

На правах рукописи

СЕМЕНОВ

Алексей Анатольевич

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГА-  
ТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА В АСПЕКТЕ ВЫБОРА  
ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ЕГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ  
(анатомо-экспериментальное исследование)

14.03.01 – анатомия человека

14.01.15 – травматология и ортопедия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научные руководители:

доктор медицинских наук профессор И.В. Гайворонский

доктор медицинских наук профессор В.В. Хоминец

Санкт-Петербург

2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА, ЭТИОЛОГИИ, ПАТОГЕНЕЗЕ, КЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЯХ И ЛЕЧЕНИИ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО АРТРОЗА (аналитический обзор литературы).....	16
1.1. Современные представления о строении коленного сустава и его биомеханике .....	16
1.2. Современные представления о кровоснабжении коленного сустава.....	24
1.3. Морфологические изменения элементов коленного сустава при деформирующем артрозе.....	30
1.4. Этиология, клинические проявления, диагностика и современная тактика лечения деформирующего артроза коленного сустава.....	36
1.5. Современные представления о тотальном эндопротезировании коленного сустава и проблемных вопросах, связанных с позиционированием компонентов эндопротеза.....	47
1.6. Резюме.....	52
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	55
2.1. Характеристика анатомической части исследования.....	55
2.1.1. Морфометрические исследования мышечков бедренной и большеберцовой костей .....	58
2.1.2. Методика препарирования вспомогательных элементов и коллатеральных связок коленного сустава.....	63
2.1.3. Морфометрические исследования коллатеральных связок.....	65
2.1.4. Морфометрические исследования вспомогательных элементов коленного сустава.....	65
2.1.5. Рентгенофазовый анализ костей .....	68
2.1.6. Поствитальная рентгеноангиография.....	70

2.1.7. Методики прижизненных исследований основных и вспомогательных элементов коленного сустава.....	71
2.2. Характеристика экспериментальной части исследования.....	79
2.3. Математико-статистические методы анализа результатов.....	85
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ АНАТОМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА В НОРМЕ И ПРИ ДЕФОРМИРУЮЩЕМ АРТРОЗЕ.....	
3.1. Морфометрические характеристики мышечков бедренной, большеберцовой костей и коллатеральных связок интактного коленного сустава	87
3.2. Морфометрические характеристики коллатеральных связок интактного коленного сустава.....	97
3.3. Изменения формы и морфометрических характеристик мышечков бедренной и большеберцовой костей при деформирующем артрозе.....	99
3.4. Морфометрические характеристики вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе.....	103
3.5. Сравнительная характеристика химического состава костной ткани мышечков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе.....	121
3.6. Артериальное русло коленного сустава и его изменения при деформирующем артрозе .....	130
3.7. Сравнительная характеристика поствитальных и прижизненных морфометрических характеристик основных и вспомогательных элементов коленного сустава при его деформирующем артрозе.....	140
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БЕДРЕННОГО КОМПОНЕНТА ЭНДОПРОТЕЗА. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ.....	
	160

4.1. Применение классических рекомендаций по выбору ротации бедренного компонента в анатомическом эксперименте при различных формах мышечков бедренной кости.....	162
4.2 Анатомическое обоснование оптимальной техники выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава.....	168
4.3 Применение полученных результатов в клинической практике.....	173
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	183
ВЫВОДЫ.....	188
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	192
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	193
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	194

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность исследования

Анализ научной литературы последних лет убедительно свидетельствует, что коленный сустав значительно чаще, чем остальные крупные суставы конечностей становится предметом клинических и научных изысканий (Ахпашев А.А., 2016). Одной из основных причин этих исследований является огромное число пациентов с патологией данного анатомического образования. Так, количество обращений по поводу травм и заболеваний коленного сустава в отделения оказания неотложной помощи медицинских организаций Соединенных Штатов Америки превышает 1,3 миллиона случаев в год (Гареева О.Х., 1998). Согласно данным Н.В. Корнилова, К.И. Шапиро (2012), К.Л. Vozic с соавт. (2016), распространенность артроза в мире достигает 10 – 12%. Данные, полученные в работе В.А. Насоновой (2013) свидетельствуют о более высоких показателях (до 20%). По мнению С.П. Миронова (2006) деформирующий артроз коленного сустава наблюдается у 51,6 – 54,5% больных, страдающих заболеваниями крупных суставов. Среди всех дегенеративно-дистрофических заболеваний частота артроза коленного сустава составляет 33,3%. Поражение обоих суставов наблюдается у каждого третьего (Миронов С.П., Миронова З.С., Орлецкий А.К., 2001). Р.М. Тихилов и соавторы (2014) отмечают, что частота заболеваний коленного сустава с возрастом нарастает: до 30 лет страдают 3% населения, к 40 годам – 8%, к 50 – 16%, к 60 – 20%, а старше 60 лет – более 30%.

Сложная кинематика коленного сустава делает возможным сочетание его высокой мобильности со стабильностью (Зоря В.И., Лазишвили Г.Д., Шпаковский Д.Е., 2010). Этот факт обеспечивает возможность выдерживать большие нагрузки при движениях различной интенсивности, характеризующиеся большой амплитудой. Вместе с тем, уникальная анатомия рассматриваемого сочленения, сочетающаяся с его расположением между двумя самы-

ми длинными костями в организме человека, создают предпосылки к высокой вероятности получения различных повреждений и механического износа основных и вспомогательных элементов коленного сустава, а также развития последствий перенесенных травм (Кавалерский Г.М., Мурылев В.И., Елизаров П.М., 2010).

Гонартроз (деформирующий артроз, остеоартроз, остеоартрит) – полиэтиологическое дегенеративно–дистрофическое заболевание, характеризующееся поражением суставного хряща, субхондрального и метафизарного слоя кости, а также синовиальной оболочки, связок, капсулы, мышц, которое сопровождается формированием костно-хрящевых разрастаний, и проявляется болью и ограничением движений в суставе (Spector T. et al., 1993; Лучихина Л.В., 2001).

В 16,5% случаев гонартроз становится причиной инвалидности или приводит к существенному снижению работоспособности (Москалев В.П., 2001). Среди общего числа инвалидов с заболеваниями костно-мышечной системы деформирующий артроз составляет 13,2% (Матвеев Р.П., Брагина С.В., 2014). Согласно данным Т.М. Андреевой, В.В. Троценко (2006), примерно каждый из 100 таких больных становится инвалидом. Болевой синдром, ограничение свободы движений, потеря функциональной активности существенно снижают качество жизни данных пациентов, опережая сердечно-сосудистые, респираторные и желудочно-кишечные заболевания. Прогрессирование гонартроза неизбежно приводит к инвалидности. Известно, что пациенты данной категории составляют около одной трети от всех больных, имеющих стойкую утрату трудоспособности по причине патологии суставов (К.И. Шапиро с соавт., 1991).

Пристальное внимание к изучению коленного сустава также связано со сложностью его строения и его ролью в осуществлении опорно-локомоторной функции. Как указывают Гайворонский И.В. и соавторы (2018), коленный сустав является самым крупным суставом в теле человека, имеет инконгруэнтные суставные поверхности и самое большое количество

различных вспомогательных элементов (внутрисуставные связки, мениски, синовиальные сумки, надколенник, жировые и синовиальные складки). При этом как основным, так вспомогательным элементам свойственен широкий диапазон вариантной анатомии, а также возрастные, половые и типовые особенности строения (Вагапова В.Ш., 2007).

Прицельное внимание к изучению коленного сустава также продиктовано запросами клинической практики, и в частности, травматологии и ортопедии. Известно, что заболевания и повреждения коленного сустава являются одной из наиболее частых причин обращения пациентов к врачам-травматологам-ортопедам (Ахпашев А.А., Загородний Н.В., Канаев А.С., Кауркин С.Н., Сковрцов Д.В., 2016; Орлецкий А.К., Миронов В.Н., Карлов А.А., 2008). По данным Р.М. Тихилова с соавт. (2014) в структуре заболеваемости коленного сустава основными причинами, приводящими к тяжёлой деструкции суставных поверхностей, являются дегенеративно-дистрофические заболевания. Доля развившихся дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава после повреждений внутрисуставных структур, по данным различных авторов, варьирует от 35 до 78 % (Корнилов Н.В. с соавт., 1994; Грицюк А.А. с соавт., 2014; Тихилов Р.М., 2014; Porat A. et al., 2004;).

Чрезвычайно богатая иннервация и кровоснабжение вспомогательных элементов и капсулы коленного сустава способствуют разнообразию причин болевого синдрома и создают значительные трудности в дифференциальной диагностике заболеваний, а, следовательно, и выборе тактики их лечения (Кабалык М.А., 2016).

Учитывая, что при патологии коленного сустава отмечаются многочисленные изменения внутрисуставных элементов, актуальными вопросами остаются морфологические исследования их интактных структур. Такие исследования позволят определить варианты формы и строения надколенника, внутрисуставных связок, менисков, синовиальных сумок и складок, установить границы диапазона нормы данных элементов и дифференцировать варианты нормы и патологические изменения при деформирующем гонартрозе.

Следует отметить, что повреждения и дегенеративные изменения вспомогательных элементов во многом определяются индивидуальными особенностями строения костных структур. В связи с этим актуальным вопросом остается изучение вариантной анатомии и морфометрических характеристик мышечков бедренной и большеберцовой костей.

Особое значение знание вариантной анатомии элементов коленного сустава имеет при выполнении его эндопротезирования. Эта операция требует обязательной нормализации оси конечности, восстановления полной амплитуды движений и стабильности сустава. Для достижения этих требований крайне важным является подбор компонентов эндопротеза коленного сустава соответствующего размера, а также их правильное позиционирование, которое может зависеть от индивидуальных анатомических особенностей строения дистального метаэпифиза бедренной кости.

#### Степень разработанности темы исследования

Изучению анатомии коленного сустава посвящены многочисленные исследования (Аниськова Е.П., 1986; Иманова В.Р., Вагапова В.Ш., 2006; Гринберг Е.Г., 2012; Гайворонский И.В. и соавт., 2014 и др.). Однако они затрагивают лишь аспекты изучения отдельных его структур. Комплексное изучение основных и вспомогательных элементов как в норме, так и при гонартрозе в доступной научной литературе нам не встретилось.

Для получения наиболее точного представления о распространенности патологического процесса, определения его характера и выявления осложнений используются различные методы инструментальной диагностики (Битюгов И.А., 1982; Брюханов А.В., Васильев А.Ю., 2006; Габуния Р.И., Миронова З.С., Миронов С.П., 1986; Климец Е.И., 2006 и др.). Известно, что рентгенография в классических прямой передне-задней и боковой проекциях достаточно информативна для уточнения степени и характера дегенеративного процесса, выраженности изменений костей, образующих коленный сустав (Шапошников Ю.Г. с соавт., 1997). Однако данное исследование не дает



представления о состоянии суставного хряща и вспомогательных элементов сустава.

Внедрение в клиническую практику ультразвукового исследования (УЗИ), компьютерной и магнитно-резонансной томографии (КТ и МРТ), а также диагностической артроскопии позволило значительно облегчить предоперационное обследование и определить оптимальную тактику лечения профильных пациентов (Майка О.Ю., Багирова Г.Г., Попова Л.В., 2005; Курзанцева О.М. и др., 2004; Макарова М.В. и др., 2014). Ряд авторов указывают, что при сопоставлении данных МРТ и артроскопии, изменения капсульно-связочного аппарата и менисков нашли подтверждение в 87% случаев (Кузина И.Р., Ахатов Т.А., 2003; Митинская И.Н., 2004; Меньшикова Т.И., Мальцева Л.В., 2004; Berger P.E. с соавт., 1989 и др.). Однако работ, основанных на результатах анатомических исследований в сопоставлении с данными клинических методов исследования проведено не было.

Несмотря на значительное количество научных публикаций, посвященных изучению морфометрических характеристик интактного коленного сустава и его изменений при деформирующем артрозе, в доступной научной литературе отсутствует единое мнение о взаимосвязи морфологических проявлений гонартроза и вариантной анатомии основных и вспомогательных элементов коленного сустава (Коваленко В.Н., Борткевич О.П., 2005; Матвеев Р.П., Брагина С.В., 2014; Орлецкий А.К. и соавт., 2008). Также дискуссионной остается взаимосвязь прогрессирования деформирующего гонартроза и изменений минеральной плотности и химического состава костной ткани мыщелков бедренной кости. Недостаточно освещенными являются вопросы изменений морфометрических характеристик основных и вспомогательных элементов коленного сустава при его деформирующем артрозе.

В прикладном аспекте актуальным и перспективным является уточнение методик хирургического лечения профильных пациентов с позиции знаний вариантной анатомии коленного сустава. Непринятие во внимание не только гендерных различий, но и форм костных структур коленного сустава,

а также состояния его связочного аппарата, зачастую является причиной ошибок при выполнении эндопротезирования и влечет за собой получение неудовлетворительных результатов хирургического лечения. Отмеченные положения определили цель и задачи настоящего исследования.

### Цель исследования

Изучить вариантную анатомию и морфометрические характеристики основных и вспомогательных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе и дать экспериментальное обоснование оптимальной техники выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава.

### Задачи исследования

1. Изучить вариантную анатомию и морфометрические характеристики мышечков бедренной и большеберцовой костей интактного коленного сустава и их изменения при деформирующем артрозе.
2. Изучить морфометрические характеристики коллатеральных связок и вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе.
3. Провести сравнительную характеристику химического состава костной ткани мышечков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе.
4. Изучить источники кровоснабжения коленного сустава в норме и их изменения при деформирующем артрозе.
5. Экспериментально обосновать и апробировать в клинической практике оптимальную технику выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, учитывающую индивидуальные морфометрические характеристики мышечков бедренной кости и состояние коллатеральных связок.

### Научная новизна исследования

1. Изучены морфометрические характеристики мыщелков интактных бедренной и большеберцовой костей и определены три варианта их форм. Исследованы дегенеративно-дистрофические изменения костных структур коленного сустава при различных его формах.
2. Изучены морфометрические характеристики вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава в норме и их изменения при деформирующем артрозе.
3. Доказаны различия химического состава костной ткани мыщелков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе.
4. Установлены различия архитектоники артериального русла коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе.
5. Впервые в анатомическом эксперименте научно обоснована, а затем апробирована в клинике оптимальная техника позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, учитывающая индивидуальные морфологические особенности мыщелков бедренной кости и состояние коллатеральных связок.

### Теоретическая и практическая значимость

Полученные оригинальные данные о морфометрических характеристиках основных и вспомогательных элементах коленного сустава расширяют представления о его вариантной анатомии и индивидуальной изменчивости. Использование этих сведений возможно при проектировании дизайна компонентов эндопротеза коленного сустава.

Проведенные морфологические исследования вспомогательных элементов коленного сустава (надколенника, внутрисуставных связок, менисков, синовиальных сумок, жировых и синовиальных складок) позволяют обосновать дифференцированный подход к поиску источника основного болевого синдрома при гонартрозе.

Сведения об изменении химического состава костной ткани мыщелков

бедренной и большеберцовой костей при деформирующем артрозе коленного сустава представляют интерес для определения характеристик нарушений минеральной плотности костной ткани у пациентов рассматриваемой категории.

Полученные данные о морфологических изменениях вспомогательных элементов коленного сустава при деформирующем артрозе позволяют усовершенствовать алгоритм обследования больных данного профиля и выбрать оптимальную тактику лечения.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе кафедр морфологического профиля, а также кафедр, преподающих специальность «травматология и ортопедия».

Проведенное экспериментальное анатомическое исследование продемонстрировало преимущества техники формирования сгибательного промежутка и последующего позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, при которой учитываются индивидуальные морфологические особенности строения мышечков бедренной кости и состояние коллатеральных связок. Клиническая апробация данной техники подтвердила ее высокую эффективность при эндопротезировании коленного сустава у пациентов с варусным гонартрозом.

#### Основные положения, выносимые на защиту

1. На основании морфометрических исследований, проведенных как на анатомическом материале (костные препараты), так и с помощью прижизненных методов исследования применительно к эндопротезированию коленного сустава можно выделить 3 формы мышечков бедренной и большеберцовой костей: с преобладанием продольных размеров медиального мышечка, с равными продольными размерами медиального и латерального мышечков, с преобладанием продольных размеров латерального мышечка.

2. Форма и морфометрические характеристики коллатеральных связок и вспомогательных элементов коленного сустава (внутрисуставные связ-

ки, мениски, жировые и синовиальные складки, синовиальные сумки) определяются формой мыщелков бедренной и большеберцовой костей.

3. При артрозе коленного сустава I-II стадии происходят локальные изменения основных, вспомогательных элементов и кровеносных сосудов, а при III стадии деформирующего артроза изменения морфометрических характеристик мыщелков бедренной и большеберцовой костей, обусловленные развитием остеофитов.

4. Обоснованная в анатомическом эксперименте техника резекции мыщелков бедренной кости, позволяет сформировать симметричный сгиба- тельный и разгибательный промежутки, а также выполнить имплантацию бедренного компонента эндопротеза в оптимальной индивидуальной рота- ции, обеспечивающей скольжение надколенника по центру бедренной бороз- ды и стабильность искусственного коленного сустава при его функциониро- вании.

#### Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов диссертационного исследования подтвер- ждается достаточным количеством наблюдений, современными методами исследования, которые соответствуют поставленным в работе целям и зада- чам. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими данными, наглядно представленными в приведенных таблицах и рисунках. Подготовка, стати- стический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с ис- пользованием современных методов обработки информации и статистиче- ского анализа.

#### Внедрение результатов работы

Основные результаты диссертационного исследования включены в учебные программы кафедры нормальной анатомии, кафедры военной трав- матологии и ортопедии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и кафедры морфологии медицинского факультета Санкт-Петербургского госу-

дарственного университета. Результаты исследования также используются в практической работе кафедры военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова.

### Апробация работы

Основные положения работы были представлены на различных научных мероприятиях: научной конференции «Актуальные проблемы современной морфологии», посвященной 170-летию со дня рождения академика А.И. Таренецкого (Санкт-Петербург, 2015); XVIII международной медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина – человек и его здоровье» (Санкт-Петербург, 2015); Всероссийской научной конференции посвященной 100-летию доцента Бриллиантовой А.Н. (Чебоксары, 2015); XIX международной медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина – человек и его здоровье» (Санкт-Петербург, 2016); XIII конгрессе Международной Ассоциации морфологов (Петрозаводск, 2016); научной конференции Военно - научного общества курсантов и слушателей академии «Травматология и ортопедия» (Санкт-Петербург, 2016); Международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Асфандиярова Р.И. (Астрахань, 2017); научной конференции «Методология научно-исследовательской работы кафедр морфологического профиля» (Санкт-Петербург, 2017); Всероссийской юбилейной научной конференции, посвященной 220-летию со дня основания кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова «Достижения морфологических наук на современном этапе» (Санкт-Петербург, 2018).

### Публикации

По результатам исследования опубликовано 17 печатных работ, в том числе 6 в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Разработаны и опубликованы 7 рационализаторских предложений и подана заявка на изобретение.

### Личный вклад

В диссертации представлены результаты исследований, выполненных самим автором. Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, проведении морфологических исследований, морфометрии различных элементов коленного сустава, разработке экспериментальных и теоретических методов оптимальной техники эндопротезирования, в обработке, анализе, обобщении полученных результатов и формулировке выводов. Личный вклад автора составляет 90%.

### Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов и практических рекомендаций, списка литературы. Работа изложена на 218 страницах, содержит 88 рисунков и 21 таблицу. Библиографический список включает 240 наименований.

# ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА, ЭТИОЛОГИИ, ПАТОГЕНЕЗЕ, КЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЯХ И ЛЕЧЕНИИ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО АРТРОЗА

(аналитический обзор литературы)

## 1.1. Современные представления о строении коленного сустава и его биомеханике

Следует отметить, что в современной литературе сведения о строении коленного сустава представлены достаточно подробно (Аниськова Е.П., 1986; Иманова В.Р., Вагапова В.Ш., 2006; Гайворонский И.В. и соавт., 2014). В связи с тем, что он, помимо опорной и двигательной функций, обеспечивает равновесие во время движения, а также отвечает за связанную с перемещением тела в пространстве нагрузку, данный сустав является одним из самых сложных с точки зрения биомеханики (Асфандиаров Р.И. и соавт., 1987; Вагапова В.Ш., 2000; Самоходова О.В., 2004; Leutert G. et al., 1986).

Учитывая данное обстоятельство, В.Ш. Вагапова (2007) предлагает особое внимание уделять изучению его строения на различных этапах онтогенеза.

В образовании коленного сустава принимают участие дистальный эпифиз бедренной кости, проксимальный эпифиз большеберцовой кости и надколенник (Асфандиаров Р.И. и соавт., 1990; Putz R., 1995; Boyd S.K., Ronsky J.L., 1999; Althausen P.L., Neiman R.T., 2002). На дистальном эпифизе бедренной кости находятся два мыщелка, причем высота латерального больше, чем медиального, что является основой работы ротационного механизма движений в коленном суставе при различных углах сгибания (Синельников Р.Д., 1996; Дедух Н.В., Панков Е.Я., 2001). Так, при разгибании большеберцовая кость, следуя кривой медиального мыщелка, ротируется кнаружи на бедренной кости (Бранков Г., 1981). Кривизна мыщелков неодинакова в разных отделах: в переднем они уплощены, а в заднем – значительно изогнуты



(Лагунова И.Г., 1981; Майка О.Ю. и соавт., 2005). Спереди поверхности мыщелков образуют надколенниковую поверхность.

На проксимальном эпифизе большеберцовой кости также расположены два мыщелка: латеральный и медиальный. При этом на их уставной поверхности имеются вогнутости, не соответствующие кривизне суставных поверхностей, расположенных на мыщелках бедренной кости (Сапин М.Р., 1993; Шапиро К.И. и соавт., 1997).

По мнению Ю.М. Киселевского, А.В. Иванцова (2008), мыщелки большеберцовой и бедренной костей цилиндрической формы. Е.П. Аниськова (1986) отмечает, что при нормальном развитии коленного сустава при увеличении мыщелка одной кости происходит компенсаторное уменьшение такого же мыщелка на другой кости. При нарушении данного компенсаторного механизма нарушается функция коленного сустава и его биомеханика.

Согласно мнению А.А. Ахундовой (1962), при развитии коленного сустава параллельно происходят нарастание, а также уплощение кривизны суставных поверхностей костей, принимающих участие в образовании коленного сустава. В связи с тем, что объем движений значительно больше в дистальных отделах, мыщелки бедренной кости более искривлены. В области мыщелков большеберцовой кости выше опорная нагрузка, соответственно, их форма более плоская. Как отмечают Ю.М. Киселевский, А.В. Иванцов (2008), более динамическим является латеральный отдел сустава, а более стабильным – медиальный.

С целью нивелирования инконгруэнтности суставных поверхностей бедренной и большеберцовой костей в полости коленного сустава расположены мениски - хрящевые пластинки серповидной формы, трехгранные в сечении. Отдельные авторы также выделяют буферную роль менисков, которая заключается в равномерном распределении нагрузки, передающейся через сустав. Помимо этого мениски следует рассматривать как один из главных стабилизирующих элементов коленного сустава, принимающих участие в

циркуляции синовиальной жидкости (Zukor D. et al., 1990; Rutten M.J. et al., 1998; Sekaran S.V. et al., 2002).

Периферический край обоих менисков (латерального и медиального) прикрепляется к суставной капсуле, а свободный внутренний край – обращен в полость сустава (Сапин, М.Р., 1993; Козлов В.И., Гурова О.А., 2002).

В связи с тем, что медиальный мениск фиксирован к капсуле сустава надежнее латерального, некоторые авторы видят в этом более высокую частоту его разрыва (Clark C.R., 1983).

Функционирование менисков может осуществляться синхронно или асинхронно. При этом латеральный мениск подвижнее медиального (Слободский А.Б., Баранец А.А., 2004; Lee J.L. et al., 1996; Voks S.S. et al., 2006). В норме при опоре на ногу и осуществлении разгибания в коленном суставе мениски немного смещаются вперед и кнаружи, в то время как при сгибании – назад. Следует отметить важную особенность, что при сгибании и разгибании оба мениска движутся вместе с большеберцовой костью, а при ротации – с бедром (Битюгов И.А., 1982; Бахтиозин Ф.Ш., 1990; Gabrion A. et al., 2005). При этом, как отмечает Е.П. Аниськова (1986), сгибание, разгибание и вращение происходят в разных отделах сустава. Так, первые два движения – в верхних (между мыщелками бедренной кости и менисками), а третье – в нижних (между менисками и мыщелками большеберцовой кости). Также Е.П. Аниськова (1986) доказала, что характер движений в латеральном и медиальном отделах сустава в принципе отличается. Так, в латеральном отделе можно функционально выделить две части. К первой следует относить мыщелок бедренной кости и мениск, а ко второй – мыщелок большеберцовой кости. При этом в функциональном плане мениск объединен с суставной поверхностью последнего.

Как отмечают Д.Ю. Рыбалко (2006), Ю.М. Киселевский, А.В. Иванцов (2008), фиксация и форма менисков обуславливают характер движений, осуществляемых в коленном суставе. Согласно Г.А. Орлову (1947) выделяют мениски трех типов в зависимости от размеров их рогов: 1 тип – задний рог

шире переднего, 2 тип – одинаковая ширина рогов, 3 тип - ширина заднего рога меньше переднего. По данным В.Ш. Вагаповой с соавт. (2006), мениски с широкими передними или задними рогами являются крайним проявлением вариантной анатомии.

Латеральный мениск, в целом, более лабилен, что обусловлено его формой - она максимально приближается к кольцу.

При осуществлении движений в коленном суставе помимо скольжения нижней поверхности мыщелков бедренной кости относительно верхней поверхности мыщелков большеберцовой кости происходит процесс приспособления рельефа вышеуказанных мыщелков друг к другу.

Фиксация менисков осуществляется с помощью связок, начинающихся от их рогов и идущих как к прилежащим костям, так и к крестообразным связкам и капсуле сустава (Самоходова О.В., 2004; Рыбалко Д.Ю., 2006). Как известно, радиус кривизны у медиального мениска больше, а точки его фиксации расположены на большеберцовой кости, соответственно, его движения не столь свободны как у латерального мениска. Латеральный мениск дополнительно фиксирован передней и задней мениско-бедренными связками, возникшие в результате появления вращательных движений в суставе (Вагапова В.Ш. и соавт., 2006; Heller L., Langman J., 1964; Yamamoto M., Hironata K., 1991; Poynton A.R. et al., 1997). Данные связки дополнительно укрепляют заднюю крестообразную связку, что имеет важное значение при максимальном разгибании. Мениско-бедренные связки способствуют приспособлению латерального мениска к рельефу мыщелка бедренной кости при движениях, поскольку именно связки тянут назад задний рог мениска при его сдавлении мыщелком бедренной кости, тем самым изменяя форму мениска, увеличивая радиус его кривизны.

Между передними рогами менисков натянута поперечная связка, максимальное натяжение которой происходит при сгибании и при несинхронном движении в коленных суставах. Однако данная связка является непостоянной

и встречается примерно в 26–65% случаев. В случае ее отсутствия амплитуда движений менисков увеличивается (Ахундова А.А., 1962).

Структурные элементы коленного сустава подвергаются значительно-му механическому воздействию при его функционировании. Например, на связки действует растягивающая нагрузка, на кости – сжатие, на суставной хрящ трение. И все вышеперечисленные силы воздействуют на мениски.

Поверхности мыщелков бедренной и большеберцовой костей покрыты суставным гиалиновым хрящом, который в эмбриогенезе формируется из недифференцированных клеток мезенхимы (Шапшал Г.Я., 1982; Еськин Н.А., 2001). Активный синтез межклеточного вещества стимулируется ростом гиалинового хряща, а его значительное накопление, сопровождающееся изменением формы клеток в сторону более сферической, позволяет рассматривать данную дифференцирующуюся ткань как хрящ (Миронов С.П., Архипов С.В., 1985; Куприянов В.В., Л.Я. Манукян, 1998; Курзанцева О.М. и соавт., 2004; Майка О.А., 2005). Толщина хрящевого слоя в коленном суставе является наибольшей среди других суставов и составляет не более 6,4 мм. К основным свойствам зрелого суставного хряща можно отнести отсутствие нервных окончаний, а также кровеносных и лимфатических сосудов (Малахов Н.Б. и соавт., 2004; Климец Е.И., 2006). Питательные вещества к хондроцитам хряща поступают из синовиальной жидкости, при этом следует отметить наличие двойного диффузного барьера, благодаря которому питательные вещества из сосудистого русла поступают сперва в синовиальную жидкость и только потом к хондроцитам.

Хондроциты и хрящевой матрикс являются основными структурными элементами гиалинового хряща и существенно различаются по форме, размерам и метаболической активности (Горбатенко С.А., Еськин Н.А., 1991; Курзанцева О.М. и соавт., 2004; Armstrong S.J. et al., 1995; Barberie J.E. et al., 1998).

Согласно данным D.R. Jeffrey, I. Watt (2003), в суставном хряще имеются три зоны: 1) поверхностная; 2) промежуточная и 3) базальная. При этом

некоторые авторы отдельно рассматривают кальцифицированный хрящ как часть базальной зоны (Шехтер А.Б., 2006; Toyras J. et al., 2003).

При детальном изучении суставного хряща можно выделить следующие семь зон: бесклеточную, поверхностную, переходную, зону изогенных групп, «колонок», гипертрофированных клеток и зону первичной кальцификации (Шехтер А.Б., 2006; Wei X., Rdsden T., 1998; Toyras J. et al., 2003). Таким образом, вопрос о количестве зон хряща в коленном суставе остается дискуссионным.

К функциям суставного хряща относят: восприятие сил сжатия и их распределение по касательной к поверхности эпифиза, а также участие в образовании «смазочного механизма» коленного сустава наряду с синовиальной жидкостью (Гареева О.Х. и соавт., 1998; Martel-Pelletier J. et al., 1998)

К внутрисуставным связкам коленного сустава, функциями которых являются укрепление сустава и соединение большеберцовой и бедренной костей, относят переднюю и заднюю крестообразные связки (Соколова И.В., 2000). Передняя – идет вниз, вперед и внутрь и соединяет внутреннюю поверхность латерального мыщелка бедренной кости и переднее межмыщелковое поле большеберцовой кости. Она состоит из передневнутреннего и задненаружного пучков, разделенных прослойкой соединительной ткани незначительной толщины (Быков В.Г., 1999; Тайлашев М.М., Бенеманский В.В., 2003). Некоторые авторы описывают также интермедиальный и антеролатеральный пучки (Омельяненко Н.П., 1991; Kwak S.D. et al., 1997). Благодаря крестообразной связке при сгибании сустава на 90°, большеберцовая кость удерживается на месте (Миронов С.П., Орлецкий А.К., 1994).

Задняя крестообразная связка соединяет заднее межмыщелковое поле большеберцовой кости и внутреннюю поверхность медиального мыщелка бедренной кости. Она направляется вверх, медиально и вперед и расположена под углом 90° к передней. Она состоит из передненаружного и задневнутреннего пучков и является самой мощной внутрисуставной стабилизирующей структурой (Никитин В.Б. и соавт., 2000). При сгибании колена задняя

крестообразная связка предотвращает смещение большеберцовой кости назад. Особенно сильно стабилизирующая роль задней крестообразной связки проявляется при ротации (Соколова И.В., 2000; Wirz P., Jacob R.P., 1999).

Говоря о биомеханике коленного сустава, в котором возможны движения вокруг двух осей, следует отметить, что в среднем амплитуда сгибательно-разгибательных движений в нем составляет  $140 - 150^\circ$ . В случае максимального сгибания между голенью и бедром образуется угол  $40 - 50^\circ$ , при максимальном разгибании –  $180 - 190^\circ$ . Величина угла сгибания оказывает непосредственное влияние на амплитуду вращательных движений. Чем больше сгибание, тем больше объем вращательных движений. Последние достигают максимума при активном вращении  $15 - 20^\circ$ , при пассивном –  $30 - 40^\circ$  (Csintalan R.P. et al., 2002).

К разгибательному аппарату коленного сустава относят: четырехглавую мышцу бедра, надколенник и его связки (Зоря В.И. и соавт., 2010; Sonin A.H., 1995)

Надколенник относится к сессамовидным костям и является самой большой из них в организме человека. Расположен он в толще сухожилия четырехглавой мышцы бедра (Е.П. Подрушняк, 1994; Гибадуллина Ф.Б., 2004). У надколенника выделяют основание и верхушку, а также переднюю – выпуклую, шероховатую поверхность и заднюю (внутреннюю) гладкую, являющуюся суставной. Возвышающаяся борозда разделяет суставную поверхность надколенника на латеральную и медиальную части. Каждая из этих частей состоит из трех фасеток. Всего фасеток семь, и седьмая располагается между медиальной и латеральной частями надколенника на его внутренней стороне.

Следует отметить, что возникновение контакта между фасетками, расположенными проксимально, и надколенниковой поверхностью бедренной кости происходит лишь при полном сгибании в коленном суставе (Walker P.S., 2001). В случае полного разгибания с суставной поверхностью мыщелков бедренной кости находятся в контакте лишь две нижние фасетки.

Мнение о том, что надколенник является простым блоком, а силы в его связке и в сухожилии четырехглавой мышцы одинаковы, следует считать некорректным. А.В. Воронов и А.В. Шпаков (2017) показали, что в зависимости от угла в суставе изменяется передаточное соотношение сил. При движении надколенника относительно бедренной кости наряду со скольжением происходит и вращение, в результате чего изменяются плечи тяги и направление действия сил.

С помощью надколенника происходит оптимизация передачи напряжения от четырехглавой мышцы бедра на голень при сгибании в коленном суставе более  $150^\circ$ . Данное обстоятельство имеет важное значение и напрямую связано с прямохождением человека.

При этом сила, благодаря которой происходит перемещение голени в передне-заднем направлении относительно бедра, может достигать 30 % и более от силы тяги, возникающей в связке надколенника. Сила, благодаря которой происходит сдвиг суставных поверхностей бедренной и большеберцовой костей в коленном суставе минимальна в диапазоне  $90 - 120^\circ$ . Если угол превышает  $100^\circ$  сила тяги, возникающая в сухожилии надколенника, будет стремиться переместить голень вперед по отношению к бедру. При меньших значениях угла, голень под воздействием горизонтальной силы сдвигается назад.

Некоторые авторы отмечают, что надколенник также выполняет функцию по защите суставного хряща мыщелков бедренной кости от повреждений и питание суставного хряща за счет того, что при движении изменяется внутрисуставное давление и, соответственно, улучшаются процессы диффузии (Лазишвили Г.Д. и соавт., 1999).

Спереди от надколенника отходят надколенно-большеберцовые связки, функция которых, в основном, вспомогательная (Иманова, В.Р. и соавт., 2003; Weinberg, E.P. et al., 1998). При движениях в суставе именно поддерживающие связки препятствуют боковым смещениям надколенника, удерживая его в нужном положении. Как отмечает В.Р. Иманова (2004), данные связки

образуются из сухожилий четырехглавой мышцы бедра. А.В. Зубарев (1999), напротив, считает, что волокна данных связок представлены соединением апоневрозов двух мышц: наружной и внутренней широких мышц бедра. Следует отметить значение данных связок при незначительном сгибании коленного сустава (на  $15 - 20^\circ$ ), поскольку при более сильном сгибании надколенник под действием компрессирующей силы прижимается к бедренной кости и остается стабильным без участия данных связок (Putz R., 1995).

Анализируя вышесказанное, можно прийти к заключению, что вариантная анатомия структурных элементов коленного сустава изучена достаточно подробно, однако, наряду с этим, имеется ряд дискуссионных и нерешенных вопросов, в частности, касательно возрастных особенностей его строения, а также его изменения при различных заболеваниях опорно-двигательного аппарата, что делает тему нашего диссертационного исследования весьма актуальной.

## 1.2. Современные представления о кровоснабжении коленного сустава

В настоящее время актуальной проблемой ортопедии являются травмы колена, приводящие к его смещению, нестабильным переломам, переломам со смещением, что требует проведения немедленного хирургического вмешательства (Medina O. et al., 2014). Значительная вариабельность анатомии коленного сустава существенно усложняет осуществление хирургического доступа в связи с риском сосудистых повреждений (Gaetke-Udager K. et al., 2015). Наряду с этим необходимость проведения заднего доступа возникает достаточно часто, однако немногие врачи способны корректно его осуществить (Alpert J.M. et al., 2008), поскольку одним из наиболее частых осложнений при подобного рода оперативном вмешательстве является повреждение подколенной артерии и средней коленной артерии.

Прямой задний доступ к коленному суставу имеет важное значение при реконструкции задней крестообразной связки, удалении подколенной кисты,



синовэктомии, удалении опухоли и инородных тел (Green R.N. et al., 2014; Filho E.S. et al., 2015; van de Weijer M.A. et al., 2015)

Кровоснабжение крестообразных связок в основном обеспечивается а. media genus, внутрисуставная часть которой идет в непосредственной близости с задней крестообразной связкой. Хотя повреждение а. genus media встречается достаточно редко, ее топографию следует учитывать при реконструкции крестообразной связки, менискэктомии и артропластике (Small N.C., 1993; Tozzi, A. et al., 1996; Smith D.E. et al., 2001; Aldridge, J.M. et al., 2002; Kim T.K. et al., 2002). Последствием такого повреждения может быть псевдоаневризма подколенной артерии, ее острая окклюзия или гемартроз (Salaria H., Atkinson R., 2008; Aziz F. et al., 2016).

Средняя коленная артерия лежит посередине между мышелками бедренной кости. Внутрисуставная ее часть была описана еще в 1968 году (Scapinelli R., 1968, 1997), и ее важное значение уже давно является предметом дискуссии в доступной литературе (Shim S.S., Leung G., 1986; Kirschner M.H. et al., 1998; Reddy A.S., Frederick R.W., 1998; Petersen W., Tilmann B., 1999; Salaria H., Atkinson R., 2008). Средняя коленная артерия является ветвью подколенной артерии и расположена единым стволом на 3 – 5 см проксимальнее суставной линии. В редких случаях наблюдается наличие добавочных коленных артерий. Согласно R. Scapinelli (1997), на протяжении 1,5 – 2,5 см она идет дистально между подколенной артерией и задней стенкой капсулы сустава, над косой подколенной связкой она прободает данную капсулу и отдает ряд ветвей к синовиальной оболочке сустава и крестообразным связкам. Исследования de Carvalho R.T. (2016) показали, что артерия равноудалена от обоих мышелков бедренной кости и лежит над косой подколенной связкой, расстояние от задней поверхности большеберцовой кости до места вхождения средней коленной артерии составляет в среднем  $23,8 \pm 7,3$  мм и колеблется от 14,72 до 35,68 мм.

При разгибании в коленном суставе средняя коленная артерия образует угол с подколенной артерией величиной от 15 до 30°, при сгибании в колен-

ном суставе значения данного угла достигают  $90^\circ$  (H. Salaria, R. Atkinson, 2008). Чем больше угол сгибания колена, тем больше расстояние между задней частью капсулы коленного сустава и местом прикрепления задней крестообразной связки и больше расстояние между средней коленной артерией и задней поверхностью мыщелков большеберцовой кости.

