела бр. 45. : Време јављања на преглед у односу на време од настанка повреде по групама, професионалци и рекреативци, и однос према налазу повреде АЦЛ.

|               | Време од повреде | Број пацијената СА руптуром (потпуном или парцијалном) АЦЛ | Број пацијената БЕЗ руптуре АЦЛ | Укупно |
|---------------|------------------|--|---------------------------------|--------|
| професионалци | до 10 дана       | 16   | 17                              | 33     |
|               | од 10 до 20      | 5  | 14                              | 19     |
|               | преко 20 дана    | 5  | 8                               | 13     |
| рекреативци   | до 10 дана       | 9  | 2                               | 11     |
|               | од 10 до 20      | 5  | 4                               | 9      |
|               | преко 20 дана    | 9  | 6                               | 15     |
| Укупно        |                  | 49   | 51                              | 100    |

Из претходне табеле се може уочити да се професионални спортисти у већем броју јављају на преглед у првих 10 дана од повреде а нарочито је та разлика изражена код оних који имају повреду АЦЛ у односу на оне који је немају. Тако се 61% професионалних спортиста са повреом АЦЛ јавило на преглед у првих 10 дана а остали равномерно у следеће две етапе 10 до 20 дана и преко 20 дана од повреде. Што се тиче рекреативних спортиста они су се, са повредом АЦЛ, равномерно јављали у првих 10 дана од повреде као и у периоду од 20 дана након повреде, а најмање у периоду 10 до 20 дана од повреде.

Анализирали смо и колико је од укупног броја мушких и женских испитаника професионалних а колико рекреативних спортиста.

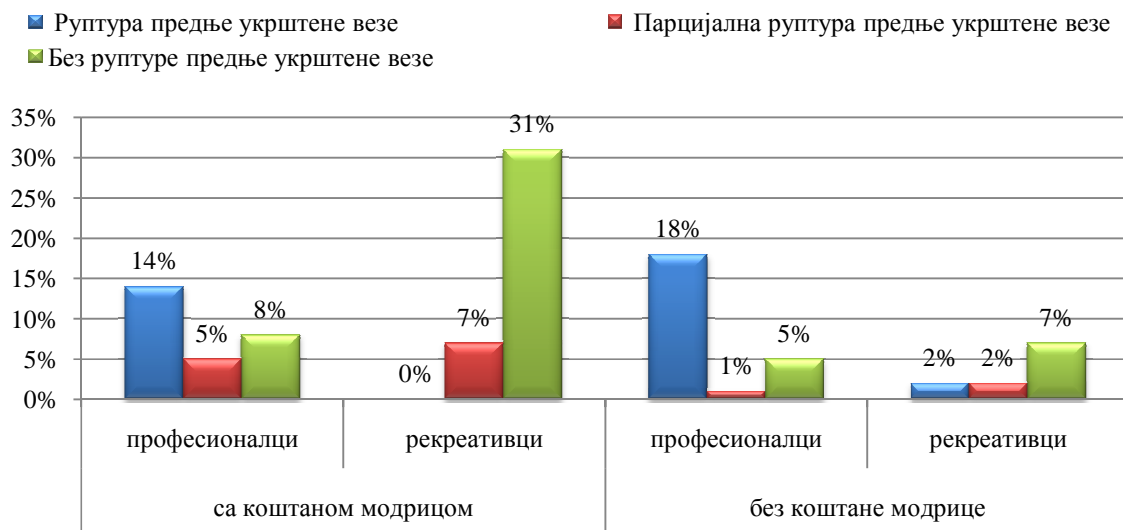
Графикон бр. 14. : Процент заступљености професионалних и рекреативних спортиста по полној разлици.



Са претходног графикона се уочава да је од укупног броја испитаника код мушкараца 48% испитаника професионалних спортиста а 28% рекреативних спортиста, док је код жена 17% професионалних и само 7% рекреативних спортиста.

Затим смо анализирали проценат заступљености налаза КМ и лезије АЦЛ код професионалних и код рекреативних спортиста.

Графикон бр. 15. : Удруженост налаза КМ и лезија АЦЛ код професионалних и рекреативних спортиста.





Табела бр. 45. : Заступљеност, у процентима, пацијената са КМ и лезијом АЦЛ код професионалних спортиста и рекреативних спортиста.

|   | професионалци        |                     | рекреативци          |                     | Укупно |
|---|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|
|   | са коштаном модрицом | без коштане модрице | са коштаном модрицом | без коштане модрице |        |
| Руптура предње укрштене везе            | 14%                  | 0%                  | 18%                  | 2%                  | 34%    |
| Парцијална руптура предње укрштене везе | 5%                   | 7%                  | 1%                   | 2%                  | 15%    |
| Без руптуре предње укрштене везе        | 8%                   | 31%                 | 5%                   | 7%                  | 51%    |
| Укупно                                  | 27%                  | 38%                 | 24%                  | 11%                 | 100%   |

Овде, да се не донесе погрешан закључак, треба водити рачуна о односу броја професионалаца у односу на рекреативце (65% у односу на 35%).

Од 51 испитаника који имају коштану модрицу, 27% испитаника су професионалци а 24% су рекреативци.

Ако посматрамо испитанике са налазом КМ, видимо да 19% испитаника који се професионално баве спортом имају КМ и лезију АЦЛ, такође овај проценат је исти и за рекреативце. На први поглед бисмо закључили да у истој мери долази до лезије АЦЛ без обзира да ли је у питању професионалац или рекреативац. Међутим, како узорак једних и других није једнак, него је 2 пута мање рекреативаца, можемо рећи да код рекреативаца, са акутном траумом колена при спорту, готово двоструко чешће долази до лезије АЦЛ.

## 5. ДИСКУСИЈА

Повреде колена су веома честе, нарочито при екстремним напрезањима, каква се срећу у спорту. Оне су, по правилу, болне и доводе до умањене функције колена. Неке од њих проузрокују трајну нестабилност коленог зглоба која последично доводи до нових повређивања и болних стања. Тако се тај зачарани круг стално понавља и, из повреде у повреду, погоршава. Прецизна анализа акутне повреде колена на прегледу магнетном резонанцом је услов за правилан и правовремен терапијски третман. Оваквим приступом се повређено колено пре враћа у нормалну функцију и предупређују се нове и нове повреде, које су иначе честе код неправилно санираних повреда колена. То је нарочито значајно код лица која се баве спортом, било професионално или рекреативно. Најзначајније, а доста честе, повреде су повреде мекоткивних структура : предњег укрштеног лигамента, колатералних лигамената и менискуса; које и највише утичу на стабилност и функцију колена. Такође прецизан МР налаз може бити значајан за предикцију дегенеративних пороцеса колена.

МР преглед колена је једини неинванзивни преглед који омогућава увид у структуру коштане сржи колена. МР анализа коштане сржи је веома сензитивна техника прегледа. Током скелетног развоја се хематопоеична срж мења у масну коштану срж, што је важно знати да би се избегли лажно позитивни налази. Код МР прегледа акутне трауме колена анализу коштане сржи, пре свега, усмеравамо на анализу налаза, позиције и величине посттрауматског едема коштане сржи, такозване коштане модрице. Све већа употреба МР прегледа акутно трауматизованог колена доводи и до све већег броја налаза КМ. Налаз КМ обично говори у прилог веома интензивној

трауми колена са, често, удруженим трауматским лезијама мекоткивних структура колена. Ипак, пошто је колено често место налаза абнормалног сигнала коштане сржи важно је знати одредити се између контузије и микрофрактуре изазване акутном траумом и осталих бројних варијетета који узрокују налаз сличан посттрауматском едему коштане сржи. Такви етиолошки фактори су пролиферација црвене коштане сржи, стрес, остеохондралне лезије, остеонекроза, синдром едема коштане сржи, артропатија, инфекција, Пеџетова болест и поремећај замене коштане сржи(52). Студије о значају и улози налаза КМ на МР прегледу код повреде колена су бројне и често са опречним ставовима. Постоји неколико праваца анализе значаја коштане модрице код трауме колена. Анализе су најчешће ишле у правцу откривања посттрауматског налаза и колапса кортикалне кости и хрскавице испод КМ, те каснијег развијања дегенеративних промена испод КМ.

Први је коштану модрицу на МР прегледу идентификовао, као самосталан ентитет, Минк 1987. године(61). Након тога је прошло неколико година док нису раздвојени у две групе коштане модрице и окултне фрактуре(62). Валет је 1991. године дефинисао пет типова модрица на основу њиховог облика и односа са кортексом кости : ретикуларне, географске, линеарне, импакционе и остеохондралне.

Географске лезије се налазе близу ивице коштане кости док се ретикуларне шире пут коштане сржи. Импакционе фрактуре показују депресиону лезију, степеник, зглобне површине а остеохондралне фрактуре комуникацију коштане модрице са зглобним простором.

Окултне фрактуре, у које спадају Валетове импакционе и остеохондралне КМ, се обично не уочавају на конвенционалним радиографијама, а на МР приказима су врло сличних карактеристика као и остале коштане модрице, с тим да код окултних фрактура постоји прекид континуитета кортекса или остеохондралне површине.

Конвенционалне радиографске технике су лимитиране у приказивању коштане сржи. Тако је анализа карактеристика коштане сржи, нарочито коштаних модрица, базирана на МР прегледима. Нормални сигнал коштане сржи је на МР исти као и сигнал субкутане масти. Тако да даје висок интензитет сигнала у конвенционалним Т1, а средњи на Т2 секвенцама. На МР прегледу је коштана модрица представљена фокалним абнормалним сигналом коштане сржи кондила фемура или тибидјалних платоа. Уочава се као смањење интензитета сигнала у Т1 и појачање интензитета сигнала у Т2 секвенци. Интензитет сигнала КМ је већи код Т2 секвенце са супресијом масти али је наглашено већи код инверзионе секвенце, као што је СТИР код које долази до гушења сигнала масти(63).

Избор секвенце за МР преглед акутно трауматизованог колена је од великог значаја, како за анализу мекоткивних тако и за анализу коштаних структура. У раду који је испитивао сензитивност МР прегледа на свињском моделу колена(64) уочено је да се коштана модрица може видети и након 1 сат од трауме а да су ФС Т2 секвенца и СТИР сензитивније за приказ КМ од Т1 секвенце.

Ипак, не треба код анализе КМ занемарити анализу Т1 секвенце која је супериорна за приказивање окултних фрактура. Оне се у Т1 секвенци приказују као фрактурне линије, лезије, ниског интензитета сигнала а на радиографијама се тешко или никако

не приказују(65). Такође је T1 секвенца, веома корисна за анализу каснијих компликација на субхондралној кости као и самој хрскавици испод КМ (66).

Разлике у инциденци налаза коштане модрице се могу заснивати и на разлици у сензитивности изабраних секвенци при прегледу трауматизованог колена. Ранијих година је техника МР прегледа колена доминантно рађена у T1 и ПД секвенци па су и Минк и Валет коштане модрице анализирали у T1 секвенци. У неким савременијим студијама је T1 секвенца, такође била секвенца избора за анализу КМ. У оваквим студијама је инциденца КМ била мања него у студијама у којима је КМ анализирана у ФС T2 или СТИР секвенци. На пример у раду Винкен и остали(67), из 2006. године, су код 664 пацијента са траумом колена нађене КМ код 124 пацијента што је 18,7%. У овој студији КМ нису анализирани у СТИР секвенци што је највероватније узрок мањег процента налаза посттрауматских коштаных модрица.

У нашој студији је СТИР секвенца показала статистички значајну разлику у степену видљивости КМ у односу на T1 секвенцу. Уочено је да је у 70,6% случајева боља видљивост КМ СТИР секвенцом него T1 секвенцом. Осим тога, од укупног броја од 85 КМ уочених СТИР секвенцом њих 25 (29,4%) није уочено на снимцима у T1 секвенци. Такав налаз убедљиво потврђује став да је најбоља диференцијација коштане модрице у СТИР секвенци, у којој је сигнал нормалне масне коштане сржи значајно супримиран а коштане модрица је бљештеће појачаног интензитета сигнала(68.69). Таква промена интензитета сигнала је великим делом условљена посттрауматским коштаным едемом који је само једна од патохистолошких компоненти коштане модрице.

На основу патохистолошке анализе коштане модрице је уочен различит степен промена у субхондралној кости и у зглобној хрскавици(62. 66). Бројне су студије које су анализирале промене у субхондралној кости и хрскавици изнад КМ и већина их упућује на касније формирање бројних дегенеративних промена у тим структурама.

У раду Џонсон и остали је уочено да око 80% налаза КМ бива удружено са лезијом АЦЛ али и да је дошло до формирања остеохондралне лезије испод КМ. Сви пацијенти су имали сигнификантне артроскопске и хистолошке промене на хрскавици као и субхондралној кости. Зглобна хрскавица је била омекшала, фисурирана и пукнута а хистолошки дегенерисаних и некротичних хондроцита и са губитком протеогликана. Постојала је и некроза осеоцита у субхондралној кости као и празне лакуне. Интересантно је да је у хистопатолошком налазу коштаных модрица, које су у медицинском речнику веома често помињане и као посттрауматски едем коштане сржи, нађен веома мали степен едема а да су доминирали налази фиброзе, остеонекрозе и интензивног коштаног ремоделирања као резултат контузије и коштаных микрофрактура. На основу рађених биопсија хрскавице и субхондралне кости на латералном феморалном кондилу сугерисано је да постоје оштећења у субстанци нормалне хрскавице и субхондралне кости (70). Слични су налази и у студији Тиријаји и остали из 2008. године где је хистолошка евалуација, на основу биопсије кости у пределу коштане модрице, показала присуство микрофрактура трабекуларне кости, едем и крвављење у масној коштаног сржи. Између интактних ламела трабекуларне кости су уочени и фрагменти хијалине хрскавице мешани са значајно фрагментираним коштаным гредицама (71). Слични су налази нађени и 10 годна пре

ове студије у студији Рангер и остали где је субхондрално крвављење кореспондирало са налазом КМ на МР снимцима (72).

Експерименталне студије које су користиле појединачно импакционо оптерећење су, такође, доказале хондроцитну смрт, а мењање механичких својстава хрскавице објашњава и истањење субхондралне кости. Овакви су подаци подршка за мишљење да су коштане модрице прекурсор раних дегенеративних промена. Због тога је препоручено да се код пацијената са тежим налазом коштаных модрица продужи време опоравка и одложи повратак у тренинг са пуним оптерећењем, да би се на тај начин превенирали будући колапси субхондралне кости и будуће погоршање посттрауматских лезија зглобне хрскавице (73).

Микрофрактуре, као акутна посттрауматска стања субхондралне трабекуларне кости, су вероватни узрок каснијих импакција на феморалним кондилима или тибијалном платоу. С` друге стране терапијски изазване микрофрактуре се користе као терапијско средство код већ формираних посттрауматских остеохондралних лезија. Оне се терапијски формирају бушењем рупа у субхондралној кости и то је једна од најчешћих репаративних процедура за оштећену хрскавицу. Ефекат репарације се постиже преко мултипотентних стем ћелија коштане сржи (74.75.76).

О значају трабекуларне архитектуре је много више писано за проксимални фемур, посебно код остеопоротске фрактуре, него за дистални фемур и проксималну тибију. Студије трабекуларног распореда кондила фемура и тибијалног платоа су у последње

време, већином, рађене микро ЦТ и микро МР снимањима. Овакве студије су указале на дебљину, густину и распоред трабекуларних коштаних гредица. На основу микроархитектуре коштаних гредица је заправо уочен прецизан правац преноса силе преко коленог зглоба.

У нашој студији је анализирана и дубина налаза коштане модрице која се може корелирати са дубином епифизних тибијалних плоча и феморалних кондила. На тибијалним кондилима је дубина КМ сезала до 20мм а на феморалним кондилима до 30мм. Овакви дијаметри су у корелацији са морфометријским мерењима коштаних структура колена. У раду Бисон и Гурске је нађено да је највиши дијаметар латералног кондила фемура био до 35 mm у антериорном делу (77). Ипак, код КМ тибијалних платоа се чешће уочава да сигнал коштане модрице прелази са епифизне плоче и на проксимални део дијафизе тибије, него што је то случај код кондила фемура. Такође је уочено да је већина КМ на тибијалним платоима била правоугаоног облика у короналној пројекцији а да су КМ на латералном кондилу фемура углавном конусног облик у сагиталној а често и короналној пројекцији. Блага конусна форма трабекуларних гредица тибијалних платоа које су усмерене ка централној оси оба кондила се некада, врло дискретно уочава на аксијалним снимцима. Овакав форма налаза КМ на епикондилима одговара распореду трабекуларних структура које су у тибијалној кости правлино мрежасто распоређене да апсорбују силу притиска, равномерно на целу површину, али и са радијалном мрежом од периферије ка центру тибијалних платоа(78). На кондилу фемура се трабекуле радијално шире из



замишљене осе пут руба кондила па се и КМ, најчешће, осликава у таквој радијалној форми, са широком базом субкортикално и врхом према центру кондила.

С'обзиром да је морфолошки, основини патолошки, налаз коштане модрице митротрабекуларна фрактура онда је логично да је у регији КМ дошло до смањења коштане чврстине. У студијама које анализирају посттрауматско колено је уочено да је у великом броју случајева дошло до мањег деформитета конусне форме кондила испод саме КМ. Овакво трауматско нарушавање микроархитектонике трабекуларне кости би могао бити и један од проблема код реконструкције АЦЛ јер се онда пласирани коштани канал кроз латераелни кондил фемура налази унутар или изнад компромитоване коштане структуре. Осим што је овакво мишљење потврђено рутинским налазима постоперативног едема око тунела у латералном кондилу, нису рађене специфичне микро ЦТ или микро МР студије које би вршиле овакву анализу (79). У будућим студијама би било интересантно анализирати значај налаза микрофрактура коштаных гредица, код налаза КМ на увећање коштаног канала, приликом чијег се пласирања стварају и нове микрофрактуре, у латералном кондилу фемура.

У раду Битберг и остали је формирана скала дубине патолошкох посттрауматских налаза у дубину феморалних кондила изнад оштећене хрскавице. Формирано је 5 региона од којих је најплићи, суперфицијални слој а потом следе слојеви дубине око 10мм : површни, дубоки, екстензивни и генерализовани који се простире преко епифизно-дијафизне линије.

Слика бр. 7. : Скала дубине налаза КМ по Битбергу (80).



У нашој студији је већи број КМ био дубоко и екстензивно лоцираних у латералном кондилу фемура али је за реални степен микрофрактура у дубину кондила неопходно урадити студије са микро ЦТ и микро МР снимцима.

Ако узмемо у обзир патохистологију трауматских и дегенеративних процеса коштане модрице, као и време трајања налаза КМ, анализирано у бројним студијама, и уочимо да су највеће КМ у нашој студији биле лоциране у латералном кондилу фемура, онда је упутно размислити о правцу пласирања коштаног тунела кроз трауматизовани латерални кондил код оперативне реконструкције АЦЛ. Такође би било упутно анализирати време у којем се јављају први знаци редукције КМ ради одређивања оптималног времена оперативног решавања руптуре АЦЛ. Овакав став би могао сугерисати да се при оперативном решавању руптуриране АЦЛ, са налазом великих КМ у латералном кондилу фемура, треба избећи пласирање коштаног канала у регији КМ, јер је тај део кости угрожен редукцијом коштане густине и коштане чврстине. Осим тога, за претпоставити је да, треба да се сачека извесно време док се, макар делимично, не санирају лезије на микрофрактурираном трабекуларном коштаном

систему. За оптималну процену санационих процеса трабекуларних микрофрактура, као објективни налази могли би се користити микро МР или микро ЦТ налази а не налаз КМ на МР који је високо сензитиван али нема потврђену специфичност за процену микрофрактура. При томе треба имати у виду да су у нашој студији КМ највећег дијаметра по правилу биле лоциране у латералном кондилу фемура кроз који се обично позиционира коштани канал при операцији АЦЛ. У нашој студији је 35 КМ било лоцирано у латералном кондилу фемура искључиво изнад предњег рога латералног менисуса антериорно и у средњој трећини кондила. Ове КМ су биле убедљиво највеће у односу на остале локације налаза КМ. Од укупно 35 КМ њих 19 је било величине до 30 mm и више, екстензивне и генерализоване по Битбергу(80) што је 54,3% од укупног броја у латералном кондилу фемура. Укупно 15 их је било величине до 25 mm, дубоке по Битбергу, а једна је била величине мање од 20 mm.

У будуће би било интересантно анализирати могућности дијагностике опоравка посттравматске микротрабекуларне фрактуре, као и њен значај на евентуално постоперативно проширење коштаног канала. С`обзиром да је ПТХ веома ефикасан у терапији остеопорозе, као једини лек који се даје због директне стимулације остеобластене изградње, а који одлично утиче управо на трабекуларну кост, било би интересантно анализирати системску или локалну примену овакве терапије на микрофрактуре код налаза КМ. Ефекти овакве терапије би се могли пратити микро ЦТ или микро МР снимањима, а по постизању адекватне коштане густине и чврстине могла би се урадити оперативна реконструкција АЦЛ са пласирањем коштаног канала кроз чвршћу коштану структуру латералног кондила фемура.

Пратећи литературу која анализира трабекуларну структуру феморалних кондила и тибјалних платоа наилазимо и на новији значајан рад из 2011. године, који анализира трабекуларну структуру тибјалних епифиза и дијафизе код дуготрајне имобилизације. То је рад Цервинка и остали који је испитивао одговор коштане структуре на дуготрајни опоравак у кревету. У том раду је рађен периферни квантитативни ЦТ код 25 младих здравих мушкараца и то три пута : пре симулације деведесетодневног опоравка, строгог лежања, у кревету; непосредно после „опоравка“; а онда и годину дана потом. На контролном прегледу после годину дана нису заостале промене у специфичним секторима у губитку коштане масе (81).

Коштана модрица је анализирана и као узрочник бола у акутно трауматизованом стању колена. На основу патохистолошких налаза коштане модрице и хрскавице испод ње се сматрало да је коштана модрица и један од узрочника акутног болног стања колена. У том смислу сугерисао је налаз лезије хрскавице уз коштану модрицу код које је хистопатолошки налаз указао на утицај трауме на метаболизам хрскавице. Судија Накамеа и остали налази, хистопатолошки, дегенерацију и некрозу хондроцита уз губитак протеогликана у хрскавици а због микрофрактура у трабекуларној кости препоручује продужени опоравак код пацијената са КМ, да би се спречили поновни колапси субхондралне кости који би изазвали даље погоршање стања у већ оштећеној хрскавици(73.82.83.84). Дуго су на ту тему владала опречна мишљења. У раду из 2000 године, Џонсон и остали, су компарирани две групе од по 20 пацијената, једна са руптуром АЦЛ а без КМ а друга са руптуром АЦЛ и са налазом КМ. Пацијенти су

праћени једном недељно у току 4 недеље од повреде. Пацијенти са коштаном модрицама су се спорије опорављали од оних без коштане модрице. Ова студија је потврдила резултате ранијих клиничких и хистопатолошких студија показујући да је присуство коштаног модрица клинички сигнификантно (85). Тако је и у студији Винкен и остали (67) рађеној на 664 пацијента уочено да се у првих 6 месеци спорије опорављају пацијенти са КМ од оних без налаза КМ.