Средняя коленная артерия может быть повреждена при открытых операциях на коленном суставе, при его переломах, различных реконструктивных вмешательствах при некорректном позиционировании ретракторов или повреждении данного сосуда острым хирургическим инструментом (Mullenix P.S. et al., 2006; Aziz F. et al., 2016; Shah N.K. et al., 2016).

Знания о топографии средней коленной артерии позволяют минимизировать риск возникновения данных осложнений. Помимо того, что повреждение данной артерии встречается при осуществлении заднего доступа к коленному суставу, оно может наблюдаться и при проведении артроскопии, при задней капсулотомии или синовэктомии, во время которых может возникнуть вторичное повреждение во время тракции. Осложнений подобного рода можно избежать при использовании задне-латерального и задне-медиального доступов. Тем не менее, существует риск получения травмы, когда используется транссептальный доступ. Травма может происходить косвенно при тяге или непосредственно при травме капсулы сустава сзади. В некоторых случаях при незначительной длине и большом диаметре средней коленной артерии возможен ее отрыв. Транссептальный доступ безопасен при выполнении его на коленном суставе, согнутом на  $90^\circ$  градусов. Если колено согнуто только на  $30^\circ$ , риск повреждения сосудов коленного сустава возрастает (Makridis K.G. et al., 2006).

S.J. Kim et al. (2011) описывают уменьшение риска сосудистых повреждений при осуществлении транссептального доступа в направлении от медиальной поверхности сустава к латеральной. Также они рекомендуют во время открытой операции отсоединять капсулу в области большеберцовой кости, которая менее васкуляризирована, чем бедренная часть.

Из-за увеличения частоты ишемических повреждений, возникающих в области медиального мыщелка бедренной кости, было высказано предположение, что он имеет плохое кровоснабжение, и его аваскулярный некроз часто развивается как осложнение после операций на задней крестообразной связке (Tozzi A. et al., 1996). К предрасполагающим факторам развития данного осложнения относят формирование туннеля в бедренной кости слишком близко к суставной поверхности, что приводит к повреждению питательных сосудов (включая среднюю коленную артерию), а также обширное рассечение мягких тканей в области медиального мыщелка бедренной кости, что ухудшает его кровоснабжение (Reddy A.S., Frederick R.W., 1998).

Согласно мнению отдельных авторов, в синовиальной сумке коленного сустава имеется особая структура кровеносных и лимфатических микрососудов, главная роль которых заключается в транссудации и резорбции синовиальной жидкости (Дильмухаметова Л.М. и соавт., 2000; Борзилова О.Х., 2005; Вагапова В.Ш. и соавт., 2007). С точки зрения транссиновиального обмена особое внимание заслуживают широкие кровеносные капилляры поверхностной сети синовиальной мембраны. Зачастую под ними обнаруживаются расширения межклеточных промежутков синовиальных клеток.

Согласно В.Ш. Вагаповой (2007), фиброзная синовиальная мембрана, которая покрывает связки и плотные участки капсулы, практически не имеет сосудов. Более богата кровеносными сосудами ареолярная синовиальная мембрана; в адипозном типе мембраны имеется хорошо выраженная сеть капилляров. На границе с суставным хрящом происходит формирование анастомозирующих капиллярных петель.

В.Ш. Вагапова (2007) описала специальные структуры синовиальной мембраны («люки») - морфологически приспособленные для транссудации и резорбции синовиальной жидкости. В.Н. Павлова (1980) описала в коленном суставе несколько зон, различающихся степенью развития кровеносных сосудов. Отдельно при этом выделяется зона без сосудов.

Как отмечает в своем диссертационном исследовании Л.Г. Нурбулатова (2011), именно фиброархитектоника определяет ангиоархитектонику стенок синовиальных сумок коленного сустава. Если участок стенки образован синовиальной мембраной ареолярно-адипозного, либо ареолярного типа, там расположена поверхностная сеть с широкими капиллярами и посткапиллярами (до 25 – 30 мкм), а также глубокая сеть, снабженная большим количеством анастомозов, как межартериолярных, так и артериоло-венулярных и межвенулярных. Целью данных анастомозов является регуляция гемодинамики. В стенках сумок адипозного типа обнаружена одна сеть микрососудов; фиброзный слой стенки является малососудистым.

Многие авторы выделяют в синовиальной мембране две сети кровеносных сосудов, однако в различных источниках их называют неодинаково: 1) внутренняя и наружная; 2) интимальная и субинтимальная; 3) поверхностная и глубокая; 4) интрамембранозная и экстрамембранозная (Маркевич А.В., 1966; Дильмухаметова Л.М. и соавт., 2000; Борзилова О.Х., 2003; Вагапова В.Ш., 2007; Barnett C.H. et al., 1961; Lindstrom J., 1963; Van Limbergn, 1971). Согласно J. Lindstrom (1963), в интимальном слое расположена капиллярная сеть, а в субинтимальном - более крупные сосуды. К аналогичным выводам приходит и А.В. Маркевич (1966). А.А. Городок, А.В. Маркевич (1975) также находят между ними большое количество анастомозов. Однако, по мнению Y. Kondoh (1973), между сосудами поверхностной и глубоких сетей анастомозы отсутствуют.

Л.А. Манукян, Н.Е. Погосян (1998), доказали, что интрамембранозная сеть формируется прекапиллярами и капиллярами. Подсиновиальная сеть, являющаяся экстрамембранозной, представляет собой ячейки многоугольной формы, диаметром 0,3 – 0,8 мм.

Ю.А. Орловский (1965) отмечает, что в синовиальной мембране коленного сустава имеется сеть сосудов, состоящая из трех слоев: поверхностного, состоящего из капилляров, среднего, образованного прекапиллярами и посткапиллярами, и глубокого артериолами и венулами.

Доказано, что кровеносные капилляры синовиальной мембраны очень хорошо развиты, имеют спиральную извилистость, часто между ними образуется широкопетлистая сеть (Gardner E., 1952). Изнутри в мембране капилляров имеются сетевидная, петлевидная и клубочковая структуры.

Еще одной особенностью строения микроциркуляторного русла коленного сустава является преобладание количества посткапилляров и венул над артериолами и прекапиллярами, что может быть объяснено повышенной функциональной потребностью обменных процессов между кровеносным руслом и суставной жидкостью (Павлова В.Н., 1980, Вагапова В.Ш., 2007).

Кровеносные сосуды, имеющиеся в синовиальных ворсинах и складках, целесообразно рассматривать как выросты внутренней зоны кровеносного сплетения капсулы в полость сустава. Благодаря наличию таких сосудов площадь капиллярной сети синовиальной мембраны значительно увеличивается.

В участках, где синовиальная мембрана переходит с капсулы на кость, имеются межартериальные и межвенулярные анастомозы. Однако Л.А. Манукян, Н.Е. Погосян (1998) наблюдали такие анастомозы только у основания синовиальных ворсинок. Согласно данным В.Ш. Вагаповой (2000), артериоло-венулярные анастомозы появляются только в критические периоды онтогенеза или в условиях изменений гемодинамики. По мнению В.Н. Павловой (1980), в синовиальных мембранах артериоло-венулярные анастомозы отсутствуют.

В 2007 году В.Ш. Вагаповой были описаны лимфатические капилляры поверхностных слоев синовиальной мембраны. Капилляры различной длины формируют ячейки лимфатической сети. Лимфатические капилляры начинаются слепо, затем они формируют ячеистые сети. Функцией отдельных из них является резорбция из полости сустава синовиальной жидкости. Следует отметить способность лимфатического русла синовиальной мембраны к новообразованию, подтвержденное наличием цитоплазматического выроста эндотелиоцита у верхушки слепо начинающихся лимфатических капилляров.

Васкуляризация менисков отмечается только по их периферии. Питание их несосудистых отделов происходит при чередовании компрессии и декомпрессии хряща мениска во время циклических движений, в результате чего центральная часть менисков остается аваскулярной (Sindel M. et al., 1999). В связи с этим данный участок имеет выраженную предрасположенность к дегенеративным изменениям (Шавырин А.Б., Лапин В.В., 1991; Starok M., Lenchik L., 1997; Seymour R., Lloyd D.C., 1998).

Анализируя вышесказанное, следует отметить, что, несмотря на достаточное количество работ, посвященных изучению кровоснабжения коленного сустава, практически отсутствует информация об его изменениях при различных заболеваниях, в частности, при деформирующем артрозе.

### 1.3. Морфологические изменения элементов коленного сустава при деформирующем артрозе

К основным патологическим изменениям, характеризующим артроз, относят: деградацию суставного хряща, образование остеофитов, утолщение субхондральной кости, повреждение связок, суставной капсулы и воспаление синовиальной оболочки (Кашеварова Н.Г. и соавт., 2016).

Морфологически артроз начинается с изменений в мягких тканях, зачастую задолго до поражения костных элементов. М.В. Макарова и соавт. (2014) описывают следующую последовательность патофизиологических процессов при артрозе коленного сустава: 1) истончение хряща; 2) накопление свободной жидкости в суставных полостях и сумках; 3) дегенеративно-дистрофические изменения в связочном аппарате.

В связи с тем, что именно в первые годы заболевания происходит максимальная потеря суставного хряща, а также наиболее интенсивно протекают изменения в субхондральной кости, лечение должно быть начато на ранних этапах патологического процесса (Олюнин Ю.А., 2015; Kerkhof H.J. et al., 2015).

Характер морфологических изменений при деформирующем артрозе зависит от стадии заболевания и от применяемого метода исследования. Так, при использовании метода компьютерной томографии, можно выявить: изменения в ширине суставной щели, изменения субхондрального слоя, а также формы и величины суставных поверхностей костей, принимающих участие в образовании коленного сустава, перестройку трабекулярной кости, изменения, возникающие в окружающих мягких тканях (Дьячкова Г.В. и соавт., 2015; Duncan, S.T. et al., 2015).

Поражение всех отделов коленного сустава наблюдается в 72% случаев, и только у 5% на первое место выходит преимущественное поражение пателло-фemorального сочленения. Выраженные изменения со стороны внутреннего отдела коленного сустава наблюдаются в 22% случаев, со стороны наружного – только в 1% случаев (Hardcastle S.A. et al. 2014; Komatsu M. et al., 2014).

При прогрессировании дегенеративно-дистрофического процесса в коленном суставе возникают грубые анатомические изменения его составных элементов. В частности, индикатором запущенного дегенеративного процесса является значительный субхондральный склероз, который при запущенных стадиях заболевания обнаруживается у трети больных. При компенсированной стадии в 38,1% случаев наблюдается эпифизарный остеопороз, частота которого уменьшается при декомпенсации процесса до 29% (Макушин В.Д., Чегуров О.К., 2007).

В зонах интенсивной микроциркуляции протекает репаративная реакция, сопровождающаяся усиленным новообразованием кости, а в зонах замедленной микроциркуляции, напротив, протекает активная остеопластическая резорбция, в результате чего происходит деформация мыщелков бедренной и большеберцовой костей, приводящая к деформации коленного сустава. Прогрессирование гонартроза в 32–65% случаев приводит к деформации коленного сустава во фронтальной плоскости (Стаценко О.А., 2005).

Значительные патоморфологические изменения при гонартрозе наблюдаются в хрящевом матриксе, при этом хрящ вместо прочного и эластичного становится сухим и тусклым. На ранних стадиях коллагеновый каркас набухает и разволокняется. В дальнейшем в хряще усиливается дегградация, он становится более тонким и мягким в местах максимальной нагрузки. Заканчивается процесс фрагментацией хряща и образованием вертикальных трещин, в области которых начинается его изъязвление и обнажение подлежащей субхондральной кости.

Как отмечают Клементьева В.И. и соавт. (2016), при гонартрозе выявляются достаточно четкие изменения как хряща, так и субхондральной костной ткани. Так, при прогрессировании процесса существенно изменяется толщина гиалинового хряща с  $0,20 \pm 0,12$  см при первой стадии до  $0,13 \pm 0,01$  см – при второй. Причем наиболее существенные изменения такого рода происходят в области медиальных мыщелков большеберцовых костей.

В случае идиопатического гонартроза дегенеративный процесс сопровождается стиранием хрящевого слоя с последующей дистрофической перестройкой прилежащей костной ткани. В наибольшей степени данный процесс выражен в медиальных отделах сустава. В случае преобладания диспластических процессов в связи с гиперплазией покровного гиалинового хряща, данные изменения выражены слабо (Макушин В.Д., Чегуров О.К., 2007).

При формировании истонченного хрящевого покрова и, как следствие, неравномерного распределения давления между суставными поверхностями возникают локальные перегрузки, появляются участки остеосклероза, а также субхондральные кисты, образуются остеофиты (Шостак Н.А., 2014).

Остеофиты представляют собой костные разрастания, существенно изменяющие конгруэнтность суставных поверхностей. С увеличением стадии заболевания увеличивается размер остеофитов, местом наибольшего скопления которых также являются медиальные мыщелки большеберцовой кости.

Наряду с остеофитами к основным рентгенологическим признакам артроза относят сужение суставной щели, которое наиболее выражено в



участках максимальной нагрузки, и субхондральный склероз (Тумаренко А.В. и соавт., 2014; Кабалык М.А., 2016).

Степень сужения суставной щели при гонартрозе варьирует в зависимости от его этиологии. В частности, при идиопатическом процессе данный признак выражен сильнее. Следует отметить, что значительное уменьшение ширины суставной щели приводит к варусной или вальгусной деформации (Шевцов В.И. и соавт., 2011). В связи с возникающей нестабильностью сустава и варусной девиацией голени, а также варусной деформацией значения угла раскрытия суставной щели в латеральном отделе сустава при компенсированной стадии гонартроза в среднем на 1,22% меньше, чем у здоровых людей, а в случае декомпенсированной стадии – на 76,4%. При диспластическом гонартрозе значения данного показателя увеличивается в меньшей степени, что может быть связано с мышечковой гипоплазией и длительной адаптацией тканей к патологическому процессу (Сименач Б.И. и соавт., 1981).

Изменения при деформирующем гонартрозе сопровождаются существенной перестройкой мышечков большеберцовой и бедренной костей, которые на ранних этапах можно выявить при использовании метода компьютерной томографии. Степень выраженности данной перестройки является объективным показателем для определения стадии заболевания.

В случае идиопатического гонартроза дегенеративный процесс сопровождается стиранием хрящевого слоя с последующей дистрофической перестройкой прилежащей костной ткани. Причем в наибольшей степени данный процесс выражен в медиальных отделах сустава. В случае преобладания диспластических процессов в связи с гиперплазией покровного гиалинового хряща данные изменения выражены слабее (Макушин В.Д., Чегуров О.К., 2007).

При артрозе в области латерального мышелка большеберцовой кости наблюдается образование разрозненных, утолщенных костных трабекул, а также зон резорбции. Уменьшение толщины, возникновение локальных де-

фектов в корковой пластинке метафиза, формирование в эпиметафизарном отделе зон резорбции визуализируются при VRT-реконструкции как «симптом изношенного кружева» (Fuller H. et al., 2014; Turmezei T.D. et al., 2014).

Как отмечают В.И. Шевцов и соавт. (2011), гонартроз сопровождается изменением положения надколенника. Причем при диспластическом процессе по причине ослабления мышц надколенник расположен выше, чем при идиопатическом артрозе коленных суставов, что является предрасполагающим фактором к развитию диспластического разгибательного вывиха надколенника. При изменении положения надколенника в 62,2% случаев наблюдаются его латерализация или подвывих. При отклонении надколенника во время его движения в межмышцелковой борозде развивается дополнительное компрессирующее воздействие на его медиальную или латеральную поверхности.

Одним из важных показателей артроза является изменение плотности костной ткани в области мыщелков бедренной кости, которое можно оценить, используя показатель плотности в единицах Хаунсфилда (НУ). По мнению одних авторов, при прогрессировании гонартроза увеличиваются показатели минеральной плотности костной ткани, в первую очередь, осевого скелета и, в меньшей степени, бедренной кости (Григорьева Н.В., Крочак С.П., 2015; Hardcastle S.A. et al., 2014). По мнению других, у пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава показатель минеральной плотности бедренной кости ниже, особенно ее медиального мыщелка (Буравцов П.П., Тепленький М.П., 2014). Н.Г. Кашеварова, Л.И. Алексеева (2014) отмечают, что при прогрессировании заболевания у пациентов помимо увеличения количества остеофитов и сужения суставной щели наблюдается снижение минеральной плотности костной ткани в шейке бедра в среднем на 2,5–2,7%.

Наряду с этим, как отмечают А.С. Свириденко и соавт. (2016), у больных с гонартрозом изменяются особенности кровоснабжения коленного сустава. Так при 2 степени в интрамедуллярных тканях латерального и меди-

ального мышечков бедренных костей возникает асимметрия параметров пульсового тока крови. При этом в мышечках большеберцовых костей она отсутствует.

Одной из причин данной асимметрии следует считать спазм резистивных сосудов, расположенных снаружи мышечков бедренных костей, и дилатацию резистивных сосудов, расположенных внутри.

К воспалительным признакам при гонартрозе относят: утолщение синовиальной оболочки и образование выпота в сумки и завороты (Saberі, H.F. et al., 2016).

Суставной выпот внутри наднадколенниковой сумки является общим клиническим проявлением у лиц с деформирующим гонартрозом (Hall M. et al. 2014; Trees A. et al., 2016). В большинстве исследований сообщается о положительной взаимосвязи между наличием выпота и болью в коленном суставе (Abraham A.M. et al., 2014; D'Agostino M.A. et al., 2015).

Одним из признаков артроза коленного сустава является также синовиальная гиперплазия. И, хотя при гонартрозе она менее выражена, чем при ревматоидном артрите, ее роль в патогенезе заболевания подтверждается многими авторами (Aleo E. et al., 2014; Atukorala I. et al., 2016).

При наличии явных клинических проявлений утолщение синовиальной оболочки наблюдается у 73% больных, выпот в полость сустава – в 60%, остеофиты – в 67%, а отек субхондральной кости – в 65% случаев соответственно. В дальнейшем в периартикулярных тканях развиваются фиброзно-склеротические и гипотрофические изменения. Возникающие сухожильно-мышечные контрактуры, остеофиты и связанные с ними нарушения конгруэнтности сочленяющихся поверхностей приводят к деформации и тугоподвижности суставов (Шостак Н.А., Правдюк Н.Г., 2016).

Существенное влияние на клиническую картину артроза оказывает синовит. Причем в начале заболевания воспаление затрагивает только участки хрящевых дефектов, а на более поздних стадиях оно приобретает диффузный характер (Вакуленко О.Ю., Жилев Е.В., 2016).

По степени выраженности синовита А.В. Петров, А.А. Заяева (2015) предлагают разделить всех пациентов на три группы: с явными признаками синовита, с незначительным утолщением синовиальной оболочки и с отсутствием с ее стороны реакции.

Ledingham J. et al. (1995) отмечают, что развитие вторичного синовита при артрозе коленного сустава напрямую связано с деградацией суставного хряща, поэтому воспалительный процесс в синовиальной оболочке следует считать предшественником деградации суставного хряща. Однако С.L. Hill et al. (2007) считают, что синовит и потеря хряща в тибioфemorальном и пателлофemorальном сочленениях никак не связаны.

В целом, отмечено, что артроз является достаточно гетерогенным заболеванием и, несмотря на схожесть клинических проявлений, у пациентов отмечены значительные различия по числу и размерам остеофитов, а также толщине гиалинового хряща в разных участках и реакции синовиальной оболочки.

#### 1.4. Этиология, клинические проявления, диагностика и современная тактика лечения деформирующего артроза коленного сустава

Гонартроз – это хроническое дегенеративное заболевание коленного сустава. Степень выраженности симптомов данного заболевания зависит от таких факторов как возраст, пол, избыточный вес и нарушения метаболизма (Ulasli A.M. et al., 2014; Saito A. et al., 2016). Слабость четырехглавой мышцы бедра является одним из факторов риска, приводящих к артрозу коленного сустава (Blazek K. et al., 2014; Qiestad B.E. et al., 2015).

На амбулаторном этапе медицинскую помощь больным с заболеваниями костно-мышечной системы оказывают помимо травматологов-ортопедов также хирурги, неврологи, терапевты. Согласно данным Р.П. Матвеева, С.В. Брагина (2014), до 57,3% пациентов перед обращением к врачу-ортопеду

наблюдались у других специалистов. Частота первичных обращений составляет только 42,7%.

Б.И. Сименач, Б.А. Пустовойт (1999) подчеркивают роль наследственно-предрасположенных заболеваний в возникновении деформаций коленного сустава. Наряду с этим в генезе деформации коленного сустава определенная роль отводится несостоятельности мышечно-связочных структур (Драчевский В.А., 1984).

Как отмечают Н.В. Корнилов (1997), Н.М. Белокрылов (1998), к предрасполагающим факторам деформирующего артроза следует относить травму суставного хряща и кости, мениско-связочно-капсульных структур, а также нестабильность коленного сустава и в горизонтальной, и в сагиттальной плоскости. При этом в патогенезе посттравматического деформирующего артроза значительная роль отводится развитию реактивного воспаления (Martel-Pelletier J. et al., 1998).

Постоянная микротравматизация суставных элементов происходит при наличии анатомических дефектов полости коленного сустава различного происхождения. Некоторые авторы отмечают, что дистрофические изменения суставного хряща часто являются следствием синовита (Герасимов А.М., Фурцева Л.Н., 1986).

В связи с тем, что при деформирующем гонартрозе наблюдаются циркуляторно-метаболические нарушения, они во многом определяют клинические признаки данного заболевания. В связи с ярко выраженной стадийностью гонартроза в доступной научной литературе существует большое количество различных его классификаций. Так, классификация Н.М. Леоновой (1994), согласно которой при нестабильности коленного сустава во фронтальной плоскости в зависимости от угла искривления оси конечности выделяют: 1 степень ( $5^{\circ}$ ), 2 степень ( $5-10^{\circ}$ ), 3 степень ( $10-15^{\circ}$ ), 4 степень ( $15-20^{\circ}$ ) (Леонова Н.М., 1994).

Также степень развивающегося деформирующего артроза можно оценить по схеме, предложенной D. Resnick и G. Niwoyama (1981): 0 – измене-

ния отсутствуют; I – сужение суставной щели минимально, склероз умеренный, заметных изменений нет; II – умеренно суженное суставное пространство, наличие остеофитов, нет костного коллапса, умеренно выраженный субхондральный склероз, наличие внутрисуставных остеохондральных тел, умеренное нарушение контуров суставных концов; III – сужение суставной щели вплоть до облитерации, коллабирование костной ткани, выраженный субхондральный склероз, наличие остеохондральных тел в суставе, выраженная деформация или искривление, а также выраженные изменения контуров суставных поверхностей (D. Resnick, G. Niwoyama, 1981).

По мере прогрессирования дистрофического процесса различия между деформирующим гонартрозом, а также другими заболеваниями, такими как кистовидная перестройка мыщелков и асептический некроз суставных поверхностей костей, практически утрачиваются.

Клиническое значение при деформирующем гонартрозе имеет классификация А.П. Чернова (1971), учитывающая как клинические данные, так и данные рентгенограмм.

Стадийность гонартроза также хорошо представлена в классификации Р.И. Габуния и соавт. (1986): 1 стадия – незначительные изменения хряща; 2 стадия – фрагментация хряща; 3 стадия – изъязвление и атрофия хрящевой ткани. Данные стадии могут быть выявлены либо артроскопически, либо при артротомии.

Однако наиболее часто в повседневной клинической практике среди отечественных ортопедов используется классификация Н.С. Косинской (1961), в основу которой положен клинико-рентгенологический принцип: I стадия – определяется незначительное сужение суставной щели и лёгкий субхондральный остеосклероз. Клинически заболевание проявляется болью при спуске и подъёме по лестнице, которая проходит в состоянии покоя, движения в суставе не ограничены; II стадия – сужение рентгенологической суставной щели, субхондральный склероз более выражен, костные разрастания (остеофиты) появляются по краям суставной щели. Клинически – возни-

кает ограничение движений в суставе, гипотрофия мышц, хромота, определяется незначительная фронтальная деформация оси конечности; III стадия – клиническая картина характеризуется стойкими сгибательно-разгибательными контрактурами, резко выраженными болями и хромотой, умеренной и выраженной вальгусной или варусной деформацией конечности, нестабильностью сустава и атрофией мышц бедра и голени. При рентгенографии выявляется значительная деформация и склерозирование суставных поверхностей эпифизов с зонами субхондрального некроза и локального остеопороза, суставная щель может полностью отсутствовать, определяются обширные костные разрастания и свободные суставные тела.

Рентгенологические классификации Ahlbäck (1968); Kellgren & Lawrence (1963) используются в Европе и Северной Америке. Классификация Ahlbäck: I – сужение суставной щели (суставная щель  $< 3$  мм); II – облитерация суставной щели; III – минимальный костный дефект (0-5 мм); IV – умеренный костный дефект (5-10 мм); V – выраженный костный дефект ( $> 10$  мм). Классификация Kellgren & Lawrence: I – сомнительная: незначительные остеофиты; II – минимальная: чётко выраженные остеофиты; III – умеренная: умеренное сужение суставной щели; IV – тяжёлая: выраженное сужение суставной щели с субхондральным склерозом.

Классификации Ahlbäck и Kellgren & Lawrence имеют недостатки – они не учитывают наличие и выраженность клинических симптомов остеоартроза, а только его рентгенологические проявления. Поэтому клинко-рентгенологическая классификация Н.С. Косинской является предпочтительной, позволяя выбрать наиболее эффективный способ лечения пациента исходя из комплексной характеристики стадии заболевания.

Таким образом анализ литературных источников убедительно свидетельствовал с одной стороны о большом количестве попыток систематизации морфологических изменений коленного сустава при его деформирующем артрозе, а с другой – о полном отсутствии единого мультидисциплинарного подхода к определению степени и критериев выраженности гонартроза. Этот

факт, бесспорно, создает предпосылки к расхождению экспертных мнений как в части определения категорий годности лиц ряда профессий, так и в отношении определения тактики лечения профильных пациентов.

На начальных этапах развития гонартроза, когда патологический процесс чаще всего локализован преимущественно в одном из отделов коленного сустава, выявить сужение суставной щели помогает выполнение рентгенографии в прямой проекции с осевой нагрузкой. Для количественной оценки степени деформации «золотым стандартом» считается телерентгенография всей нижней конечности в положении пациента стоя, захватывающая область тазобедренного и голеностопного суставов. Следует подчеркнуть, что рентгенологические признаки заболевания появляются позже начальных морфологических изменений в суставе, в связи с чем, диагностика ранних этапов патологического процесса с помощью данного метода исследования невозможна. В это ситуации более информативна магнитно-резонансная томография (МРТ) коленного сустава, позволяющая выявить начальные дегенеративно–дистрофические изменения суставного хряща до появления рентгенологических признаков заболевания: все степени изменения хряща от отёка до истончения, разволокнения и растрескивания, состояние субхондральной костной ткани, "хондрофиты", воспаление синовиальной оболочки и т.п. Кроме этого можно оценить состояние крестообразных связок и менисков. При наличии специального программного обеспечения возможен точный расчёт общего объёма поражённого хряща и изменённых участков субхондральной кости. Из инвазивных методов обследования наиболее информативна артроскопия коленного сустава, при которой возможна прямая визуализация как хряща, так и остальных внутрисуставных образований.

Американским колледжем ревматологии (ACR: American college of rheumatology) предложены диагностические критерии для деформирующего артроза коленного сустава: боль в коленном суставе + остеофиты на рентгенограмме и, по крайней мере, один из перечисленных ниже показателей: воз-



раст > 50 лет; утренняя скованность, продолжительностью менее 30 минут; крепитация при движениях.

Разрушение суставного хряща является одним из главных патологических процессов при гонартрозе. С ним связано возникновение боли, ограничение подвижности в суставе, сужение суставной щели. При этом, следует учитывать, что данные патологические изменения в хряще начинаются еще задолго до появления выраженных клинических признаков, а с помощью рентгенологических методов исследования они могут быть выявлены только на поздней стадии заболевания. По мнению В.И. Мазурова, И.А. Онущенко (1999), в настоящее время отсутствуют методы ранней диагностики начальных изменений в хряще, что существенно затрудняет своевременное начало эффективной терапии.

В.Н. Коваленко, О.П. Борткевич (2005) отмечают, что благодаря методу артроскопии гонартроз возможно диагностировать на ранней стадии, еще до появления изменений, видимых рентгенологически. Несмотря на высокую информативность данного метода (до 90 – 100%), к его существенным недостаткам относят инвазивность и дороговизну. Хотя, как отмечают Р.П. Матвеев, С.В. Брагина (2014), не всегда обнаруженные дегенеративные изменения во время артроскопии следует отождествлять с гонартрозом. Так, А.К. Орлецкий и соавт. (2008) костно-хрящевые повреждения в нагружаемой зоне мыщелков бедренной и большеберцовой костей размером до 10 мм расценивают как преартроз.

Примерно у 25% пациентов на амбулаторном этапе применяется ультразвукография, однако данная методика далеко не всегда позволяет детально визуализировать изменения внутрисуставных компонентов коленного сустава, хотя и обладает целым рядом преимуществ (неинвазивность, возможность многократного использования, безвредность и т.д.) (Брюханов А.В., Васильев А.Ю., 2006; Маланин Д.А. и соавт., 2010; Artul S. et al., 2014; Chan K.K. et al., 2014; Malas F.U. et al., 2014; Sarmanova A. et al., 2016).

Наиболее полная информация может быть получена с помощью метода магнитно-резонансной томографии. Важное значение в настоящее время приобретает также метод сцинтиграфии, благодаря которому можно оценить метаболическую активность периартикулярной костной ткани (Kuroda R. et al., 2007).

В настоящее время дискуссионным остается вопрос, когда изменения мягких тканей, прослеживаемые по УЗИ и МРТ, становятся рентгенопозитивными. От момента постановки диагноза гонартроза по данным УЗИ до выявления его признаков с помощью рентгенологических методов исследования проходит в среднем 4 года 3 месяца (Bredella M.A. et al., 2011).

Веретенообразные структуры в промежуточной зоне, выявляемые во время исследования синовиальной жидкости, следует считать основным маркером артроза. Если в дегидратированной синовиальной жидкости увеличивается содержание кальция и фосфора, это является прямым признаком наличия деструктивных изменений в костно-хрящевой ткани сустава (Шатохина С.Н. и соавт., 2010; Shabalin V.N., Shatokhina S.X., 2007).

Следует отметить, что раннее и быстрое прогрессирование артроза коленного сустава обусловлено низким регенераторным потенциалом гиалинового хряща (Новоселов К.А., 2004).

Дифференциальную диагностику гонартроза чаще всего приходится проводить на начальных стадиях, когда клинико-рентгенологические проявления заболевания выражены минимально со следующей патологией: ревматоидный артрит, кристаллические артриты и спондилоартропатии.

При лечении больных гонартрозом в зависимости от стадии заболевания применяются как неоперативные, так и хирургические методы. Неоперативное лечение показано при I – II стадии, в то время как хирургическое – при II – III стадии или случаях неэффективности консервативной терапии больных с I стадией процесса.

Главная цель лечения гонартроза – уменьшение болевых ощущений, восстановление функции сустава и, соответственно, улучшение качества

жизни больных (Алексеева Л.И., Зайцева Е.М., 2014; Bruyere O. et al., 2014). Среди основных консервативных методов лечения гонартроза следует выделить использование нестероидных противовоспалительных препаратов, кортикостероидов, хондропротекторов, лечебной физкультуры, массажа (Зыкин А.А. и соавт., 2015). Н.В. Чичасова (2010) отмечают, что консервативную терапию гонартроза следует считать базовой.

Хирургическое лечение показано больным деформирующим артрозом коленного сустава I – II стадии при неудовлетворительном эффекте комплексной консервативной терапии или в ситуации, когда при первичном обращении за медицинской помощью определяются выраженные дегенеративно–дистрофические изменения в суставе, сопровождающиеся стойкими функциональными нарушениями, т.е. III стадия заболевания.

Поэтому широкое распространение в настоящее время получает его оперативное лечение (Вакуленко О.Ю., Жилиев Е.В., 2016). В настоящее время наиболее актуальными и распространёнными методами оперативного лечения гонартроза являются эндоскопические вмешательства (артроскопия), корригирующие околосуставные остеотомии бедренной и/или большеберцовой костей, частичное или тотальное эндопротезирование коленного сустава. К операциям «отчаяния» можно отнести резекционную артропластику и артродезирование коленного сустава. (Попова Л.А., Сазонова Н.В., 2009; Кавалерский Г.М. и соавт., 2010).

Деформирующий артроз II стадии, сопровождающийся угловой деформацией во фронтальной плоскости не более 30°, при сохранной амплитуде движений не менее 90° является одним из наиболее частых показаний к проведению оперативного лечения. Как отмечает Б.А. Пустовойт (1999), положительный результат после проведения корригирующей остеотомии в области коленного сустава наблюдается примерно в 93% случаев (Троценко В.В., Каграманов С.В., 1999).

Одним из достоинств остеотомии является воздействие на основные патогенетические факторы гонартроза. Благодаря перемещению нагрузки с

пораженного отдела на неизмененный хрящ существенно улучшается биомеханика. Наряду с этим, пересечение большеберцовой кости снижает внутрикостное давление, ликвидирует венозный стаз и улучшает васкуляризацию в этой зоне, благодаря чему пациент избавляется от постоянных болей в покое. Остеотомия также рефлекторно стимулирует окольный кровоток (Babis, G.C. et al., 2002; Devgan A., Mary K.M., 2003).

Некоторые авторы отмечают особую эффективность высокой остеотомии, в первую очередь, при переднее-медиальном артрозе коленного сустава. После данной операции ремиссия достигает в среднем 8 – 15 лет (Jakob R.P., Jacobi M., 2004).

Некоторые авторы отмечают, что остеотомия оказывает положительное влияние на функционирование четырехглавой мышцы бедра, причем вне зависимости от возраста пациента.

Однако другие авторы рассматривают сенсомоторную дисфункцию данной мышцы в качестве этиологического признака прогрессирования артроза коленного сустава после проведенной высокой остеотомии, сопровождающейся значительным ухудшением изометрической силы квадрицепса и снижением его функции (Machner A. et al., 2002).

Определенные трудности имеются при измерении изменений осевой нагрузки на плато большеберцовой кости после остеотомии. Н. Kawakami et al. (2005) была разработана целая система анализа для определения оси динамической нагрузки на коленный сустав у пациентов с гонартрозом до и после выполнения остеотомии. Данная система позволяет определить ось нагрузки на коленный сустав, как в неподвижном положении, так и во время ходьбы. Статичная модель костной структуры была создана на основании данных компьютерной томографии, а в движении – на основании данных инфракрасного датчика. Однако сложность подобного рода системы не позволяет широко использовать ее в современных условиях.

В современной ортопедии для лечения гонартроза широко используется и тотальное, и одномышцелковое протезирование коленного сустава. Со-

гласно M.G. Dennis, Cesare P.E. (2003), именно остеотомия большеберцовой кости должна рассматриваться как высокоэффективный способ лечения артрозов коленного сустава, поскольку ее эффективность отмечается в течение 15 лет после операции.

В отдельных литературных источниках отмечено, что целесообразность использования одномышцелкового протезирования является достаточно спорной процедурой, несмотря на то, что хорошие и отличные результаты после проведения данной операции наблюдаются в 80–90% случаев в течение 10 лет. Поэтому другие авторы считают, что одномышцелковое протезирование не должно конкурировать с тотальным протезированием, либо остеотомией большеберцовой кости, а занимать отдельную нишу и выполняться только по определенным показаниям (Kankovsky V. et al., 2004).

Labek G., Bohler N. (2003) отмечают, что по-настоящему хороших результатов после выполнения одномышцелкового протезирования удастся достигать только в последнее время, что связано с оптимизацией конструкции и трибологии протезов, а также более четким определением показаний для данного вмешательства. При использовании одномышцелковых систем наблюдаются следующие преимущества: лучшая проприорецепция, связанная с меньшей потерей костной ткани, а также лучшая подвижность в коленном суставе. Среди существенных недостатков отмечается риск полного гонартроза, которого удастся избежать только с помощью тщательного отбора пациентов, в частности, оптимально применять данную методику у лиц старше 60 лет без излишнего веса, с сохранной подвижностью в коленном суставе, а также наличием интактных боковых и крестообразных связок.

Одним из часто встречающихся осложнений остеотомии является замедленная консолидация или несращение, последствия которого достаточно серьезны и требуют проведения повторной операции и даже эндопротезирования коленного сустава (Yoshino N. et al., 2004). Как отмечают C.B. Marti et al. (2003) использование аппарата Илизарова позволяет добиться лучшего сращения.

Наряду с этим, к трудностям, возникающим при выполнении остеотомии, относят повреждение малоберцового нерва и необходимость в проведении костной пластики для заполнения клинообразного дефекта (Pape D. et al., 1994).

Pasher A. et al. (2003) отмечают, что применение пластин с угловой стабильностью позволяют избежать вышеуказанных осложнений, поскольку с их помощью можно проводить среднюю остеотомию без костной пластики, что существенно снижает риск возникновения травмы малоберцового нерва. Однако результаты хорошего сращения наблюдаются в подавляющем большинстве случаев. К осложнениям средней остеотомии можно отнести лишь редко встречающееся замедление консолидации.

Для предотвращения замедленной консолидации, возникающей после выполнения высокой остеотомии большеберцовой кости целесообразно воздействовать импульсным ультразвуком на костную мозоль (Tsumaki N. et al., 2004).

При смещении надколенника, возникающем после остеотомии большеберцовой кости происходит нарушение конгруэнтности в пателлофemorальном суставе, что ухудшает результаты лечения (Gaasbeek R.D., Sonneveld H., 2004).

А.В. Imhoff (2004) отмечает, что в случае наличия у пациентов варусной деформации и нестабильности коленного сустава необходимо одновременно с остеотомией проводить пластику крестообразной связки.

Таким образом, деформирующий артроз коленного сустава является достаточно распространенным в настоящее время. При этом совершенствование методов его диагностики и лечения, невозможно без детального изучения вариантной анатомии и морфометрических характеристик основных и вспомогательных элементов коленного сустава.

### 1.5. Современные представления о тотальном эндопротезировании коленного сустава и проблемных вопросах, связанных с позиционированием компонентов эндопротеза

В настоящее время наиболее эффективным хирургическим способом лечения поздних стадий дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава, при отсутствии эффекта от проводимой консервативной терапии, является его тотальное эндопротезирование (Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Новоселов К.А., 2016). Замещение коленного сустава на искусственный позволяет в кратчайшие сроки купировать болевой синдром, устранить имеющуюся деформацию и восстановить функцию пораженного сустава (Кроитор И.И., 2000). Тотальное эндопротезирование коленного сустава общепризнано удачной хирургической процедурой как с клинической, так и с экономической точек зрения (Ахпашев А.А., Зогородний Н.В., 2016).