У раду из 2007. године, Бокс и остали који је рађен на 123 пацијента, је нађено да је налаз КМ удружен са благо повишеним скором бола али да је разлика била веома мала и статистички несигнификантна и клинички нерелевантна(86). У раду из 2011, Скопек и остали, је проспективно праћена група од 17 пацијената са руптуром АЦЛ и коштаном модрицама колена. Њима је МР преглед колена урађен непосредно након трауме и након 2 недеље, 1 месец и 2 месеца након трауме. Пацијенти су пријављивали степен бола сваког дана. За сваки МР преглед је калкулисан волумен КМ и градиран њен интензитет сигнала. Студија је приказала редукцију бола за око 50% за 2 недеље након повреде а у то време су анализирани вредности КМ биле на максимуму. Приказан је сигнификантан однос између бола и волумена и интензитета сигнала КМ на медијалном тибјалном платоу, као и бола и волумена КМ на латералном феморалном кондилу. Пацијенти са КМ на медијалном платоу тибје и пацијенти са лезијом менисуса су имали већи бол. Ово је сугерисало да су бол и умањена функција колена након акутне руптуре АЦЛ вероватније у вези са мекоткивним повредама и повредама хрскавице а не са налазом коштане модрице(87). У нашем раду смо уочили да је степен видљивости КМ у првих месец

дана у односу на величину КМ без значајнијих промена. То је и очекивано с обзиром да се ради о врло кратком периоду и о налазу такозваних акутних траума колена.

Овакво мишљење, да КМ није асоцирана са симптомима бола, је подржано и у великој студији, Дун и остали из 2010. Године, рађеној на 525 пацијената са руптуром АЦЛ од којих је 419 (80%) имало налаз КМ(88).

Како је субхондрална кост густо инервисана, и поред неколико великих студија које говоре у прилог томе да КМ не корелира са клиничким налазом бола, и даље остаје велика могућност да фокална коштана патологија може изазвати неуропатију код акутне трауме колена са налазом КМ. Томе у прилог иде и анализа бола код остеоартритиса, Софат у часопису Rheumatology из 2012. год., где се наводи да је механизам бола код остеоартритиса комплексан и проузрокован некартилагинозним структурама као што су синовија, кост и мека ткива(89). Ово због тога што је хрскавица аваскуларна и анеурална структура. Соматосензорни систем започиње рецепторима бола који леже у кожи, органима и мишићима и који се могу активирати покретом, притиском и хемијском реакцијом. Пошто коштана модрица настаје акутно после дејства снажне силе на кост то, с обзиром на богату инервацију субхондралне кости, можемо очекивати да она утиче на акутно болно стање. Није реално очекивати, с обзиром на пластичност мозга у односу на стимулусе бола и на немогућност покрета у регији КМ и ублажене притиске, захваљујући менискусима и хрскавици, на КМ да КМ буде узрочних бола и у каснијим периодима. Евентуални узрочник бола у каснијим, субакутним, фазама, би могла бити хемијска реакција изазвана некрозом чији би степен требало испитати у каснијим фазама постојања КМ.

Ако се на овај начин размисли о патофизиологији бола онда је врло лако прихватити претпоставку да КМ мора да је један од чинилаца болног стања код акутне трауме колена али да то не мора бити и у субакутној и у хроничној фази. Такође је из претходног могуће закључити да величина КМ није пресудна за интензитет бола јер се рецептори за бол налазе у субхондралној кости, већ да је значајнија бројност налаза КМ која говори у прилог интензивној трауми и најчешће је удружена са више мекоткивних лезија колена, које и саме посеби представљају доказане узрочнике болног стања. Овоме у прилог може говорити и резултат анализе обележја посматрања у нашем раду где је сигнификатно висок степен удружености налаза КМ и лезија меких ткива колена, пре свега хемартротичне ефузије, потом лезија АЦЛ и лезија МЦЛ.

Патогенеза едема коштане сржи који карактерише коштану модрицу је углавном везана за акутне повреде колена али се могу уочити и налази едема коштане сржи, коштане модрице, без јасне историје за повреду колена(90). Овакве налазе у пракси најчешће срећемо код млађих лица са валус или валгус позицијом колена, и оне представљају отисак вектора силе код неправилно позиционираног колена. Промене налик на едем коштане сржи које су последица честих понављаних траума, на пример дуготрајна војна обука, а не снажне акутне трауме колена, нису типична коштана модрица и пре би се могле сматрати стрес фрактуром и клинички су болна стања(90). У диференцијално дијагностичком смислу су коштаном модрицама колена најсличније промене налик на едем коштане сржи код остеоартритиса (ОА) које су за разлику од КМ прогресивне и временом се шире, услед процеса трабекуларног ремоделовања, и

појачавају разлику у интензитету сигнала у односу на нормални сигнал коштане сржи(91). Овакве промене су дегенеративне а не акутне посттрауматске и значајно повећавају ризик од тоталне артропластике колена за разлику од пацијената који их немају(92). Коштана модрица колена, по неким студијама, траје 6 до 12 недеља(9). По другим, новијим, студијама траје 12 до 14 недеља(10), што је значајно више него што је раније сматрано, а по неким студијама и више од годину дана (93) па и до две године после трауме (94.36).

Овакве налазе потврђује и најновија студија из 2007. Године, где је у студији Бокс и остали, на групи од 80 пацијената, праћено укупно 157 коштаних модрица у току једне године у периодима од 3 недеље после трауме, па 10 недеља па 6 месеци и на крају на годину дана од трауме. Од почетних 80 пацијената са коштаним модрицама након годину дана је 22 пацијента још имало налаз коштаних модрица(95). Разлог за овакву прогресију у времену трајања код налаза посттрауматске коштане модрице колена пре свега би требало тражити у модернизацији и сензитивности МР опреме, а пре свега у употреби секвенци са супресијом масти и инвезионим временом опоравка које су убедљивије у приказивању едема коштане сржи. Поготово ако се зна да су у почетку, у периоду откривања КМ, оне биле анализиране само у Т1 секвенци. Такође је степен тежине повреде колена могуће одредити по бројности и величини налаза КМ па ће се оне веће и бројније КМ спорије повлачити од оним мањих и солитарних КМ. Коштане модрице које су удружене са посттрауматским лезијама унутрашњих структура колена се спорије повлаче од изолованих, самосталних коштаних модрица(95.96).



Најновијим студијама се указује на то да промене налик на едем коштане сржи, уочене на МР прегледу, патохистолошки чине бројне нетипичне хистолошке промене и да едем није главни чинилац добијеног интензитета сигнала код пацијената са остеоартритисом(97) али да је присутан и значајан је фактор формирања патолошког сигнала код пацијената са акутном траумом колена(10.40). И поред тога је чешћа употреба првобитног термина, едем коштане сржи, и поред новијег термина, промене налик на едем коштане сржи.

Лезије зглобне хрскавице су такође, често, посттрауматске етиологије. У великој студији из 2007. године, Џонсон-Нурс и остали, у покровној хрскавици, уз коштану модрицу, су нађене дегенеративне промене укључујући и некрозу, а у коштаном матриксу губитак протеогликана и различити степени остеоцитне некрозе (98). Тридесет три до 58% лезија зглобне хрскавице су резултат трауматског механизма повреде (98). Повреде зглобне хрскавице могу бити последица велике трауме, какву срећемо код налаз КМ, или репетитивних малих траума (99.100.101). Овакве студије сугеришу да КМ могу бити удружене са раним дегенеративним променама у хрскавици непосредно испод коштане трауме. Такви налази су научна подлога за даља испитивања касних компликација коштане модрице, као што је посттрауматски артритис (102.103.104.105).

Осим бројних студија које говоре у прилог касним компликацијама остеохондралног сегмента испод КМ наилазимо и на студије које су другачијег става. На пример у студији Ханипсиак и остали, која је рађена на групи од 54 пацијената код којих је урађена оперативна реконструкција АЦЛ, а од којих је 44 контролисано након 12 година од првобитне трауме колена. У овој студији су све првобитно уочене КМ биле

неуочљиве након 12 година а првобитно уочене остеохондралне лезије нису биле од значаја по процени *the International Knee Documentation Committee score* (106).

Локација и величина коштане модрице обично указују и на механизам трауме колена. Анализом вектора силе код трауме можемо последично анализирати и очекиване удружене лезије колена (104.107.108). Постоји пет различитих механизма трауме колена који дају специфичне шаблоне едема коштане сржи. То су : повреда увртањем, повреда директним ударцем, хиперекстензиона повреда, повреда укљештењем и латерална пателарна дислокација.

Од неконтактних повреда које доводе до кидања лигамената најзначајнији су механизми абдукције, флексије и унутрашње ротације; аддукције флексије и спољашње ротације; хиперекстензије; и антеропостериорне дислокације. Од њих је најчешћи механизам повреде абдукција, флексија и унутрашња ротација фемура у односу на тибију, такозвана спољња ротација колена, која доводи до КМ на латералним коштаном контурама а од меких ткива страдају медијални колатерални лигамент, предњи укрштени лигамент и менискус. Наравно да сваки пут не страдају сви ови елементи, зависно од јачине силе која делује на колено.

Раније студије функције колена су углавном вршене на кадаверичним коленима али се употребом магнетне резонанце могу вршити и студије функције колена на живим испитаницима које се користе, пре свега, за израду превентивних програма за трауму колена. Таква студија функције колена је и, *in vivo* рађена тродимензионална анализа Шин и остали која потврђује да је највећа сила притиска при оваквом механизму

трауме на постериорном-латералном делу латералног платоа тибије код модела код којег је комбинован максимум валгуса са тибијалном унутрашњом ротацијом(109). Налаз ове студије потврђује и наш налаз где је највећи број КМ био лоциран у латералним структурама колена а које су у великом броју биле велике па чак и екстензивне. У студији Колинс и остали су нашли да присуство КМ у латералном делу повећава специфичност и позитивни прогностички значај у детерминисању повреде АЦЛ(110).

У студији Каплан и остали је више од 50% коштаних модрица било лоцирано у латералним структурама колена. Само два случаја си била са регионом модрице наглашенијим у медијалном делу колена. Налаз КМ на постериорном делу медијалног тибијалног платоа је био 100% удружен са алазом руптуре АЦЛ (111). Овакав налаз стопроцентне удружености лезије АЦЛ и КМ на постериорном делу медијалног тибијалног платоа је идентичан са нашим налазом у претходној студији, урађеној на 120 пацијената са траумом колена, из 2011. године(112). У актуелној студији је код 9 пацијената уочена КМ на постериорном делу медијалног тибијалног платоа а њих 8 је имало и удружену руптуру АЦЛ. Овакав налаз КМ на постериорном делу медијалног тибијалног платоа се, по Каплановој претпоставци, уочава као последица контракуп повреде постериорне трећине медијалног кондила фемура.

Пошто је КМ отисак посттравматских удара или авулзија изазваних неправилним векторима силе код дислокације и увртања колена, обично је удружена и са повредама мекоткивних структура колена. Налаз КМ говори у великом интензитету

трауме а дистрибуција КМ о типу повреде колена. Ако употребом СТИР секвенце повећамо поузданост налаза КМ тиме ћемо добити поузданију процену тежине трауме колена. На тај начин могуће је повећати поузданост МР прегледа колена и усмерити пажњу на очекиване, удружене, повреде мекоткивних структура колена.