В зависимости от степени распространённости патологического процесса во время эндопротезирования могут замещаться один, два или все отделы коленного сустава. Эндопротезирование коленного сустава относится к операциям высокой категории сложности и рекомендуется пациентам в возрасте 50 лет и старше. Лицам более молодого возраста показания к замещению коленного сустава на искусственный определяются строго индивидуально (Insall J., Scott W., 1989).

Однако, несмотря на большой накопленный опыт артропластики коленного сустава и постоянное совершенствование материалов, технологий изготовления эндопротезов и методик их имплантации, до настоящего времени у 3 – 12% прооперированных больных в ближайшие и отдалённые сроки после операции выявляются различные осложнения (Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Новоселов К.А., 2016; Ayers D.C., 1997; Bozic K., 2010).

К потенциальным недостаткам эндопротезирования следует отнести постепенный износ компонентов имплантата и нарушение прочности их фиксации в кости. Однако, одной из наиболее значимых причин неудовле-

творительных результатов рассматриваемой операции являются технические погрешности имплантации. К таковым относят, например, остаточный дисбаланс мягких тканей, неправильную ориентацию компонентов эндопротеза, что наряду с другими осложнениями может приводить к необходимости их замены новыми, так называемому ревизионному эндопротезированию (Pour A.E., 2007).

Ежегодно в Германии выполняется более 12000 ревизионных артропластик коленного сустава, что составляет 7,7% от всех эндопротезирований этого сустава (Hassenpflug J., 2012). По данным регистров эндопротезирования скандинавских стран и других зарубежных источников, несмотря на достигнутые ближайшие успехи оперативного лечения, отдаленные положительные результаты после эндопротезирования наблюдаются лишь у 76 – 89% прооперированных больных (Hailer N.P., 2010). Данные ряда других авторов также отмечают, что в ближайшие годы после эндопротезирования благоприятные результаты отмечаются в 80 – 90% случаев, а наблюдение в динамике свидетельствует о постепенном снижении удельного веса положительных исходов (Тихилов Р.М., 2009; Попов А.М., 2005). Пропорционально давности операций эндопротезирования возрастает потребность в замене искусственного сустава или одного из его компонентов (Ornstein E., 2002).

По данным Австралийского регистра артропластики, после тотального эндопротезирования коленного сустава основными причинами ревизионных вмешательств являются: асептическое расшатывание компонентов эндопротеза (40,3%), инфекционные осложнения (19,1%), болевой синдром (6,6%), боль в области патело-фemorального сустава (6,3%), разрушение большеберцового вкладыша (4,4%), стабильность сустава (3,5%), парапротезные переломы (1,9%), артрофиброз (1,8%) (Aziz F., Lehman E.B., Reed A.B., 2016). Эти данные также убедительно подтверждают высокую долю неудовлетворительных исходов артропластики, связанную с неправильным позиционированием компонентов эндопротеза или дисбалансом мягких тканей.



При этом, неправильное позиционирование компонентов эндопротеза во время операции является частой причиной их асептического расшатывания (Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., 2012). Этот факт еще более актуализирует проблему ревизионного эндопротезирования, прежде всего, с экономической точки зрения: средняя стоимость имплантов увеличивается на 18 – 24 % (Barrak R.L., Hoffman G.L., 1995), время, затрачиваемое хирургом на выполнение ревизионного вмешательства, на 41% больше в сравнении с первичным эндопротезированием (Ritter M.A., Carr K.D., 1996), общая стоимость лечения пациента для клиник и страховых медицинских компаний при асептической нестабильности имплантата возрастает на 24 – 100%, что требует постоянно растущих материальных затрат здравоохранения, особенно с учетом увеличивающегося количества первичных вмешательств (Bozic K et al., 2010).

Установление причины неудачного исхода предыдущей операции затруднительно, так как имеющиеся в арсенале хирурга клинические, лучевые и лабораторные методы исследования не всегда используются в полном объеме, а полученные данные, зачастую, трактуются противоречиво (Saleh K.J. et al., 2003). Методом выбора для более тщательной оценки пространственного взаимоотношения эпиметафизов бедренной, большеберцовой костей и надколенника при вариантной анатомии или посттравматических дефектах является компьютерная томография (особенно с трехмерной реконструкцией).

У пациентов с ранее установленным эндопротезом коленного сустава КТ помогает уточнить наличие, локализацию, размеры и протяженность зон остеолита вокруг компонентов эндопротеза. Более ценной КТ является для определения ротационного положения бедренного и большеберцового компонентов. Оптимальным положение бедренного компонента считается такое, когда линия, проведенная через его задние фланцы, параллельна чрезнадмыщелковой линии, соединяющей наиболее выступающую часть наружного надмыщелка с бороздой в центре медиального надмыщелка. Центр большеберцового компонента должен быть ориентирован на границу средней и

внутренней трети бугристости большеберцовой кости (O. Bruyere et al., 2014).

Правильная ротация бедренного компонента крайне важна для стабильности и движений в суставе, а также нормального функционирования разгибательного аппарата. Достоверность данного тезиса косвенно подтверждается прикладным анатомическим исследованием (Ng C.K. et al., 2018). В результате морфометрического изучения основных элементов 50 препаратов коленного сустава взрослых людей и 50 КТ коленного сустава здоровых добровольцев авторы доказали наличие сильных и положительных корреляционных связей между линией, проведенной параллельно тиббиальному плато и линией, соединяющей задние отделы мыщелков бедренной кости и надмыщелковой линией (данная линия соединяет вершину латерального надмыщелка с бороздкой в центре медиального надмыщелка). Таким образом, индивидуальные анатомические особенности строения одного из основных костных элементов коленного сустава – мыщелков большеберцовой кости – неизбежно сопровождаются соответствующими изменениями индивидуальной морфометрии мыщелков бедренной кости. Этот факт подчеркивает крайнюю важность правильного позиционирования компонентов эндопротеза и достижения баланса мягких тканей коленного сустава.

В доступной научной литературе описаны несколько алгоритмов резекции элементов дистального метаэпифиза бедренной кости и последующего позиционирования бедренного компонента эндопротеза, позволяющие, по мнению авторов, достичь как правильной ротации последнего, так и баланса мягких тканей коленного сустава. Наиболее частым является вариант, при котором первым этапом формируется разгибательный промежуток (резекция плато большеберцовой кости и дистального отдела мыщелков бедренной кости), затем сгибательный (резекция задних отделов мыщелков бедренной кости). Второй вариант предполагает обратную последовательность формирования промежутков. Наконец третий, вариант предполагает выполнение резекционных костных опилов бедренной и большеберцовой костей независи-

мо друг от друга с последующим достижением мягкотканного баланса методом выполнения релиза мягких тканей.

По мнению Н.Н. Корнилова и Т.А. Кулябы (2012) последний алгоритм является наименее точным и сопровождается ошибками, отрицательно сказывающимися на восстановлении функций нижней конечности и выживаемости эндопротеза.

Первые же два варианта требуют после проведения костных резекций оценки, а если необходимо, то и коррекции размера и формы разгибательного и сгибательного промежутков. При этом не менее важным, чем дальнейший подбор размера эндопротеза, является его правильное ротационное положение.

Существует несколько методик определения ротационного положения бедренного компонента, однако каждая из них имеет существенные недостатки и является технически сложной. Нередко анатомические ориентиры, традиционно используемые во время первичного эндопротезирования, бывают утрачены. Как правило, это линия надколенниковой борозды и задние отделы мыщелков бедренной кости. Более сохранным ориентиром являются надмыщелки бедренной кости, то есть места прикрепления коллатеральных связок, однако иногда их трудно обнаружить из-за разрастания рубцовой ткани или разрушения патологическим процессом (Yoshino N. et al , 2004).

Задние отделы мыщелков бедренной кости являются наименее надежными в этом отношении, так как часто вовлекаются в патологический процесс, в результате которого могут формироваться как дефект, так и гипертрофия одного или обоих мыщелков. Если задние отделы мыщелков интактны, то проведенная через них линия отклоняется от надмыщелковой кнаружи на  $3^\circ$  примерно у 80 – 85% больных. У остальных пациентов отклонение задней мыщелковой линии от надмыщелковой колеблется в диапазоне от  $3^\circ$  внутренней до  $7^\circ$  наружной ротации.

По мнению Т.А. Кулябы и Н.Н. Корнилова (2016), наиболее полезным анатомическим ориентиром при определении неправильного ротационного

положения бедренного компонента, его расшатывании, а также при ревизионных операциях является количество кости, остающееся в задних отделах мыщелков бедренной кости. Если при первичной артропластике бедренный компонент был установлен в положении внутренней ротации, то сохраняется большое количество кости на медиальном мыщелке по сравнению с латеральным. В этом случае расположение ревизионного бедренного компонента на существующих спилах приведет к повторению предыдущей ошибки.

Таким образом, анализ доступной научной литературы убедительно свидетельствует о наличии объективных трудностей при выполнении эндопротезирования коленного сустава, приводящих к ошибкам при выполнении резекционных опилов бедренной кости и некорректному ротационному позиционированию бедренного компонента. При наличии нескольких известных алгоритмов резекции элементов дистального метаэпифиза бедренной кости, достижения баланса мягких тканей коленного сустава и позиционирования бедренного компонента эндопротеза, отсутствуют четкие рекомендации по технике выполнения перечисленных операционных моментов, обоснованные с позиции индивидуальных морфометрических характеристик коленного сустава конкретного пациента. Сведения же о вариантной анатомии мыщелков бедренной кости, вариантах строения мыщелков и частоте их встречаемости являются скудными и противоречивыми, что не позволяет дать обоснованные рекомендации по выбору ротации бедренного компонента эндопротеза и технике достижения баланса мягких тканей коленного сустава.

## 1.6. Резюме

Таким образом, обзор специальной научной литературы свидетельствует, с одной стороны, об огромной роли эндопротезирования в современном хирургическом лечении пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава, а с другой – о недостатке специальных прикладных исследований,

описывающих особенности выполнения данных операций в зависимости от вариантной анатомии его основных и вспомогательных элементов.

В целом, несмотря на наличие в литературе публикаций, содержащих попытки систематизировать варианты форм мыщелков бедренной и большеберцовой костей, надколенника, а также элементов вспомогательного аппарата коленного сустава, посвященных изучению частоты встречаемости этих вариантов в популяции, отсутствуют работы, описывающие индивидуальные морфометрические особенности костных структур коленного сустава с позиции продольно-поперечных индексов, а также характер их изменений при деформирующем артрозе. Также нам не встретились анатомические исследования, имеющие яркое прикладное значение, и направленные на обоснование и разработку конкретных технических приемов выполнения эндопротезирования в зависимости от индивидуальных морфометрических характеристик компонентов коленного сустава.

Существующие подходы к хирургическому лечению больных рассматриваемой категории свидетельствуют об отсутствии единой точки зрения на данную проблему, что проявляется многочисленными вариантами технических рекомендаций по выполнению ряда операционных моментов. Вместе с тем, последние имеют ряд существенных недостатков, способных привести к большому количеству технических ошибок, и, соответственно, к неудовлетворительным результатам лечения, а также необходимости выполнения ревизионных хирургических операций.

Имеющиеся публикации зачастую носят описательный характер, не содержат комплексных исследований вариантов (типов) анатомического строения основных и вспомогательных элементов коленного сустава, изученных в прикладном комплексном морфометрическом исследовании. Анализ литературных источников также свидетельствует, что вопросы морфометрии коленного сустава изучены недостаточно полно, четкие критерии определения вариантов анатомических форм мыщелков бедренной и большеберцовой костей отсутствуют, а предложенные на настоящий момент классификацион-

ные признаки противоречивы и не позволяют охватить всего многообразия морфометрических проявлений исследуемого сегмента.

С учетом сказанного, очевидной становится необходимость проведения специального исследования, предполагающего выполнение комплексного прикладного анатомического морфометрического изучения основных и вспомогательных элементов коленного сустава в норме и при его варусном деформирующем артрозе. При этом результаты данного исследования должны лечь в основу выбора рациональной хирургической техники, а обоснованный с анатомических позиций и отработанный в анатомическом эксперименте алгоритм формирования сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента эндопротеза должны найти свое применение в клинической практике.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационное исследование выполнено на базе кафедры нормальной анатомии и кафедры военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Исследование состоит из двух частей – анатомической и экспериментальной. Результаты исследований были апробированы в клинической практике. Проведение работы одобрено решением независимого Этического комитета при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова № 169 от 22 декабря 2015 года (с изменениями от 24.09.2019 г. протокол № 225).

### 2.1. Характеристика анатомической части исследования

Анатомическая часть включала в себя изучение основных и вспомогательных элементов коленного сустава. Из числа основных элементов коленного сустава исследовали мышечки бедренной и большеберцовой костей, коллатеральные связки и суставную полость. Из числа вспомогательных элементов исследовали мениски, надколенник, крестообразные связки, наднадколенниковую синовиальную сумку и крыловидную жировую складку. В качестве методик исследования применяли препарирование, описание морфологических особенностей, морфометрию, рентгеноконтрастные исследования артериальных сосудов и синовиальных сумок, рентгенофазовый анализ костной ткани. Подробная характеристика распределения объектов анатомической части исследования и примененных методик представлена в таблице 2.1.

При выборе анатомических объектов исследования особое внимание было уделено изучению как интактных коленных суставов, так и препаратов коленного сустава с признаками варусного гонартроза I – III ст. (Зыкин А.А. и соавт., 2015).

Таблица 2.1

Распределение объектов анатомического исследования коленного сустава по использованным методикам

Объекты исследования		Методы исследования				
		Морфометрия	Описание морфологических особенностей	Рентгенофазовый анализ	Поствизуальная рентгеноангиография	Рентгеноконтрастное исследование синовиальных сумок
Костные препараты (n=175)	N	100	100	3	-	-
	д/а	75	75	3	-	-
Полимерно-бальзамированные препараты (n=30)	N	10	10	-	-	-
	д/а	20	20	-	-	-
Влажные бальзамированные препараты (n=30)	N	10	10	-	-	10
	д/а	20	20	-	-	20
Нефиксированные препараты (трупы взрослых людей) (n=70)	N	10	10	-	15	10
	д/а	30	30	-	15	30
ВСЕГО (n=305)		275	275	6	30	70

Примечание: n – количество объектов исследования; N – интактный сустав; д/а – сустав с деформирующим артрозом.



Данная методология позволила нам провести оценку морфологических дегенеративных изменений основных и вспомогательных элементов коленного сустава при его деформирующем артрозе, а также осуществить поиск основных анатомо-клинических корреляций путем сопоставления результатов анатомического исследования с данными прижизненного дополнительного инструментального обследования (рентгенография, МРТ, диагностическая артроскопия) профильных пациентов.

Для изучения вариантной анатомии мышечков бедренной и большеберцовой костей морфометрическому исследованию были подвергнуты 100 интактных костей скелета нижних конечностей, принадлежащие одному человеку (50 женских, 50 мужских), а также 30 влажных, 30 полимерно-бальзамированных и 40 нефиксированных препаратов. Последние были разделены на две группы: по 10 препаратов каждой группы были интактными, то есть без признаков деформирующего артроза и посттравматических изменений. На остальных препаратах коленного сустава определялись дегенеративно-дистрофические изменения, соответствующие II и III стадии гонартроза (Косинская Н.С., 1961).

Все интактные препараты нижних конечностей были взяты из учебного фонда препаратов кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и не имели видимых признаков патологических изменений суставных поверхностей и повреждений мышечков бедренной и большеберцовой костей.

Изучение изменений формы и морфометрических характеристик костных структур коленного сустава при деформирующем артрозе проведено на 75 костных, 20 влажных, 20 полимерно-бальзамированных и 30 нефиксированных препаратах коленного сустава взрослого человека из учебного фонда препаратов кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. На данных препаратах определялись дегенеративно-дистрофические изменения костных и вспомогательных элементов коленного сустава разной степени выраженности.

Морфометрические исследования коллатеральных связок, оценка изменений вспомогательных элементов коленного сустава при деформирующем артрозе проведены на 40 нефиксированных трупах взрослого человека, 30 влажных препаратах и 30 препаратах полимерного бальзамирования.

Для проведения рентгенофазового анализа костей исследовано 3 интактных бедренных кости (6 проб) и 3 бедренных кости, имеющих внешние признаки деформирующего артроза (6 проб). Мацерация интактных и измененных костей проводилась в одинаковых условиях. Возраст женщин, которым принадлежали кости составил 65 – 70 лет. Исследование ГА (гидроксиапатита) проводилось на установках для РФА, элементный анализ – на атомно-абсорбционном спектрометре «ИМГА – 915 МД» на базе химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук.

Для изучения морфометрических характеристик и топографо-анатомических отношений артерий, участвующих в кровоснабжении коленного сустава, использовали метод поствитальной рентгеноангиографии. Объектом исследования являлись 30 небальзамированных нижних конечностей, 15 из которых были интактными и 15 с признаками деформирующего артроза. Наличие патологических изменений в суставе определялось с помощью предварительной рентгенографии коленного сустава.

#### 2.1.1. Морфометрические исследования мышечков бедренной и большеберцовой костей

С помощью штангенциркуля изучали следующие морфометрические показатели медиального и латерального мышечков бедренной и большеберцовой костей: длина, ширина, высота. На основе морфометрических показателей рассчитывали индексы соответствия и выделяли основные варианты их строения.

Разделение костных препаратов нижних конечностей на мужские и женские выполняли на основании значения шеечно-диафизарного угла, измерения которого проводили при помощи линеек и транспортира. Данный угол образуется при пересечении продольных осей шейки и диафиза бедренной кости. Как указывает Рохлин Д.Г. у женщин он является практически прямым, а у мужчин составляет  $120 - 135^\circ$ .

Продольные размеры медиального (Абм) и латерального (Абл) мыщелков бедренной кости определяли как максимальное расстояние между передней и задней поверхностями мыщелков, поперечные размеры (Вбм и Вбл соответственно) – как максимальное расстояние между их наружной и внутренней боковыми поверхностями (рисунок 2.1).

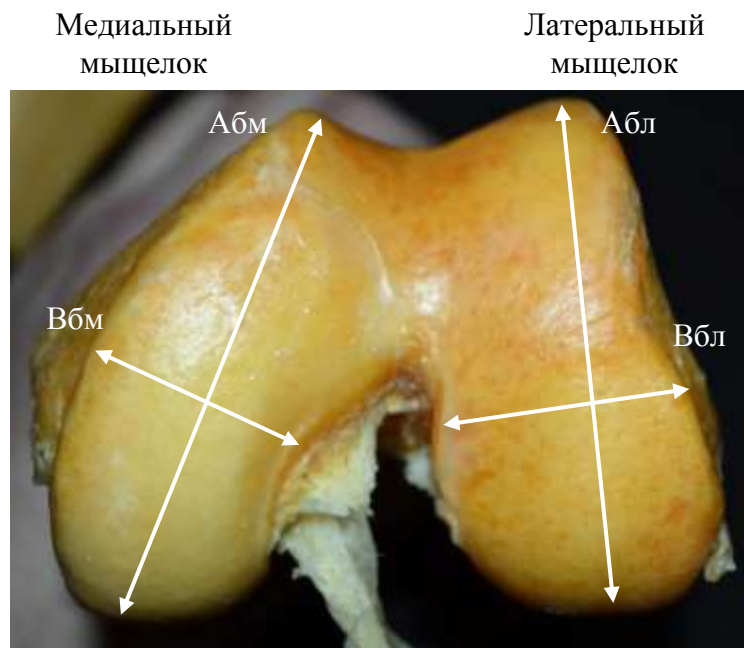


Рисунок 2.1. Схема измерения мыщелков бедренной кости на влажном препарате левого коленного сустава (Абл – продольный размер латерального мыщелка, Вбл – поперечный размер латерального мыщелка, Абм – продольный размер медиального мыщелка, Вбм – поперечный размер медиального мыщелка).

Для вычисления вертикальных размеров мыщелков (Нбм, Нбл), используя линейку, проводили перпендикуляр к продольной оси кости на уровне самого глубокого отдела ее надколенниковой поверхности. Показа-

тель вертикального размера мыщелка определяли как значение прямой, соединяющей этот перпендикуляр с наиболее выступающей частью мыщелка (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2. Схема измерения вертикальных размеров мыщелков правой бедренной кости на костном препарате (Нбм – вертикальный размер медиального мыщелка, Нбл – вертикальный размер латерального мыщелка).

С помощью измерителя и линейки определяли радиусы кривизны мыщелков бедренной кости. Вертикальный радиус кривизны измеряли в положении сгибания в коленном суставе  $90^\circ$  от центра фиксации коллатеральной связки до нижнего края суставной поверхности в соответствии с осью конечности. Горизонтальный радиус кривизны измеряли в горизонтальной плоскости в положении разгибания в коленном суставе  $180^\circ$  от центра фиксации коллатеральной связки до наиболее выступающей точки задней поверхности мыщелков. На рисунке 2.3 показано измерение радиуса кривизны медиального и латерального мыщелков левого коленного сустава.

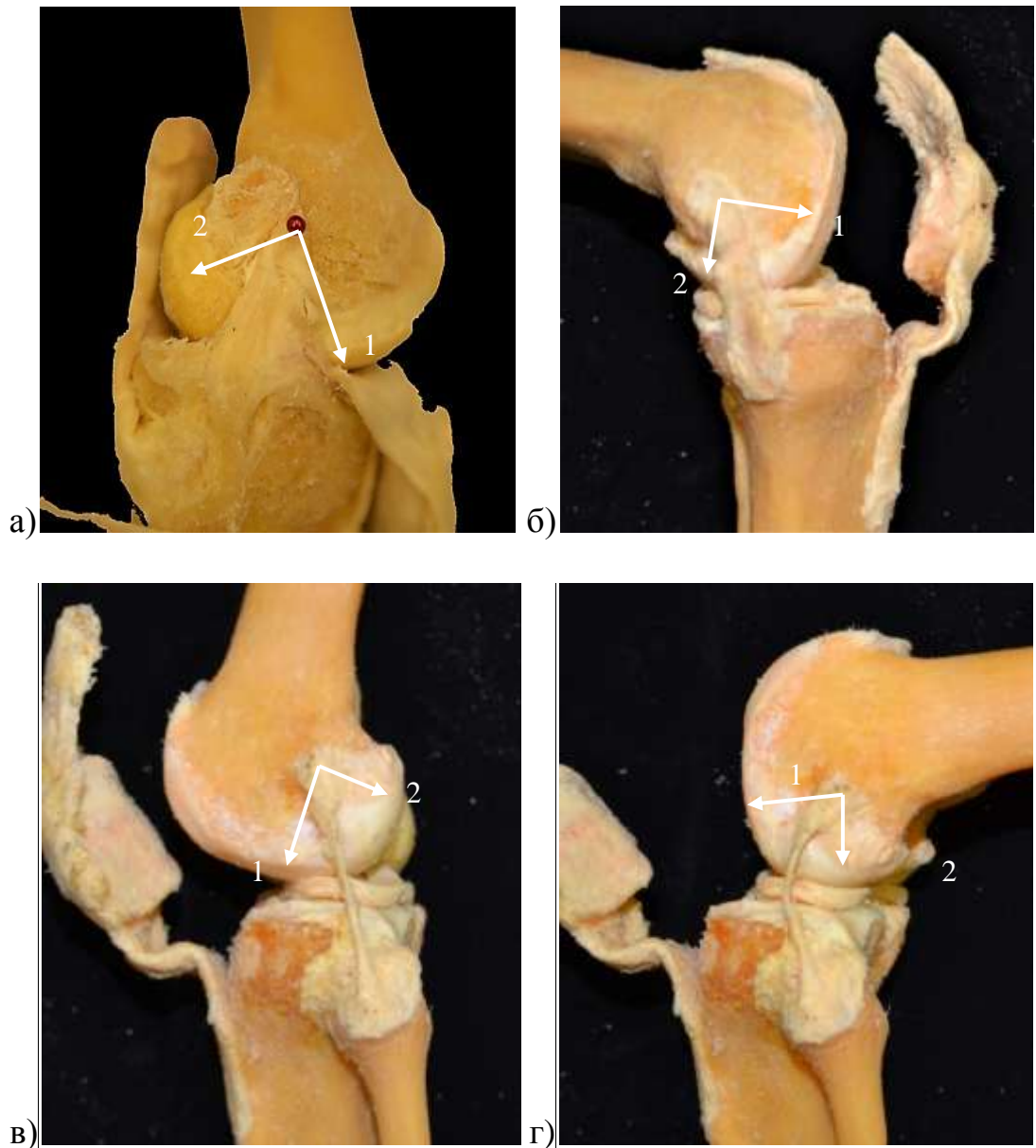


Рисунок 2.3. Схема измерения радиусов кривизны мыщелков бедренной кости на полимерно-бальзамированном препарате левого коленного сустава: а) медиального мыщелка в положении разгибания 180°; б) медиального мыщелка в положении сгибания 90°; в) латерального мыщелка в положении разгибания 180°; г) медиального мыщелка в положении сгибания 90° (1 – вертикальный радиус кривизны, 2 – горизонтальный радиус кривизны).

Определение продольных размеров мыщелков большеберцовой кости (Атм и Атл) и их поперечных размеров (Втм и Втл), продольного размера межмышцелкового возвышения (Нтв) также выполнялось с применением штангенциркуля. Продольный размер соответствовал максимальному рассто-

янию между передней и задней поверхностями мышцелков, а поперечный – между наружной и внутренней их поверхностями (рисунок 2.4).

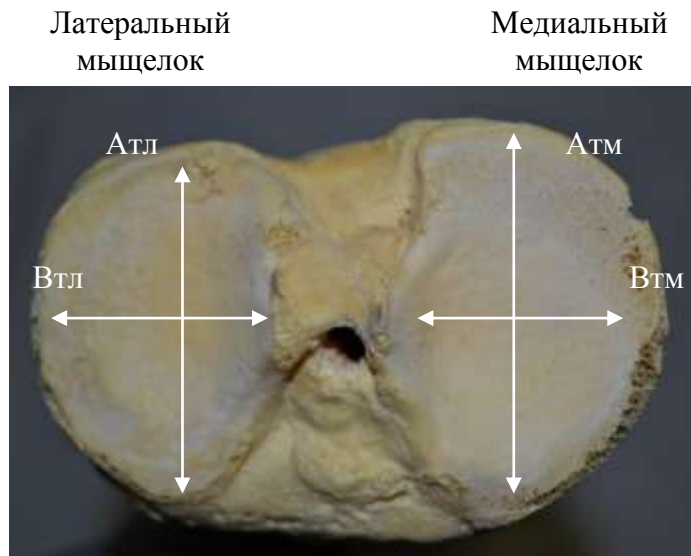


Рисунок 2.4. Схема измерения мышцелков правой большеберцовой кости (Атл – длина латерального мышцелка, Втл – ширина латерального мышцелка, Атм – длина медиального мышцелка, Втм – ширина медиального мышцелка).

Высота межмышцелкового возвышения соответствует перпендикуляру, проведенному из его вершины к основанию (рисунок 2.5).

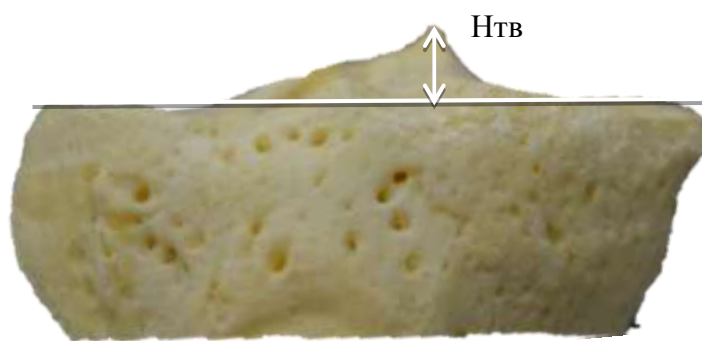


Рисунок 2.5. Схема измерения высоты межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (Нтв – высота межмышцелкового возвышения).

Для характеристики морфометрических корреляций и вариантов соответствия мышцелков большеберцовой кости мышцелкам бедренной кости были

вычислены следующие индексы: продольный индекс соответствия медиальных мыщелков ( $A_{бм}:A_{тм}$ ); продольный индекс соответствия латеральных мыщелков ( $A_{бл}:A_{тл}$ ); поперечный индекс соответствия медиальных мыщелков ( $B_{бм}:B_{тм}$ ); поперечный индекс соответствия латеральных мыщелков ( $B_{бл}:B_{тл}$ ).

Во второй части исследования проводились аналогичные измерения основных морфометрических параметров измененных костных структур коленного сустава при разной степени деформирующего артроза. Для определения степени артроза измеряли поперечные размеры остеофитов мыщелков бедренной, большеберцовой костей и надколенника.

Изменение формы мыщелков бедренной и большеберцовой костей при деформирующем артрозе характеризовали впервые вычисленные продольно-вертикальный ( $A_{бм}:H_{бм}$ ), продольно-поперечный ( $A_{бм}:B_{бм}$ ) и поперечно-вертикальный ( $B_{бм}:H_{бм}$ ) индексы. Изменение конфигурации надколенника в процессе прогрессирования деформирующего артроза определяли с помощью продольно-поперечного индекса.

#### 2.1.2. Методика препарирования вспомогательных элементов и коллатеральных связок коленного сустава

Препарированию подвергались все влажные и нефиксированные препараты (70 коленных суставов). Для исследования вспомогательных элементов коленного сустава нами выполнялся передне-срединный доступ. Разрез кожи начинался по срединной линии примерно на 4 – 6 см выше надколенника, затем проходил через его середину и продолжался дистально над связкой надколенника и затем вдоль внутреннего края бугристости большеберцовой кости, заканчивался на 4 – 5 см ниже суставной щели.

Подкожную клетчатку и собственную фасцию рассекали в одной плоскости с кожей, чтобы не нарушать анатомо-топографические ориентиры. С этой же целью только под собственной фасцией внутреннюю часть лоскута

мобилизовали кнутри на 2 – 3 см. Далее в сухожильной части *m. vastus medialis* остро отделяли от *m. rectus femoris*, без расслаивания мышечных волокон.

Затем через внутренний парapatеллярный доступ, отступив от надколенника 5 мм кнутри, вскрывали фиброзную капсулу коленного сустава и синовиальную оболочку. Дистально разрез продолжали к внутреннему краю бугристости большеберцовой кости, на расстоянии 5 мм кнутри от связки надколенника.

Жировое тело рассекали по медиальному краю, отделяли от переднего рога наружного мениска для упрощения ротации надколенника. С этой же целью вскрывали и мобилизовали *bursa infrapatellaris*, локализирующуюся у прикрепления связки надколенника к бугристости большеберцовой кости. Далее пересекали поперечную связку, соединяющую передние рога менисков.

Затем субпериостально отделяли передне-внутренний отдел капсулы сустава до переднего края большеберцовой коллатеральной связки. От головки малоберцовой кости до латерального надмыщелка бедренной кости препарировали малоберцовую коллатеральную связку. При такой методике препарирования возможно максимально визуализировать коллатеральные связки и синовиальную оболочку и оценить ее патологические изменения. Также возможно выполнить ротацию надколенника кнаружи (предварительно разогнув препарат коленного сустава), что позволяет в полной мере определить степень дегенеративных изменений суставной поверхности.

С помощью данной методики изучены форма, внешнее строение и морфометрические характеристики коллатеральных связок, надколенника, менисков, крестообразных связок, синовиальных сумок и крыловидных складок коленного сустава.



### 2.1.3. Морфометрические исследования коллатеральных связок коленного сустава

Измерение длины коллатеральных связок проводили в положении максимального разгибания в коленном суставе с помощью измерителя между центрами их фиксации: большеберцовой коллатеральной связки – от медиального надмыщелка бедренной кости к медиальному краю большеберцовой кости; малоберцовой коллатеральной связки – от латерального надмыщелка бедренной кости к латеральному краю головки малоберцовой кости. Ширину и толщину коллатеральных связок измеряли в средней трети (рисунок 2.6).

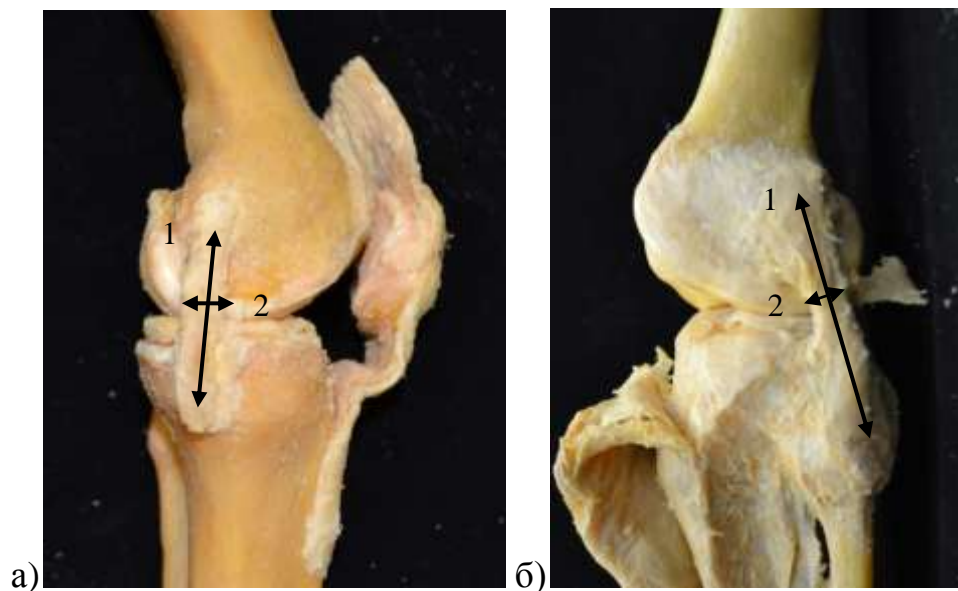


Рисунок 2.6. Схема измерения длины и ширины: а) большеберцовой коллатеральной связки; б) малоберцовой коллатеральной связки (1 – длина коллатеральной связки, 2 – ширина коллатеральной связки).

### 2.1.4. Морфометрические исследования вспомогательных элементов коленного сустава

Измерения вспомогательных элементов коленного сустава проводили с помощью штангенциркуля и миллиметровой линейки. У надколенника измеряли параметры указанные на рисунке 2.7.

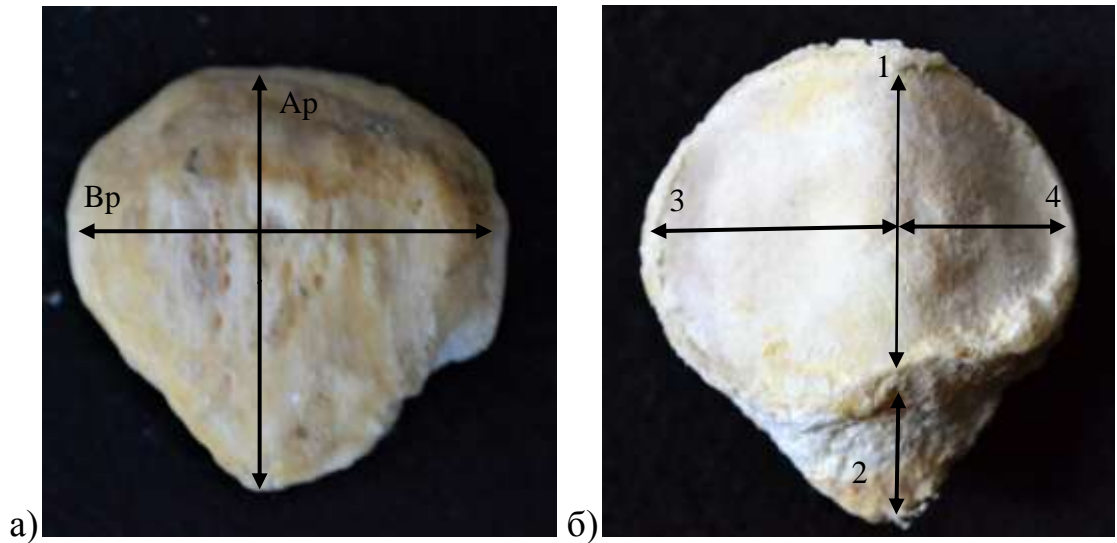


Рисунок 2.7. Схема измерения надколенника: а) наружная поверхность (Ар – продольный размер надколенника, Вр – поперечный размер надколенника); б) внутренняя поверхность (1 – длина гребня, 2 – продольный размер апикальной части, 3 – поперечный размер латеральной суставной фasetки, 4 – поперечный размер медиальной суставной фasetки).

Исследование менисков включало измерение их тела и рогов. Границей основания каждого рога являлось продолжение касательной линии внутреннего края мениска. Ширина тела мениска определялась как максимальное расстояние между внутренним и наружным краями, а наибольшая толщина – между верхней и нижней поверхностями в середине тела. Длину рога определяли как линию соединяющую вершину рога с серединой его основания. Кроме того, измеряли ширину и толщину основания каждого рога в средней части (рисунок 2.8).

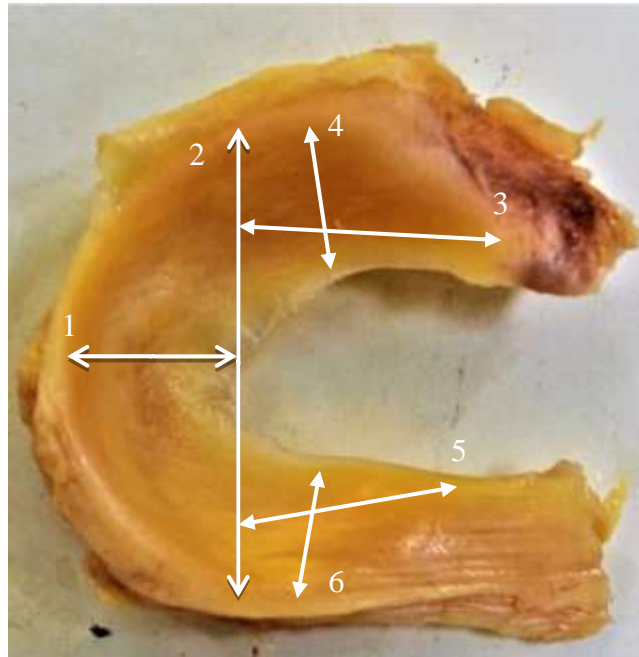


Рисунок 2.8. Схема измерения латерального мениска: 1 – ширина тела мениска, 2 – длина тела мениска, 3 – длина заднего рога мениска, 4 – ширина заднего рога мениска, 5 – длина переднего рога мениска, 6 – ширина переднего рога мениска.

С помощью измерителя выполняли морфометрическое исследование крестообразных связок. Измерение длины передней крестообразной связки проводили от медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости к переднему межмыщелковому полю большеберцовой кости, задней крестообразной связки от латеральной поверхности медиального мыщелка бедренной кости к заднему межмыщелковому полю большеберцовой кости. Наибольшую ширину и толщину крестообразных связок измеряли в средней трети их длины (рисунок 2.9). Относительно нижней трети бедренной кости оценивали наибольшие высоту и ширину синовиальной сумки, а также ее контуры. У крыловидных складок оценивали их форму, наибольшие размеры тела, наличие отростков и цвет.