У нашој студији смо одредили фреквенцу налаза КМ код акутне спортске трауме колена и учесталост удружености налаза КМ са осталим мекоткивним лезијама колена, пре свега са АЦЛ и менискусима.

Нема велики број студија које су анализирале инциденцу коштаних модрица код акутне повреде колена(104. 113.114) Неке од њих говоре да је инциденца коштане модрице 20% Лунцх(11), 27% Терзидис(114) до 60% Аткинсон(115). Код нас је 51% пацијената са акутном траумом колена имало и коштану модрицу колена. Наша је студија дизајнирана тако да смо анализирали степен присуства коштане модрице код акутне повреде колена и њену удруженост са повредама унутрашњих структура колена, пре свега АЦЛ и меникуса. Анализирали смо комбиноване посттрауматске лезије коштане сржи, АЦЛ и меникуса, као значајне за формирање каснијих патолошких налаза остеоартрозе.

Ретке су студије које су као основни параметар истраживања поставили КМ па онда поредили учесталост осталих налаза са тим параметром. Једна од таквих је Аткинсон и остали, која је рађена као ретроспективна кохортна студија, на државном универзитету у Мичигену од 1997 до 2001 године. Код 19% од 1546 пацијената је уочена КМ без удружености са лезијом меникуса или лигамената. Код оних са

менисколигаментозним удруженим повредама, прегледаним у првих месец дана од трауме, фреквенца налаза КМ је била 60%. Код пацијената прегледаних у периоду 4 до 10 недеља фреквенца налаза КМ је била 42% , а фреквенца налаза КМ од 36% је била код групе пацијената прегледане у периоду 10 до 26 недеља после трауме. Фреквенца КМ је зависила од налаза удружених лезија а највећа фреквенца је била код лезија АЦЛ где је 78% пацијената имало и налаз КМ(115).

Постоје бројне студије које су фокусирале пажњу на удруженост лезије АЦЛ са коштаном модрицама. Готово све ове студије су анализирале удруженост коштане модрице са налазом лезије предње укрштене везе, полазећи од налаза лезије ЛЦА као примарног за студију.

У нашем случају је удруженост коштане модрице са лезијом АЦЛ износила 75%, што је више него у студији Дејвис и остали(10) где је удруженост била 67%. Ову студију издвајам као значајну јер је МР преглед колена рађен два пута. У студији Лунцх(11) је инциденца коштане модрице била 20%, а удруженост са АЦЛ руптуром 77%. У студији Валет и остали која је рађена на 120 пацијената у првих месец дана од трауме је фреквенца налаза КМ удружених са лезијама АЦЛ била 79%(116). Сличну инциденцу, 78% удружености коштане модрице и лезије ЛЦА, налазимо у студији Атконсон(115) у групи пацијената са акутном траумом колена у првих месец дана од трауме.

У смислу повећања поузданости налаза лезије АЦЛ код пацијената са налазом КМ говори и податак да је у нашој студији код пацијената са две КМ степен удружености са лезијом АЦЛ растао на 85%, а да је степен удружености налаза КМ код пацијената са три КМ и лезијом АЦЛ износио 100%.

У анализи лезија менискуса, под појмом лезија менискуса, подразумевамо све патолошке налазе које на МР посттрауматски, уочавамо на меникусима, како руптуре, тако и дегенеративне промене и посттрауматске промене. Разматрање појма МР карактеристика посттрауматске контузионе повреде менискуса уводи Котхран(117). Од значаја је нагласити постојање сумње на лезију менискуса која осим што може бити узрочник акутног болног стања и смањене функције колена такође може бити и узрочник каснијег остеоартитиса(118). Свакако смо код млађих спортиста имали у виду да је могуће добити лажну слику расцепа менискуса услед приказивања васкуларних структура менискуса које се уочавају код млађих на МР прегледу. Мали је број студија које су анализирале удруженост повреде менискуса са коштаном модрицама. Већи број студија је анализирао удруженост лезије менискуса са руптуром АЦЛ и ту су налази веома различити. Удруженост налаза руптуре АЦЛ и расцепа менискуса је у тим студијама од 41% до 82%(119.120.121). У најновијој студији која је анализирала удруженост расцепа менискуса са руптуром АЦЛ, Килкојн и остали, из 2012. године, рађеној на великој групи од 10 419 кадета Војне академије УСА, са спортском повредом колена, је 39,6% младих спортиста имало налаз удружености расцепа менискуса и руптуре АЦЛ(123).

У нашој студији није нађена сигнификантна удруженост налаза КМ и лезије менискуса. Могући разлог за то је да је група испитаника била веома млада, просечне старосне доби од 25 година и са строго поштованим принципом да се у студију уврсте само испитаници са првом клинички сигнификантном и болном траумом колена.

Спорт представља врло популарну и важну активност у савременом друштву. У студији из 1997. Године која је рађена у North American Youth Sports Institute око 40 милиона младих партиципира у спорту. Од тога је око 63 до 73 процената мушкараца а само 26 до 37 процената су жене(124). Сличан је резултат полне заступљености и у нашој студији где је 76% испитаника било мушког пола а само 24% женског пола.

Што се тиче поделе по спорту, и овде налазимо мали број студија које анализирају посттрауматски налаз коштане модрице. Уопштено је у студији Аткинсон и остали нађено да је 39% повреда колена настало при спортским активностима, при активностима у домаћинству 59% и 1% у саобраћајним удесима. При томе је код спортских активности највећи број коштаных модрица пронађен код оних који су се повредили на скијању и фудбалу(115). У нашој студији су анализирани испитаници искључиво са повредама колена задобијеним при спортским активностима. Што се тиче врсте спорта, најзаступљенији су испитаници који се баве кошарком (38%) и фудбалом (32%). Затим следе испитаници који се баве скијањем (8%), рукометом (7%), одбојком и борилачким спортовима (5%), атлетиком (3%) и тенисом (2%).

Занимљиво је да када узмемо у обзир врсту спорта и постојања коштане модрице добије се да атлетичари, где доминира праволинијско кретање, имају акутну трауму колена али да код њих нема коштане модрице. А са друге стране, од 8 скијаша из узорка код шест је уочена коштана модрица. Висок проценат испитаника са модрицом је и код оних који тренирају фудбал и рукомет. За фудбал можемо имати објашњење да их има највише па је логично да највећи проценат са коштаном модрицом, али у рукомету од 7 испитаника, четири их има КМ. Нашом анализом је потврђено

мишљење бројних анализа да су учесталије лезије колена код спортова са наглим заустављањима, променама правца и ротацијама око једне ноге, тзв. пивотирањем. Што се тиче дистрибуције повреда колена по полу ту је број студија значајнији и углавном усмерен на већу инциденцу спортске трауме колена код жена у односу на мушкарце. У студији Сигел и остали су повреде АЦЛ чешће код жена него код мушкараца. По њиховом мишљењу разлог за то су различити анатомски фактори(125). У студији Шулц и Шмит је рађена анализа морфологије тибиијалних платоа и на основу тога је, такође, закључено да би анатомска конституција женског колена могла бити разлог за чешће повреде АЦЛ код жена(126). Разлог за овакву учесталост лезија АЦЛ код жена у односу на мушкарце у студији Хаугхом и остали је, између осталог, и то што жене имају већу ротаторну покретљивост коленог зглоба него мушкарци(127). Од 1996. године, када су пронађени рецептори за естрогене и прогестерон у АЦЛ-у је урађен велики број студија које анализирају везу хормона и велике инциденце повређивања АЦЛ код жена. Најчешће је анализиран ниво естрогена и фаза менструалног циклуса и њихов значај код руптуре АЦЛ. И овде су мишљења опречна, па на пример у студији Варден и остали се каже да естрогени хормони не утичу на механичку чврстину лигамената колена(128). У студији Грифин и остали је речено да нема доказа који би препоручили модификацију активности или рестрикцију спортских активности за жене у било које време током менструалног циклуса(129). Са друге стране у експерименталној студији Хатори и остали рађеној на зечевима је закључено да естрогени повећавају еластичност лигамената па могу бити један од патогенетских фактора за учесталије руптуре АЦЛ од жена(130).



Овакав налаз, већег броја лезија АЦЛ код жена у односу на мушкарце би се могао потврдити и у нашој студији, иако је разлика у броју мушкараца и жена била велика па се компарација статистички не може валидно извршити. Једноставном анализом можемо потврдити да је од 24 прегледане жене руптуру АЦЛ имало њих 11 а да је од 76 прегледаних мушкараца руптуру АЦЛ имало њих 27. То значи да је 45,8% повређених жена имало руптуру АЦЛ а да је исту повреду имало 35,5% мушкараца. Ова разлика, ипак, није тако велика као што се анализира и литератури где се помиње да је учесталост руптуре АЦЛ код жена већа и за 2 до 6 пута него код мушкараца. Готово сви горе поменути радови препоручују значајнији превентивни рад на спречавању лезија АЦЛ и остављају велики простор за даља испитивања(131).

У специфичној подели по спортовима опет налазимо велики број студија које компарирају патолошке налазе на АЦЛ код мушкараца и код жена.

У студији Валден и остали из 2011. Године је уочено да је код Шведских жена фудбалера учесталост лезија АЦЛ двоструко већа него код мушкараца фудбалера али и да је време повреда АЦЛ у ранијем животном добу код жена него код мушкараца(132). У нашој студији је такође уочено да су лезије АЦЛ код жена у нашој групи биле доминантно у групи до 20 година. Тачније, од 11 испитаница са руптуром АЦЛ чак 7 их је било млађе од 20 година, две у групи од 20 до 25 година и две у групи старијој од 25 година. Код мушкараца се јављају два пика инциденце повреда АЦЛ, до 20 год и од 25 до 30 год.

Овакво груписање повреда АЦЛ код девојака до 20 година би могло бити последица и великих физичких захтева који се стављају пред њих а недовољно развијене мишићне

масе. Један од радова који даје наду да правилан рад на превенцији и јачању мишићне масе код жена даје добар учинак је и рад Виола и остали. Ова је студија рађена од 1991 до 1997 године на 7155 професионалних скијаша, патроле и инструктори, у току рада-скијања, од чега 4537 мушкараца и 2618 жена. Инциденца руптуре АЦЛ код мушкараца је била 4,2 на 100 000 дана скијања а код жена је инциденца руптуре АЦЛ била 4,4 на 100 000 дана скијања. Ово је прва оваква студија на строго контролисаној популацији где је нађена слична инциденца руптура АЦЛ код мушкараца и код жена(133).

У прилог ставу да адекватна физичка припрема и правилна техника представља један од основа превенције повређивања у спорту, па и тешких траума колена са налазима КМ и руптуром АЦЛ, говори и наш налаз учесталости повреда код рекреативних и професионалних спортиста. У студији је било 65% професионалних и 35% рекреативних спортиста. Ако посматрамо испитанике са налазом КМ, видимо да 19% испитаника који се професионално баве спортом имају КМ и лезију АЦЛ, такође овај проценат је исти и за рекреативце. На први поглед бисмо закључили да у истој мери долази до лезије АЦЛ без обзира да ли је у питању професионалац или рекреативац, међутим како узорак једних и других није једнак, него је 2 пута мање рекреативаца, можемо рећи да код рекреативаца готово два пута чешће долази до лезије АЦЛ.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Главни циљ рада је био да евалуира степен удружености коштане модрице са посттрауматским повредама предњег укрштеног лигамента и менискуса.