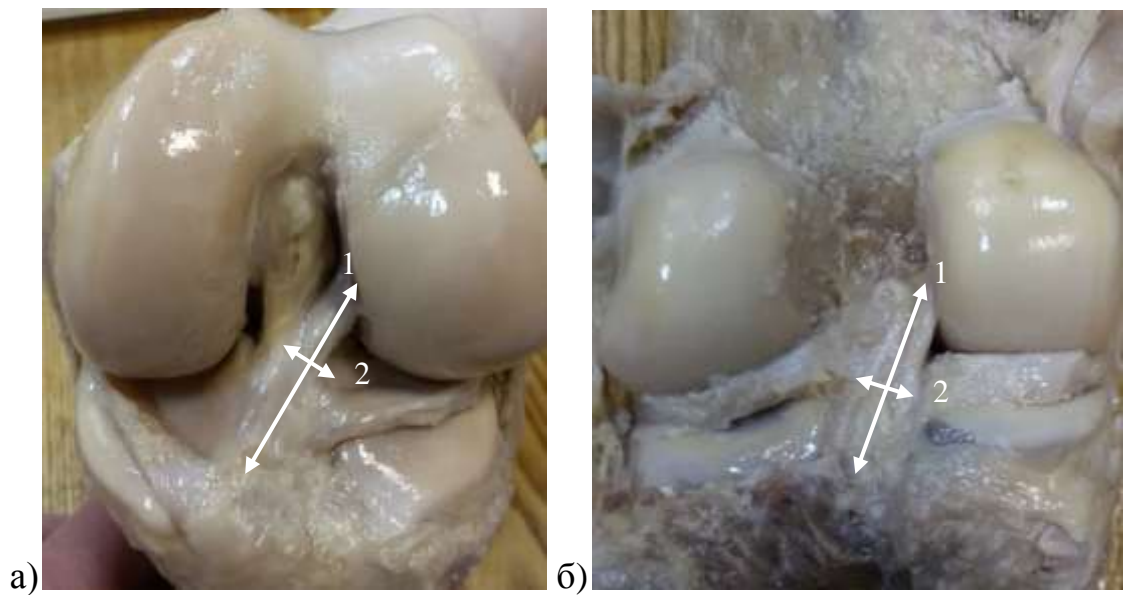


Рисунок 2.9. Схема измерения крестообразных связок: а) передней крестообразной связки в положении сгибания коленного сустава; б) задней крестообразной связки в положении разгибания коленного сустава (1 – длина крестообразной связки, 2 – ширина крестообразной связки).

#### 2.1.5. Рентгенофазовый анализ костей

Для приготовления костного гомогенизата в центре медиального и латерального мыщелков бедренной кости на площади  $1\text{ см}^2$  выпиливали параллелипипед с фиксированными размерами ребер. Из его поверхностного и глубокого слоев путем перетирания в ониксовой ступке готовился порошок костной ткани. Поверхностный слой (субхондральный) представлял собой замыкательную пластинку компактного вещества, а глубокий – слой губчатого вещества, расположенный на глубине 3 – 5 мм под замыкательной пластинкой. Из каждого слоя получалось по  $0,5\text{ см}^3$  порошка костной ткани. Участки забора костного материала на примере мыщелков бедренной кости показаны на рисунке 2.10.

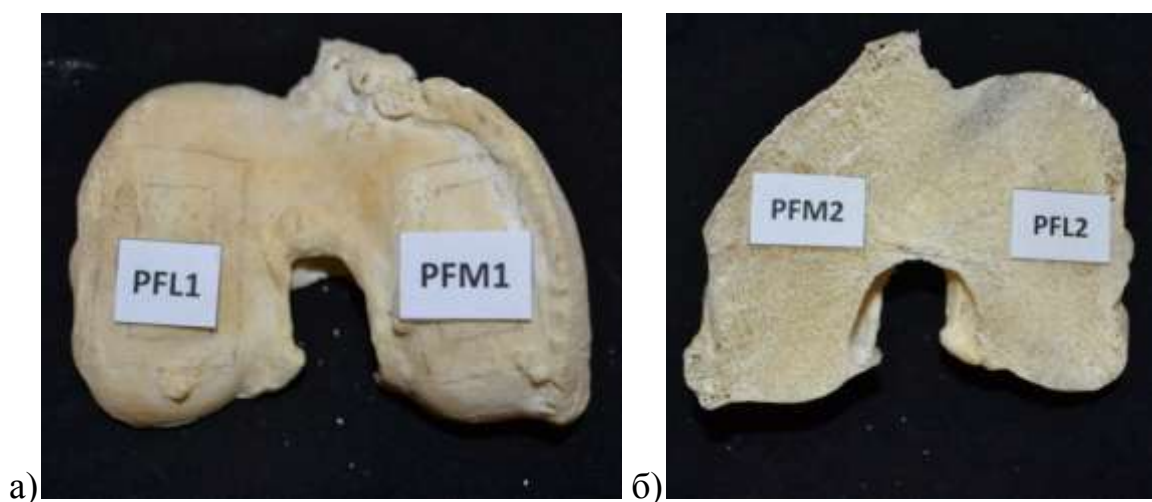


Рисунок 2.10. Методика забора материала для приготовления костного гомогенизата: а) PFL1 – поверхностного слоя латерального мышцелка бедренной кости, PFM1 – поверхностного слоя медиального мышцелка бедренной кости; б) PFL2 – глубокого слоя латерального мышцелка бедренной кости, PFM2 – глубокого слоя медиального мышцелка бедренной кости.

Полученный костный гомогенизат анализировали в виде сухих порошкообразных проб. Состав различных спилов сравнивали между собой, с контрольными значениями гидроксиапатита (ГА) и других соединений. Анализ костной ткани проводили способом рентгенофазовой порошковой дифракции на дифрактометре «Huber (CuK $\alpha$ )» сканированием с шагом  $0,03^\circ$  в  $2\Theta$ -диапазоне  $6^\circ - 110^\circ$  с использованием геометрии Брегга – Брентано. Соотношение концентраций ГА, а также примесей в компактной и губчатой костных тканях изучали путем сравнения полученных дифракционных пиков с контрольными параметрами из кристаллохимической базы данных ICDB, посредством программы WinXPow. Выбирали наилучшее соотношение пик/фон в данном рабочем режиме.

Качественные и количественные данные рентгенофазового анализа подтверждали и дополняли с помощью элементного анализа и атомно-абсорбционной спектроскопии. Для исследования элементного состава образцов определяли процентное содержание основных органических элементов (C, H, N) и около 50 гетероэлементов (Ca, Fe, Sr, Ba и др.).

### 2.1.6. Поствитальная рентгеноангиография

Бедренную артерию канюлировали на границе верхней и средней трети бедра. С целью концентрированного заполнения артерий, участвующих в кровоснабжении коленного сустава на конечность накладывали 2 жгута – один выше места установки канюли, второй на границе средней и нижней трети голени. Сосудистое русло предварительно промывали теплым раствором 1% цитрата натрия в объеме 150 мл.

В качестве высококонтрастной инъекционной массы применяли свинцовую акриловую краску, дисперсность частиц в которой не превышала 50 мкм. Инъекционную массу вводили под давлением 120 мм.рт.ст. Рентгеноангиографию проводили с помощью портативного цифрового рентгеновского аппарата «ПАРДУС - У». Размер фокусного пятна используемого аппарата составлял 0,1 мм; напряжение 60 кВ; средний ток 0,1 мА; время экспозиции от 0,1 до 5,0 с. Расстояние от источника излучения – до приемника изображения (кассеты) составляло 40 см. Рентгеновское изображение получали при помощи системы визуализации (CR-системы). Рентгеноангиографию области коленного сустава выполняли в прямой и боковой проекциях. Высокое качество полученных изображений инъецированных сосудов высокое, позволяло визуализировать даже мелкие артерии на фоне костных структур.

Для выяснения топографо-анатомических отношений основных ветвей подколенной артерии, источников кровоснабжения капсулы и вспомогательных аппаратов коленного сустава проводили прицельную рентгеноангиографию указанных структур после препарирования, удаления кожи и мышц, окружающих коленный сустав.

Для объективной оценки отличительных признаков формы и морфометрических характеристик полости коленного сустава в норме и при деформирующем последнюю заполняли высококонтрастной инъекционной массой и затем в прямой и боковой проекциях выполняли рентгенографию. Для этого с помощью двух пункционных игл Дюфо полость коленного сустава пред-

варительно промывали теплым 1 % раствором цитрата натрия в объеме 50 мл, который вводили по медиальному и латеральному краям связок надколенника. Раствор нагнетали поочередно только в одну из игл, просвет второй был открыт.

Свинцовую акриловую краску вводили в полость сустава под давлением 100 мм.вод.ст. до появления окрашенной массы во второй игле. Расстояние от источника излучения до кассеты составляло не более 30 см.

Полученные рентгенограммы позволяют оценить форму и размеры полости сустава в различных отделах, а также форму и размеры синовиальных сумок, сообщающихся с полостью коленного сустава. В связи с тем, что при деформирующем артрозе существенно изменяются размеры сообщений синовиальных сумок с полостью сустава инъекционная масса легко проникает в них.

#### 2.1.7. Методики прижизненных исследований основных и вспомогательных элементов коленного сустава

Объектом клинического раздела диссертационного исследования были 150 пациентов клиники военной травматологии и ортопедии ВМедА обоего пола, находившихся на обследовании и лечении по поводу дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава различной выраженности. Также в данную выборку были включены 10 пациентов, при исследовании которых признаков патологии коленного сустава выявлено не было. Эти лица рассматривались нами в качестве людей, состояние коленного сустава которых представляет собой возрастную норму. Распределение обследованных пациентов по полу и возрасту представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Распределение по полу и возрасту лиц, включенных в клинический  
раздел диссертационного исследования

Возрастные периоды	Пол				ВСЕГО	
	Мужской		Женский		Абс. число	%
	Абс. число	%	Абс. число	%		
Первый период зрелого возраста 22–35 лет (мужчины) 21–35 лет (женщины)	21	14	22	14,6	43	28,6
Второй период зрелого возраста 36–60 лет (мужчины) 36–55 лет (женщины)	20	13,4	22	14,6	42	28
Пожилой возраст 61–74 года (мужчины) 56–74 года (женщи- ны)	22	14,6	24	16,1	46	30,7
Старческий возраст 75–90 лет	11	7,3	8	5,4	19	12,7
ИТОГО	74	49,3	76	50,7	150	100

Из данных, представленных в таблицы 2.2, следует, что распределение исследуемых по полу составило: мужчин – 74 (49,3%), женщин – 76 (50,7%). Возраст пациентов варьировал от 22 до 90 лет и составил в среднем  $67 \pm 12$  лет. Все исследуемые были пациентами клиники военной травматологии и ортопедии. Распределение их между первым, вторым периодом и пожилым возрастом было практически одинаковым – 42 - 46 чел. (28 – 30,7%) в каждой группе. Группа пациентов старческого возраста составила 19 больных (12,7%).

У всех пациентов проводили опрос жалоб, сбор анамнеза заболевания и жизни, а также с целью клинической оценки состояния коленных суставов прицельно исследовали состояние вспомогательного аппарата. При объек-



тивном обследовании местного статуса определяли объем движений в суставе, а также варус- и вальгус- пробы для оценки состояния наружной и внутренней боковых связок и капсулы сустава; симптом Байкова – для диагностики патологии менисков, симптом переднего выдвижного ящика – для диагностики разрыва передней крестообразной связки, симптом заднего выдвижного ящика – для верификации повреждения задней крестообразной связки; ряд специальных тестов оценки нестабильности коленного сустава: Lachman, Losee, «pivot shift» (Шаповалов В.М. и соавт., 2014). Помимо этого, для определения степени нарушения функций коленного сустава оценивали наличие хромоты, необходимость пользоваться дополнительными средствами опоры (костыли, трость), тонус и силу мышц нижней конечности.

Для изучения анатомо-клинических корреляций в строении основных и вспомогательных элементов коленного сустава при его деформирующем артрозе проводили рентгенологическое (стандартная рентгенография с функциональной нагрузкой весом тела в двух проекциях) и магнитно-резонансное исследования коленных суставов 150 обследуемых, страдающих варусным гонартрозом I – III ст. (140 пациентов) и здоровых людей (10 клинических наблюдений). Дополнительно ряду больных, преимущественно с варусным гонартрозом II ст., была выполнена диагностическая санационная артроскопия (35 больных). Данная операция была применена в большинстве клинических наблюдений в качестве первого этапа органосохраняющего хирургического лечения – вальгизирующей остеотомии большеберцовой кости. Подробные сведения о распределении пациентов, включенных в клинический раздел настоящей работы, по использованным диагностическим методикам представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Распределение пациентов с варусным гонартрозом I – III ст. (по Косинской Н.С. с соавт., 1961) по методам обследования

Методы обследования	Объекты исследования				ВСЕГО (n=185)	
	Норма (n=10)	Гонартроз I ст. (n=47)	Гонартроз II ст. (n=47)	Гонартроз III ст. (n=46)	Абс. число	%
Рентгенография	10	47	47	46	150	81
МРТ	10	47	47	46	150	81
Диагностическая артроскопия	-	-	35	-	35	19

Примечание: n – количество пациентов.

Как следует из данных, представленных в таблице 2.3., при включении пациентов в исследование особое внимание было уделено наиболее полному охвату всех стадий развития деформирующего остеоартроза коленного сустава в соответствии с классификацией Н.С. Косинской (Косинская Н.С., Рохлин Д.Г., 1961). Это позволило провести сопоставления данных, полученных в анатомической части настоящей работы с прижизненными изменениями, характерными для различных стадий дегенеративного процесса.

Стандартное рентгенологическое исследование обоих коленных суставов 150 пациентам выполняли в положении стоя с полной статической нагрузкой в прямой и боковой проекциях. Рентгенографию в прямой проекции выполняли в положении сгибания в коленных суставах под углом 30°, а в боковой – в положении полного разгибания до угла 180° (рисунок 2.11).

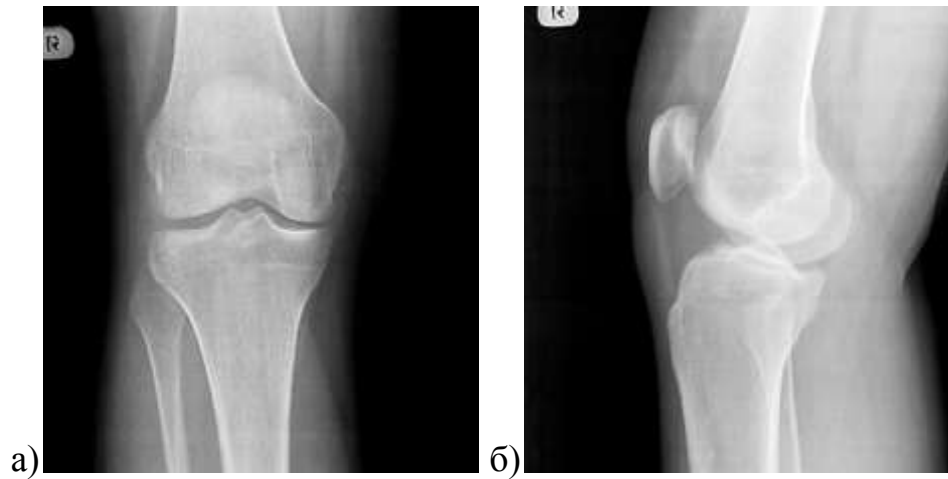


Рисунок 2.11. Рентгенограммы правого коленного сустава пациента К., 41 год, с I ст. гонартроза: а) прямая проекция (незначительное сужение суставной щели, субхондральный склероз внутреннего мыщелка большеберцовой кости); б) боковая проекция.

Помимо общих признаков дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава исключали костно-травматическую патологию, а также оценивали признаки нарушения механической оси нижней конечности (рисунок 2.12).



Рисунок 2.12. Рентгенограммы правого коленного сустава пациента С., 71 год, с III ст. варусного гонартроза: а) прямая проекция (деформация и склерозирование суставных поверхностей эпифизов с зонами субхондрального некроза и локального остеопороза, суставная щель почти полностью отсутствует, определяются обширные костные разрастания); б) боковая проекция.

Также оценивали форму и высоту щели коленного сустава, измеряли размеры тех же костных структур, что и в анатомической части исследования. При наличии костно-травматической патологии пациента из исследования исключали.

Дополнительно ряду пациентов в до- и послеоперационном периоде выполняли телерентгенографию нижней конечности, а также аксиальную рентгенографию здорового и прооперированного коленного сустава. Данные исследования позволяли оценить величину фронтальной деформации нижней конечности и корректность достигнутой ротации бедренного компонента эндопротеза.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) была использована у 150 больных, коленные суставы 10 из которых были интактными и соответствовали варианту возрастной нормы. Во время анализа МРТ исследований обращали особое внимание на характер и выраженность дегенеративных изменений вспомогательных элементов коленного сустава. МР-признаки, на основании которых оценивали характер патологии коленного сустава, были идентичны, описанным в анатомической части работы.

Стадию гонартроза определяли по МР-признакам патологии коленного сустава качественным методом по следующему принципу:

I стадия – лёгкий субхондральный остеосклероз, начальные проявления дегенеративных изменений менисков (их разволокнение); II стадия – сужение суставной щели, субхондральный склероз более выражен, по краям суставной щели и/или в зоне межмышечкового возвышения появляются костные разрастания (остеофиты), истончение (стирание) тела медиального мениска, усиление МР-сигнала крестообразных связок; III стадия – деформация и склерозирование суставных поверхностей с участками субхондрального некроза, суставная щель почти полностью отсутствует, определяются обширные остеофиты и свободные суставные тела, крестообразные связки истончены, мениски (в большинстве случаев медиальный) подвергаются максимальному истончению и разволокнению (рисунок 2.13).

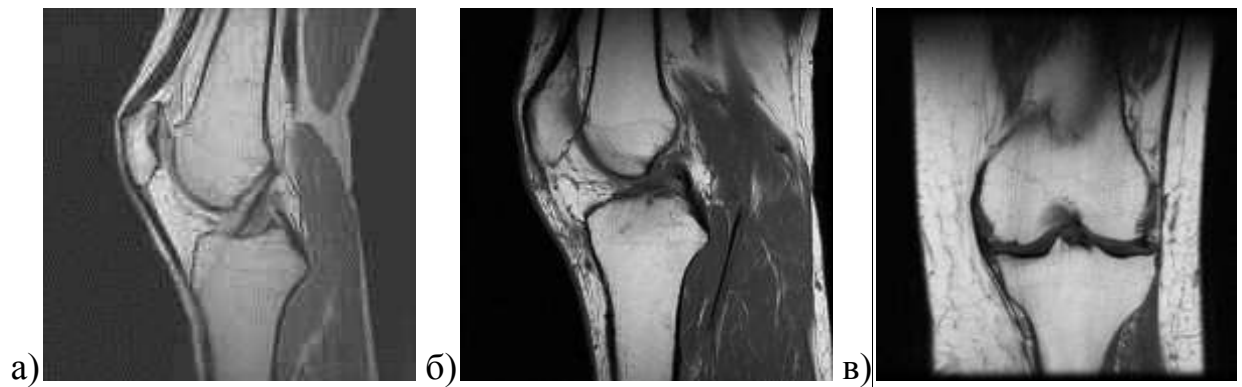


Рисунок 2.13. Магнитно-резонансная томография коленного сустава: а) при I стадии гонартроза (сагиттальный срез), б) при II стадии гонартроза (сагиттальный срез), в) при III стадии гонартроза (фронтальный срез).

Наиболее информативным методом исследования пациентов клинической части диссертации являлась диагностическая артроскопия коленного сустава. При ее выполнении была возможна прямая визуализация всех внутрисуставных образований.

Диагностическая артроскопия была выполнена 30 пациентам с гонартрозом различной степени, включенным в настоящую работу. В большинстве клинических наблюдений данная инвазивная манипуляция была выполнена как первый этап органосохраняющего хирургического лечения – вальгизирующей остеотомии большеберцовой кости. Методика выполнения артроскопии коленного сустава была стандартной и не нуждается в дополнительном описании (Трачук А.П. с соавт., 2000; Штробель М., 2013; Scott N., 2012). При этом особое внимание при выполнении диагностической артроскопии уделяли дегенеративным изменениям медиального отдела коленного сустава: медиального мениска и хрящевой поверхности медиальных мыщелков бедренной и большеберцовой костей. Наименее часто встречались изменения латеральных отделов коленного сустава (латеральный мениск и хрящевые поверхности латеральных мыщелков бедренной и большеберцовой костей) и задней крестообразной связки (рисунок 2.14).

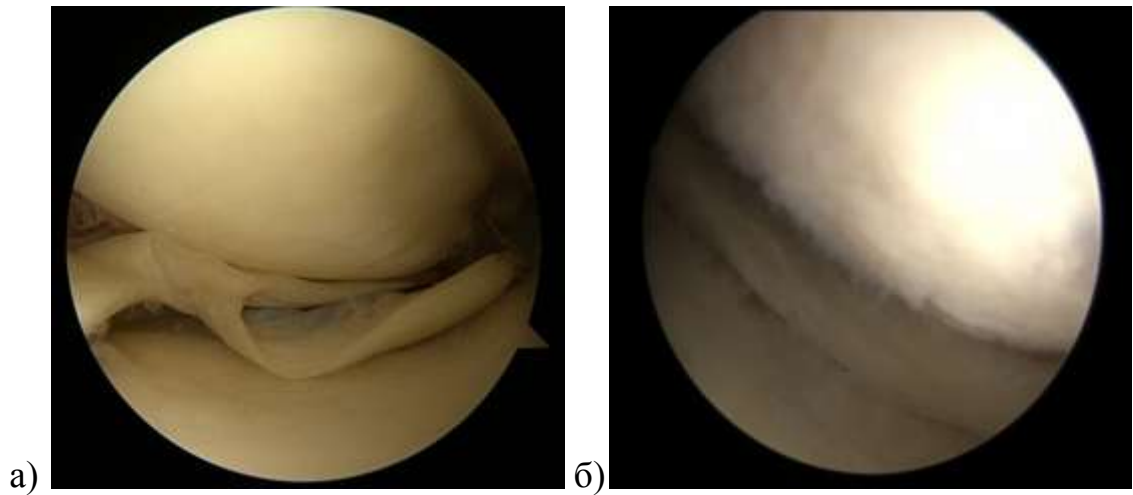


Рисунок 2.14. Артроскопическая картина полости коленного сустава при II стадии гонартроза: а) дегенеративное разрушение медиального мениска, б) хондромалация опорной поверхности медиального мыщелка бедренной кости.

Патологические изменения хряща изучали с позиций размера, глубины и локализации его дефектов. Для этого использовали классификацию R. Outerrbridge (1961). Данная классификация выделяет четыре степени хондромалации: I степень – размягчение, отек или разрыхление поверхностного слоя. При надавливании на поверхности образуется ямка; II степень – разволокнение хряща с трещинами, лоскутами, не достигающих глубоких слоев и субхондральной кости; III степень – разволокнение хряща с глубокими трещинами, лоскутами, эрозиями, достигающих глубоких слоев и субхондральной кости; IV – эрозии и дефекты хряща с обнажением субхондральной кости. При этом характер и выраженность хондромалаций I, II степени соответствовали I, II стадиям гонартроза, а III и IV степени – III стадии по классификации Н.С. Косинской (Косинская Н.С. с соавт., 1961).

Все результаты прижизненных дополнительных исследований были сопоставлены с данными анатомического исследования (морфометрии) препаратов нижних конечностей, подвергнутых дегенеративно-дистрофическим изменениям вследствие деформирующего артроза коленного сустава. В процессе сопоставления особое внимание уделяли таким морфологическим де-

генеративным признакам как выраженность хондромалиции, наличие и морфология дегенеративных разрывов менисков, наличие и локализация оссификатов, локализация и выраженность субхондрального склероза, а также наличие изменений механической оси нижней конечности. Результаты сопоставления данных анатомической части работы и прижизненного инструментального обследования пациентов с гонартрозом представлены в соответствующем разделе настоящей рукописи.

## 2.2. Характеристика экспериментальной части исследования

Для анатомического эксперимента были отобраны 18 препаратов интактных коленных суставов, изготовленных путем препарирования с последующим полимерным бальзамированием. На всех препаратах были сохранены крестообразные и коллатеральные связки. Они были разделены на 3 группы (по 6 коленных суставов в каждой) согласно вариантам форм мышцелков бедренной кости: 1 группа – с преобладанием продольного размера медиального мышцелка; 2 группа – с равными продольными размерами мышцелков и 3 группа – с преобладанием продольного размера латерального мышцелка.

На данных анатомических моделях были выполнены резекционные опиловы проксимального метаэпифиза большеберцовой и дистального метаэпифиза бедренной кости с применением стандартных направляющих резекционных блоков из комплекта постановочного инструментария для эндопротеза коленного сустава Zimmer Next Gen.

Для этого полимерно-бальзамированный коленный сустав прочно фиксировали в тисках, таким образом, чтобы все его основные элементы были максимально открыты для выполнения опилов (рисунок 2.15).

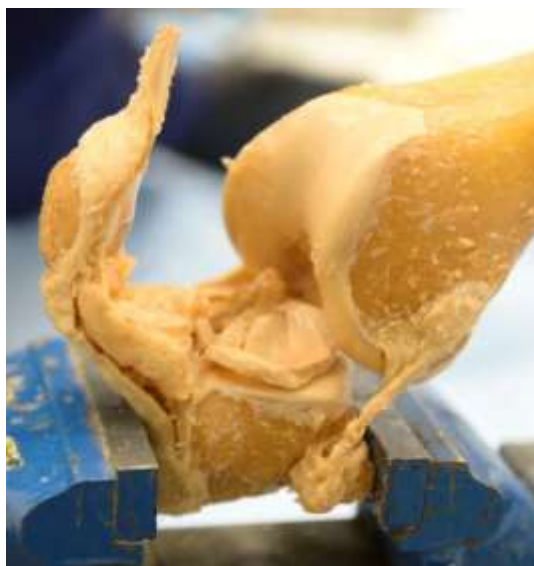


Рисунок 2.15. Фиксация полимерно-бальзамированного препарата коленного сустава в тисках.

Выполняли удаление жирового тела и крестообразных связок скальпелем, а затем при помощи реципрокной (возвратно-поступательной) пилы осуществляли резекцию мыщелков большеберцовой кости и мыщелков бедренной кости с формированием разгибательного промежутка (рисунки 2.16, 2.17).



Рисунок 2.16. Резекция мыщелков большеберцовой кости с помощью высокочастотной реципрокной пилы.





Рисунок 2.17. Реципрокная (возвратно-поступательная) пила, опиленная верхняя суставная поверхность большеберцовой кости.

При этом в соответствии с рекомендациями производителя наклон опиления большеберцовой кости в сагиттальной плоскости был равен  $7^\circ$ , а направление опиления во фронтальной плоскости являлось строго перпендикулярным механической оси голени. Величина резекции мыщелков большеберцовой кости была равна 10 мм от поверхности хряща наружного мыщелка, при этом коллатеральные связки были защищены ретракторами Гомана и оставались полностью интактными.

Дистальная резекция мыщелков бедренной кости была выполнена с наклоном  $3^\circ$  в сагиттальной и  $4^\circ$  во фронтальной плоскости по отношению к механической оси нижней конечности (рисунок 2.18 а, б).

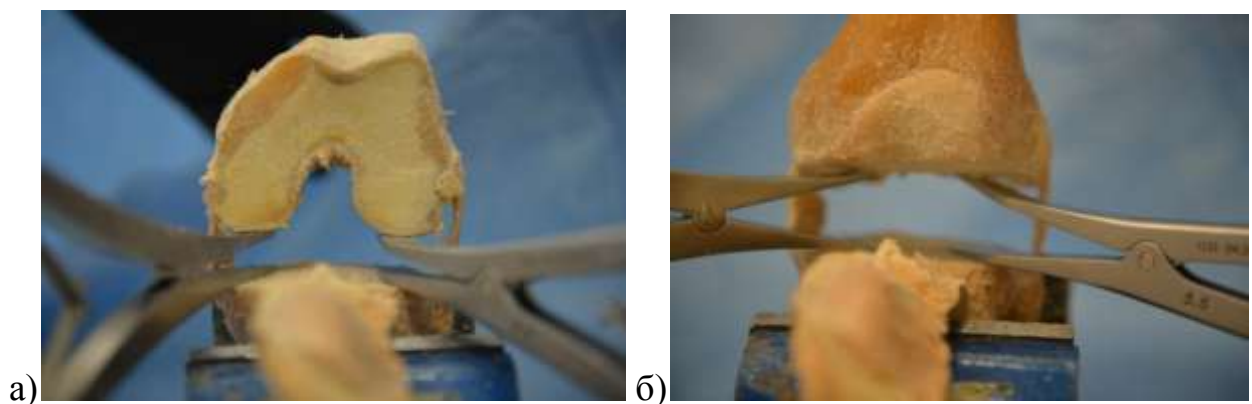


Рисунок 2.18. Дистальная резекция мыщелков бедренной кости: а) в положении сгибания коленного сустава; б) в положении разгибания коленного сустава.

После этого, на 9 анатомических препаратах серии «А» – по три препарата из каждой выделенной группы – была применена стандартная техника позиционирования резекционного блока «четыре в одном», предполагающая резекцию частей мыщелков бедренной кости для придания бедренному компоненту эндопротеза наружной ротации равной  $3^\circ$  (рисунок 2.19).

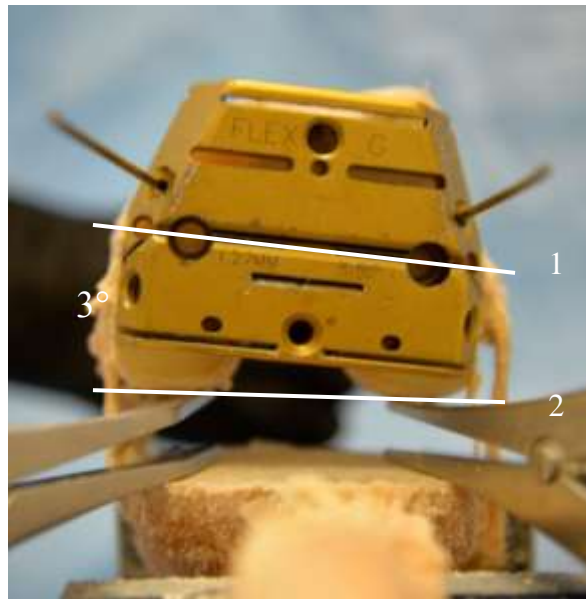


Рисунок 2.19. Установка резекционного блока в положении наружной ротации равной  $3^\circ$  (1 – надмыщелковая линия; 2 – задняя межмыщелковая линия).

На 9 препаратах серии «В» – также по три препарата из каждой выделенной группы – была использована техника индивидуального подбора ротации резекционного блока (ротации бедренного компонента эндопротеза), базирующаяся на оценке индивидуальных морфометрических характеристик мыщелков бедренной кости и состояния вспомогательного аппарата коленного сустава (рисунок 2.20).

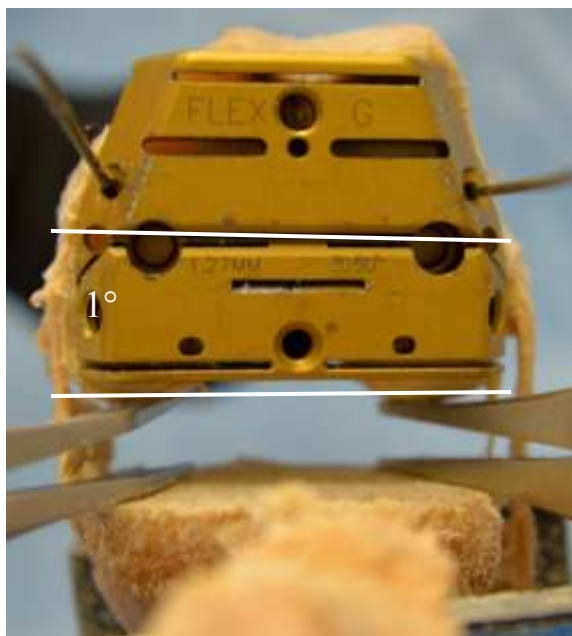


Рисунок 2.20. Установка резекционного блока с учетом индивидуальных особенностей строения мышечков бедренной кости (1° наружной ротации).

После выполнения резекции мышечков бедренной кости выполняли оценку состояния сформированных сгибательного и разгибательного промежутка коленных суставов, для чего проводили измерение их высоты во внутреннем и наружном отделах (Рисунок 2.21 а, б).

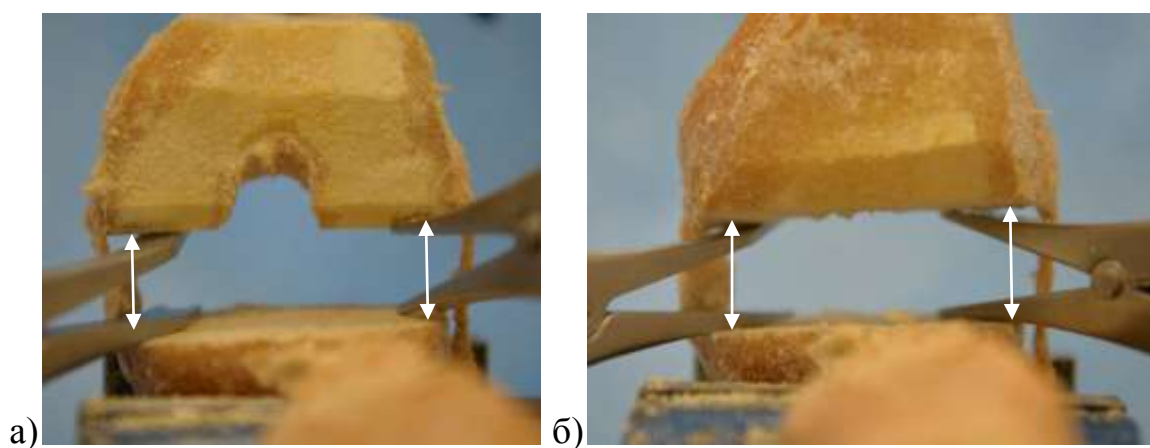


Рисунок 2.21. Измерение высоты сформированных промежутков коленных суставов: а) сгибательного и б) разгибательного.

Также после выполнения резекции осуществляли оценку стабильности коленного сустава в положении разгибания и сгибания под углом  $90^\circ$  с применением стандартных спейсер-блоков. Дополнительно осуществляли оценку изометричности движений в коленном суставе после имплантации пробных и стандартных компонентов эндопротеза коленного сустава в положении полного разгибания, а также сгибания под углом  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $90^\circ$  (рисунок 2.22).



Рисунок 2.22. Препарат коленного сустава в положении сгибания под углом  $90^\circ$  после успешной имплантации компонентов эндопротеза.

Полученные результаты в сериях «А» и «В» сравнивали между собой, а также между группами, выделенными в соответствии с морфологическим формами мыщелков бедренной кости.

Таким образом, предложенный комплекс анатомических и клинических методик исследования позволяет провести многоуровневую оценку формы, морфометрических характеристик и вариантной анатомии основных и вспомогательных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе.

## 2.3 Математико-статистические методы анализа результатов

В соответствии с рекомендациями по обработке результатов медико-биологических исследований в настоящей работе использовали пакеты прикладных программ: Statistica for Windows 8.0 (StatSoft, Inc, 2001) – для статистического анализа, MS Office 2010 – для организации и формирования матрицы данных, подготовки графиков и диаграмм. Результаты собственных исследований заносили в электронную базу данных с помощью программы MS Excel (в составе MS Office 2010). Измерения всех исследуемых препаратов были внесены в формализованный морфометрический бланк.

При анализе полученных данных решали такие задачи, как описание изучаемых параметров в группах, оценка значимости различия количественных и качественных показателей в группах, оценка связи между показателями. В ходе исследования проводили следующие процедуры и методы статистического анализа:

- 1) определение числовых характеристик переменных;
- 2) оценка соответствия эмпирического закона распределения количественных переменных теоретическому закону нормального распределения по критерию Шапиро – Уилка;
- 3) оценка значимости различий средних значений количественных показателей в независимых выборках по Т-тесту Стьюдента;
- 4) проверка гипотезы о происхождении групп, сформированных по качественному признаку из одной и той же популяции (проводили на основе построения таблиц сопряженности наблюдаемых и ожидаемых частот, применяли критерий Хи-квадрат Пирсона (Pearson Chi-square), а при его неустойчивости использовали двусторонний точный тест Фишера (Fisher exact test));
- 5) оценка степени влияния качественного фактора на дисперсию количественных показателей с использованием дисперсионного анализа ANOVA

(парные сравнения проводили при помощи метода множественных сравнений в рамках дисперсионного анализа с использованием LSD Test);

б) оценка силы и направления связи между количественными признаками, измеренными в количественной шкале, с использованием коэффициента корреляции Пирсона.

Статистическая обработка данных проводилась в соответствии с рекомендациями по обработке результатов медико-биологических исследований (Реброва О.Ю., 2003; Юнкеров В.И. с соавт., 2011).

### ГЛАВА 3 АНАЛИЗ АНАТОМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА В НОРМЕ И ПРИ ДЕФОРМИРУЮЩЕМ АРТРОЗЕ

#### 3.1. Морфометрические характеристики мыщелков бедренной и большеберцовой костей интактного коленного сустава

На 100 паспортизированных костях скелета нижних конечностей без видимых признаков патологических изменений суставных поверхностей коленного сустава изучали вариантную анатомию и морфометрические показатели медиальных и латеральных мыщелков бедренной и большеберцовой костей.

Разделение костных препаратов нижних конечностей на мужские и женские проводили путем измерения шеечно-диафизарного угла, образующегося при пересечении продольных осей шейки и диафиза бедренной кости. У женщин данный угол является практически прямым, а у мужчин составляет  $120 - 135^\circ$  (Лагунова И.Г., 1981).