Да бисмо остварили тај задатак прво смо морали утврдити разлику у дијагностичкој моћи СТИР и Т1 секвенце па на основу супериорније дијагностичке секвенце утврдити инциденцу КМ код акутне трауме колена. Да би смо утврдили да ли постоје статистички значајне разлике у утврђивању видљивости коштаных модрица код испитаника помоћу ове две методе коришћен је непараметријски Вилкоксон тест. Овим тестом је утврђено да постоји статистички значајна разлика између метода Т1 и СТИР секвенце.

1. Непараметријским Вилкоксон тестом утврђена је статистички значајна разлика између Т1 и СТИР секвенце, а бољу видљивост коштане модрице даје СТИР секвенца.
2. На основу налаза КМ код акутне трауме колена регистрованог у СТИР секвенци смо утврдили да је инциденца појаве КМ при спортској повреди колена, у нашој групи испитаника, износила 51%.
3. Укупно је регистровано 85 КМ од којих 69, 81,1%, на латералним коштаным структурама, 14, 16,5%, на медијалним а две КМ, 2,3%, на патели. На основу оваквог налаза јасно је да је број КМ на латералним коштаным структурама већи него на медијалним.

4. Од 51 пацијента са КМ чак 32 (63%) имају руптуру предње укрштене везе. Хи квадрат тестом утврђена је статистички значајна разлика ( $\chi^2 = 38,3257$ ,  $p=0,000$ ) у броју пацијената са и без налаза коштане модрице.

5. што се тиче лезија менискуса, иако има 16 пацијената са лезијом менискуса који имају КМ и 9 који немају, Хи квадрат тестом ( $\chi^2$ ) није утврђена статистички значајна разлика ( $\chi^2=2,254$ ,  $p=0,133$ ) у броју пацијената који имају лезију менискуса и имају, односно немају КМ.

6. Учесталост налаза КМ код акутне трауме колена, по спортовима, је била највећа код скијања 75%, потом рукомета 66% и фубала 57%.

Овим радом је потврђена прва хипотеза да ћемо употребом СТИР секвенце пронаћи сигнификантно више КМ него у Т1 секвенци. То говори да је СТИР секвенца прецизнија од Т1 секвенце за откривање КМ.

Магнетном резонанцом акутно трауматизованог колена, уз употребу СТИР секвенце, пронашли смо сигнификантно више повреда предњег укрштеног лигамента код пацијената са налазом КМ него код пацијената без налаза КМ. Анализом сензитивности и специфичности, као и свеукупне тачности налаза КМ као помоћног дијагностичког средства за руптуру АЦЛ може се закључити да присуство КМ, код акутне трауме колена, повећава специфичност и позитивни прогностички значај у детерминисању повреде АЦЛ.

Магнетном резонанцом акутно трауматизованог колена, уз употребу СТИР секвенце, нисмо пронашли сигнификантно више повреда менискуса код пацијената са налазом КМ него код пацијената без налаза КМ.

Анализом дистрибуције КМ пронашли смо сигнификантно више КМ латералних коштаних структура него медијалних коштаних структура што говори да код снажнијих траума колена, које узрокују КМ, доминира повреда у позицији валгуса са унутрашњом ротацијом.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Donaldson PR. Does generalized joint hypermobility predict joint injury in sport? A review. *Clin J Sport Med.* 2012 Jan;22(1):77-8.
2. Alonso JM, Tscholl PM, Engebretsen L, Mountjoy M, Dvorak J, Junge A. Occurrence of injuries and illnesses during the 2009 IAAF World Athletics Championships. *Br J Sports Med.* 2010 Dec;44(15):1100-5.
3. Spiegler M. Knees have no warranties. *Am Demogr.* 1995; 17(7):20-22.
4. Gelber AC, Hochberg MC, Mead LA, Wang NY, Wigley FM, Klag MJ. Joint injury in young adults and risk for subsequent knee and hip osteoarthritis. *Ann Intern Med.* 2000; 133(5):321-328.
5. Deutsch AL, Mink JH. Magnetic resonance imaging of musculoskeletal injuries. *Radiol Clin North Am.* 1989; 27(5):983-1002.
6. Graf BK, Cook DA, De Smet AA, Keene JS. "Bone bruises" on magnetic resonance imaging evaluation of anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1993; 21(2):220-223.
7. Rangger C, Kathrein A, Freund MC, Klestil T, Kreczy A. Bone bruise of the knee: histology and cryosections in 5 cases. *Acta Orthop Scand.* 1998; 69(3):291-294.
8. Costa-Paz M, Muscolo DL, Ayerza M, Makino A, Aponte-Tinao L. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy.* 2001; 17(5):445-449.
9. Miller MD, Osborne JR, Gordon WT, Hinkin DT, Brinker MR. The natural history of bone bruises: as prospective study of magnetic resonance imaging-detected trabecular

- microfractures in patients with isolated medial collateral ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1998; 26(1):15-19.
10. Davies NH, Niall D, King LJ, Lavelle J, Healy JC. Magnetic resonance imaging of bone bruising in the acutely injured knee short-term outcome. *Clin Radiol.* 2004; 59(5):439-445.
  11. Lynch TC, Crues JV, III, Morgan FW, et al. Bone abnormalities of the knee: prevalence and significance at MR imaging. *Radiology* 1989; 171:761-766.
  12. Rabi II, Zacharias JR, Millman S, Kusch P. A new method of measuring nuclear magnetic moment. *Phys Rev* 1938; 53: 318.
  13. Bloch, F., Hansen, W. W., and Packard, M. Nuclear Induction. *Phys.Rev.* 1946; 69, 127.
  14. Purcell E M, Torrey HC, Pound RV. Resonance absorption by nuclear magnetic moments in solid. *Phys.Rev.* 1946; 69, 37-38.
  15. Singer RJ. Blood-flow rates by NMR measurements. *Science* 1959; 130: 1652-1653.
  16. Damadian R. Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science.* 1971 Mar 19;171(976):1151-3.
  17. Damadian R, Minkoff L, Goldsmith M, Stanford M, Koutcher K. Field focusing nuclear magnetic resonance (FONAR): visualization of a tumor in a live animal. *Science* 1976; 194: 1430-1432.
  18. Damadian R, Goldsmith M, Minkoff L. NMR in cancer: XVI. Fonar image of the live human body. *Physiol Chem Phys* 1977; 9: 97-100.
  19. Lauterbur PC. Image formation by induced local interactions: examples employing nuclear magnetic resonance. *Nature*, 1973 ; 242: 190-191.

20. Grannell PK, Mansfield P. Microscopy in vivo by nuclear magnetic resonance. *Phys Med Biol* 1975; 20: 477-482.
21. Garroway AN, Grannell PK, Mansfield P. Image Formation in NMR by a Selective Irradiative Process. *J Phys C* 1974; 7: L457-462.
22. <http://www.imaios.com/en/e-Courses/e-MRI/MRI-Sequences/inversion-recovery-stir-flair>
23. [http://www.revisemri.com/questions/pulse\\_sequences](http://www.revisemri.com/questions/pulse_sequences)
24. Woodward P. *MRI for technologists* (2nd ed.). (2001). New York: McGraw-Hill.
25. [http://en.wikipedia.org/wiki/Knee#cite\\_note-Platzer-212-21](http://en.wikipedia.org/wiki/Knee#cite_note-Platzer-212-21)
26. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U. *General Anatomy and Musculoskeletal System (THIEME Atlas of Anatomy)* (2006) 398-399.
27. Platzer, Werner (2004). *Color Atlas of Human Anatomy, Vol. 1: Locomotor System* (5th ed.). Thieme. pp.206–213.
28. Iwaki H, Pinskerova V, Freeman MA. Tibiofemoral movement 1: the shapes and relative movements of the femur and tibia in the unloaded cadaver knee. *J Bone Joint Surg Br.* 2000 Nov;82(8):1189-95.
29. Freeman MA, Pinskerova V. The movement of the knee studied by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 2003 May;(410):35-43. + Johal P,
30. Williams A, Wragg P, Hunt D, Gedroyc W. Tibio-femoral movement in the living knee. A study of weight bearing and non-weight bearing knee kinematics using 'interventional' MRI. *J Biomech.* 2005 Feb;38(2):269-76.
31. Giotis D, Tsiaras V, Ristanis S, Zampeli F, Mitsionis G, Stergiou N, et al. Knee braces can decrease tibial rotation during pivoting that occurs in high demanding activities. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2011;19(8):1347-54.



32. Gardner E., O'Rahilly R. The early development of the knee joint in staged human embryos. *J. Anat.* (1968), 102, 2, pp. 289-299
33. Wang Y, Wei L, Zeng L, He D, Wei X. Nutrition and degeneration of articular cartilage. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Apr 4. [Epub ahead of print]
34. Mononen ME, Mikkola MT, Julkunen P, Ojala R, Nieminen MT, Jurvelin JS, Korhonen RK. Effect of superficial collagen patterns and fibrillation of femoral articular cartilage on knee joint mechanics—A 3D finite element analysis. *J Biomech.* 2012 Feb 2;45(3):579-87. Epub 2011 Nov 30.
35. Shirazi R, Shirazi-Adl A. Computational biomechanics of articular cartilage of human knee joint: effect of osteochondral defects. *J Biomech.* 2009 Nov 13;42(15):2458-65.
36. von Engelhardt LV, Kraft CN, Pennekamp PH, Schild HH, Schmitz A, von Falkenhausen M. The evaluation of articular cartilage lesions of the knee with a 3-Tesla magnet. *Arthroscopy.* 2007 May;23(5):496-502.
37. Hayter C, Potter H. Magnetic resonance imaging of cartilage repair techniques. *J Knee Surg.* 2011 Dec;24(4):225-40.
38. Beaman FD, Peterson JJ. MR imaging of cysts, ganglia, and bursae about the knee. *Radiol Clin North Am.* 2007 Nov;45(6):969-82, vi. Review.
39. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume* 1985, 67(2):257-262
40. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Mar;14(3):204-13.

41. Katouda M, Soejima T, Kanazawa T, Tabuchi K, Yamaki K and Nagata K. Relationship between thickness of the anteromedial bundle and thickness of the posterolateral bundle in the normal acl. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2011;19(8):1293-8.
42. Chwaluk A, Ciszek B. Anatomy of the posterior cruciate ligament. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2008 Jan-Feb;10(1):1-11. Review.
43. Zhu J, Zhang X, Ma Y, Zhou C, Ao Y. Ultrastructural and Morphological Characteristics of Human Anterior Cruciate Ligament and Hamstring Tendons. *Anat Rec (Hoboken)*. 2012.
44. Murlimanju BV, Nair N, Kumar B, Krishnamurthy A, Gupta C, Chethan P. Clinically oriented morphometric study of medial and lateral menisci of the knee joint in adult cadavers. *Clin Ter.* 2012 Mar;163(2):105-8.
45. Nishikawa H, Imanaka Y, Sekimoto M, Hayashida K, Ikai H. Influence of verification bias on the assessment of MRI in the diagnosis of meniscal tear. *Am J Roentgenol* 2009;193:1596-602.
46. Atanacković. M. Patologija kostiju i zglobova. Beograd, Naučna Knjiga. 1990; 3-12.
47. Caetano-Lopes J, Canhão H, Fonseca JE. Osteoblasts and bone formation. *Acta reumatológica portuguesa* 2007; 32 (2): 103–108.
48. Kanis JA: Remodelling of bone. In: Kanis JA: Osteoporosis, Blackwell Science Ltd 1994; p 25-8.
49. Teitelbaum SL. Bone Resorption by Osteoclasts. *Science* 2000; 289(5484). 1504-1508.
50. Singh M, Nagrath AR, Maini PS. Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52:457–67.

51. Mareš T. Geometry and internal structure of thigh bone. *Bulletin of Applied Mechanics* (2006), 7, 141–150.
52. Fowkes LA, Toms AP. Bone marrow oedema of the knee. *Knee*. 2010 Jan;17(1):1-6.
53. <http://sph.sagepub.com/content/2/5/398/T1.expansion.html>
54. Siegel MJ, Luker GG. Bone marrow imaging in children. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 1996 Nov;4(4):771-96. Review.
55. Bhagat YA, Rajapakse CS, Magland JF, Love JH, Wright AC, Wald MJ, Song HK, Wehrli FW: Performance of  $\mu$ MRI-based virtual bone biopsy for structural and mechanical analysis at the distal tibia at 7T field strength. *J Magn Reson Imaging*. 2011 Feb; 33(2):372-81.
56. Magland JF, Rajapakse CS, Wright AC, Acciavatti R, Wehrli FW: 3D fast spin echo with out-of-slab cancellation - A technique for high-resolution structural imaging of trabecular bone at 7 Tesla. *Magnetic Resonance in Medicine* 2010. 63: 719-727.
57. Wright AC, Lemdiasov R, Connick TJ, Bhagat YA, Magland JF, Song HK, Toddes SP, Ludwig R, Wehrli FW. (2011) Helmholtz-pair transmit coil with integrated receive array for high-resolution MRI of trabecular bone in the distal tibia at 7 T. *J Mag Reason* 210(1); 113-122.
58. Chang G, Pakin SK, Schweitzer ME, Saha PK, Regatte RR. Adaptations in trabecular bone microarchitecture in Olympic athletes determined by 7T MRI. *J Magn Reson Imaging*. 2008 May;27(5):1089-95.
59. Wald MJ, Magland JF, Rajapakse CS, Wehrli FW. (2011) Predicting trabecular bone elastic properties from measures of bone volume fraction and fabric on the basis of micro magnetic resonance images. *Magn Reson Med*. 2012.68(2):463-73.

60. Mellado JM, Ramos A, Salvadó E, Camins A, Calmet J, Saurí A. Avulsion fractures and chronic avulsion injuries of the knee: role of MR imaging. *Eur Radiol*. 2002. 12(10):2463-73.
61. Mink JH, Reicher MA, Crues IH. (eds). *Magnetic resonance imaging of the knee*. New York : Raven 1987.
62. Vellet AD, Marks PH, Fowler PJ, Murno TG. Occult post-traumatic osteochondral lesions : Prevalence, classification and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology*. 1991; 178 : 271-6.
63. Arndt WF 3rd, Truax AL, Barnett FM, Simmons GE, Brown DC. MR diagnosis of bone contusions of the knee: comparison of coronal T2-weighted fast spin-echo with fat saturation and fast spin-echo STIR images with conventional STIR images. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 166(1): 119–24.
64. Blankenbaker DG, De Smet AA, Vanderby R, McCabe RP, Koplín SA. MRI of acute bone bruises: timing of the appearance of findings in a swine model. *AJR Am J Roentgenol*. 2008. 190(1):W1-7.
65. Allen GM. Dark T1 Bone Marrow Semin *Musculoskelet Radiol* 2011; 15: 247-256.
66. Choi YS, Potter HG, Chun TJ. MR Imaging of Cartilage Repair in the Knee and Ankle. *Radiographics*. 2008.28(4):1043-59. Review.
67. Vincken PW, Ter Braak BP, van Erkel AR, Coerkamp EG, Mallens WM, Bloem JL. Clinical consequences of bone bruise around the knee. *Eur Radiol* 2006; 16(1): 97–107.
68. Mayerhoefer ME, Breitsenseher MJ, Kramer J, Aigner N, Norden C, Hofmann S. STIR vs. T1-weighted fat-suppressed gadolinium-enhanced MRI of bone marrow edema of the knee: computer-assisted quantitative comparison and influence of injected contrast media volume and acquisition parameters. *J Magn Reson Imaging*. 2005 Dec;22(6):788-93.

69. Aigner N, Meizer R, Meraner D, Becker S, Radda C, Landsiedl F. Tapping test in patients with painful bone marrow edema of the knee. *Clin J Pain* 2008; 24(2): 131–4.
70. Johnson DL., Urban WP., David Jr N., Caborn M., Vanarthos WJ., Carlson CS.. Articular Cartilage Changes Seen With Magnetic Resonance Imaging-Detected Bone Bruises Associated With Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture *Am J Sports Med* May 1998 26 409-414
71. Thiryayi WA, Thiryayi SA, Freemont AJ. Histopathological perspective on bone marrow oedema, reactive bone change and haemorrhage. *Eur J Radiol.* 2008. 67(1):62-7. 72. Rangger C, Kathrein A, Freund MC, Klestil T, Kreczy A. Bone bruise of the knee: histology and cryosections in 5 cases. *Acta Orthop Scand.* 1998. 69(3):291-4.
73. Nakamae A, Engebretsen L, Bahr R, Krosshaug T, Ochi M. Natural history of bone bruises after acute knee injury: clinical outcome and histopathological findings. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(12):1252-8.
74. Smith GD, Knutsen G, Richardson JB. A clinical review of cartilage repair techniques. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:445–449.
75. Mithoefer K, Williams RJ 3rd, Warren RF, et al. The microfracture technique for the treatment of articular cartilage lesions in the knee: a prospective cohort study. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87: 1911–1920.
76. Alparslan L, Winalski CS, Boutin RD, Minas T. Postoperative magnetic resonance imaging articular cartilage repair. *Semin Musculoskelet Radiol* 2001;5:345–363.
77. Bisson LJ, Gurske-DePerio J. Axial and sagittal knee geometry as a risk factor for noncontact anterior cruciate ligament tear: a case-control study. *Arthroscopy.* 2010 Jul;26(7):901-6.

78. Moglo K.E., Shirazi-Adl A., Biomechanics of passive knee joint in drawer : load transmission in intact and ACL-deficient joints. 2003. *Knee*, vol. 10, pp. 265-276
79. Smolinski P, O'Farrell M, Bell K, Gilbertson L, Fu FH. Effect of ACL reconstruction tunnels on stress in the distal femur. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Apr 18. [Epub ahead of print]
80. Brittberg M., Winalski C.S. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg*. 2003; 85: 58-69.
81. Cervinka T, Rittweger J, Hyttinen J, Felsenberg D and Sievanen H. Anatomical sector analysis of load-bearing tibial bone structure during 90-day bed rest and 1-year recovery. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 2011;31(4):249-57.
82. Donohue JM, Buss D, Oegema TR Jr, Thompson RC Jr. The effects of indirect blunt trauma on adult canine articular cartilage. *J Bone Joint Surg Am* 1983; 65:948–957.
83. Fang C, Johnson D, Leslie MP, Carlson CS, Robbins M, Di Cesare PE. Tissue distribution and measurement of cartilage oligomeric matrix protein in patients with MRI-detected bone bruises after acute anterior cruciate ligament tears. *J Orthop Res* 2001;19:634–641.
84. Mankin HJ. The response of articular cartilage to mechanical injury. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64:460–466.
85. Johnson DL, Bealle DP, Brand JC Jr, Nyland J, Caborn DN. The effect of a geographic lateral bone bruise on knee inflammation after acute anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*. 2000 Mar-Apr;28(2):152-5.

86. Boks SS, Vroegindeweyj D, Koes BW, Bernsen RM, Hunink MG, Bierma-Zeinstra SM. Clinical consequences of posttraumatic bone bruise in the knee. *Am J Sports Med.* 2007 Jun;35(6):990-5.
87. Szkopek K, Warming T, Neergaard K, Jørgensen HL, Christensen HE, Krogsgaard M. Pain and knee function in relation to degree of bone bruise after acute anterior cruciate ligament rupture. *Scand J Med Sci Sports.* 2011 Apr 8. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01297.x. [Epub ahead of print]
88. Dunn WR, Spindler KP, Amendola A, Andrish JT, Kaeding CC, Marx RG, McCarty EC, Parker RD, Harrell FE Jr, An AQ, Wright RW, Brophy RH, Matava MJ, Flanigan DC, Huston LJ, Jones MH, Wolcott ML, Vidal AF, Wolf BR; MOON ACL Investigation. Which preoperative factors, including bone bruise, are associated with knee pain/symptoms at index anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR)? A Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) ACLR Cohort Study. *Am J Sports Med.* 2010 Sep;38(9):1778-87.
89. Sofat N, Ejindu V, Kiely P. What makes osteoarthritis painful? The evidence for local and central pain processing. *Rheumatology (Oxford).* 2011 Dec;50(12):2157-65.
90. Thein R, Schweitzer ME, Diprimio G, Shabshin N. MRI appearance of presumed self-inflicted trauma in the knees of military recruits. *Orthopedics.* 2012 May;35(5):e691-6.
91. Hempfling H, Bohndorf K, Roemer F. [Acute, traumatic versus chronic cartilage lesions as terms of a medical expert's opinion]. [Article in German] *Z Orthop Unfall.* 2008 May-Jun;146(3):381-91.

92. Scher C, Craig J, Nelson F.. Bone marrow edema in the knee in osteoarthritis and association with total knee arthroplasty within a three-year follow-up. *Skeletal radiology* 2008;37(7):609-17.
93. Sanders TG, Medynski MA, Feller JF, Lawhorn KW. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics* 2000; 20(Suppl 1): S135–51.
- acutely injured knee--short-term outcome. *Clin Radiol.* 2004 May;59(5):439-45.
94. Roemer FW, Bohndorf K. Long-term osseous sequelae after acute trauma of the knee joint evaluated by MRI. *Skeletal Radiol.* 2002 Nov;31(11):615-23.
95. Boks SS, Vroegindeweij D, Koes BW, Bernsen RM, Hunink MG, Bierma-Zeinstra SM. MRI follow-up of posttraumatic bone bruises of the knee in general practice. *AJR Am J Roentgenol.* 2007 Sep;189(3):556-62.
96. 38. Frobell RB, Le Graverand MP, Buck R, Roos EM, Roos HP, Tamez-Pena J, et al. The acutely ACL injured knee assessed by MRI: changes in joint fluid, bone marrow lesions, and cartilage during the first year. *Osteoarthritis Cartilage.* 2009 Feb;17(2):161-7.
97. Zanetti M, Bruder E, Romero J, Hodler J. Bone marrow edema pattern in osteoarthritic knees: correlation between MR imaging and histologic findings. *Radiology.* 2000; 215(3): 835-40.
98. Johnson-Nurse C, Widuchowski W, Widuchowski J, Trzaska T. Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies. *Knee.* 2007;14:177-182.
99. Widuchowski W, Widuchowski J, Trzaska T. Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies. *Knee.* 2007;14:177-182.