Согласно полученным данным, для всех показателей характерен большой диапазон различий между минимальными и максимальными значениями вне зависимости от пола, однако при этом значения исследуемых параметров мыщелков бедренной кости у мужчин достоверно превышают эти значения у женщин (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Морфометрические параметры мышцелков бедренной кости  
у мужчин и женщин (в мм)

Исследуемые параметры	Мужчины			Женщины		
	min	max	$\bar{x} \pm m\bar{x}$	min	Max	$\bar{x} \pm m\bar{x}$
Продольный размер медиального мышцелка $A_{бм}$	51,1	71,2	$61,1 \pm 2,1^{**}$	45,3	60,1	$52,7 \pm 1,8^{**}$
Поперечный размер медиального мышцелка $B_{бм}$	21,3	33,3	$27,3 \pm 1,4^{**}$	14,5	30,2	$22,4 \pm 1,2^{**}$
Вертикальный размер медиального мышцелка $H_{бм}$	5,3	10,2	$7,8 \pm 1,3^*$	2,1	7,2	$4,7 \pm 1,6^*$
Продольный размер латерального мышцелка - $A_{бл}$	46,2	61,1	$53,7 \pm 1,5^{**}$	41,4	55,1	$48,3 \pm 2,3^{**}$
Поперечный размер латерального мышцелка $B_{бл}$	22,8	39,9	$31,3 \pm 1,9^{**}$	18,4	33,7	$26,1 \pm 1,4^{**}$
Вертикальный размер латерального мышцелка $H_{бл}$	8,1	14,4	$11,3 \pm 1,7^*$	4,2	11,8	$8,0 \pm 1,5^*$
Вертикальный радиус кривизны медиального мышцелка – $P1_{бм}$	24,3	31,2	$27,8 \pm 1,3^*$	22,4	27,1	$24,8 \pm 1,2^*$
Вертикальный радиус кривизны латерального мышцелка – $P1_{бл}$	31,1	39,2	$35,2 \pm 1,3^*$	27,7	32,3	$30,0 \pm 1,2^*$
Горизонтальный радиус кривизны медиального мышцелка – $P2_{бм}$	20,4	27,6	$24,0 \pm 1,2^*$	19,3	25,4	$22,4 \pm 1,1^*$
Горизонтальный радиус кривизны латерального мышцелка $P2_{бл}$	28,5	35,4	$32,0 \pm 2,2^*$	25,2	29,1	$27,2 \pm 1,4^*$

Примечания: \* – наличие статистически достоверных различий между размерами медиального и латерального мышцелков в пределах одной группы ( $p < 0,05$ );

\*\* – наличие статистически достоверных различий между размерами медиального и латерального мышцелков в пределах одной группы и между мужской и женской группами ( $p < 0,05$ );



При анализе таблицы установлены статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) в пределах одной группы и между мужской и женской группами по продольным и поперечным размерам мышцелков, а по остальным показателям только в пределах одной группы. Также необходимо отметить наличие существенных различий между min и max размерами для каждого из параметров в обеих группах, что подтверждает наличие широкого диапазона вариантной анатомии как медиального, так и латерального мышцелков бедренной кости.

При этом также установлено, что вертикальный размер и радиус кривизны латерального мышцелка превышали аналогичный размер медиального мышцелка как у мужчин, так и у женщин. Выявлена прямая зависимость между вертикальным размером и вертикальным радиусом медиального и латерального мышцелков (рисунок 3.1, 3.2) ( $p < 0,05$ ).

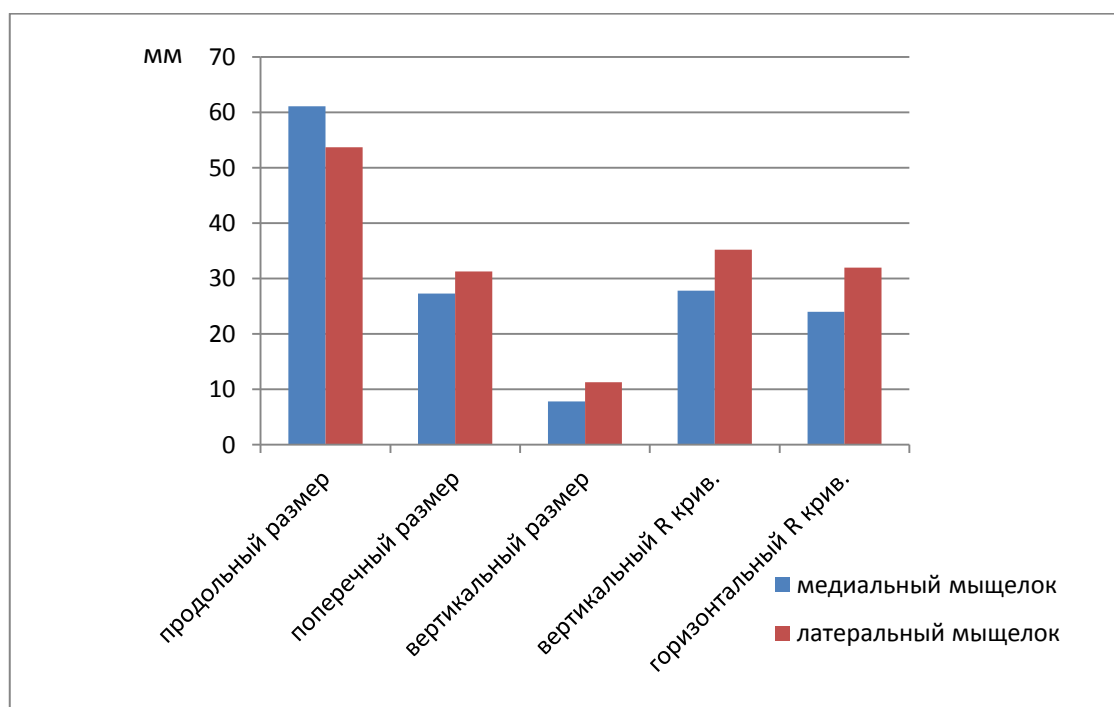


Рисунок 3.1. Средние значения морфометрических параметров медиального и латерального мышцелков бедренной кости у мужчин.

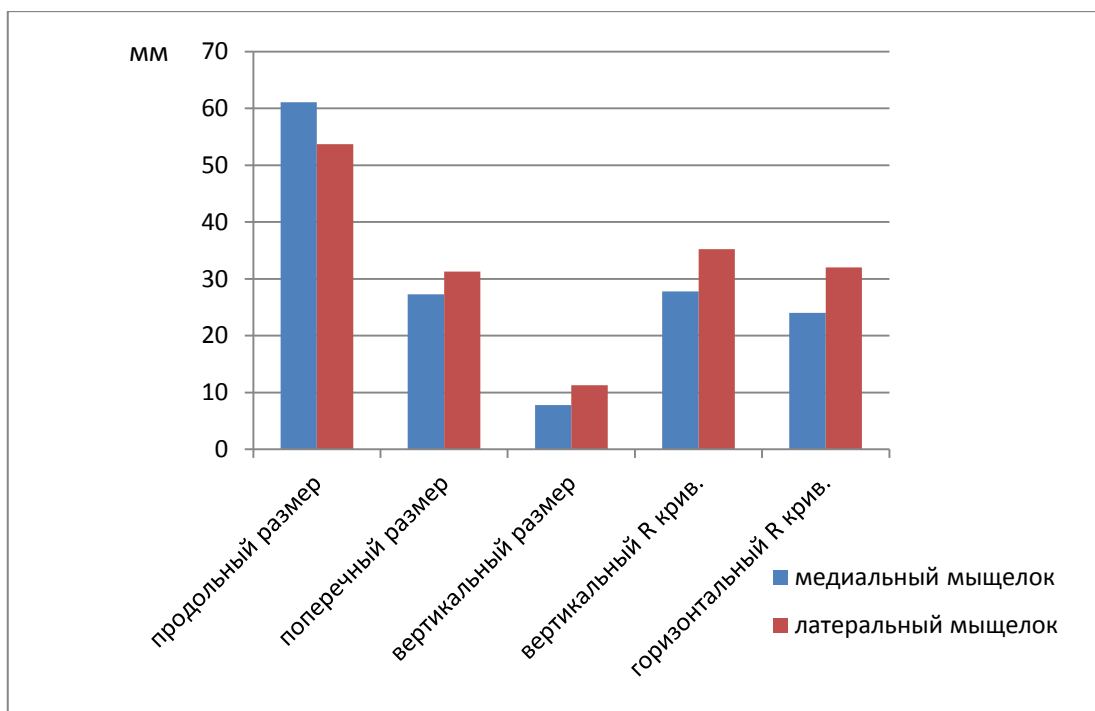


Рисунок 3.2. Средние значения морфометрических параметров медиального и латерального мыщелков бедренной кости у женщин

Представленные в таблице 3.2 средние показатели не всегда охватывают весь спектр индивидуальной анатомической изменчивости. Анализ продольно-поперечных индексов в пределах одной группы показал, что встречаются 3 варианта форм мыщелков у каждой из костей с преобладанием продольного размера медиального мыщелка, с их равными размерами и преобладанием продольного размера латерального мыщелка. Важно отметить, что на долю формы с преобладанием продольного размера медиального мыщелка приходится 87% наблюдений. На две остальные формы (с равными размерами медиального и латерального мыщелков и с преобладанием продольного размера латерального мыщелка) приходится практически одинаковое количество наблюдений, соответственно 6% и 7% (таблица 3.2).

Таблица 3.2

Соотношение продольно-поперечных индексов латерального и  
медиального мыщелков бедренной кости

№ п/п	Продольно- поперечный индекс ме- диального мышцелка	Продольно- поперечный индекс лате- рального мышцелка	Варианты форм мышцелков	% встре- чаемости
1	2.3	2.1	С преобладанием продоль- ного размера медиального мышцелка	87
2	2	2	С равными продольными размерами мыщелков	6
3	2.2	2.5	С преобладанием продоль- ного размера латерального мышцелка	7

В большинстве случаев медиальный мыщелок бедренной кости был длиннее и уже латерального, в тоже время вертикальный размер латерального мыщелка превалировал над вертикальным размером медиального. Крайне редко встречались короткие и широкие медиальные мыщелки. И наконец, также редко наблюдались удлинённые и узкие латеральные мыщелки (рисунок 3.3-3.5).



Рисунок 3.3. Вариант формы мыщелков левой бедренной кости с преобладанием продольного размера медиального мыщелка.

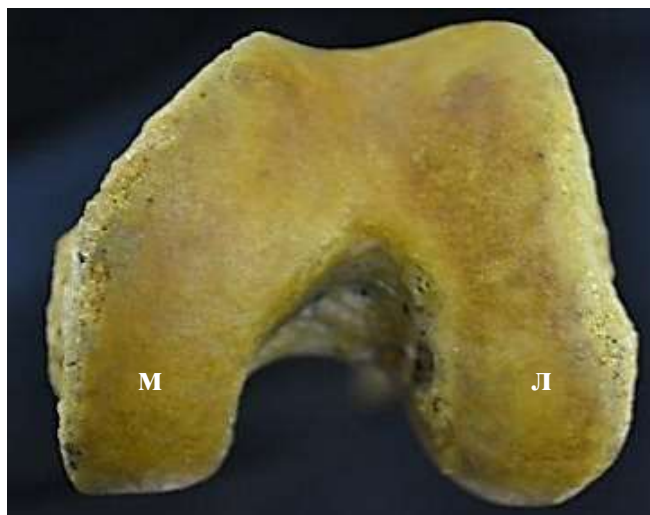


Рисунок 3.4. Вариант формы мыщелков левой бедренной кости с равными продольными размерами.



Рисунок 3.5. Вариант формы мыщелков левой бедренной кости с преобладанием продольного размера латерального мыщелка.

Радиус кривизны мыщелков увеличивался в соответствии с преобладанием вертикальных размеров при выявленных трех вариантах форм мыщелков бедренной кости. Чаще всего (87%) встречалась форма с преобладанием вертикального размера латерального мыщелка (таблица 3.3, рисунок 3.6).

Таблица 3.3

Сравнительная характеристика вертикального радиуса кривизны медиального и латерального мыщелков бедренной кости при различных вариантах их форм ( $x \pm m_x$  в мм)

Вариант формы мыщелков	Вертикальный радиус кривизны медиального мыщелка	Вертикальный радиус кривизны латерального мыщелка
С преобладанием продольного размера медиального мыщелка	$27,5 \pm 1,3$	$34,4 \pm 1,2$
С равными продольными размерами мыщелков	$28,6 \pm 1,1$	$30,1 \pm 1,4$
С преобладанием продольного размера латерального мыщелка	$25,1 \pm 0,9$	$36,7 \pm 1,5$

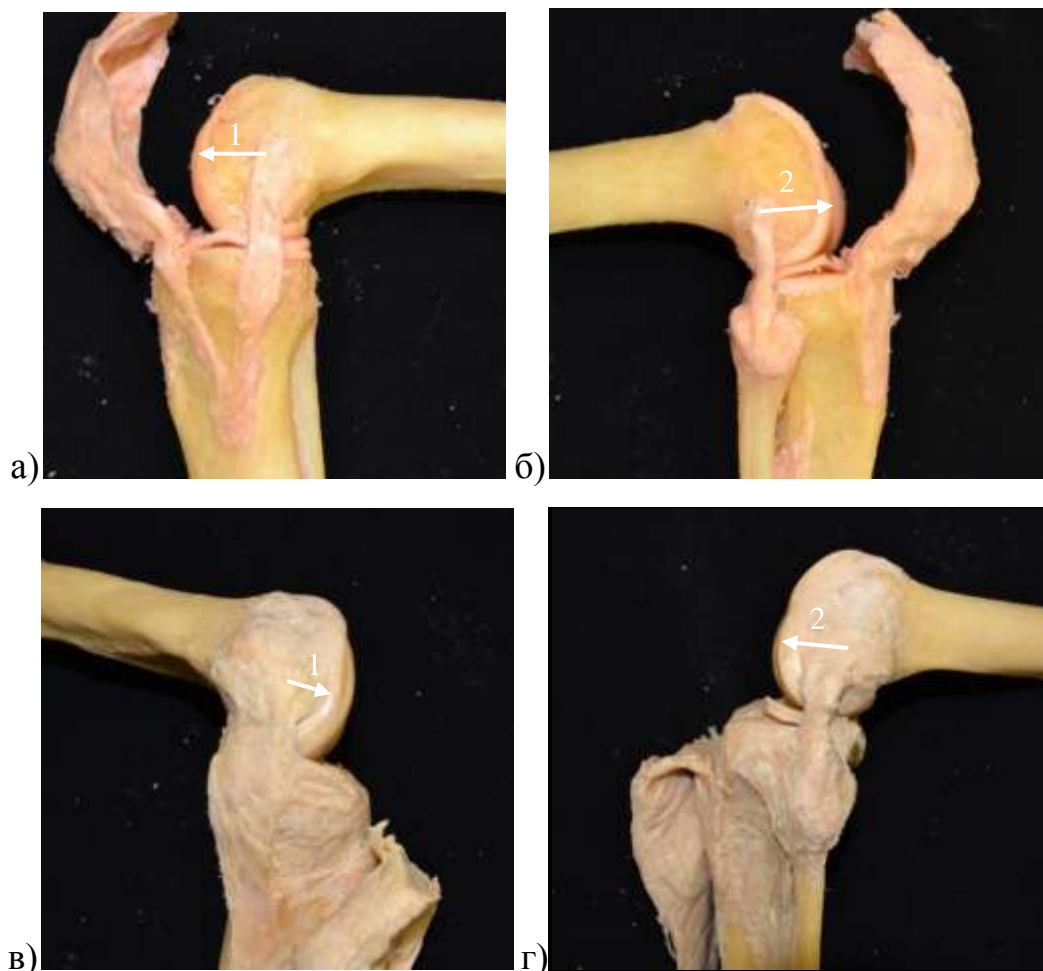


Рисунок 3.6. Вертикальный радиус кривизны мыщелков коленных суставов: а, б) с преобладанием продольных размеров медиального мыщелка; в, г) с преобладанием продольных размеров латерального мыщелка.

1 – радиус кривизны медиального мыщелка; 2 – радиус кривизны латерального мыщелка.

Таким образом, для мыщелков бедренной кости характерен не только широкий диапазон вариантной анатомии, но и выраженные индивидуальные особенности строения.

При морфометрическом исследовании мыщелков большеберцовой кости также установлено, что значения поперечного, продольного и вертикального их размеров достоверно больше у мужчин, чем у женщин. Медиальные мыщелки большеберцовой кости, как правило, длиннее и уже, чем латеральные как у мужчин, так и у женщин. (таблица 3.4).

Таблица 3.4

Морфометрические параметры мыщелков большеберцовой кости у мужчин и женщин (в мм)

Исследуемые параметры	Мужчины			Женщины		
	min	Max	$x \pm mx$	min	max	$x \pm mx$
Продольный размер медиального мыщелка - $A_{tm}$	31,3	46,1	$38,7 \pm 1,5^{**}$	26,2	40,2	$33,2 \pm 2,3^{**}$
Поперечный размер медиального мыщелка - $B_{tm}$	23,1	28,2	$25,7 \pm 1,2^*$	17,3	25,4	$21,4 \pm 1,2^*$
Продольный размер латерального мыщелка - $A_{tl}$	26,3	41,3	$33,8 \pm 2,1^{**}$	20,4	35,1	$27,8 \pm 1,7^{**}$
Поперечный размер латерального мыщелка - $B_{tl}$	22,6	33,7	$28,2 \pm 1,2^*$	21,2	27,6	$24,4 \pm 1,4^*$
Вертикальный размер межмыщелкового возвышения - $H_{tv}$	5,2	10,2	$7,7 \pm 1,4^*$	3,4	7,1	$5,3 \pm 0,9^*$

Примечание: \* – наличие статистически достоверных различий между мужской и женской группами ( $p < 0,05$ );

\*\* – наличие статистически достоверных различий между продольными размерами медиального и латерального мыщелков в пределах одной группы и между мужской и женской группами ( $p < 0,05$ ).

Анализ средних значений показал, что продольный размер медиального мыщелка большеберцовой кости превышает продольный размер латераль-

ного мыщелка как у мужчин, так и у женщин. В то же время поперечные размеры медиального и латерального мыщелков существенно не отличались.

Важно отметить наличие индивидуальных особенностей у мыщелков большеберцовых костей, выявленных при анализе общей выборки. Варианты строения этих анатомических образований проявлялись преобладанием продольных размеров латерального мыщелка над продольными размерами медиального. Также редко встречались варианты с равными значениями этих показателей (рисунки 3.7 – 3.9).

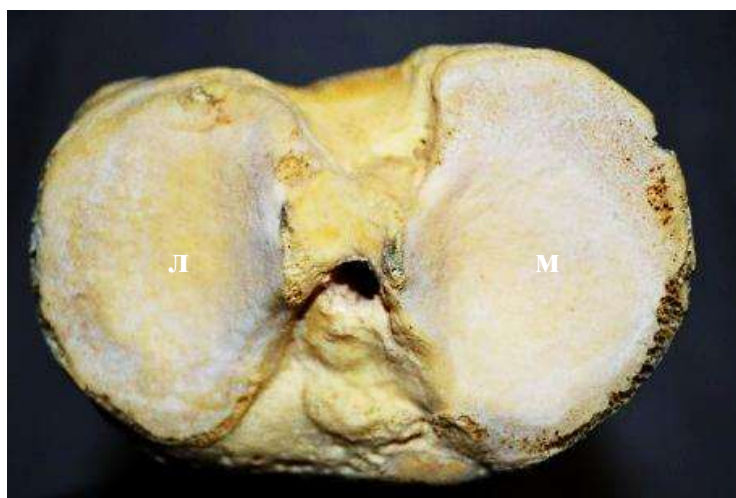


Рисунок 3.7. Вариант формы мыщелков правой большеберцовой кости с преобладанием продольного размера медиального мыщелка.

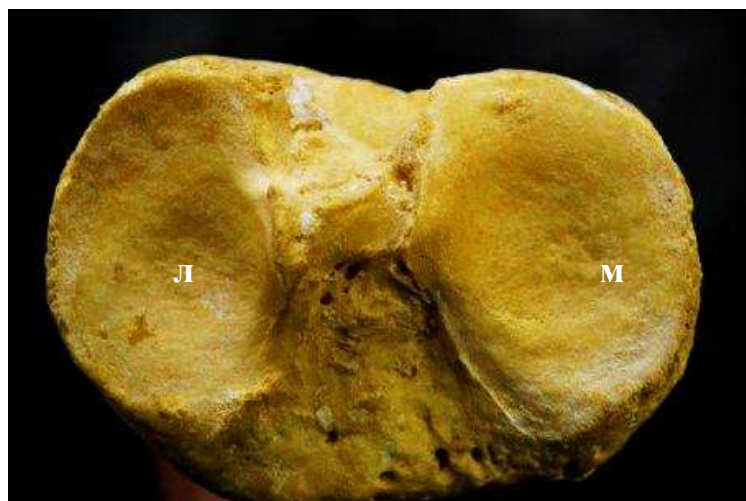


Рисунок 3.8. Вариант формы мыщелков правой большеберцовой кости с равными продольными размерами.



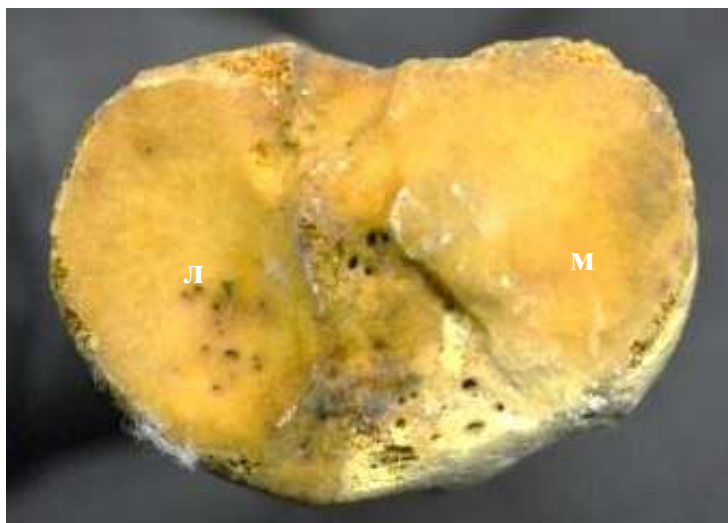


Рисунок 3.9. Вариант формы мыщелков правой большеберцовой кости с преобладанием продольного размера латерального мыщелка.

Более детально охарактеризовать соответствие мыщелков бедренной и мыщелков большеберцовой костей можно с помощью индексов их соответствия, которые определяются как соотношение значения параметра мыщелка бедренной кости к аналогичному параметру большеберцовой кости. Всего нами определено четыре таких индекса (таблица 3.5).

Таблица 3.5

Значения индексов соответствия мыщелков бедренной и большеберцовой костей у мужчин и женщин

Исследуемые параметры	Мужчины	Женщины
Продольный индекс соответствия медиальных мыщелков – Абм:Атм	1,5	1,6
Продольный индекс соответствия латеральных мыщелков – Абл:Атл	1,5	1,6
Поперечный индекс соответствия медиальных мыщелков – Вбм:Втм	1,1	1,2
Поперечный индекс соответствия латеральных мыщелков – Вбл:Втл	1,1	1,1

Анализ таблицы показывает, что поперечный индекс соответствия латеральных мыщелков равен у мужчин и у женщин. Продольный индекс соот-



ветствия медиальных мыщелков, продольный индекс соответствия латеральных мыщелков, поперечный индекс соответствия медиальных мыщелков у женщин несколько больше (на 0,1). Это свидетельствует о том, что у мужчин по сравнению с женщинами мыщелки бедренной кости несколько больше мыщелков большеберцовой кости.

### 3.2. Морфометрические характеристики коллатеральных связок интактного коленного сустава

Морфометрические характеристики коллатеральных связок изучали на коленных суставах нефиксированных трупов, влажных препаратах (после препарирования), а также на полимерно-бальзамированных препаратах.

Анатомическое исследование коллатеральных связок показало, что малоберцовая коллатеральная связка идет в виде округлого фиброзного тяжа от *epicondylus lateralis femoris* к латеральному краю *caput fibulae*. Эта связка отделена от капсулы сустава слоем рыхлой клетчатки. Большеберцовая коллатеральная связка имеет вид широкой фиброзной пластинки, сращена с капсулой и с медиальным мениском. Она начинается от *epicondylus medialis femoris* и прикрепляется к медиальному краю большеберцовой кости. Морфометрическую характеристику коллатеральных связок интактного коленного сустава в зависимости от вариантов форм отражает таблица 3.6.

Таблица 3.6

Морфометрические характеристики коллатеральных связок интактного коленного сустава при его разных формах, ( $\bar{X} \pm m\bar{x}$  в мм)

Форма коленного сустава	Средняя длина коллатеральных связок		Средняя ширина коллатеральных связок		Средняя толщина коллатеральных связок	
	Большеберцовой	Малоберцовой	Большеберцовой	Малоберцовой	Большеберцовой	Малоберцовой
С преобладанием продольного размера медиального мыщелка	49,7±1,2*	53,2±1,4*	13,0±1,6	7,1±1,1*	2,2±0,6	6,4±1,0
С равными продольными размерами	48,1±1,5	55,1±1,7	14,6±1,2	7,5±1,2	3,2±0,8	7,2±1,0
С преобладанием продольного размера латерального мыщелка	46,0±2,1*	57,2±1,3*	16,2±1,3	4,2±1,1*	3,1±0,7	4,1±0,7

Примечание: \* – наличие статистически достоверных различий между выделенными группами ( $p < 0,05$ );

Длина и толщина малоберцовой коллатеральной связки при всех вариантах форм превышала данные параметры большеберцовой коллатеральной связки, что связано с анатомической особенностью прикрепления малоберцовой коллатеральной связки к головке малоберцовой кости и ее формой (в виде округлого фиброзного тяжа). Анализ таблицы 3.6 показал, что средняя длина большеберцовой коллатеральной связки составила 49,7±1,2 мм, ширина 13,0±1,6 мм, малоберцовой коллатеральной связки соответственно 53,2±1,4 см и 7,1±1,1 см. Данные значения соответствовали наиболее часто встречающейся форме мыщелков бедренной и большеберцовой костей (преобладание размеров медиальных мыщелков над латеральными). При данной форме малоберцовая коллатеральная связка превосходила по длине большеберцовую на 3 – 6%. При равных продольных размерах мыщелков малоберцовая коллатеральная связка длиннее большеберцовой на 7-10%. При увеличении продольного размера латерального мыщелка (наименее часто встреча-

ющаяся форма) малоберцовая коллатеральная связка еще более удлинялась (приобладание на 11-13%) в сравнении с большеберцовой. О чем свидетельствуют статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) между крайними формами коленных суставов по средней длине и ширине обеих коллатеральных связок и ширине только малоберцовой коллатеральной связки.

Таким образом, на основании результатов проведенного морфометрического исследования мыщелков бедренной и большеберцовой костей и коллатеральных связок можно сделать заключение о широком диапазоне их вариантной изменчивости, существенных различиях размеров и формы и наличием корреляций с размерами соответствующих мыщелков обеих костей.

Три выделенные нами формы мыщелков характеризуются статистически достоверными различиями ( $p < 0,05$ ) не только по продольным размерам, но и по вертикальным, радиусам кривизны и длине коллатеральных связок, а также наличием корреляций этих размеров.

Результаты данного исследования могут быть использованы в качестве исходных морфометрических характеристик, отражающих нормальное строение мыщелков бедренной, большеберцовой костей и коллатеральных связок у взрослого человека при диагностике дегенеративно-дистрофических заболеваний и эндопротезировании коленного сустава.

### 3.3. Изменения формы и морфометрических характеристик мыщелков бедренной и большеберцовой костей при деформирующем артрозе

Исследования препаратов коленного сустава с признаками деформирующего артроза показали, что распространение дегенеративного процесса на краевых поверхностях мыщелков бедренной и большеберцовой костей зависит от формы последних. Наличие остеофитов по краям суставных поверхностей мыщелков (показаны стрелками) и их размеры для каждой из выявленных форм мыщелков продемонстрированы на рисунках 3.10 – 3.12.

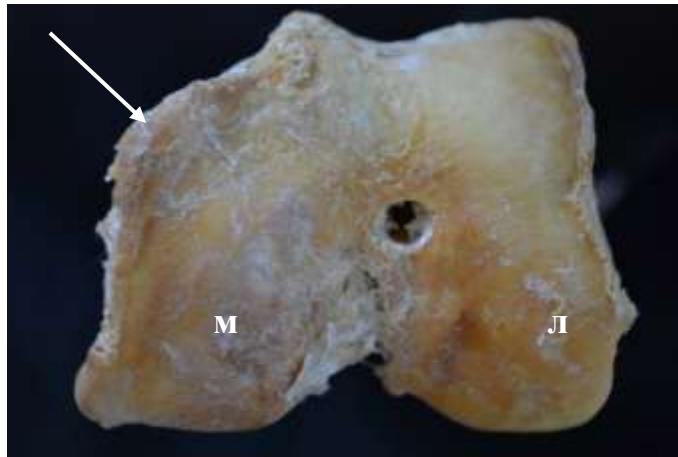


Рисунок 3.10. Дегенеративное поражение мыщелков левой бедренной кости при форме с преобладанием продольного размера медиального мыщелка.

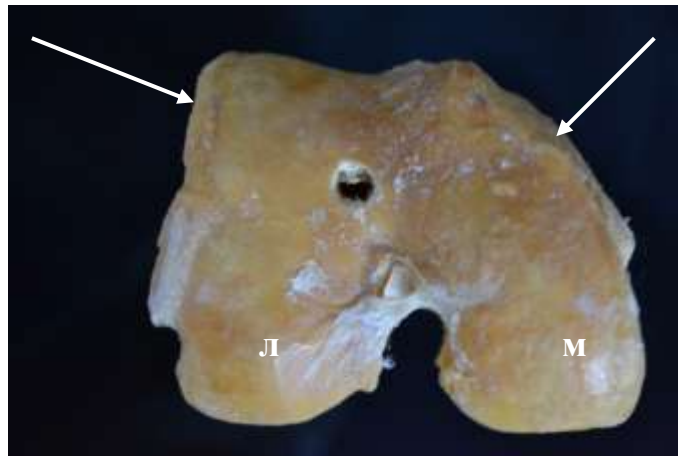


Рисунок 3.11. Дегенеративное поражение мыщелков правой бедренной кости при форме с равными продольными размерами мыщелков.

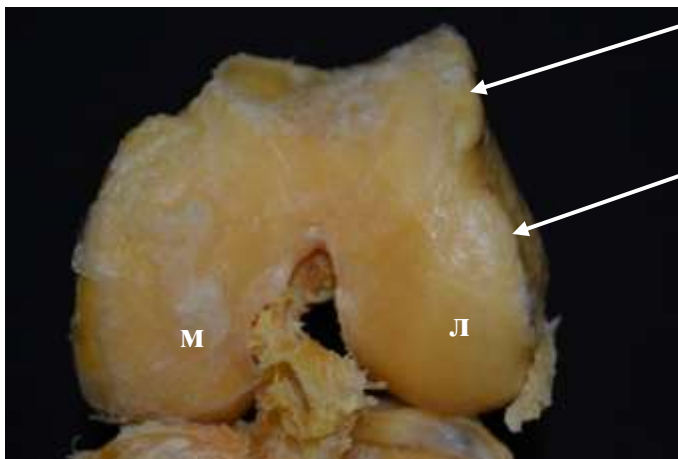


Рисунок 3.12. Дегенеративное поражение мыщелков левой бедренной кости при форме с преобладанием продольного размера латерального мыщелка.

При оценке суставных поверхностей мыщелков бедренной кости на влажных и полимерно-бальзамированных препаратах коленного сустава с признаками деформирующего артроза при всех выявленных формах мыщелков отмечалось обширное локальное истончение суставного хряща, а местами и его полное отсутствие. Размеры пораженных участков достигали 2-3 см. В местах истончения хряща визуализировались сосуды замыкательной костной пластинки мыщелка, пораженная суставная поверхность приобретала розовый цвет. Наибольшая глубина пораженного участка суставного хряща отмечалась в центре и постепенно уменьшалась к периферии. В отдельных случаях в центральной зоне наблюдалось расслоение хряща и даже образование отдельных фрагментов размером 5-7 мм<sup>2</sup>.

Преимущественно такие изменения затрагивали медиальный мыщелок и надколенниковую поверхность бедренной кости. В области латерального мыщелка хрящ сохранял бледно-серый цвет, но его толщина становилась неравномерной. По краям мыщелков наблюдались остеофитные разрастания, достигавшие у медиального мыщелка 3-6 мм (рисунок 3.13).

Локализация остеофитов по краям мыщелков имела определенную закономерность. У медиального мыщелка бедренной кости, как правило, в начале формировались остеофиты по краям суставного хряща в передне-медиальном и задне-медиальном отделах. По середине они были отдельно расположенными друг от друга и менее выраженными. У латерального мыщелка наоборот наиболее выраженные по размеру, слившиеся друг с другом в единый гребень, были остеофиты в середине латерального края суставной поверхности. Такая архитектоника образования остеофитов связана с неравномерностью нагрузки на медиальный и латеральный мыщелки бедренной кости и разным тонусом мышц, прикрепляющихся с медиальной и латеральной сторон проксимального эпифиза большеберцовой кости. По-видимому, тонус мышц, прикрепляющихся к медиальному мыщелку большеберцовой кости существенно сильнее, так как количество мышц здесь больше (портняжная, полусухожильная, тонкая, полуперепончатая мышцы).

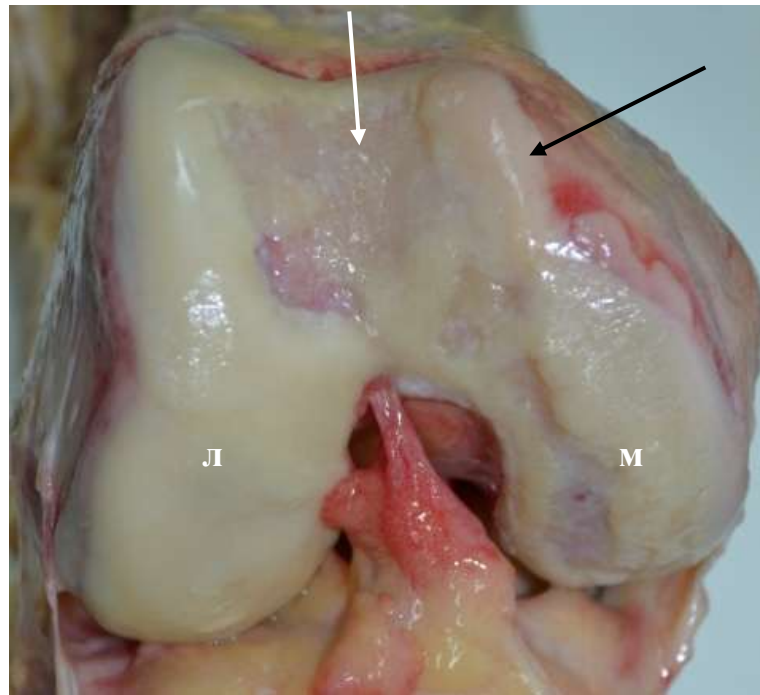


Рисунок 3.13. Дегенеративное поражение правого коленного сустава при форме с преобладанием продольного размера медиального мыщелка.

Локальное разрушение суставного хряща (хондромалиция) медиального мыщелка и надколенниковой поверхности (показано белой стрелкой), образование краевых остеофитов (показаны черной стрелкой), гиперемия и разрыхление крыловидных складок и разрастание у них краевых отростков при деформирующем артрозе. Фото с макропрепарата.

### 3.4. Морфометрические характеристики вспомогательных внутрисуставных элементов интактного коленного сустава и при деформирующем артрозе

Нами были изучены варианты строения надколенника на 150 натуральных препаратах, включавшие в себя измерение основных морфометрических параметров, а также расчет индексов надколенника. Согласно нашим данным, значения продольного размера надколенника ( $A_p$ ) в среднем составили  $4,3 \pm 0,1$  см, поперечного размера надколенника ( $B_p$ ) –  $4,2 \pm 0,1$  см, длина гребня ( $L$ ) –  $2,7 \pm 0,1$  см, продольного размера апикальной части ( $l$ ) –  $1,3 \pm 0,1$  см, поперечного размера латеральной фасетки ( $a$ ) –  $2,7 \pm 0,1$  см, медиальной ( $b$ ) –  $1,8 \pm 0,1$  см. Выведенные нами индексы позволяют более детально охарактеризовать его форму. Так индекс конституциональной принадлежности ( $A_p:B_p$ ) в среднем составил  $0,9 \pm 0,1$ , индекс фасеток ( $a:b$ ) –  $1,6 \pm 0,1$ , индекс высоты суставной поверхности ( $B_p:D_p$ ) –  $4,1 \pm 0,1$ , индекс признака «Сирано» ( $L:l$ ) –  $2,2 \pm 0,2$ .

Выявленные относительно индекса  $A_p:B_p$  крайние формы надколенника выглядят как удлиненное узкое и короткое широкое образование. Индекс фасеток ( $a:b$ ) показал разную степень превалирования размеров латеральной фасетки над медиальной. Индекс  $B_p:D_p$  характеризует степень приподнятости суставной поверхности. Крайними формами надколенника относительно данного индекса является либо выраженная ее приподнятость, либо незначительный излом суставной поверхности в области гребня. Индекс «Сирано» ( $L:l$ ) демонстрирует либо очень слабую выраженность апикальной части, либо ее значительную выраженность (рисунки 3.13 – 3.15).



Рисунок 3.13. Крайние формы надколенников по индексу конституциональной принадлежности.



Рисунок 3.14. Крайние формы надколенников по индексу латеральной и медиальной фасеток суставной поверхности.



Рисунок 3.15 Крайние формы надколенников по индексу выраженности апикальной части.



Таким образом, широкий диапазон колебаний индексов надколенника свидетельствует о большом количестве вариантов этой сессамовидной кости и они проявляются в отличиях его общей конфигурации (удлиненная узкая и короткая широкая кости), в разной степени приподнятости суставной поверхности – от слегка наметившейся, до значительно выступающей, в соотношении размеров фасеток – от почти равных до значительного превалирования латеральной над медиальной, а также в степени выраженности апикальной части – от едва наметившейся до сильно выраженной. Наиболее часто встречающиеся формы надколенника при разных формах мыщелков бедренной кости показаны в таблице 3.7.

Таблица 3.7

Наиболее часто встречающиеся формы надколенника при разных формах мыщелков бедренной кости (в %)

№ п/п	Форма мыщелков бедренной кости	Вариант формы надколенника	% встречаемости
1	С преобладанием продольного размера медиального мыщелка	Удлиненная узкая форма	87 %
		Преобладание апикальной части	79 %
2	С равными продольными размерами мыщелков	С равными фасетками	76 %
		С отсутствием апикальной части	80 %
3	С преобладанием продольного размера латерального мыщелка	С превалированием латеральной фасетки	81%
		Короткая широкая форма	79 %

Помимо костных препаратов изучение морфометрических характеристик вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава осуществлялись на 40 влажных препаратах коленного сустава взрослого человека. Все препараты были систематизированы на две группы: в первую группу

вошли 10 препаратов с интактными коленными суставами, а во вторую 40 препаратов с дегенеративно-дистрофическими изменениями коленного сустава различной степени выраженности.

Установлено, что на препаратах без признаков деформирующего артроза надколенник имел четкие и ровные края, суставную поверхность без признаков хондромалиции. В патологически измененных суставах при деформирующем артрозе выявлены разнообразные деформации краев надколенника, наличие остеофитов по краям суставной поверхности, преимущественно в области вершины, а также резкие локальные истончения суставного хряща в этих местах. Хрящ изменял свой бледно-серый цвет, становился розовым за счет просвечивания сосудов костной ткани (рисунок 3.16).