100. Szczodry M, Coyle CH, Kramer SJ, Smolinski P, Chu CR. Progressive chondrocyte death after impact injury indicates a need for chondroprotective therapy. *Am J Sports Med.* 2009;37:2318-2322.
101. Bhosale AM, Richardson JB. Articular cartilage: structure, injuries and review of management. *Br Med Bull.* 2008;87:77-95.
102. Mandalia V, Fogg AJ, Chari R, Murray J, Beale A, Henson JH. Bone bruising of the knee. *Clin. Radiol.* 2005; 60(6):627-36.
103. Felson DT, McLaughlin S, Goggins J, LaValley MP, Gale ME, Totterman S et al. Bone Marrow Edema and Its Relation to Progression of Knee Osteoarthritis. *Ann. Int. Med.* 2003 139: 330-6.
104. Sanders TG.,Paruchuri NB., Zlatkin MB. MRI of Osteochondral Defects of the Lateral Femoral Condyle: Incidence and Pattern of Injury After Transient Lateral Dislocation of the Patella. *Am. J. Roentgenol.* 2006 187: 1332-1337
105. Ryu KN, Jin W, Ko YT, et al. Bone bruises: MR characteristics and histological correlation in the young pig. *Clin Imaging.* 2000;24:371-380.
106. Hanypsiak BT, Spindler KP, Rothrock CR, Calabrese GJ, Richmond B, Herrenbruck TM,Parker RD. Twelve-year follow-up on anterior cruciate ligament reconstruction: long-term outcomes of prospectively studied osseous and articular injuries. . *Am J Sports Med.* 2008 Apr;36(4):671-7.
107. Sanders TG, Medinski MA, Feller JF, Lawhorn KW. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging : footprint of the mechanismus of injury. *Radiographics.* 2000; 20: 135-51.

108. Viskontas DG, Giuffre BM, Duggal N, Graham D, Parker D, Coolican M. Bone bruises associated with ACL rupture: correlation with injury mechanism. *Am J Sports Med.* 2008 May;36(5):927-33.
109. Shin CS, Chaudhari AM and Andriacchi TP. Valgus plus internal rotation moments increase anterior cruciate ligament strain more than either alone. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2011;43(8):1484-91.
110. Collins MS, Unruh KP, Bond JR, Mandrekar JN. Magnetic resonance imaging of surgically confirmed anterior cruciate ligament graft disruption. *Skeletal Radiol.* 2008 Mar;37(3):233-43.
111. Kaplan PA, Gehl RH, Dussault RG et al. Bone contusions of the posterior lip of the medial tibial plateau (contrecoup injury) and associated internal derangements of the knee at MR imaging. *Radiology* 1999 Jun;211(3):747-53.
112. Djordje Jelić. Dragan Mašulović- Bone bruise of the knee associated with the lesions of anterior cruciate ligament and menisci on MRI imaging. *Vojno.sanit Pregl.* 2011. 68(9): 762-766
113. Hunter DJ, Crema MD, Fischer W, Bohndorf K, Guermazi. MRI-detected subchondral bone marrow signal alterations of the knee joint: terminology, imaging appearance, relevance and radiological differential diagnosis. *A.Osteoarthritis Cartilage.* 2009 Sep;17(9):1115-31.
114. Terzidis IP, Christodoulou AG, Ploumis AL, Metsovitis SR, Koimtzis M , Givissis P. The appearance of kissing contusion in the acutely injured knee in the athletes. *Br. J. Sports Med.*, 2004; 38: 592-6.

115. Atkinson PJ, Cooper TG, Anseth S, Walter NE, Kargus R, Haut RC. Association of knee bone bruise frequency with time postinjury and type of soft tissue injury. *Orthopedics*. 2008 May;31(5):440.
116. Vellet AD, Marks PH, Fowler PJ, Murno TG. Occult post-traumatic osteochondral lesions : Prevalence, classification and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology*. 1991; 178 : 271-6.
117. Cothran RL. Jr, Major NM, Helms CA, Higgins LD. MR imaging of meniscal contusion in the knee. *Am. J. Roentgenol*. 2001. 177(5); 1189-92.
118. Berthiaume MJ, Raynauld JP, Martel-Pelletier J, Labonté F, Beaudoin G, Bloch DA et al., Meniscal tear and extrusion are strongly associated with progression of symptomatic knee osteoarthritis as assessed by quantitative magnetic resonance imaging *Ann. Rheum. Dis.*, 2005; 64: 556-63.
119. Bellabarba C, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr. Patterns of meniscal injury in the anterior cruciate-deficient knee: a review of the literature. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 1997; 26:18- 23.
120. Shoemaker SC, Markolf KL. The role of the meniscus in the anterior-posterior stability of the loaded anterior cruciate-deficient knee. Effects of partial versus total excision. *J Bone Joint Surg Am*.1986; 68(1): 71- 79.
121. Warren RF, Levy IM. Meniscal lesions associated with anterior cruciate ligament injury. *Clin Orthop Relat Res*. 1983; (172):32-37.
122. Wickiewicz TL. Meniscal injuries in the cruciate-deficient knee. *Clin Sports Med*. 1990; 9:681-594.

123. Kilcoyne KG, Dickens JF, Haniuk E, Cameron KL, Owens BD. Epidemiology of meniscal injury associated with ACL tears in young athletes. *Orthopedics*. 2012 Mar;35(3):208-12.
124. Hutslar J. "Youth Sport Participation in the Triad," *Sport Scene: Focus on Youth Programs*. (1999). North American Youth Sports Institute. 15(2). Available at [http://www.naysi.com/sport\\_scene/sport\\_scene15\\_2.htm#Youth%20Sport](http://www.naysi.com/sport_scene/sport_scene15_2.htm#Youth%20Sport). Accessed May 28, 2006.
125. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med*. 2012 Jul;22(4):349-55.
126. Shultz SJ, Schmitz RJ. Tibial Plateau Geometry Influences Lower Extremity Biomechanics During Landing *Am J Sports Med*. 2012 Jul 26. [Epub ahead of print]
127. Haugom BD, Souza R, Schairer WW, Li X, Ma CB. Evaluating rotational kinematics of the knee in ACL-ruptured and healthy patients using 3.0 Tesla magnetic resonance imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Apr;20(4):663-70.
128. Warden SJ, Saxon LK, Castillo AB, Turner CH. Knee ligament mechanical properties are not influenced by estrogen or its receptors. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2006 May;290(5):E1034-40.
129. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, Garrick JG, Hewett TE, Huston L, Ireland ML, Johnson RJ, Kibler WB, Lephart S, Lewis JL, Lindenfeld TN, Mandelbaum BR, Marchak P, Teitz CC, Wojtys EM. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000 May-Jun;8(3):141-50. Review.

130. Hattori K, Sano H, Komatsuda T, Saijo Y, Sugita T, Itoi E. Effect of estrogen on tissue elasticity of the ligament proper in rabbit anterior cruciate ligament: measurements using scanning acoustic microscopy. *J Orthop Sci.* 2010 Jul;15(4):584-8.
131. Myer GD, Ford KR, Khoury J, Succop P, Hewett TE. Development and validation of a clinic-based prediction tool to identify female athletes at high risk for anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2010 Oct;38(10):2025-33.
132. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011 Jan;19(1):11-9.
133. Viola RW, Steadman JR, Mair SD, Briggs KK, Sterett WI. Anterior cruciate ligament injury incidence among male and female professional alpine skiers. *Am J Sports Med.* 1999 Nov-Dec;27(6):792-5.

## 8. ПРИЛОГ

### 8.1 КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАТИКА

**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ**  
**МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ**

Редни број:

РБ

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације:

ТД

Монографска публикација

Тип записа:

ТЗ

Текстуални штампани

Врста рада:

ВР

Докторска дисертација

Аутор:

АУ

др мед. мр.сц. Ђорђе Јелић

Ментор/коментор:

МН

Проф. др Драган Машуловић

Наслов рада:

НР

Налаз коштане модрице, на магнетној резонанци,  
у СТИР и Т1 секвенци код повреда предње укрштене везе и менискуса

|  |   |
|--|---|
| Језик публикације:<br>ЈП               | Српски  |
| Језик извода:<br>ЈИ                    | Српски и Енглески   |
| Земља публикавања:<br>ЗП               | Србија  |
| Уже географско подручје:<br>УГП        | Шумадија  |
| Година:<br>ГО                          | 2013.   |
| Издавач:<br>ИЗ                         | Ауторски репринт  |
| Место и адреса:<br>МС                  | 34000, Крагујевац<br>Светозара Марковића 69.              |
| Физичи опис рада<br>ФО                 | 165/45/15/7   |
| Научна област:                         | Медицина  |
| Научна дисциплина:<br>ДИ               | Радиологија   |
| Предметна одредница/ кључне речи<br>ПО | Колено, коштана модрица,<br>Магнетна резонанца, СТИР, Т1. |

УДК

Чува се:

ЧУ

У библиотеци Медицинског  
факултета, Универзитета у  
Крагујевцу. Србија.

Важна напомена:

МН

Извод:

ИД

Увод : Магнетна резонанца (МР) је метода избора за дијагностиковање повреда унутрашњих мекоткивних структура, као што су менискуси, укрштене везе и зглобна хрскавица. Осим тога, МР је једина дијагностичка метода која приказује и посттрауматске промене коштане сржи, зване коштане модрице (КМ). Прецизном анализом присуства и локације КМ се може разјаснити механизам трауме колена, што омогућава бољи увид у очекиване, удружене, повреде унутрашњих структура колена.

Циљ : Циљ дисертације је да се утврди разлика у степену сензитивности СТИР у односу на Т1 секвенцу у детекцији коштаних модрица. Потом да се анализом степена удружености КМ и лезија предњег укрштеног лигамента(АЦЛ) и менискуса утврди значај КМ као помоћног знака за дијагностиковање повреда предњег укрштеног лигамента и менискуса. Утврдити учесталост КМ и лезија АЦЛ по спортовима.

Материјал и методе : Урађен је МР преглед колена код 100 испитаника са акутном повредом колена, задобијеном при спорту. Сви су прегледани у првих месец дана након трауме. Прегледи су обављени на МРП 7000 0,3Т Хитачи. Коришћен је стандардизовани протокол са секвенцама СЕ Т1 сагитално, ФС Т2 сагитално, коронално и аксијално и СТИР коронално. Анализирано је присуство и распоред



коштаних модрица. Анализирана је разлика учесталости налаза КМ у СТИР у односу на Т1 секвенцу и процена видљивости КМ у ове обе секвенце. Анализирана је учесталост патолошких налаза на меким ткивима колена, посебно патолошких налаза на АЦЛ и менискусима и њихова повезаност са налазима кошатних модрица. Анализирали смо учесталост налаза КМ по спортовима при којима је дошло до повреде колена.

Резултати : Налаз КМ је уочен код 51% испитаника. КМ је други, после ефузије, по учесталости патолошки налаз на МР прегледу код акутне трауме колена. Утврђена је значајна статистичка разлика Вилкоксон тестом ( $Z=-5,067$ ,  $p=0,000$ ) између Т1 и СТИР секвенце што говори да је СТИР секвенца убедљиво сензитивнија од Т1 секвенце за дијагностику КМ. Уочена је значајна статистичка повезаност између налаза КМ и налаза лезије предњег укрштеног лигамента што указује да налаз КМ можемо користити као помоћни знак за поузданију дијагностику лезије АЦЛ, а која на МР прегледу може бити мање јасна. Није уочена статистички значајна повезаност између налаза КМ и лезије меникуса. Уочено је да је учесталост налаза КМ била већа од 50% при повредама у скијању, фудбалу и рукомету. Налаз КМ удружен са повредама АЦЛ је био око два пута учесталији код рекреативних него код професионалних спортиста.

Закључак : Закључено је да бољу видљивост КМ даје СТИР секвенца него Т1 секвенца. Уочена је статистички високо значајна повезаност налаза КМ са налазом лезије АЦЛ, што оправдава значај налаза КМ као помоћног знака у дијагностици лезија АЦЛ. Најекстензивније лезије колена са, високим степеном налаза КМ и лезија АЦЛ, преко 50%, су у скијању, фудбалу и рукомету.

Датум прихватања теме од стране ННВ: 10.10.2012.