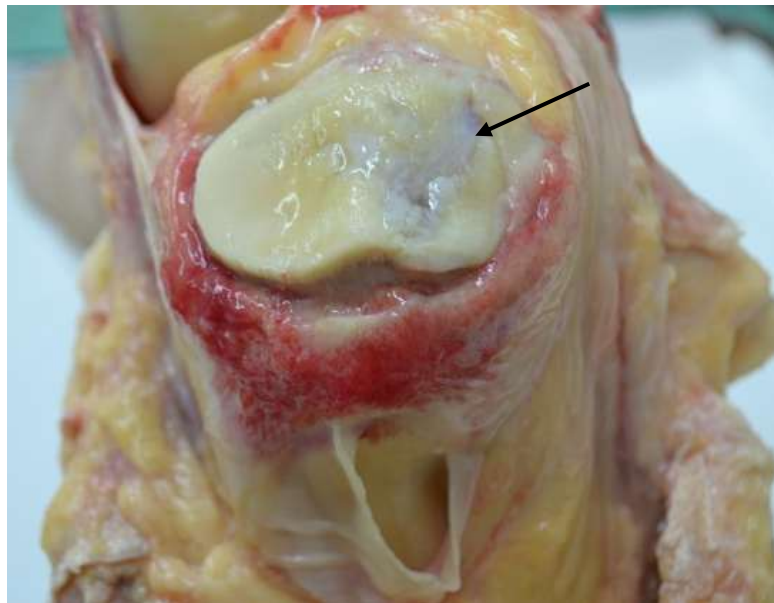


Рисунок 3.16. Истончение суставного хряща (хондромалиция) надколенника в пределах медиальной фасетки при деформирующем артрозе (показано стрелкой). Локальные кровоизлияния и резкая гиперемия синовиальной оболочки, значительное расширение наднадколенниковой синовиальной сумки и ее отверстий. Фото с макропрепарата.

Эти изменения являются патогномичными признаками деформирующего артроза и свидетельствуют о значительной хондромалиции.

Более выраженные дегенеративные изменения суставного хряща в медиальной части надколенника наблюдались при наиболее часто встречающейся форме надколенника (с преобладанием размеров медиальной фасетки).

Деформация надколенника за счет наличия выраженных остеофитов при тяжелом гонартрозе показана на костном препарате (рисунок 3.17).



Рисунок 3.17. Изменение формы надколенника за счет выраженных остеофитов при третьей стадии варусного гонартроза.

Морфологическая оценка менисков интактных коленных суставов показала, что они имеют четкие ровные контуры и однородную структуру суставного хряща. В большинстве случаев размеры задних рогов менисков превышали размеры передних рогов.

Мениски имеют форму полулуний, в пределах которых выделяют тело, передний и задний рога. На поперечном разрезе тело треугольное, толстый край мениска сращен с капсулой сустава, а истонченный направлен внутрь полости сустава. Верхняя поверхность менисков слегка вогнута, она соответствует выпуклости мыщелков бедренной кости. Нижняя поверхность менис-

ков – плоская, располагается на плоской верхней поверхности большеберцовой кости.

Медиальный мениск имеет полулунную форму и более узкий чем латеральный. Морфометрические характеристики тела и рогов мениска представлены в таблице 3.7. Латеральный мениск имеет форму незамкнутого кольца. Передний и задний рога менисков прикрепляются короткими связками к межмышечковому возвышению большеберцовой кости. Кроме того, передние рога медиального и латерального менисков соединяются друг с другом пучками поперечной связки колена, которая также прикрепляется к переднему краю верхнего эпифиза большеберцовой кости.

В полости сустава находятся передняя и задняя мениско-бедренная связки. Передняя мениско-бедренная связка начинается от латерального края переднего рога медиального мениска и прикрепляется к медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости. Задняя мениско-бедренная связка начинается от заднего края латерального мениска и прикрепляется к медиальной поверхности медиального мыщелка бедренной кости.

При деформирующем артрозе в задней части тела и в заднем роге медиального мениска в большинстве случаев отмечались дегенеративно-дистрофические изменения, сопровождающиеся деформацией и локальными разрушениями хрящевой ткани. Определялись разволокнения в передних и задних его отделах, выпячивания в суставную полость, зубчатость краев и атрофия (стирание) внутреннего края. Структура латерального мениска была неоднородной, с наличием мелких включений круглой или овальной формы (рисунки 3.18, 3.19).

Вероятно, вышеуказанные признаки при деформирующем артрозе были обусловлены выраженным хроническим воспалительным процессом внутри сустава с последующими склеротическими и дегенеративными изменениями и появлением соединительнотканых перемычек.



Рисунок 3.18. Интактный коленный сустав, имеющий ровные контуры крестообразных связок и менисков. Фото с макропрепарата.

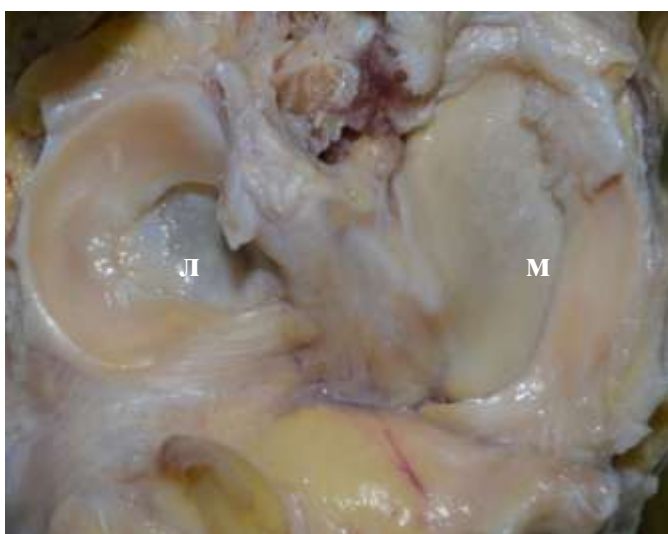


Рисунок 3.19. Деформирующий артроз III стадии, характеризующийся деформацией и раздавливанием медиального мениска, преимущественно его заднего рога, разволокнением связок. Фото с макропрепарата.

Что касается морфометрических параметров менисков, нами установлено, что при деформирующем артрозе происходит увеличение ширины и уменьшение их наибольшей толщины как тела, так и рогов. Причем наиболее резкие изменения приходятся на конечную стадию деформирующего артроза и в большей степени затрагивают медиальный мениск (таблица 3.8).

Таблица 3.8

Морфометрические характеристики менисков коленного сустава в  
норме и при деформирующем артрозе III стадии, мм

Исследуемый параметр	Показатели $\bar{x} \pm m\bar{x}$ , в мм	
	Интактный коленный сустав	Деформирующий артроз
Относительная длина тела медиального мениска	24,1 $\pm$ 1,3	28,2 $\pm$ 1,5*
Толщина тела медиального мениска в средней части	1,6 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,1*
Ширина тела медиального мениска в средней части	8,3 $\pm$ 1,2	4,4 $\pm$ 1,7*
Относительная длина тела латерального мениска	21,5 $\pm$ 1,2	24,3 $\pm$ 1,6*
Толщина тела латерального мениска в средней части	2,0 $\pm$ 0,4	1,6 $\pm$ 0,7*
Ширина тела латерального мениска в средней части	9,8 $\pm$ 1,1	9,2 $\pm$ 1,4
Относительная длина переднего рога медиального мениска	22,5 $\pm$ 1,3	25,7 $\pm$ 1,7*
Толщина переднего рога медиального мениска в средней части	1,9 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,2*
Ширина переднего рога медиального мениска в средней части	8,4 $\pm$ 1,2	4,2 $\pm$ 1,4*
Относительная длина заднего рога медиального мениска	23,4 $\pm$ 1,3	26,7 $\pm$ 1,5*
Толщина заднего рога медиального мениска в средней части	1,7 $\pm$ 0,5	0,5 $\pm$ 0,1*

Примечание: \* – наличие статистически достоверных различий с группой с интактными коленными суставами,  $p < 0,05$ .

Таблица 3.8 продолжение

Исследуемый параметр	Показатели $x \pm m_x$ , в мм	
	Интактный коленный сустав	Деформирующий артроз
Ширина заднего рога медиального мениска в средней части	$9,2 \pm 1,2$	$6,4 \pm 1,7^*$
Относительная длина переднего рога латерального мениска	$20,1 \pm 1,3$	$22,2 \pm 1,7^*$
Толщина переднего рога латерального мениска в средней части	$2,1 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,4$
Ширина переднего рога латерального мениска в средней части	$9,8 \pm 1,3$	$8,9 \pm 1,5$
Относительная длина заднего рога латерального мениска	$20,4 \pm 1,2$	$21,7 \pm 1,6^*$
Толщина заднего рога латерального мениска в средней части	$2,1 \pm 1,4$	$1,4 \pm 0,7^*$
Ширина заднего рога латерального мениска в средней части	$10,1 \pm 1,1$	$8,2 \pm 1,4^*$

Примечание: \* – наличие статистически достоверных различий с группой с интактными коленными суставами,  $p < 0,05$ .

Так, установлено, что при деформирующем артрозе коленных суставов в наибольшей степени изменялись следующие показатели: относительная длина тела медиального мениска (в среднем на  $4,1 \pm 0,2$  мм), ширина тела медиального мениска в средней части (в среднем на  $3,9 \pm 0,3$  мм), толщина переднего рога медиального мениска в средней части (в среднем на  $1,2 \pm 0,1$  мм), ширина переднего рога медиального мениска в средней части (в среднем на  $4,2 \pm 0,4$  мм), толщина заднего рога медиального мениска в средней части (в среднем на  $1,2 \pm 0,1$  мм), ширина заднего рога медиального мениска в средней части (в среднем на  $2,8 \pm 0,2$  мм). При анализе морфологии дегене-

ративных изменений менисков установлена отчетливая тенденция к прева-  
лированию их неполных горизонтальных разрывов, локализующихся пре-  
имущественно в области заднего рога и тела. Это связано с наличием у па-  
циентов, страдающих гонартрозом, сгибательной контрактуры коленных  
суставов, при которой наибольшие вертикальные нагрузки локализуются  
в задних отделах исследуемого сустава (рисунок 3.20). При этом доля деге-  
неративных разрывов медиального мениска оказалась достоверно выше чем  
латерального (34% и 25% соответственно;  $p < 0,05$ ).

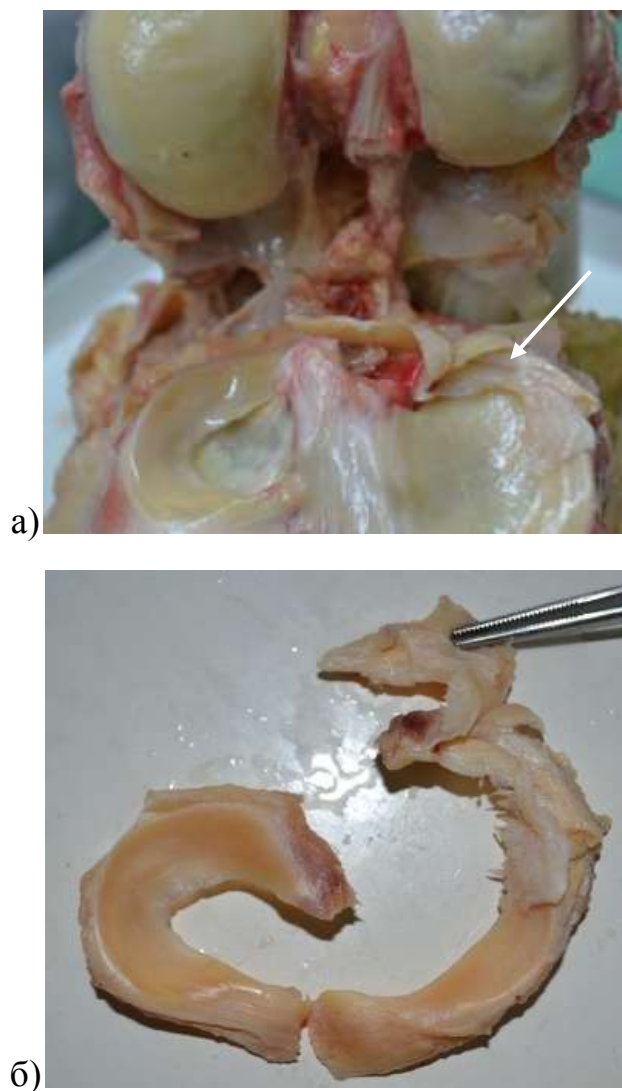


Рисунок 3.20. Дегенеративные изменения медиального мениска при деформирующем артрозе (показаны стрелкой): а) капсула сустава вскрыта, коллатеральные и крестообразные связки рассечены, б) медиальный и латеральный мениски удалены (пинцетом показана зона неполного горизонтального дегенеративного разрыва и расслоения заднего рога и тела медиального мениска).



Крестообразные связки в интактном коленном суставе имеют ровные контуры и однородную структуру. Передняя крестообразная связка начинается от медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости и прикрепляется к переднему межмыщелковому полю большеберцовой кости. Задняя крестообразная связка начинается от латеральной поверхности медиального мыщелка и прикрепляется к заднему межмыщелковому полю большеберцовой кости. С задней стенки капсулы сустава на крестообразные связки переходит синовиальная мембрана и соединяет связки между собой. Данная синовиальная мембрана разделяет сзади полость сустава на две камеры – правую и левую, которые сообщаются между собой только спереди. Средняя длина передней крестообразной связки составила  $48 \pm 5$  мм, толщина  $7,8 \pm 0,4$  мм, задней крестообразной связки соответственно  $40 \pm 4$  мм и  $7,3 \pm 0,4$  мм.

При деформирующем артрозе 2-3 стадии, проявляющемся сужением суставной щели, расширением периферических отделов полости сустава, истончением гиалинового хряща и наличием остеофитов, наблюдалось утолщение и разрыхление крестообразных связок. Средняя длина крестообразных связок при деформирующем артрозе 3-4 стадии уменьшилась, а толщина увеличилась (рисунки 3.21, 3.22).

Так, средняя длина передней крестообразной связки при деформирующем артрозе составила  $40 \pm 5$  мм, толщина  $9,8 \pm 0,3$  мм, задней крестообразной связки соответственно  $39 \pm 4$  мм и  $9,2 \pm 0,4$  мм.

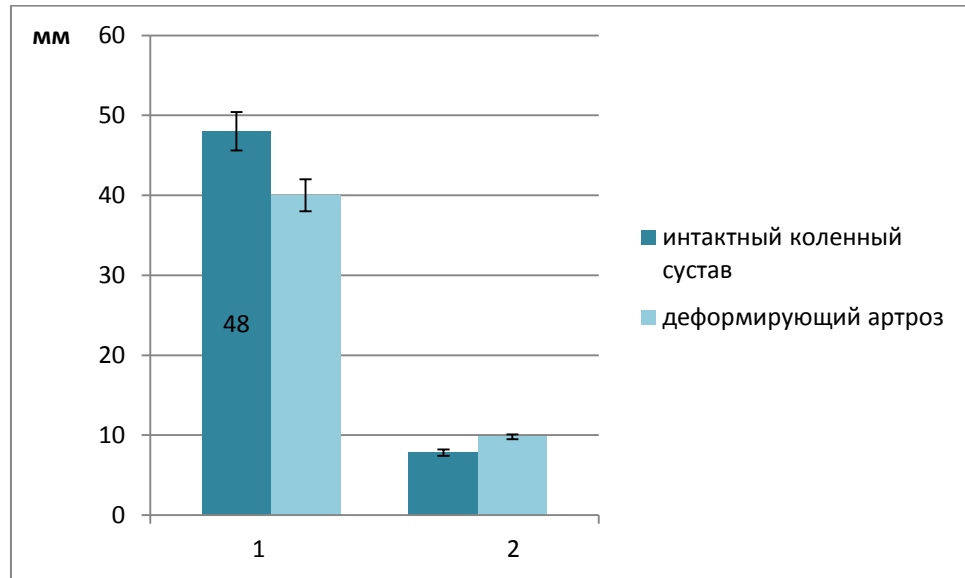


Рисунок 3.21. Средние значения параметров передней крестообразной связки в intactном коленном суставе и при деформирующем артрозе: 1 – длина связки; 2 – толщина связки.

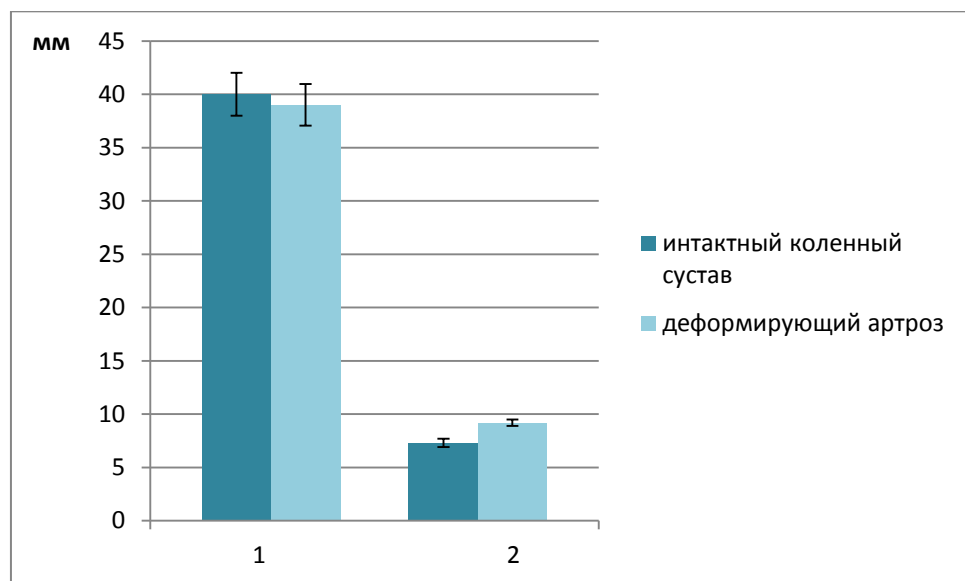


Рисунок 3.22. Средние значения параметров задней крестообразной связки в intactном коленном суставе и при деформирующем артрозе: 1 – длина связки; 2 – толщина связки.

При деформирующем артрозе III ст. наблюдали разволокнение крестообразных связок. Эти структурные изменения можно объяснить нарушением их трофики, а, следовательно, и прочности соединительнотканых волокон. Также причиной дегенеративных изменений крестообразных связок может считаться их механический износ, связанный с наличием оссификатов в межмышцелковой ямке, «конфликтующих» с этими связками при движениях.

Измерение длины коллатеральных связок в норме и при деформирующем артрозе выявило удлинение латеральной коллатеральной связки при прогрессировании дегенеративного процесса, особенно выраженное при наличии варусной деформации конечности. Напротив, медиальная коллатеральная связка при варусном гонартрозе на всех препаратах была укорочена и рубцово утолщена.

Синовиальная оболочка, выстилающая полость в интактном коленном суставе имела равномерную бледно-розовую окраску. При скоплении жировой ткани под синовиальной оболочкой формировались разной величины синовиальные складки. Их размер варьировал от 2 до 5 мм. Особые размеры имели крыловидные складки, парные образования, расположенные ниже надколенника с обеих сторон от связки надколенника. В интактном суставе крыловидные складки отростков не имеют. От середины крыловидных складок к переднему межмышцелковому полю вертикально вниз направляется непарная поднадколенникова складка. По направлению книзу она постепенно суживается. Цвет синовиальной оболочки на всей поверхности крыловидных складок равномерный.

Самой большой сообщающейся сумкой является наднадколенниковая сумка. Она располагается между бедренной костью и сухожилием четырехглавой мышцы бедра. Верхняя граница сумки находится на 5 – 7 см верхнего края надколенника. Ее объем составляет 5 – 10 см<sup>3</sup>. Данная сумка широко сообщается с полостью сустава. Щелевидное отверстие овальной формы имеет размер до 10 мм.

Глубокая поднадколенниковая сумка находится между передней поверхностью большеберцовой кости и связкой надколенника. Ее объем составляет  $1 - 2 \text{ см}^3$ , щелевидное отверстие –  $2 - 3 \text{ мм}$ . Сумка полуперепончатой мышцы, непостоянная, встречается в 40 % наблюдений, имеет объем  $1 - 1,5 \text{ см}^3$ . Сумка подколенной мышцы располагается между задним отделом капсулы сустава и подколенной мышцей у края латерального мениска. Ее объем составляет  $1,5 - 2 \text{ см}^3$ . Свободная жидкость в полости сустава отсутствовала (рисунок 3.23).



Рисунок 3.23. Рентгенограммы макропрепарата здорового коленного сустава: а) прямая проекция; б) боковая проекция. Полости синовиальных сумок, сообщающихся с полостью интактного коленного сустава, заполнены рентгенконтрастной массой.

Синовиальные сумки, сообщающиеся с полостью коленного сустава, содержат небольшое количество свободной жидкости, хорошо увлажнены, стенки не имеют дополнительных карманов и выпячиваний.

При III стадии артроза синовиальные оболочки были утолщены и уплотнены, на них отмечались крупные сосочковые разрастания. В полости сустава и в синовиальных сумках скапливалась синовиальная жидкость с геморрагическим содержанием в количестве от 1 до 5 мл. В большинстве

наблюдений определялись изменения размеров и формы наднадколенниковой сумки: многокамерность, извилистость краев, образование карманов, локальное замещение жировой тканью (рисунки 3.24, 3.25).



Рисунок 3.24. Геморрагическая инфильтрация стенок наднадколенниковой сумки, скопление геморрагического содержимого, увеличение объема сумки, расширение ее отверстия и истончение стенок, образование отростков в составе жировой складки и синовиальной оболочки. Деформирующий артроз IV стадии. Фото с макропрепарата.



Рисунок 3.25. Рентгенограмма макропрепарата коленного сустава с деформирующим артрозом III ст. Полость коленного сустава заполнена рентгенконтрастной массой.

Изучение размеров наднадколенниковой сумки относительно костных размеров нижней трети бедренной кости показало, что в интактном коленном суставе средние значения ее длины составляет  $6,5 \pm 1,5$  см, а ширины –  $5,3 \pm 1,2$  см. При деформирующем артрозе эти размеры существенно увеличивались: длина до  $10,5 \pm 2,5$  см, ширина – до  $8,5 \pm 2,0$  см. Аналогичные изменения наблюдались и в других синовиальных сумках (рисунок 3.26).

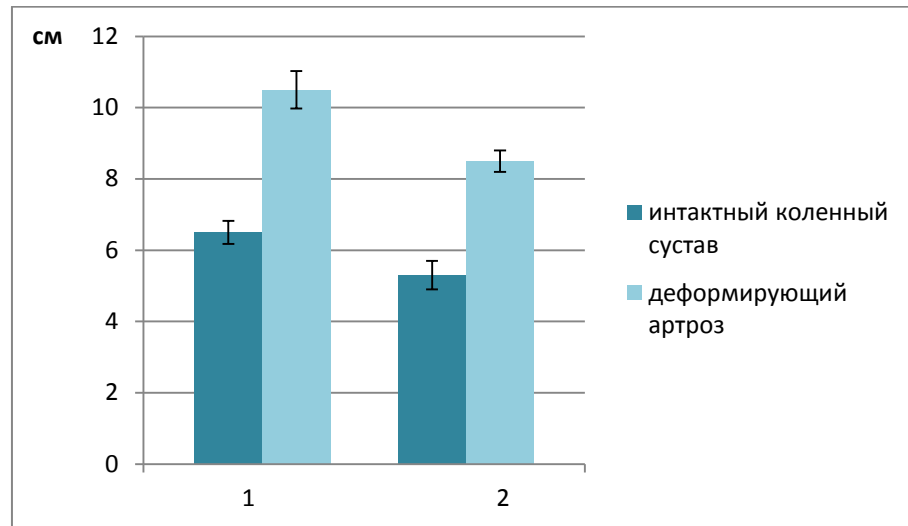


Рисунок 3.26. Средние значения параметров наднадколенниковой сумки в интактном коленном суставе и при деформирующем артрозе: 1 – длина; 2 – ширина.

Иногда в соединительной ткани ворсинок наблюдалась метаплазия, образовывались островки хрящевой и даже костной ткани. Складки синовиальной оболочки увеличивались в размерах, иногда приобретая древовидный характер. В их строме наблюдалось развитие жировой ткани, хряща и кости. Отдельные сосочки отшнуровывались и превращались в свободные внутрисуставные тела (рисунок 3.27).



Рисунок 3.27. Деформирующий артроз III стадии (стрелкой показаны изменения суставного хряща по краям суставной поверхности бедренной кости).

Нами также было показано, что при деформирующем артрозе крыловидные складки увеличиваются в размерах, становятся более рыхлыми, жировая ткань их местами приобретает ярко красную окраску за счет диапедезных кровоизлияний, по бокам образуются отростки. Длина отростков достигает 1 – 2 см, они гиперемированы и имеют заостренную, треугольную форму (рисунок 3.28).



Рисунок 3.28. Крыловидные складки при II стадии гонартроза. Стрелкой показано наличие отростков и диапедезных кровоизлияний.

Изменения размеров крестообразных связок, менисков и крыловидных складок при различных формах мыщелков бедренной кости отражает таблица 3.9.

Таблица 3.9

Морфометрические характеристики крестообразных связок, менисков и крыловидных складок при различных формах мыщелков бедренной кости ( $\bar{X} \pm m\bar{x}$  в мм)

Форма мыщелков бедренной кости	Длина передней крестообразной связки, мм	Длина задней крестообразной связки, мм	Длина тела медиального мениска, мм	Длина тела латерального мениска, мм	Длина медиальной крыловидной складки, мм	Длина латеральной крыловидной складки, мм
С преобладанием продольного размера медиального мыщелка	47,2±1,7*	42,5±1,4*	27,8±2,3*	20,2±1,5*	12,1±1,6*	10,0±2,1*
С равными продольными размерами мыщелков	43,4±2,4	41,0±1,9	23,2±1,6	22,5±1,7	9,8±1,8	11,1±1,3
С преобладанием продольного размера латерального мыщелка	51,1±1,8*	46,7±2,3*	22,5±1,4*	26,0±1,6*	8,7±1,8*	12,3±1,5*

Примечание: \* – статистически достоверные различия между группами с преобладанием медиального и латерального мыщелков ( $p < 0,05$ ).



### 3.5. Сравнительная характеристика химического состава костной ткани мышечков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе

Костная ткань одна из важнейших тканей организма, обеспечивающая в его жизнедеятельности различные функции. Нарушения функционирования костной ткани проявляются в виде ряда заболеваний. В основе патогенеза многих из них лежит изменение химического состава костей, а, следовательно, и изменение в организме в целом обменных процессов. Естественно, что количественные изменения химического состава костной ткани отражаются на физических свойствах кости.

В связи с этим следующей задачей нашего диссертационного исследования стало изучение химического состава костной ткани мышечков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе.

Основными химическими компонентами костной ткани являются гидроксиапатит, другие различные минеральные вещества и органический матрикс. Исследование градиента концентрации гидроксиапатита и минеральных включений в ячеистой структуре кости, позволит показать наличие качественных и количественных изменений в неорганическом компоненте трубчатых костей и установить их взаимосвязь с имеющимися в них морфологическими преобразованиями.

При проведении нашего диссертационного исследования установлено, что в образцах интактной костной ткани, взятой с поверхности ( $h = 0,2$  см) обоих мышечков имеются как органические, так и неорганические компоненты. Неорганическая часть содержит в основном ГА (гидроксиапатит) и карбонат кальция. ГА представлен фазами смешанного переменного состава, с частичным замещением  $\text{Ca}_{9-x}\text{Me}_x(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Степень замещения составляет  $x = 0,1 - 2 \%$ , где замещающими химическими элементами были Me - металлы (Fe, Mg, Zn, Sr).

Наши данные согласуются с данными других исследователей, наблюдавших замещение двухвалентного катиона кальция трехвалентными

катионами в структуре ГА. Также в латеральном мышелке был обнаружен кристаллический оксалат кальция, что говорит о его насыщенности безазотистыми органическими компонентами. Вследствие близких величин значения ионных радиусов Са и Ме, а также наличия сходных сингоний и близких параметров элементарных ячеек у гидрофосфатов этих металлов, данное замещение представляется возможным.

В изученных образцах костной ткани от поверхности в глубину мышелка количество органической и аморфных фаз нарастает, а концентрация кальция падает. Основным гликопротеином костной ткани является хондроитин-сульфат, состоящий из остатка глюкуроновой кислоты и сульфатированный в положение 4 или 6 N-ацетилглюкозамин.

Кроме него, в костной ткани были обнаружены другие гликозаминогликаны: гиалуроновая кислота, состоящая из остатков уроновой кислоты и глюкозамина, а также кератан-сульфат, состоящий из остатков глюкозы и 6-сульфо-N-ацетилглюкозамина. Данные классы соединений входят в состав высокомолекулярных кластеров, биохимическая функция которых изучена недостаточно. Некоторыми авторами показано их участие в процессах минерализации, а также повышение концентрации с возрастом.

Согласно данным атомно-абсорбционной спектроскопии массовые доли углерода и азота возрастают незначительно, в то время как массовая доля водорода остается практически неизменной. Это косвенно свидетельствует о возрастании в образцах количества белковой составляющей. Следует отметить, что содержание различных химических элементов для нормальной ткани латерального и медиального мышелков одного костного образца отличается, что может быть вызвано разной степенью нагрузки на сами мышелки в процессе жизнедеятельности организма, обусловленной несимметричностью и различной формой их суставных поверхностей. Данные качественного и количественного анализов органической и неорганической фаз, полученные методом атомно-абсорбционной спектроскопии, приведены в таблице 3.10 и полностью согласуются с

результатами РФА (рисунок 3.29). В поверхностном слое интактной костной ткани латерального мышцелка массовые доли кальция и фосфора – в пределах нормы.

Таблица 3.10

Сравнительная характеристика концентраций гетерозлементов в поверхностном слое костной ткани мышцелков бедренной кости в норме, в массовых долях %

Элементы	NFL1	NFM1
Ca	$20.0 \pm 0.5$	$19.4 \pm 0.5$ *
P	$9.3 \pm 0.2$	$9.2 \pm 0.2$ *
Na	$0.70 \pm 0.02$	$0.6 \pm 0.2$ *
Fe	$0.160 \pm 0.004$	$0.68 \pm 0.2$ *
Mg	$0.210 \pm 0.005$	$0.199 \pm 0.005$
S	$0.141 \pm 0.004$	$0.174 \pm 0.004$
Zn	$0.034 \pm 0.001$	$0.043 \pm 0.001$
K	$0.048 \pm 0.001$	$0.060 \pm 0.002$
%C	$18.5 \pm 0.1$	$17.3 \pm 0.1$ *
%H	$3.15 \pm 0.03$	$3.20 \pm 0.03$ *
%N	$4.8 \pm 0.1$	$5.2 \pm 0.1$ *
Sr	$121 \pm 6$	$120 \pm 6$ *
Al	$45 \pm 2$	$46 \pm 2$ *
Mn	$9.0 \pm 0.5$	$24 \pm 1$ *
Cu	$9.0 \pm 0.5$	$28 \pm 1$ *
Ba	$15.0 \pm 0.8$	$16.0 \pm 0.8$ *

Примечание: NFL1 – латеральный мышцелок бедра (норма); NFM1 – медиальный мышцелок бедра (норма); \* – статистически достоверные различия между NFL1 и NFM1 ( $p < 0,05$ ).

Представленное в таблице 3.10 сравнение химического состава костной ткани поверхностного слоя, выполненное методом атомно-абсорбционной спектроскопии, позволило установить значительное повышение в

латеральном мышелке долей двух и трехвалентных катионов, таких как железа, марганца, а в медиальном мышелке марганца, серы, калия, цинка и меди. Увеличение их массовых долей для Fe более чем в три раза, для Cu и Mn – более чем в два раза, а для Zn – на четверть. Данные результаты свидетельствуют о значительной степени замещения ионов кальция в структуре гидроксиапатита вышеуказанными катионами, и, как следствие, об изменениях механо-прочностных свойств костной ткани.

Как уже отмечалось, неорганическая компонента образцов костной ткани медиального мышелка представлена ГА с выраженным замещением ионов кальция на двух и трехвалентные катионы. При этом однозначно идентифицировать весь фазовый состав представляется затруднительным. В поверхностном слое медиального мышелка бедренной кости отмечается некоторое снижение массовых долей кальция и фосфора, а костный индекс так находится в пределах нормы (рисунок 3.29).

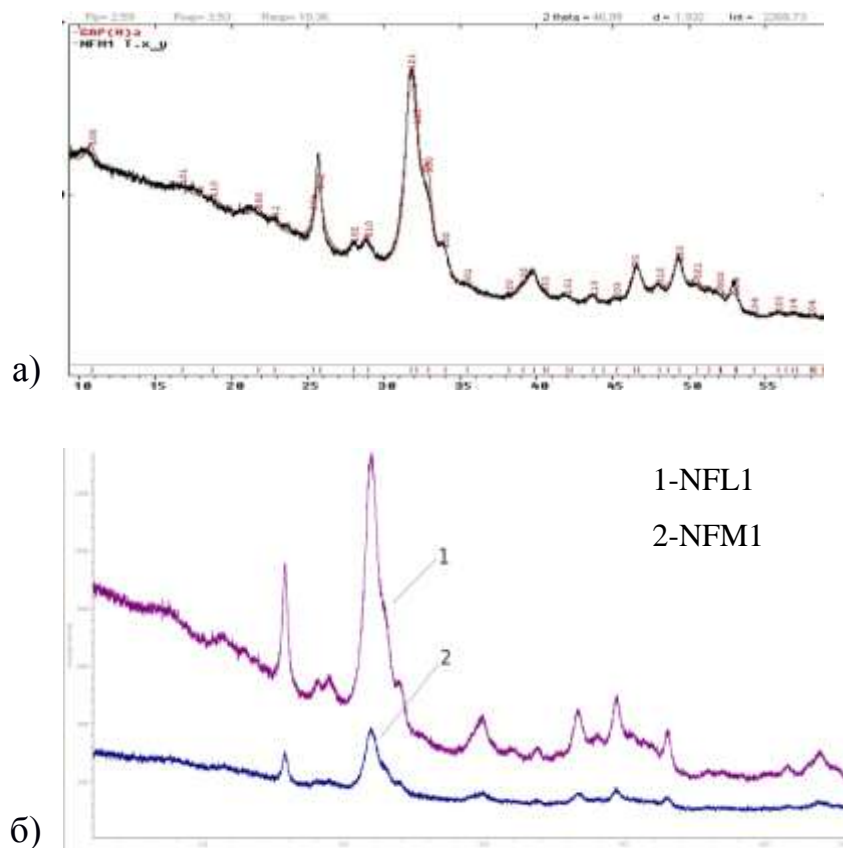


Рисунок 3.29. Дифрактограмма костной ткани мышелков бедра в норме: а) контрольные индексы hkl для каждого пика; б) сравнительный анализ латерального (1) и медиального (2) мышелков бедра в норме.

В глубоком слое заметно увеличивается доля органической компоненты. Массовая доля углерода и азота в этом слое выросла на 0,3 и 0,2% соответственно. Изменение степени кристалличности костной ткани на различной глубине согласуется с данными других авторов, измерявших кальцификацию костей в компактном и губчатом слоях с помощью индекса кристалличности (ИК). Степень минерализации костной ткани будет влиять на прочностно-механические свойства, что, в свою очередь, позволяет судить о степени деградации и возможности к восстановлению данного участка костной ткани.

В глубоком слое медиального мыщелка бедренной кости массовые доли углерода, азота и водорода вырастают 0,2, 0,3 и 0,6% соответственно, что свидетельствует об общем увеличении доли органического матрикса и качественно подтверждается увеличением фона в начальном диапазоне углов на дифрактограммах.

По сравнению с составом латерального мыщелка, в медиальном мыщелке органическая компонента была выражена менее явно, но изменяется качественный состав, что согласуется как с данными атомно-абсорбционной спектроскопии, так и с результатами рентгенофазового анализа и представлено снижением уровня фона по отношению к неорганической составляющей на графиках, в диапазоне углов  $2\Theta$  10 - 24°.

По результатам элементного анализа, разница в массовых долях углерода и азота в глубоком слое латерального и медиального мыщелков составляет - 0,7 и + 0,7 массовых процентов соответственно, в то время как разница в массовых процентах по водороду составляет лишь + 0,2. Это однозначно свидетельствует о значительно большем количестве гликозамингликановой и коллагеновой составляющих в медиальном мыщелке.

При изучении костной ткани при деформирующем артрозе в двух наблюдениях в губчатом веществе медиального мыщелка ( $h = 0,5$  см) была обнаружена костная киста размером 1,0 x 0,7 см.

Элементный состав органической части кисты показал, что массовая доля углерода по сравнению с интактными поверхностями медиального и латерального мыщелков выше более чем в 3,5 раза, водорода - более чем в два раза. Массовая доля азота содержимого кисты по сравнению с костной тканью в губчатом веществе меньше в семь с половиной раз. Эти данные говорят о небелковом составе содержимого кисты.

Исследование фазового состава кисты показало возможность наличия стеаратов, пальмитатов, бензоатов, уратов, капратов и цитратов натрия. Эти углеводные компоненты входят в состав гликозаминогликанов костной ткани. Неорганическая кристаллическая составляющая методами рентгенофазового анализа зафиксирована в кисте не была.

Изучение патологически измененных образцов костной ткани при деформирующем артрозе III степени, показало наличие повышенного уровня фона рентгеноаморфной компоненты в начальном угле рентгенограммы (рисунок 3.29). Сравнение дифрактограмм порошка костной ткани в области остеофита с порошком нормальной костной ткани свидетельствует о снижении степени кристалличности гидроксиапатита в патологически изменённой кости. В данном случае включение примесных фаз и степень замещения Са ионами других металлов, возможно являются причиной повышенной твёрдости костной ткани. Динамика изменения органической и неорганических составляющих представлена в таблице 3.11.

Таблица 3.11

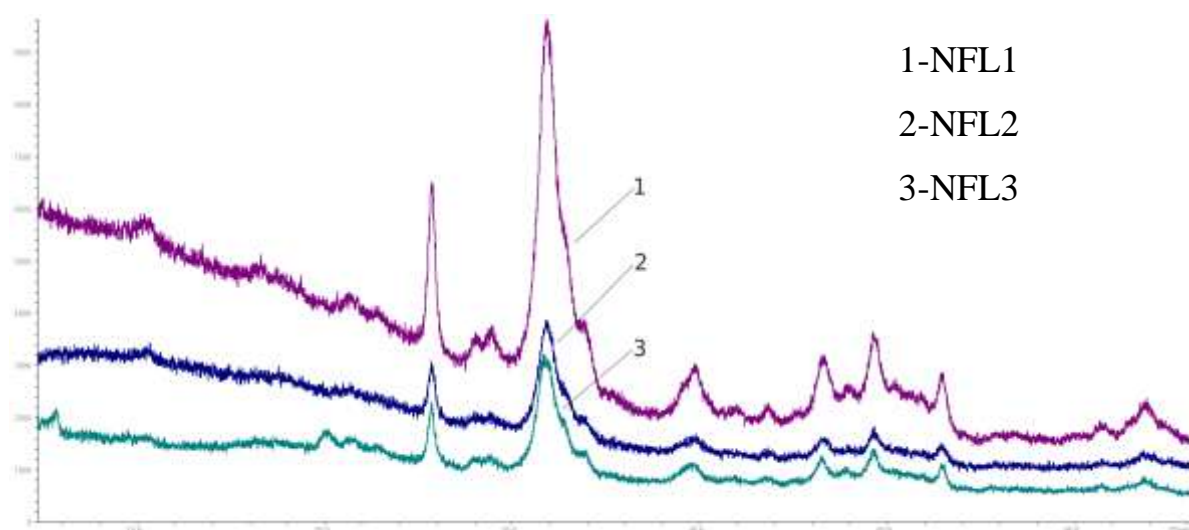
Сравнительная характеристика концентраций гетероэлементов в поверхностном слое костной ткани медиального мыщелка бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе III степени (в массовых долях %)

Элементы	NFM	AFM
Ca	$19.4 \pm 0.5$	$22.9 \pm 0.6$ *
P	$9.2 \pm 0.2$	$10.8 \pm 0.3$ *
Na	$0.6 \pm 0.2$	$0.70 \pm 0.02$ *
Fe	$0.68 \pm 0.2$	$0.42 \pm 0.01$ *
Mg	$0.199 \pm 0.005$	$0.212 \pm 0.005$
S	$0.174 \pm 0.004$	$0.186 \pm 0.005$
Zn	$0.043 \pm 0.001$	$0.065 \pm 0.002$
K	$0.060 \pm 0.002$	$0.049 \pm 0.001$
%C	$17.3 \pm 0.1$	$14.8 \pm 0.1$
%H	$3.20 \pm 0.03$	$4.33 \pm 0.03$
%N	$5.2 \pm 0.1$	$4.4 \pm 0.1$
Sr	$120 \pm 6$	$136 \pm 7$ *
Al	$46 \pm 2$	$75 \pm 4$ *
Mn	$24 \pm 1$	$16 \pm 1$ *
Cu	$28 \pm 1$	$18 \pm 1$ *
Ba	$16.0 \pm 0.8$	$30 \pm 2$ *

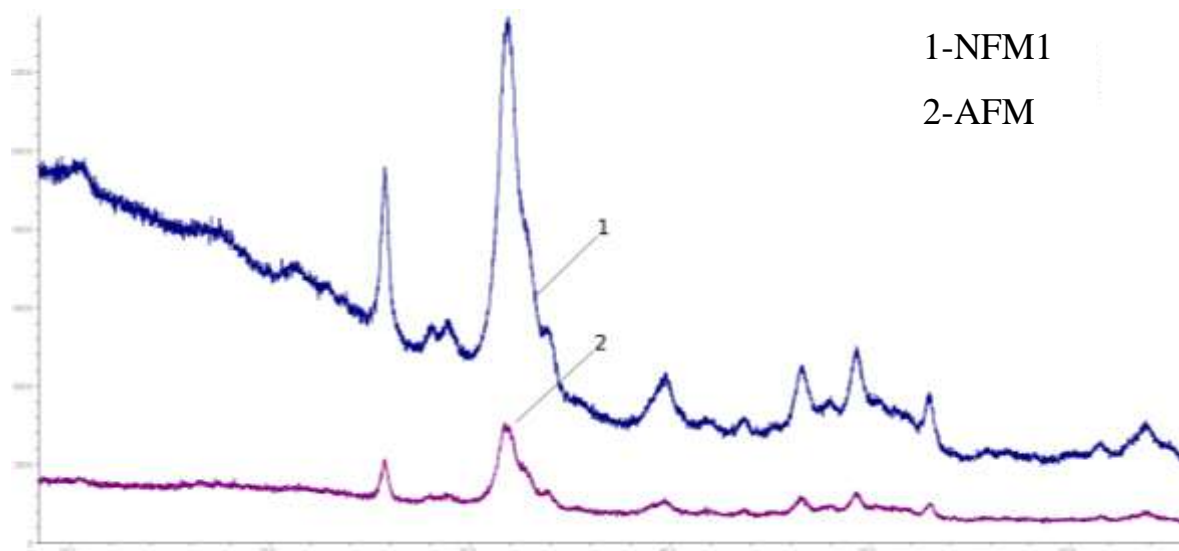
Примечание: NFL - латеральный мыщелок бедра (норма); NFM - медиальный мыщелок бедра (норма).

\* - статистически достоверные различия между NFL и NFM ( $p < 0,05$ ).

Нами установлено, что поражение мыщелков бедренной кости при деформирующем артрозе развивается от поверхности к глубинным слоям. Это отчетливо видно при сравнении дифрактограмм горизонтальных срезов (рисунок 3.30).



а)



б)

Рисунок 3.30. Дифрактограммы костной ткани мыщелков бедра в поверхностном и глубоком слоях и при деформирующем артрозе: а) латеральный мыщелок (норма): NFL1 поверхностный слой, NFL2,3 глубокий слой; б) медиальный мыщелок (поверхностные слои): NFM1 норма, AFM артроз.



Состав самых глубоких слоев губчатого вещества мыщелков бедренной кости при деформирующем артрозе максимально близок к составу интактной кости.

При деформирующем артрозе в поверхностном слое мыщелков концентрации гетероэлементов изменялись неоднородно. Количество кальция и фосфора выросло на двадцать процентов, при этом костный индекс остался прежним, содержание железа упало на сорок процентов. Концентрации микроэлементов алюминия и бария выросли почти в полтора раза, в то время как доли марганца и меди уменьшились. Массовые доли углерода и азота упали на двадцать процентов, что свидетельствует о снижении доли белковой компоненты среди органических веществ.

При этом отчетливо определяется прямая зависимость между уровнем нарушения обмена веществ в костной ткани и степенью деформирующего артроза. Нами было показано, что в составе ГА из остеофитной пробы, по отношению к нормальному ГА, существенно повышено содержание других гетероэлементов (Fe, Zn, Ba и др.).

Таким образом, в результате проведенного исследования мыщелков интактной бедренной кости показаны отличия поверхностного и глубоких слоев в строении костной ткани по химическому составу. Показаны различия в химическом составе поверхностного и глубокого слоев костной ткани медиального мыщелка в норме и при деформирующем артрозе III степени. Полученные данные и используемые методы могут применяться для качественной оценки состояния костной ткани.

### 3.6. Артериальное русло коленного сустава и его изменения при деформирующем артрозе

Согласно статистике, более 50% населения страдает теми или иными дегенеративными и воспалительными заболеваниями коленного сустава: артрозами, артропатиями, тендинитами, артритами. Немаловажную роль в их этиологии играют сосудистые факторы, которые приводят к нарушению кровоснабжения прежде всего вспомогательных, а затем и основных элементов сустава.

Для изучения анатомии сосудов, принимающих участие в кровоснабжении коленных суставов в норме и изменений, возникающих в сосудах нижних конечностей при гонартрозе, мы исследовали 30 препаратов коленных суставов, с предварительно инъецированным артериальным руслом рентгеноконтрастной массой: 15 интактных и 15 с явными признаками деформирующего артроза.

При оценке полученных рентгеноангиограмм интактных коленных суставов четко визуализировалась подколенная артерия, которая с медиальной поверхности бедра продолжается в подколенную ямку у ее верхней границы – области выходного отверстия приводящего канала, образованного бедренной костью и сухожилием большой приводящей мышцы (рисунок 3.31).

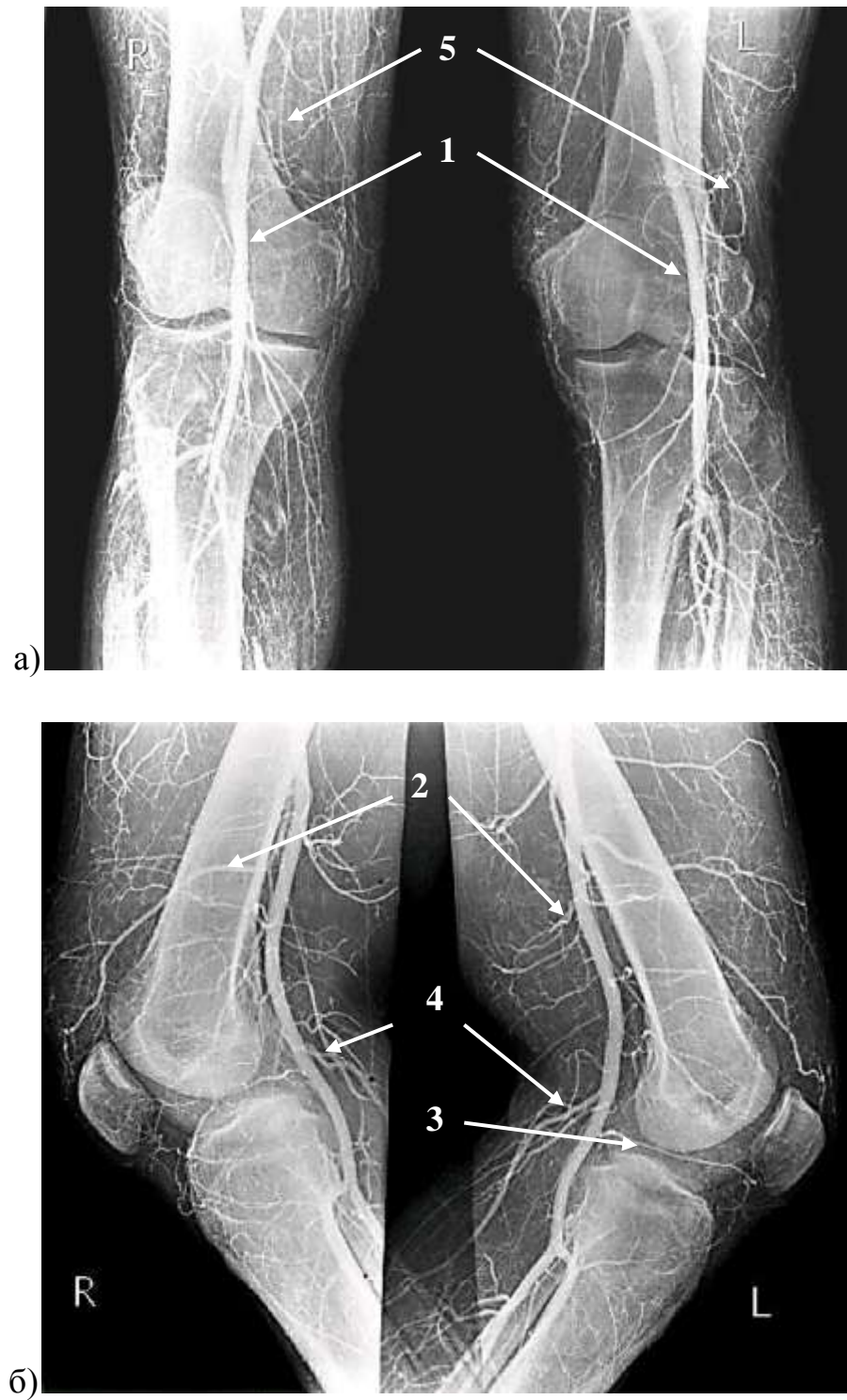


Рисунок 3.31. Рентгенограммы подколенной артерии и ее ветвей правого и левого intactных коленных суставов: а) прямая проекция; б) боковая проекция. Стрелками обозначены: 1 – подколенная артерия; 2 – верхние медиальная и латеральная артерии колена; 3 – средняя артерия колена; 4 – нижние латеральная и медиальная артерии колена; 5 – мышечные ветви.

В проекции подколенной ямки а. poplitea отдает мышечные ветви, а также пять коленных артерий. Применительно к эндопротезированию коленного сустава важно знать топографию и морфологические характеристики данных артерий. Латеральная и медиальная верхние коленные артерии ответвляются от подколенной артерии на уровне верхнего края соответствующих мышечков бедренной кости. А. genus superior lateralis наиболее крупная (диаметр варьирует от 2,5 до 3 мм), направляется сначала латерально, а затем вперед, огибая под сухожилием m. biceps femoris верхний край латерального мышечка бедра. А. genus superior medialis, меньшая по диаметру 1,5-2 мм, идет кпереди, огибая под сухожилиями mm. semimembranosus et adductor magnus верхний край медиального мышечка бедра. Средняя коленная артерия, а. genus media (непарная), отходит от а. poplitea несколько ниже; она сразу направляется вперед и разветвляется в задней стенке капсулы коленного сустава и в его крестообразных связках. Она визуализируется только на боковых рентгенограммах, имеет диаметр 1,5-2 мм. Нижние коленные артерии отходят от а. poplitea на уровне суставной щели, обычно на 3-4 см дистальнее верхних коленных артерий. А. genus inferior lateralis огибает латеральный мениск и идет кпереди под lig. collaterale fibulare. А. inferior medialis genus огибает медиальный мышечок большеберцовой кости, идет под lig. collaterale tibiale под сухожилиями mm. gracilis, sartorius, semitendinosus и медиальной головкой m. gastrocnemius. В своем начальном отделе эти артерии имеют диаметр 2,5-3 мм и простираются до надколенника.

Все коленные артерии в капсуле коленного сустава анастомозируют друг с другом, образуя глубокую и поверхностную артериальные сети. Однако, на рентгенограммах анастомозы не видны, они определяются только при препарировании под лупой.

Мениски как хрящевые структуры сосудов не имеют. В связи с тем, что они сращены с капсулой коленного сустава их боковые части получают из нее

диффузное питание, а внутренние части – также диффузное питание, только за счет синовиальной жидкости.

Крестообразные связки снабжает кровью средняя артерия колена, которая достигнув синовиальной оболочки, покрывающей связки делится на восходящие и нисходящие ветви, васкуляризирующие не только связки, но и эпифизы бедренной и большеберцовой костей и синовиальные оболочки.

В пределах собственно синовиальной мембраны над основанием надколенника определяется смена малососудистых участков с участками с обильным кровоснабжением. Состояние кровоснабжения данных элементов является одним из важных факторов, влияющих на течение посттравматической репаративной регенерации.

При анализе рентгеноангиограмм коленных суставов с признаками деформирующего артроза отмечается неравномерное сужение суставной щели, наличие остеофитов и субхондрального склероза, извитость и изменение топографии сосудистого рисунка (рисунок 3.32).

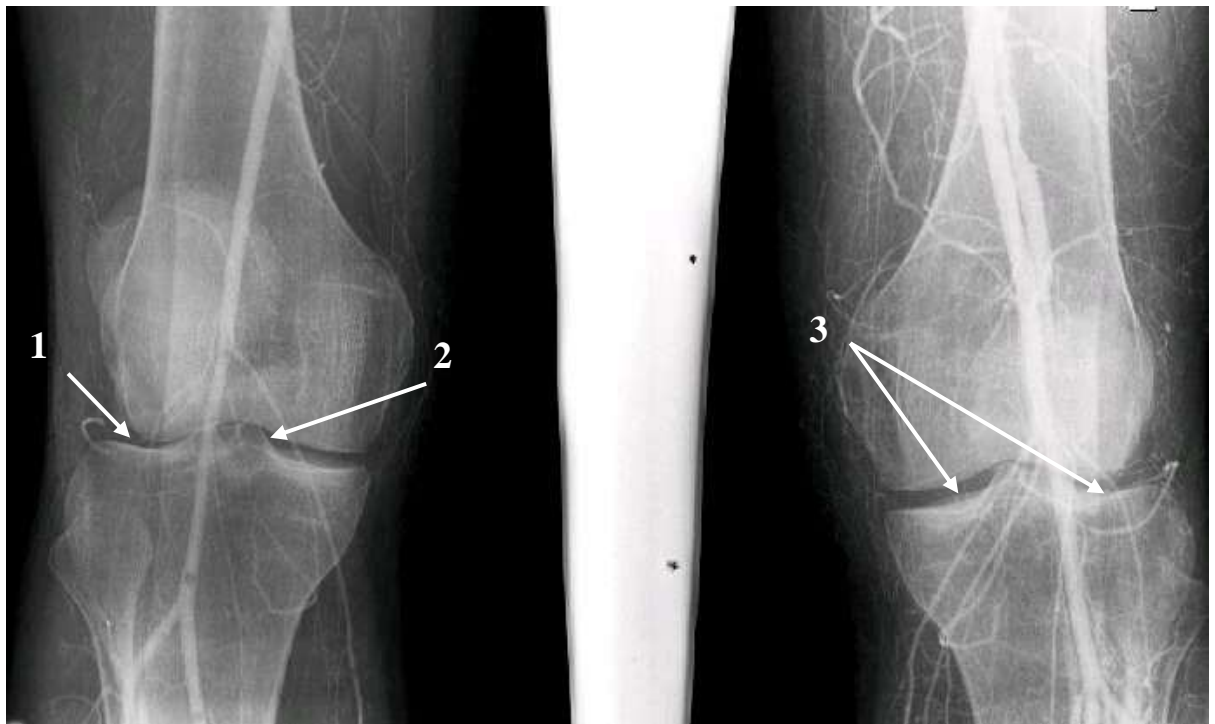


Рисунок 3.32. Рентгеноангиограммы коленного сустава в прямой проекции с признаками вальгусного гонартроза II ст.: обеднение сосудистого рисунка, отсутствие контрастированных медиальных коленных артерий (ветвей подколенной артерии), неравномерность суставной щели (1); заострение межмыщелкового возвышения (2); субхондральный остеосклероз (3) – показаны стрелками.

Подколенная артерия выше суставной щели сохранила обычные топографические отношения, имеет равномерный просвет. Ниже суставной щели отмечается уменьшение диаметра подколенной артерии, нечеткое контрастирование коленных артерий (верхней латеральной коленной артерии, верхней медиальной коленной артерии, средней коленной артерии, нижней латеральной коленной артерии, нижней медиальной коленной артерии). Они становятся извитыми (что говорит о затруднении кровотока по магистральному стволу) и формируют окольные пути кровотока (рисунок 3.33).



Рисунок 3.33. Рентгеноангиограммы коленного сустава при деформирующем артрозе: а) прямая проекция, б) боковая проекция. Отмечается извитость мышечных и коленных артерий, усиление сосудистой сети в мягких тканях, окружающих сустав, сужение просвета подколенной артерии ниже суставной щели (показано стрелками).

Верхняя и средняя коленные артерии значимым изменениям не подвергались. Ветви нижней коленной артерии в 50% случаев были не проходимы и контрастным веществом не заполнялись.

На следующем этапе для изучения основных показателей кровотока в артериях нижних конечностей у обследованных в клинике лиц использовали цветную доплеровскую сонографию. Нами оценивались следующие показатели: средняя диастолическая скорость, пиковая систолическая скорость, конечная диастолическая скорость, диаметр сосудов и объем циркулирующей крови. Затем проводилось сравнение полученных показателей между группой с интактными коленными суставами и группой с деформирующим артрозом.

В результате проведенного исследования установлено, что у пациентов с артрозом пиковая систолическая скорость и конечная диастолическая скорость кровотока в наружной подвздошной артерии, а также объем циркулирующей крови были статистически достоверно выше, чем у пациентов с интактными коленными суставами ( $p < 0,05$ ). Пиковая систолическая скорость и объем циркулирующей крови в поверхностной бедренной артерии, средняя диастолическая скорость кровотока и объем циркулирующей крови в глубокой бедренной артерии и конечная диастолическая скорость в подколенной артерии также были больше у пациентов, страдающих гонартрозом ( $p < 0,05$ ) (таблицы 3.12 3.14).



Таблица 3.12

Средние значения скорости кровотока в артериях нижних конечностей  
в исследуемых группах, см/сек.

Артерия	Группа	Средние значения $X \pm m_x$		
		Средняя диастолическая скорость	Пиковая систолическая скорость	Конечная систолическая скорость
Наружная подвздошная артерия	И	30,7±12,1	110,3±29,4*	4,5±6,1*
	ДА	31,3±13,8	143,8±50,3	7,6±9,3
Поверхностная бедренная артерия	И	27,3±10,5	80,3±16,2*	1,8±3,9
	ДА	29,1±9,4	92,9±18,1	3,2±5,3
Глубокая бедренная артерия	И	16,5±6,9*	74,3±19,1	73,2±18,0
	ДА	22,4±8,3	76,9±18,4	77,9±19,4
Подколенная артерия	И	19,8±6,9	59,5±16,9	0,2±1,3*
	ДА	21,4±7,3	61,4±18,0	1,08±2,9
Передняя большеберцовая артерия	И	12,1±9,1	53,5±22,1	3,0±5,9
	ДА	14,5±10,2	57,4±24,5	2,1±5,4
Задняя большеберцовая артерия	И	13,5±7,3	58,4±20,2	0,8±2,9
	ДА	15,2±9,2	60,9±20,0	0,6±3,9

Примечания: \* - наличие статистически достоверных различий между группами ( $p < 0,05$ ). И – группа с интактными коленными суставами; ДА – группа с деформирующим артрозом коленного сустава.

Таблица 3.13

Средние значения объема циркулирующей крови в артериях нижних конечностей в исследуемых группах, мл/сек.

Артерия	Группа	Средние значения $X \pm m_x$
Наружная подвздошная артерия	И	333,5 $\pm$ 149,3*
	ДА	487,2 $\pm$ 189,4
Бедренная артерия	И	131,1 $\pm$ 54,3*
	ДА	158,4 $\pm$ 56,9
Глубокая артерия бедра	И	106,4 $\pm$ 72,5*
	ДА	129,5 $\pm$ 64,2
Подколенная артерия	И	83,2 $\pm$ 59,4
	ДА	75,4 $\pm$ 49,3
Передняя большеберцовая артерия	И	13,4 $\pm$ 12,2
	ДА	16,5 $\pm$ 34,3
Задняя большеберцовая артерия	И	14,5 $\pm$ 13,2
	ДА	11,3 $\pm$ 11,9

Примечания: \* - наличие статистически достоверных различий между группами ( $p < 0,05$ ). И – группа с интактными коленными суставами; ДА – группа с деформирующим артрозом коленного сустава.

Между выделенными группами также установлены статистически значимые различия по диаметру изучаемых сосудов ( $p < 0,05$ ). Так, диаметр подколенной, передней и задней большеберцовых артерий при гонартрозе был достоверно меньше, чем при интактных коленных суставах (таблица 3.14).

Таблица 3.14

Средние значения диаметра артерий нижних конечностей в исследуемых группах, мм

Артерия	Группа	Средние значения $X \pm m_x$
Наружная подвздошная артерия	И	0,68 $\pm$ 0,1
	ДА	0,67 $\pm$ 0,07
Бедренная артерия	И	0,54 $\pm$ 0,06
	ДА	0,55 $\pm$ 0,05
Глубокая артерия бедра	И	0,46 $\pm$ 0,06
	ДА	0,45 $\pm$ 0,07
Подколенная артерия	И	0,54 $\pm$ 0,07*
	ДА	0,50 $\pm$ 0,06
Передняя большеберцовая артерия	И	0,19 $\pm$ 0,02*
	ДА	0,14 $\pm$ 0,03
Задняя большеберцовая артерия	И	0,22 $\pm$ 0,03*
	ДА	0,18 $\pm$ 0,06

Примечания: \* - наличие статистически достоверных различий между группами ( $p < 0,05$ ). И – группа с интактными коленными суставами; ДА – группа с деформирующим артрозом коленного сустава.

Таким образом, установлено, что артериальная сеть коленного сустава обладает высокой степенью вариабельности (в 30% случаев имеются нестандартные ветвления, в 27% - отклонения от стандартного варианта в виде изменения уровня ветвления верхней коленной артерии). Деформирующий артроз коленного сустава сопровождается выраженными изменениями различных показателей кровотока в артериях нижних конечностей, окклюзией нижних коленных артерий, формированием на основе существующих анастомозов окольных путей кровотока в составе сосудистых сетей в капсуле и между мышечными ветвями.

### 3.7 Сравнительная характеристика поствитальных и прижизненных морфометрических параметров основных и вспомогательных элементов коленного сустава при его деформирующем артрозе

В данном разделе диссертационного исследования представлен сравнительный анализ информативности прижизненных диагностических методик, применяемых у пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава различной выраженности для верификации морфологических признаков рассматриваемой патологии. С этой целью мы провели целенаправленное разделение пациентов на три группы в зависимости от степени варусного гонартроза (I – III ст. по Косинской Н.С., 1961), при этом в каждой из этих выборок нами были отдельно рассмотрены выявленные в ходе анатомической части настоящей работы морфологические проявления, типичные для изучаемой стадии гонартроза (табл. 3.15 – 3.18).

Таблица 3.15

Корреляции прижизненных диагностических методов обследования пациентов и результатов морфологического исследования препаратов коленного сустава с гонартрозом I ст.

Морфологические изменения, выявленные при анатомическом исследовании препаратов	Верификация морфологических изменений с помощью прижизненных методов исследования		
	Рентгенография	MPT	Диагностическая артроскопия
Незначительное сужение суставной щели	+	–	–
Легкий субхондральный склероз	+	–	–
Хондромалиция (I – II ст. по R. Outerrbridge, 1961)	–	+	+
Дегенеративное повреждение менисков (0 – I ст. по D. Stoller, 1981)	–	+	–
Дегенеративные изменения передней и задней крестообразных связок	–	+	–

Как следует из данных таблицы 3.15, все выявленные при изучении анатомических препаратов коленного сустава с I ст. гонартроза дегенеративно-дистрофические изменения присутствовали у 100% пациентов с аналогичной выраженностью артроза коленного сустава и были подтверждены результатами их дополнительного обследования. При этом, наиболее распространенный в клинической практике рентгенологический метод обследования позволил выявить лишь незначительное сужение щели коленного сустава и субхондральный склероз, локализовавшийся во внутренних мыщелках большеберцовой и бедренной костей (рисунок 3.34).

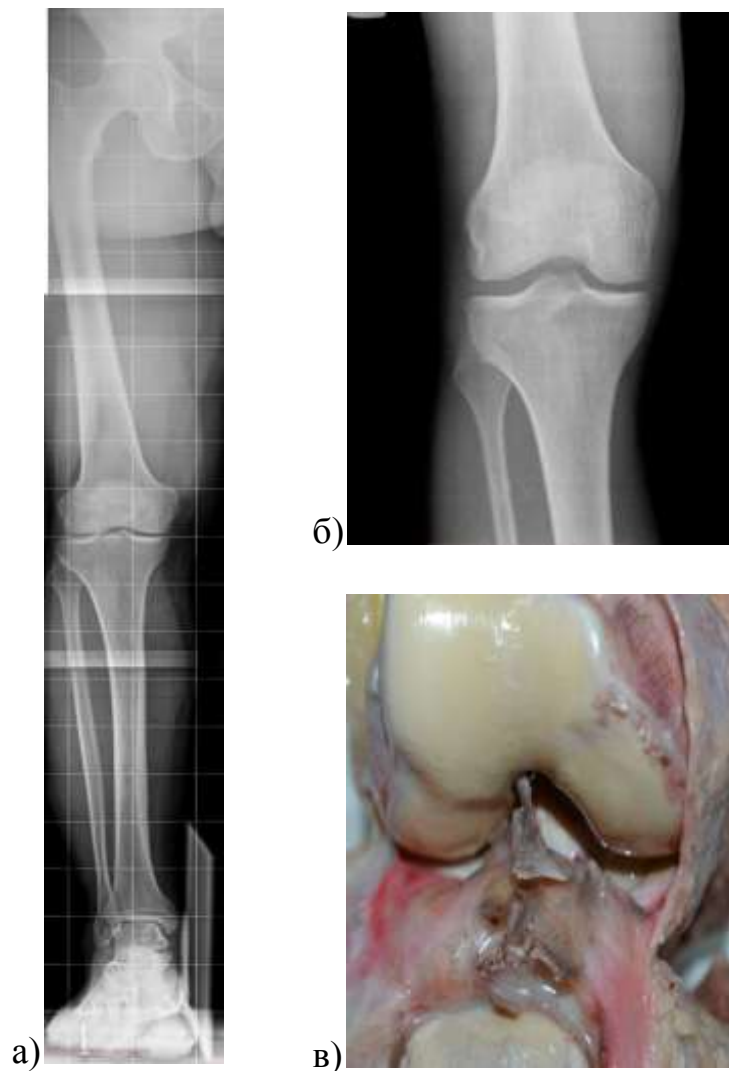


Рисунок 3.34. Сравнительная характеристика морфологических изменений при гонартрозе I ст.: а) телерентгенография нижней конечности; б) прижизненная рентгенография коленного сустава (незначительное сужение суставной щели и незначительный субхондральный склероз во внутренних отделах); в) анатомический препарат правого коленного сустава.

Дегенеративные изменения хрящевой ткани – хондромалации I – II ст. (по R. Outerrbridge, 1961) – удалось визуализировать только с использованием современных высокоинформативных диагностических методов – МРТ и диагностической артроскопии коленного сустава (рисунок 3.35, 3.36).

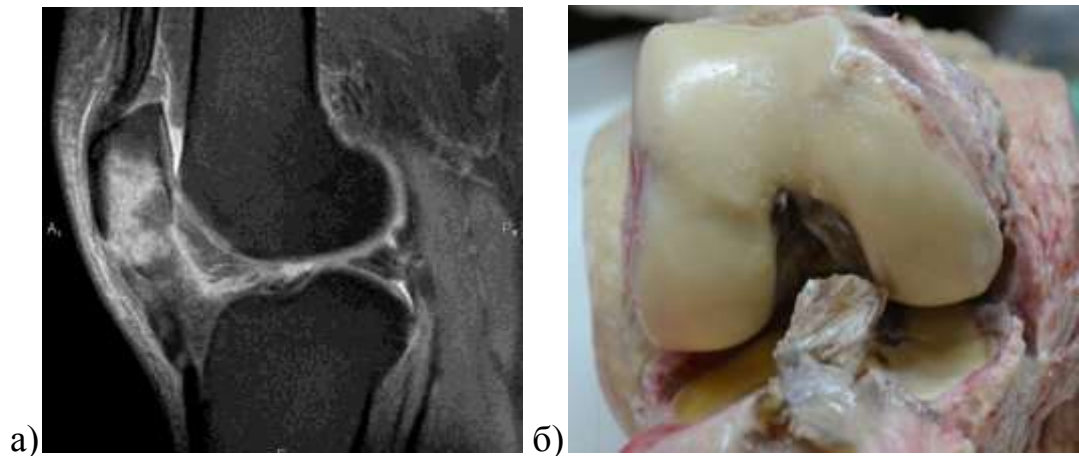


Рисунок 3.35. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе I ст.: а) прижизненная МРТ коленного сустава; б) анатомический препарат правого коленного сустава. Хондромалация медиального мыщелка бедренной кости I ст. (по R. Outerrbridge, 1961).

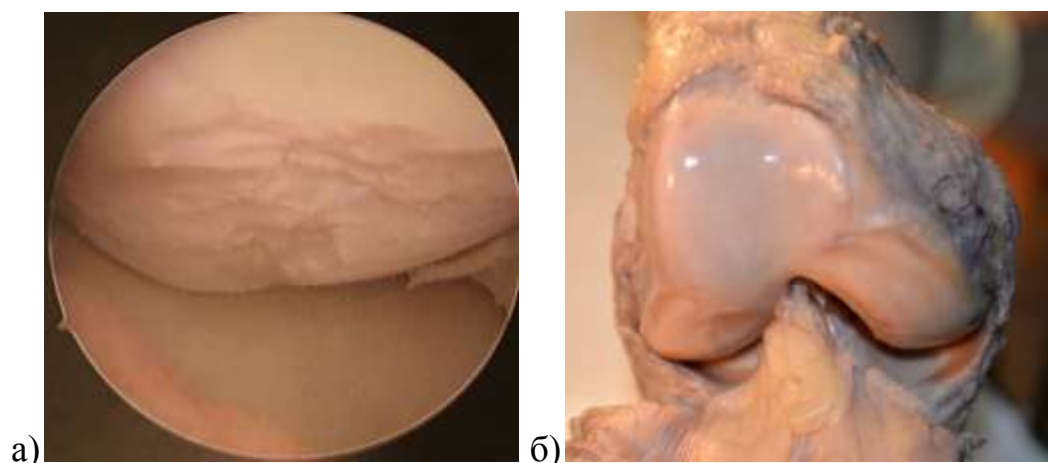


Рисунок 3.36. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе I ст.: а) диагностическая артроскопия коленного сустава; б) анатомический препарат правого коленного сустава. Хондромалация медиального мыщелка бедренной кости I ст. (по R. Outerrbridge, 1961).

Особое внимание следует уделить особенностям диагностики дегенеративных разрывов менисков и дегенеративных изменений крестообразных связок коленного сустава. Установлено, что наиболее информативным методом исследования для верификации этих изменений является МРТ, в то время как диагностическая артроскопия не обеспечивает исчерпывающую диагностику данных морфологических проявлений. Это связано с морфологическими особенностями дегенеративных проявлений гонартроза I ст., характерными для рассматриваемых вспомогательных элементов коленного сустава. Так, в результате анатомической части работы выявлено, что все дегенеративные изменения (разрывы) менисков, а также передней и задней крестообразных связок, локализуются преимущественно внутри данных анатомических образований, что затрудняет их верификацию при выполнении диагностической артроскопии (рисунок 3.37 а, б).

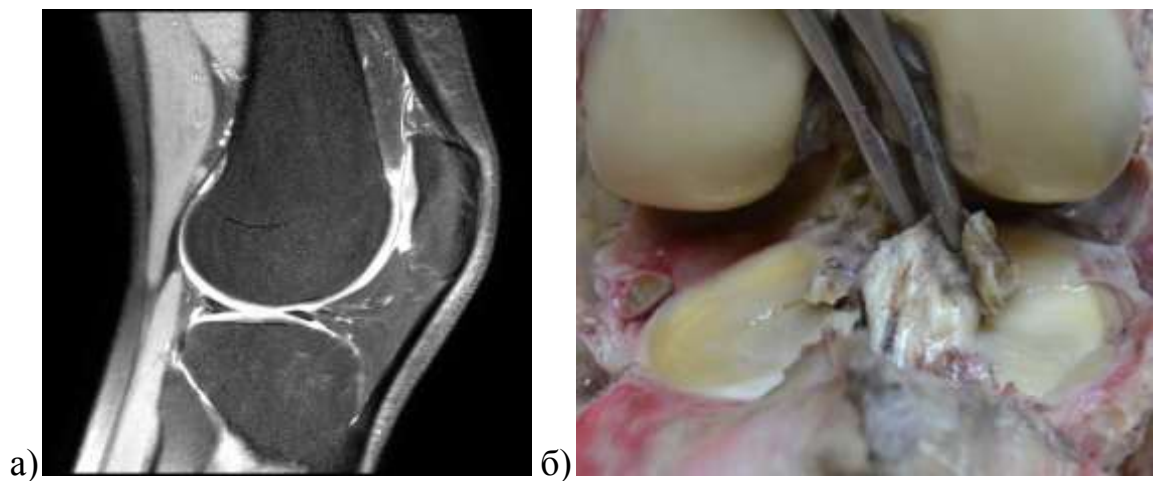


Рисунок 3.37. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе I ст.: а) прижизненная МРТ коленного сустава; б) анатомический препарат правого коленного сустава. Дегенеративный разрыв заднего рога медиального мениска I ст. (по D. Stoller, 1982).

Таким образом, выполненное сопоставление прижизненных и поствита-  
льных морфологических проявлений гонартроза I ст., а также анализ эф-  
фективности применяемых диагностических методик, убедительно свиде-

тelleствует о необходимости выполнения данной категории пациентов рентгеновского исследования и МРТ коленного сустава.

Таблица 3.16

Корреляции прижизненных диагностических методов обследования пациентов и результатов морфологического исследования препаратов коленного сустава с гонартрозом II ст.

Морфологические изменения, выявленные при анатомическом исследовании препаратов	Верификация морфологических изменений с помощью прижизненных методов исследования		
	Рентгенография	МРТ	Диагностическая артроскопия
Умеренное сужение суставной щели	+	–	–
Умеренный субхондральный склероз	+	+	–
Остеофиты по краям суставной щели	+	+	
Фронтальная деформация механической оси нижней конечности	+		
Хондромалиция (II – III ст. по R. Outerrbridge, 1961)	–	+	+
Дегенеративное повреждение менисков (II – III ст. по D. Stoller, 1982)	–	+	+
Дегенеративные изменения передней и задней крестообразных связок	–	+	+
Признаки трабекулярного отека костной ткани мышечков	–	+	–

Как следует из данных таблицы 3.16, все выявленные при изучении анатомических препаратов коленного сустава со II ст. гонартроза дегенеративно-дистрофические изменения также присутствовали у всех пациентов с аналогичной выраженностью артроза коленного сустава и были подтвержде-



ны результатами их дополнительного обследования. Рентгенография коленного сустава сделала возможным выявление таких признаков как умеренное сужение суставной щели, умеренно выраженный субхондральный склероз, локализованный во внутренних мыщелках большеберцовой и бедренной костей, а также наличие оссификатов, окаймляющих суставные поверхности этих мыщелков. Дополнительно выполненная 25 пациентам телерентгенография нижних конечностей, позволила диагностировать незначительную фронтальную варусную деформацию на стороне поражения (рисунок 3.38).

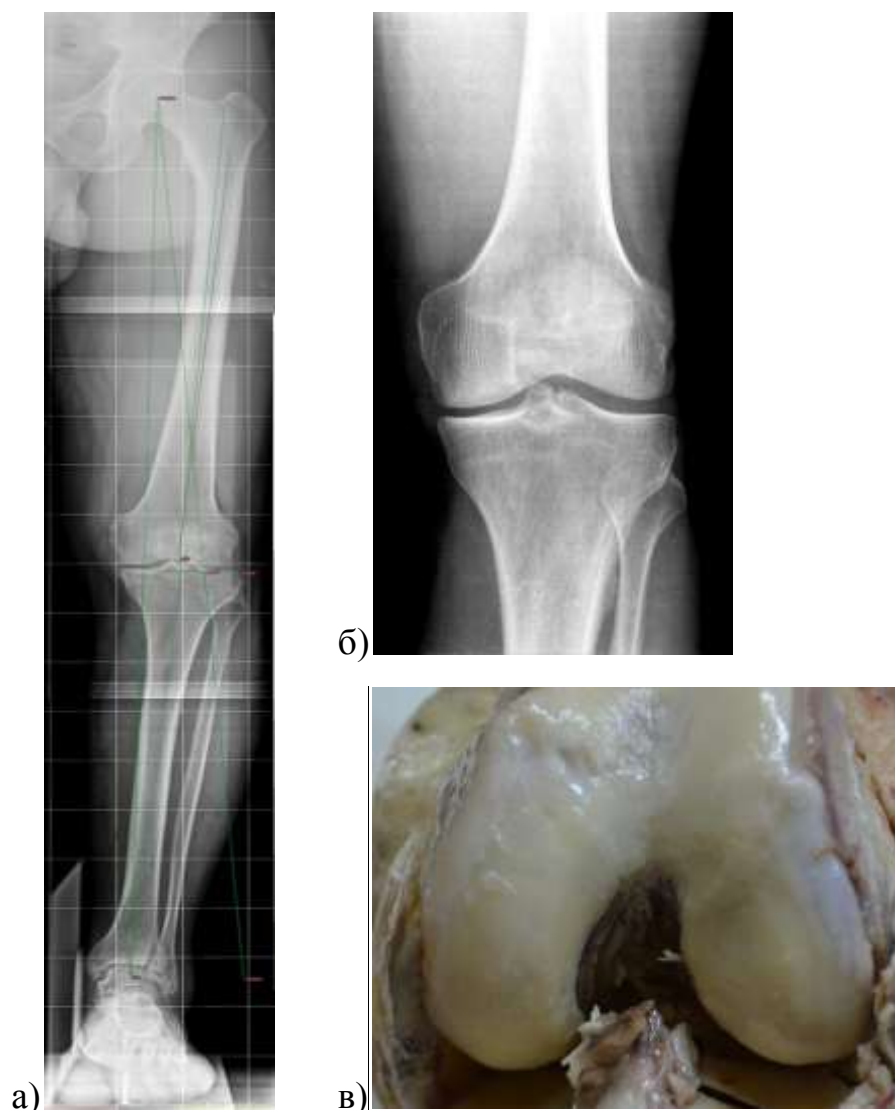


Рисунок 3.38. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе II ст.: а) телерентгенография нижней конечности; б) прижизненная рентгенография коленного сустава (умеренное сужение суставной щели и субхондральный склероз во внутренних отделах, остеофиты по краям суставной поверхности,

незначительная фронтальная варусная деформация нижней конечности);  
в) анатомический препарат левого коленного сустава.