ДП

Датум одбране:

ДО

Чланови комисије:

КО

Проф. др, Бранко Ристић, председник  
Медицински факултет, Крагујевац

Проф. др Владимир Јаковљевић, члан  
Медицински факултет, Крагујевац

Проф. др Мирослав Миланков, члан  
Медицински факултет, Нови Сад

## 8.2 KEY WORDS DOCUMENTATION

### UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC FACULTY OF MEDICINE KRAGUJEVAC

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Documentation type:

DT

Monographic publication

Type of record:

TR

Textual material, printed

Contents code:

CC

Ph.D. dissertation

Author:

AU

Đorđe Jelić MD, MSc

Menthor/co-mentor

MN

Prof Dragan Mašulović MD, PhD

Title:

TI Finding of bone bruise on magnetic resonance imaging in acute knee trauma in  
STIR comparing to T1 sequence in anterior cruciate ligament and menisci lesions

Language of text: Serbian

LT

Language of abstract: Serbian, English

Country of publication: Serbia

CP

Locality of publication: Šumadia municipality

LP

Publication year: 2013.

PY

Publisher: Authors reprint

PU

Publication place: 34000 Kragujevac

PP Svetozara Markovica 69.

Physical description 165/45/15/7

PD

Scientific field: Medicine

SF

Scientific discipline: Radiology

SD

Subject/key words: Knee, Bone bruise, Magnetic

SKW

Resonance Imaging, STIR, T1.

UDC

Holding data:

Library of Faculty of medicine,  
University of Kragujevac, Serbia

Note:

N

Abstract:

AB

Introduction: Magnetic resonance (MR) imaging is a method of choice in diagnosing internal soft tissue injuries of the knee, such as menisci, cruciate ligaments and joint cartilage. It is, as well, the only method for detecting posttraumatic changes in bone marrow, so called bone bruises. Precise analysis of presence and location of bone bruise can explain the pattern of the knee trauma which enables better insight into internal knee lesions.

Aim : The aim of the dissertation is to determine the difference in sensitivity of STIR sequence comparing to T1 on MR imaging for detecting bone bruises. The second aim is to determine the importance of bone bruise as the additional sign for detecting postinjury lesions of anterior cruciate ligament (ACL) and menisci by determining their association. The additional aim is to determine the association of bone bruise frequency with injuries of ACL regarding the sport.

Material and methods: A representative review of 100 MR examinations for the acute knee trauma in different sports was conducted. All the patients were examined within one month of trauma. All MR examinations were performed by using MRP 7000 0.3 T Hitachi MR unit. The standard imaging protocol with SE T1 sagittal, FS T2 sagittal, coronal, axial and STIR sequence was used. The presence and site of bone bruises were analyzed as well as the difference in bone bruise frequency on STIR and T1 sequence and the level of sensitivity of these sequences in detecting bone bruises. The frequency of soft tissue lesions of the knee especially ACL and menisci and their association with bone bruises was also analyzed. We have also analyzed the frequency of bone bruises in different sports which led to the knee trauma.

Results : Posttraumatic bone bruise was seen in 51 % of patients. Bone bruise was after the knee effusion, the second most often pathological finding on knee MR imaging. The highly statistically significant difference (estimated by Wilcoxon test  $Z=-5,067, p=0,000$ ) was found between T1 and STIR sequence which leads to the conclusion that STIR sequence is much more sensitive in detecting the bone bruise than T1 sequence. The association between bone bruise and ACL lesion was statistically significant which posed bone bruise as the additional sign for detecting ACL injury which can be not so clear on MR imaging. The association between bone bruise and menisci lesion was not found. The frequency of bone bruise appearance was much higher (more than 50%) in certain sports (skiing, football and handball). Bone bruise with ACL lesion was more often in recreational athletes than in professionals.

Conclusion :Bone bruise is best seen in STIR images .The association between bone bruise and ACL lesion was highly statistically significant which makes bone bruise significant additional sign in diagnosing ACL lesion. The most extensive knee lesions with bone bruise and ACL lesions are seen in skiing, football and handball.

Accepted by the Scientific Board on: 10.10.2012.

ASB

Defended on:

DE

Thesis defended board

(Degree/name/surname/title/faculty)

DB

Prof. Branko Ristić MD, PhD, President  
Faculty of Medicine, University of Kragujevac

Prof. Vladimir Jakovljević MD, PhD, member  
Faculty of Medicine, University of Kragujevac

Prof. Miroslav Milankov MD, PhD,  
Faculty of Medicine, University of Novi Sad

## 9. БИОГРАФИЈА АУТОРА

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Име и презиме            | Ђорђе Јелић  |
| Датум и место рођења     | 25.08. 1967. Сарајево, БиХ, СФР Југославија  |
| Садашње запослење        | Специјалиста радиологије у Заводу за радиологију и ултразвучну дијагностику Еуродијагностика, Београд.   |
| Тел/фах                  | +381113822272  |
| Електронска пошта        | <a href="mailto:drjelic@yahoo.com">drjelic@yahoo.com</a>   |
| Основне студије          | 1998. год. Медицински факултет, Универзитет у Београду.  |
| Магистарска теза         | Валидност дигиталне радиографије кука у откривању раног степена губитка коштане масе у постменопаузној остеопорози.<br>2008. год. Војномедицинска академија Београд. |
| Докторска дисертација    | Налаз коштане модрице, на магнетној резонанци, у СТИР и Т1 секвенци код повреде предње укрштене везе и менискуса   |
| Ментор                   | Проф. Др Драган Машуловић  |
| Познавање страних језика | Енглески, Руски  |

**Ова дисертација је заснована на до сада објављеним радовима :**

1. Đorđe Jelić.- Incidenca patoloških nalaza na MR pregledu kod akutne sportske traume kolena. Peti kongres medicine sporta i sportskih nauka, sa međunarodnim učešćem : Novi pristupi, nova saznanja. Beograd, 6-7 decembar 2012. 73-88.
2. Djordje Jelic.- Beyond radiology and ultrasound. Sport Medicine Cours : Best practices in the health evaluation of elite athletes. Post Olympic Analyses. Belgrade, october 31-november 3. 2012. <http://www.rzsport.gov.rs/download/file/program%20FINAL.pdf>
3. Đorđe Jelić.- Vizuelizaicione tehnike dijagnostike povreda u sportu. Simpozijum : U susret olimpijskim igrama : Fizikalna terapija sportskih povreda. Beograd. 1. jun 2012. <http://www.rzsport.gov.rs/download/image/1.06.%20i%208.06.%20program%20kursa.pdf>
4. Đorđe Jelić, Dragan Mašulović .- Bone bruise of the knee associated with the lesions of anterior cruciate ligament and menisci on magnetic resonance maging. VSP, 68(9). 2011. 762-6.
5. Đorđe Jelić.- Karakteristike i izbor radioloških dijagnostičkih metoda kod sportskih povreda. Program i knjiga apstrakta, Četvrti kongres medicine sporta i sportskih nauka Srbije. 22-24. septembar 2010. Beograd. 231-244.
6. Đorđe Jelić.- Koštane modrice kolena udružene sa lezijama unutrašnjih struktura kolena.- Sedmi kongres radiologa Srbije i Crne Gore.- Vrnjačka Banja, 18-21.6.2008.- Zbornik sažetaka. 64.
7. Đorđe Jelić.- Bone contusions of the knee.- 5th Balkan Congress of radiology. Zlatibor, Serbia. 15-17 noveber, 2007. Abstract book. 28.



## 9.1 AUTHOR`S CURRICULUM VITAE

|                      |   |
|----------------------|---|
| Name                 | Djordje Jelic   |
| Born                 | 26. 08. 1967. Sarajevo, BiH, SFR Yugoslavia.  |
| Position             | Consultant radiologist, Diagnostic imaging center<br>Euro dijagnostika, Belgrade, Serbia.   |
| Phone/fax            | +381113822272   |
| E-mail               | <a href="mailto:drjelic@yahoo.com">drjelic@yahoo.com</a>  |
| MD                   | 1998. Faculty of Medical Sciences Belgrade,<br>University of Belgrade, Serbia.  |
| MS                   | Validity of digital radiography in the detection of early hip<br>degree of bone loss in postmenopausal osteoporosis.<br>2008. Military Medical Academy, Belgrade, Serbia. |
| PhD                  | 2013. Faculty of Medical Sciences Kragujevac,<br>University of Kragujevac, Serbia.  |
| Menthor              | Prof Dragan Masulovic MD PhD  |
| Language proficiency | English, Russian.   |

**This thesis is based on the published following original articles :**

1. Đorđe Jelić.- The incidence of abnormal findings on MRI in acute sports knee trauma. Fifth Congress of Sports Medicine and Sports Science of Serbia, With International participation : New Approaches, New Insights. Belgrade, December 6-7, 2012. 73-88.
2. Djordje Jelic.- Beyond radiology and ultrasound. Sport Medicine Course : Best practices in the health evaluation of elite athletes. Post Olympic Analyses. Belgrade, October 31-November 3, 2012. <http://www.rzsport.gov.rs/download/file/program%20FINAL.pdf>
3. Đorđe Jelić.- Vizuelizacijske tehnike dijagnostike povreda u sportu. Simpozijum : U susret olimpijskim igrama : Fizikalna terapija sportskih povreda. Beograd. 1. jun 2012. <http://www.rzsport.gov.rs/download/image/1.06.%20i%208.06.%20program%20kursa.pdf>
4. Đorđe Jelić, Dragan Mašulović .- Bone bruise of the knee associated with the lesions of anterior cruciate ligament and menisci on magnetic resonance imaging. VSP, 68(9). 2011. 762-6.
5. Đorđe Jelić.- Karakteristike i izbor radioloških dijagnostičkih metoda kod sportskih povreda. Program i knjiga apstrakta, Četvrti kongres medicine sporta i sportskih nauka Srbije. 22-24. septembar 2010. Beograd. 231-244.
6. Đorđe Jelić.- Koštane modrice kolena udružene sa lezijama unutrašnjih struktura kolena.- Sedmi kongres radiologa Srbije i Crne Gore.- Vrnjačka Banja, 18-21.6.2008.- Zbornik sažetaka. 64.
7. Đorđe Jelić.- Bone contusions of the knee.- 5th Balkan Congress of radiology. Zlatibor, Serbia. 15-17. novembar, 2007. Abstract book. 28.

ОБРАЗАЦ 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а \_\_\_\_\_  
број уписа 1235/19 Јорђе Јелић

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом  
Напоз коштане лоднице на мајнетиној резонанци код акутне траумне  
колена у СТИР у поређењу са Т1 секвенцама код повреда предње укрштене везе  
и менискуса

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

У Крагујевцу, 18.02.2013.

Потпис аутора  
Јорђе Јелић

ОБРАЗАЦ 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Ђорђе Јелић  
Број уписа 1235719  
Студијски програм Системски истраживања и примењена физика са статистичком механиком  
Наслов рада Напољ кохерентне везивања на нитрогену у кондензираним паровима и кондензираним течностима  
Ментор Проф. др Звонимир Милићковић  
Потписани Ђорђе Јелић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Крагујевцу.

Потпис аутора

у Крагујевцу, 18.02.2013.

Ђорђе Јелић



ОБРАЗАЦ 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Крагујевцу унесе моју докторску дисертацију под насловом:

*Наташа Костићанин Добрачић на вебстраници репозиторијума под акрониме тиражне копије у СТНР у циљу коришћења од стране других корисника у циљу истраживања и наставе.*  
која је моје ауторско дело.

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

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

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
4. Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, чији је кратак опис дат је на обрасцу број 4.).

Потпис аутора

у Крагујевцу, 18.02.2013.