Дегенеративные изменения хрящевой ткани – хондромалации II – III ст. (по R. Outerrbridge, 1961) – также были визуализированы при использовании современных высокоинформативных диагностических методов – МРТ и диагностической артроскопии коленного сустава (рисунки 3.39, 3.40).

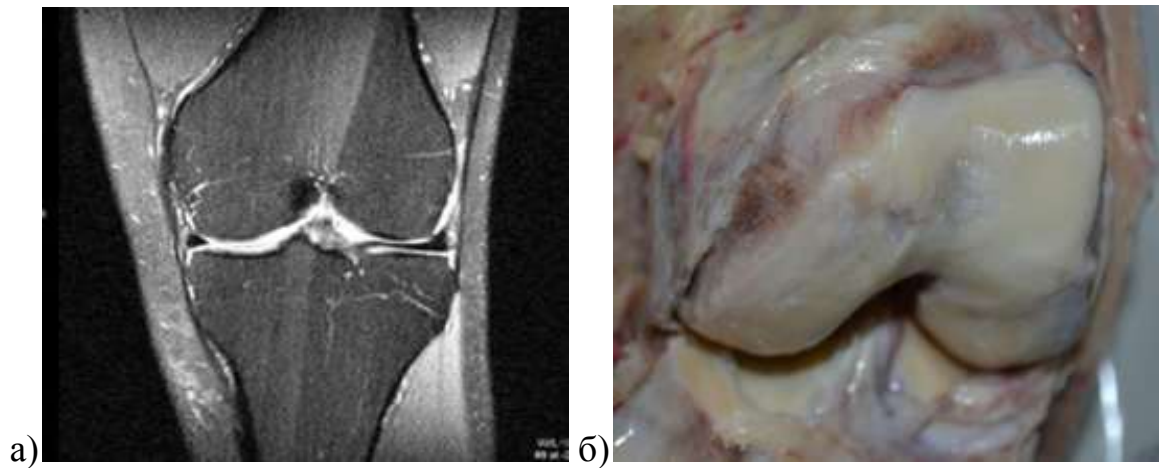


Рисунок 3.39. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе II ст.: а) прижизненная МРТ коленного сустава; б) анатомический препарат левого коленного сустава. Хондромалация медиального мыщелка большеберцовой кости II ст. (по R. Outerrbridge, 1961).

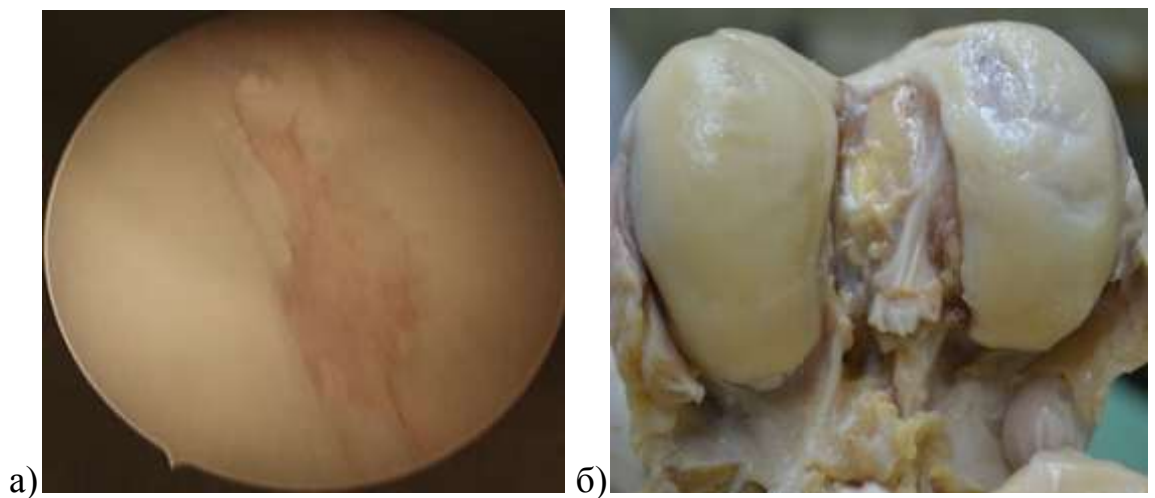


Рисунок 3.40. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе II ст.:

а) диагностическая артроскопия коленного сустава; б) анатомический препарат левого коленного сустава. Хондромалиция медиального мыщелка большеберцовой кости II ст. (по R. Outerrbridge, 1961)

Дегенеративные разрывы менисков и дегенеративные изменения внутренних связок коленного сустава одинаково успешно визуализировались как методом МРТ, так и во время диагностической артроскопии. Установлено, что при рассматриваемой стадии гонартроза повреждения менисков имели II – IIIб стадию по классификации D. Stoller (1982), что свидетельствовало о распространении линий разрывов на МРТ за пределы контуров менисков и делало возможным их визуализацию при диагностической артроскопии (рисунки 3.41 а, б).

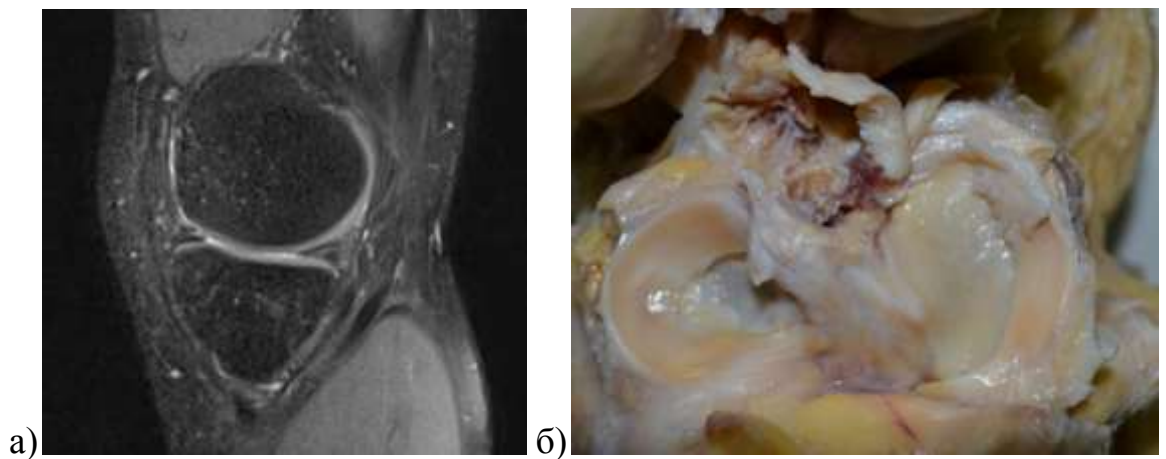


Рисунок 3.41. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе II ст.: а) прижизненная МРТ коленного сустава; б) анатомический препарат правого коленного сустава. Дегенеративный разрыв заднего рога внутреннего мениска II – IIIб ст. (по D. Stoller, 1982).

Еще одной морфологической особенностью гонартроза II ст., выявленной исключительно при выполнении МРТ коленного сустава, является наличие трабекулярного отека различной выраженности, локализованного преимущественно в субхондральной костной ткани внутреннего мыщелка большеберцовой кости (рисунок 3.42). Его наличие связано с перегрузкой данно-

го отдела большеберцовой кости, являющейся следствием смещения механической оси нижней конечности в проекцию внутренних отделов коленного сустава из-за развивающейся фронтальной варусной деформации нижней конечности. Следует отметить, что при изучении анатомических препаратов коленных суставов с гонартрозом II ст. выявить какие-либо морфологические изменения, свидетельствующие о наличии трабекулярного отека костной ткани, не удалось.



Рисунок 3.42. Прижизненная МРТ коленного сустава пациента с гонартрозом II ст. Признаки трабекулярного отека в медиальной мыщелке большеберцовой кости (показаны стрелками).

Также, в отличие от гонартроза I ст. у рассматриваемой группы пациентов при диагностической артроскопии четко визуализировались дегенеративные изменения передней и задней крестообразных связок в виде их разволокнения, изменения цвета и отечности синовиальной оболочки в межмыщелковой ямке бедренной кости (рисунок 3.43 а,б).

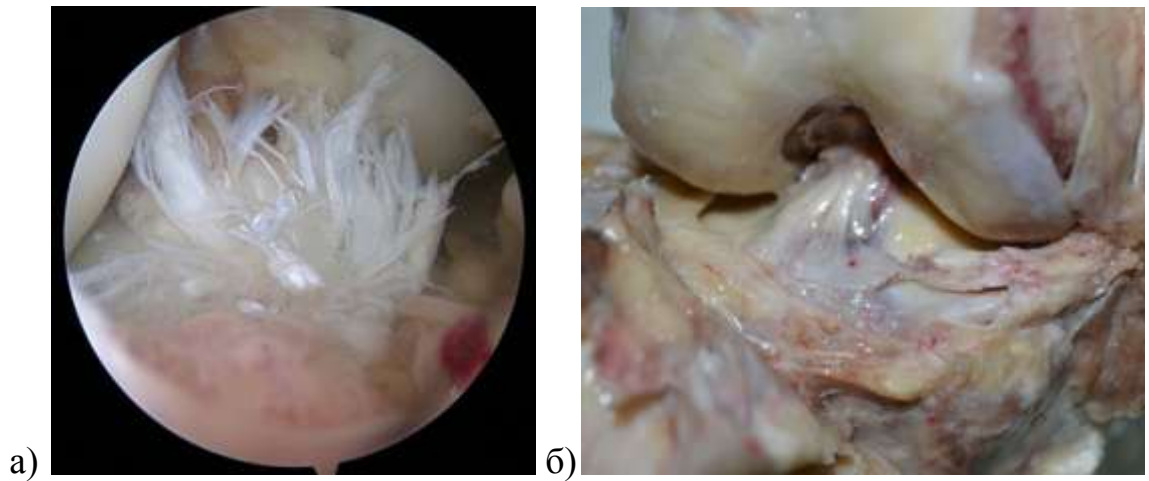


Рисунок 3.43. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе II ст.: а) диагностическая артроскопия коленного сустава; б) анатомический препарат левого коленного сустава. Дегенеративные изменения передней крестообразной связки.

Таким образом, выполненное сопоставление прижизненных и поствитаальных морфологических проявлений гонартроза II ст. позволяет полностью подтвердить полученные результаты анатомической части работы, а также демонстрирует эффективность МРТ как современного высокоинформативного неинвазивного метода визуализации дегенеративных изменений как основных, так и вспомогательных структур коленного сустава. При этом рутинное рентгенологическое исследование, дополненное телерентгенографией, позволяет оценить выраженность фронтальной деформации и рассчитать величину смещения механической оси нижней конечности, что имеет крайне важное значение для выбора и планирования современных органосохраняющих ортопедических операций в области коленного сустава.

Анализ прижизненных диагностических методов, примененных у пациентов с гонартрозом III ст., и сопоставление их результатов с данными анатомического исследования препаратов коленного сустава с такой же стадией дегенеративно-дистрофического процесса, свидетельствовал о доста-

точных визуализационных возможностях каждого из представленных методов дополнительного обследования.

Таблица 3.17

Корреляции прижизненных диагностических методов обследования пациентов и результатов морфологического исследования препаратов коленного сустава с гонартрозом III ст.

Морфологические изменения, выявленные при анатомическом исследовании препаратов	Верификация морфологических изменений с помощью прижизненных методов исследования		
	Рентгенография	МРТ	Диагностическая артроскопия
Значительное сужение (отсутствие) суставной щели	+	—	—
Выраженный субхондральный склероз	+	+	—
Локальный остеопороз	+	+	—
Наличие костных кист	+	+	—
Остеофиты по краям суставной щели	+	+	
Фронтальная деформация механической оси нижней конечности	+		
Наличие внутрисуставных тел	+	+	+
Хондромалиция (III – IV ст. по R. Outerrbridge, 1961)	—	+	+
Дегенеративное повреждение менисков (II – IIIb ст. по D. Stoller, 1982)	—	+	+

Таблица 3.17 продолжение

Морфологические изменения, выявленные при анатомическом исследовании препаратов	Верификация морфологических изменений с помощью прижизненных методов исследования		
	Рентгенография	MPT	Диагностическая артроскопия
Дегенеративные изменения передней и задней крестообразных связок	—	+	+
Признаки трабекулярного отека костной ткани мыщелков	—	+	—

Данные таблицы 3.15 свидетельствуют, что все выявленные при изучении анатомических препаратов коленного сустава с III ст. гонартроза дегенеративно-дистрофические изменения удалось диагностировать у 100% пациентов с аналогичной выраженностью артроза коленного сустава, что подтверждается результатами их дополнительного обследования. Рентгенография коленного сустава сделала возможным выявление таких признаков как значительное сужение (отсутствие) суставной щели, выраженный субхондральный склероз, локализованный во внутренних мыщелках большеберцовой и бедренной костей, сочетающийся с локальным остеопорозом наружных мыщелков, наличие костных кист, а также многочисленных оссификатов, окаймляющих суставные поверхности этих мыщелков. Также при рентгенографии были выявлены свободные внутрисуставные тела. Дополнительно выполненная 25 пациентам телерентгенография нижних конечностей, позволила диагностировать фронтальную варусную деформацию различной выраженности (рисунок 3.44).





Рисунок 3.44. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе III ст.: а) телерентгенография нижней конечности; б) прижизненная рентгенография коленного сустава; в) анатомический препарат левого коленного сустава. Отсутствие суставной щели во внутренних отделах, локальный остеопороз в наружных отделах, остеофиты по краям суставной поверхности и внутрисуставные тела.

Хондромалации III – IV ст. (по R. Outerrbridge, 1961) также были визуализированы при использовании современных высокоинформативных диагностических методов – МРТ и диагностической артроскопии коленного сустава (рисунки 3.45, 3.46).



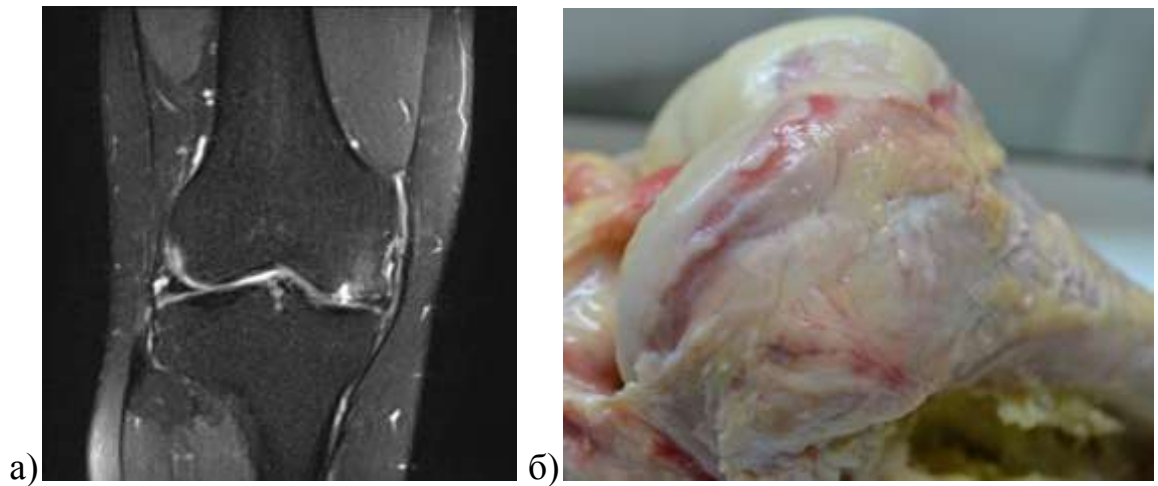


Рисунок 3.45. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе III ст.: а) прижизненная МРТ коленного сустава; б) анатомический препарат левого коленного сустава. Хондромалация медиального мыщелка бедренной кости III ст. (по R. Outerrbridge, 1961).

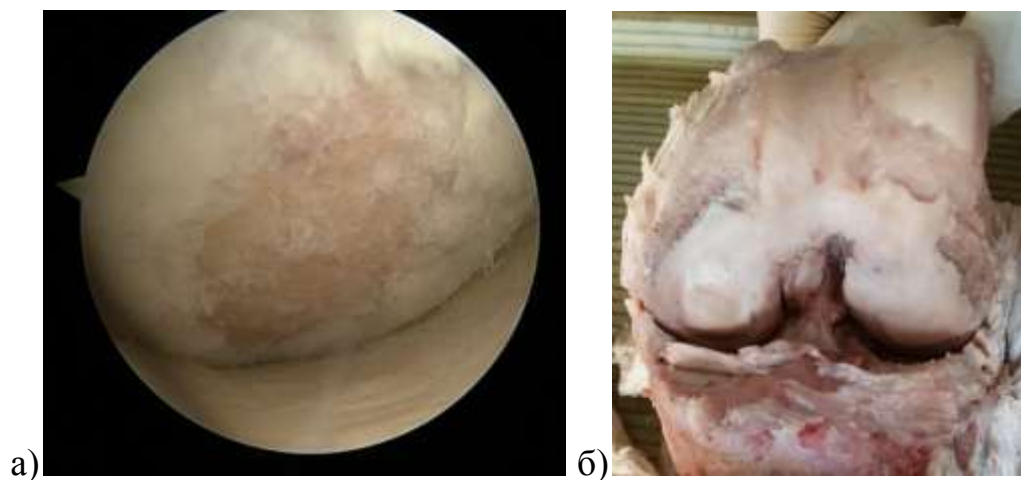


Рисунок 3.46. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе III ст.: а) диагностическая артроскопия коленного сустава; б) анатомический препарат левого коленного сустава. Хондромалация медиального мыщелка большеберцовой кости III IV ст. (по R. Outerrbridge, 1961).

Дегенеративные разрывы менисков и дегенеративные изменения внутренних связок коленного сустава также, как и при II ст. гонартроза успешно визуализировались при МРТ и при диагностической артроскопии. Выявлено,

что при артрозе коленного сустава III ст. чаще всего диагностировались горизонтальные и косогоризонтальные дегенеративные разрывы менисков II – IIIb стадии по классификации D. Stoller (1982) (рисунок 3.45 а).

Еще одной морфологической особенностью гонартроза III ст., выявленной при выполнении МРТ коленного сустава, был трабекулярный отек различной выраженности, локализованный преимущественно в субхондральной костной ткани внутреннего мыщелков большеберцовой и бедренной кости, а также признаки аваскулярного некроза костной ткани мыщелков (рисунок 3.47). Их наличие также связано с перегрузкой внутренних отделов коленного сустава, являющейся следствием смещения механической оси нижней конечности в проекцию внутренних мыщелков бедренной и большеберцовой костей из-за выраженной фронтальной варусной деформации нижней конечности.



Рисунок 3.47. Прижизненная МРТ коленного сустава пациента с гонартрозом III ст. Признаки трабекулярного отека во внутренних мыщелках большеберцовой и бедренной костей.

У пациентов рассматриваемой группы при диагностической артроскопии четко визуализировались дегенеративные изменения передней и задней крестообразных связок в виде их грубого разволокнения, изменения цвета и

эластичности, отечности синовиальной оболочки в межмышцелковой ямке бедренной кости (рисунок 3.48). В ряде клинических случаев передняя крестообразная связка отсутствовала, что позволило нам расценивать развившийся гонартроз как отдаленное последствие ее разрыва и обусловленной им хронической рецидивирующей передней нестабильности коленного сустава.

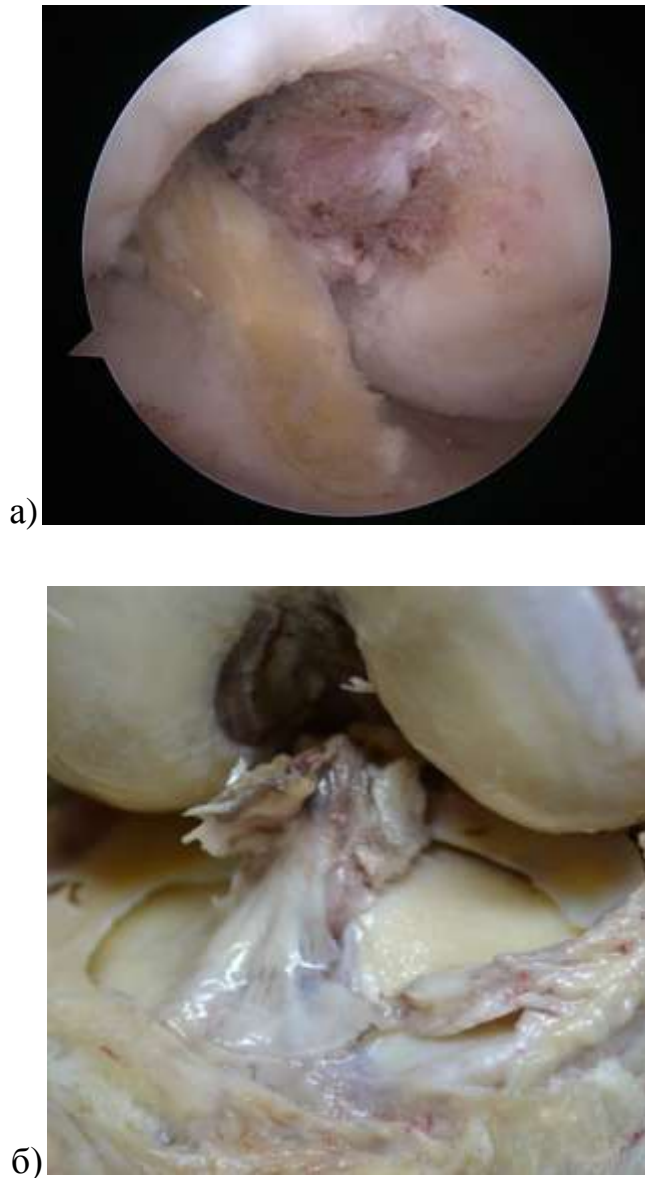


Рисунок. 3.48. Сравнительная характеристика морфологических изменений структур коленного сустава при гонартрозе III ст.: а) диагностическая артроскопия коленного сустава; б) анатомический препарат левого коленного сустава. Дегенеративные изменения передней крестообразной связки.

Таким образом, выполненное сопоставление прижизненных и поствита-  
льных морфологических проявлений гонартроза III ст. также позволило  
полностью подтвердить полученные результаты анатомической части рабо-  
ты, а также подтвердить эффективность всех рассматриваемых прижизнен-  
ных методов дополнительного обследования профильных пациентов. Вместе  
с тем, следует отметить, что для определения тактики лечения больных с де-  
формирующим артрозом коленного сустава III ст. в абсолютном большин-  
стве случаев оказывается достаточно использовать стандартную рентгено-  
графию рассматриваемого органа, а также телерентгенографию нижней ко-  
нечности.

Интегральные данные о морфологических изменениях основных и  
вспомогательных элементов коленного сустава и суставного хряща в зависи-  
мости от стадии гонартроза и избранного метода дополнительного обследо-  
вания пациента представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18

Информативность инструментальных методов исследования при различных стадиях варусного гонартроза (Rg – рентгенография, МРТ – магниторезонансная томография, Д/Арт. – диагностическая артроскопия)

Стадия гонартроза	Морфологические изменения								
	Основные элементы сустава			Суставной хрящ			Вспомогательные элементы сустава		
	Rg	МРТ	Д/Арт.	Rg	МРТ	Д/Арт.	Rg	МРТ	Д/Арт.
I	Незначительное сужение суставной щели		-	Лёгкий субхондральный остеосклероз		Размягчение, отек или разрыхление поверхностного слоя	-	Начальные проявления дегенеративных изменений менисков	Разволоknение ткани менисков
II	Сужение рентгенологической суставной щели, незначительная фронтальная деформация оси конечности		-	Субхондральный склероз более выражен, костные разрастания (остеофиты) появляются по краям суставной щели		Разволоknение хряща с трещинами, лоскутами, не достигающих глубоких слоев и субхондральной кости	-	Истончение (стирание) тела медиального мениска, усиление МР-сигнала крестообразных связок	Более выраженное разволоknение ткани менисков, утолщение и уплотнение крестообразных связок, синовит

Таблица 3.18 продолжение

Ста- дия го- нарт- роза	Морфологические изменения								
	Основные элементы сустава			Суставной хрящ			Вспомогательные элементы сустава		
	Rg	MPT	Д/Арт.	Rg	MPT	Д/Арт.	Rg	MPT	Д/Арт.
III	Валь- гусная или ва- русная дефор- мация конеч- ности	Суставная щель может полностью отсутствовать, определяются об- ширные костные разрастания (остеофиты) и сво- бодные суставные тела		Значительная дефор- мация и склерозиро- вание суставных по- верхностей эпифизов с зонами субхон- дрального некроза и локального остеопо- роза		Разволоknение хряща с глубоки- ми трещинами, лоскутами, эрози- ями, достигаю- щими глубокие слои хряща и субхондральную кость	остео- фиты по краю сустав- ной по- верхно- сти надко- ленника	свободные суставные те- ла, крестообразные связ- ки истончены, мениски (в большинстве случаев медиальный) подверга- ются максимальному ис- тончению и разволоknе- нию	

Проведенное анатомическое исследование интактного коленного сустава и коленного сустава при деформирующем артрозе, а также выполненные анатомо-клинические сопоставления, позволили изучить особенности строения и описать характер дегенеративных изменений не только основных, но и вспомогательных элементов – надколенника, менисков, крестообразных связок, коллатеральных связок, крыловидных складок и синовиальных сумок. Особенности хирургической техники, используемой при эндопротезировании коленного сустава и зависящим от полученных в результате анатомической части работы данных посвящена следующая глава представленного диссертационного исследования.

#### ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БЕДРЕННОГО КОМПОНЕНТА ЭНДОПРОТЕЗА. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Общеизвестно, что в основе философии тотального эндопротезирования коленного сустава заложена концепция сбалансированного сгибательно-го и разгибательного промежутков, которая была впервые предложена М. Freeman и усовершенствована и популяризирована J. Insall (M. Freeman et al., 1987; J. Insall et al., 1989; Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., 2012). Разгибательный промежуток образован опилами дистального отдела мыщелков бедренной и проксимального отдела мыщелков большеберцовой кости (тибиального плато). Сгибательный формируют опилы задних отделов мыщелков бедренной кости и проксимального отдела мыщелков большеберцовой кости (тибиального плато). Суть данной концепции заключается в обязательном достижении прямоугольной формы, а также равенства друг другу описываемых промежутков как в положении разгибания (разгибательный промежуток), так и в положении сгибания коленного сустава под прямым углом (сгибательный промежуток). Это достигается выполнением резекции мыщелков бедренной и большеберцовой кости, а также предшествующей мобилизацией мягких тканей, направленной на устранение деформации конечности и контрактуры коленного сустава.

В том случае, если сформированный сгибательный и разгибательный промежутки не являются идентичными, то коленный сустав будет нестабилен в пределах амплитуды своих движений, а также сохранится ограничение сгибания или разгибания. Это приведет к появлению зоны избыточных напряжений и деформаций в паре трения и быстрому неравномерному износу полиэтиленового вкладыша с последующим ранним асептическим расшатыванием компонентов эндопротеза (Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., 2012).



Помимо этого, важнейшее значение для формирования равномерного сгибательного промежутка и нормальных экскурсий (трекинга) надколенника играет выбор ротации бедренного компонента эндопротеза. В случае правильной наружной ротации бедренного компонента скольжение надколенника вдоль его передней части, повторяющей форму и геометрию надколенниковой поверхности интактного дистального эпифиза бедренной кости, осуществляются изометрично. Ошибка в ротации бедренного компонента неизбежно влечет за собой конфликт между суставной поверхностью patella и надколенниковой поверхностью эндопротеза коленного сустава из-за несоответствия вектора движения надколенника соответствующей выемке в передней части бедренного компонента. Это состояние сопровождается болью в передних отделах оперированного коленного сустава и ограничением движений в нем.

В данной главе представлены результаты анатомического эксперимента, целью которого являлось обоснование выбора наиболее рациональной техники формирования сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента при тотальном эндопротезировании коленного сустава. Для этого на трех специально сформированных группах анатомических препаратов (по 12 в каждой, всего – 36 препаратов), отражающих основные вариантные формы строения мыщелков бедренной кости, были отработаны две различные техники позиционирования резекционного блока «четыре в одном» с последующей резекцией соответствующих костных структур и имплантацией бедренного компонента эндопротеза коленного сустава (серия «А» и серия «В» – по 18 препаратов в каждой серии). Достигнутые результаты использования указанных техник были сопоставлены между собой для всех трех групп анатомических препаратов с позиции достижения баланса (изометричности движений) и стабильности коленного сустава во всех точках амплитуды.

#### 4.1. Применение классических рекомендаций по выбору ротации бедренного компонента в анатомическом эксперименте при различных формах мыщелков бедренной кости

В первой части анатомического эксперимента во всех трех группах анатомических препаратов коленного сустава были использованы классические рекомендации, предполагающие расположение бедренного компонента эндопротеза коленного сустава в положении  $3^\circ$  наружной ротации (рисунок 4.1).

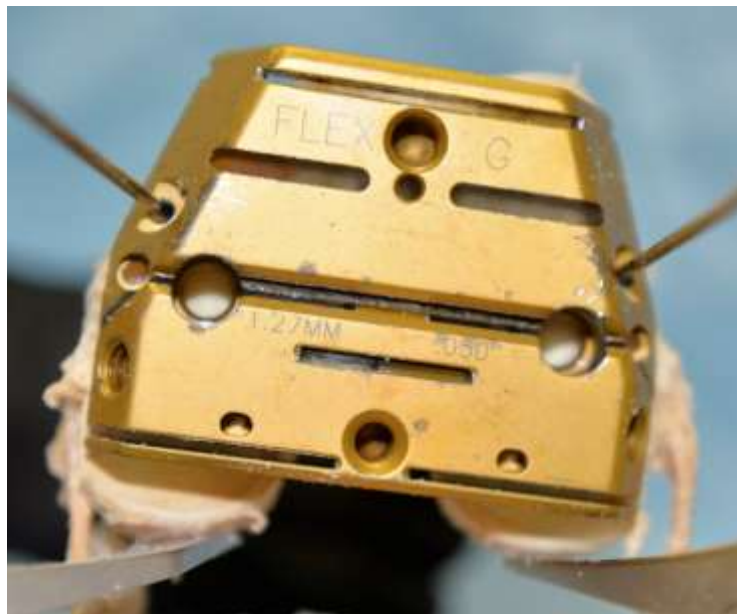


Рисунок 4.1. Позиционирование бедренного резекционного блока «четыре в одном» с наружной ротацией  $3^\circ$  на анатомическом препарате коленного сустава с наиболее часто встречающимся анатомическим строением мыщелков бедренной кости (преобладание продольного размера медиального мыщелка).

При этом, для четкого позиционирования бедренного резекционного блока и последующих опилов были использованы следующие ориентиры: линия, проходящая через надмыщелки бедренной кости; переднезадняя линия, проходящая через середину надколенниковой борозды мыщелков бедренной кости; а также задние части мыщелков бедренной кости (рисунок 4.2) (Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., 2012)

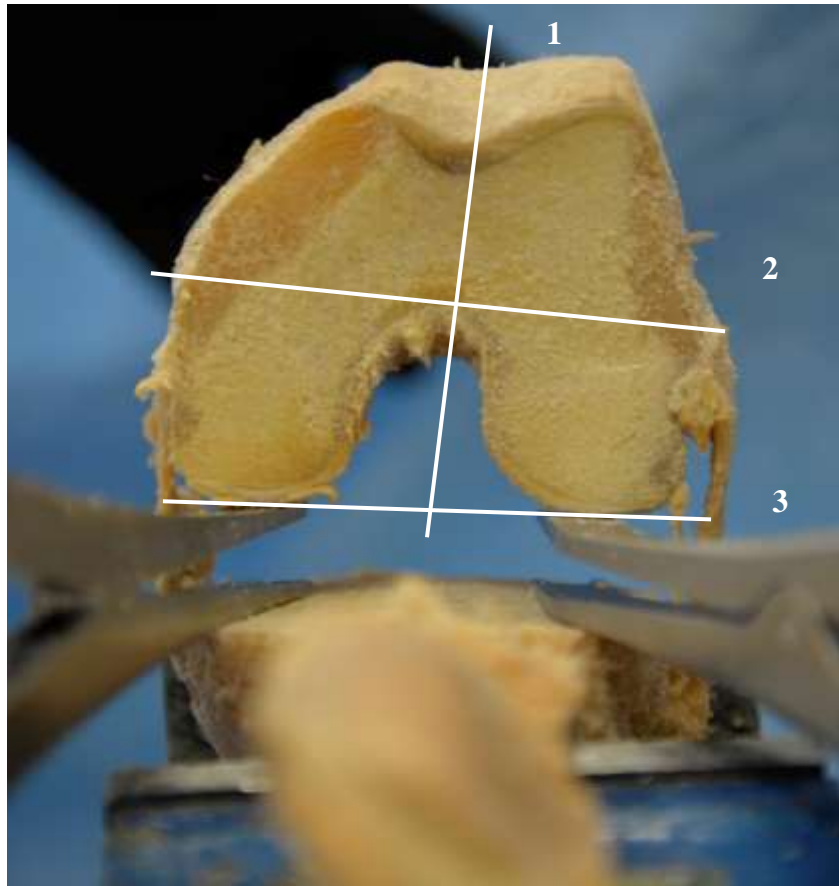


Рисунок 4.2. Анатомический препарат коленного сустава с наиболее часто встречающимся строением мыщелков бедренной кости (преобладание продольного размера медиального мыщелка). Выполнен проксимальный опил большеберцовой и дистальный опил бедренной кости. Линиями обозначены использованные для позиционирования резекторного блока анатомические ориентиры: 1 – переднезадняя линия, проходящая через середину надколенниковой борозды мыщелков бедренной кости; 2 – линия, проходящая через надмыщелки бедренной кости (надмыщелковая линия); 3 – задняя межмыщелковая линия.

Анализ результатов применения этой техники в данной группе анатомических препаратов свидетельствовал, что во всех протоколах анатомического эксперимента удалось сформировать равномерный сгибательный промежуток. Достоверных различий в высоте внутреннего и наружного отделов последнего на анатомических препаратах рассматриваемой группы выявлено не было (рисунок 4.3).

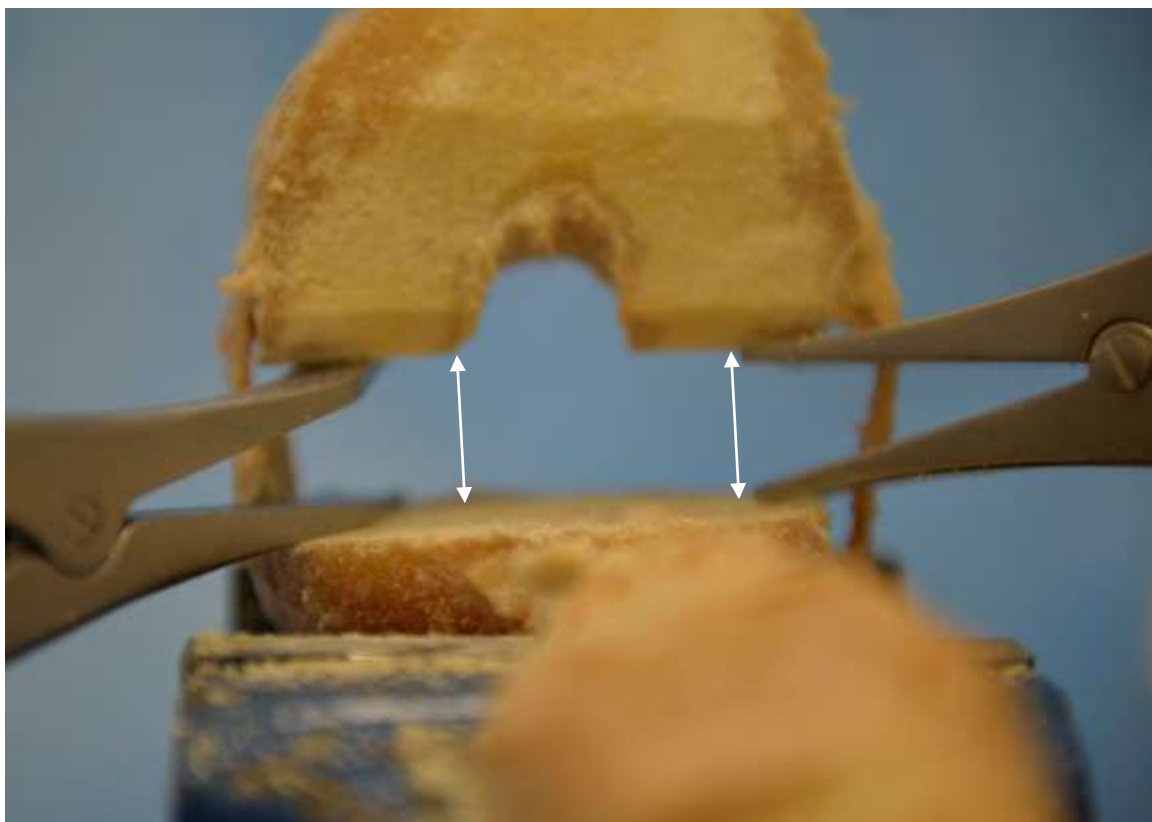


Рисунок 4.3. Сформированный равномерный сгибаемый промежуток при позиционировании бедренного резекционного блока «четыре в одном» с наружной ротацией  $3^\circ$  на анатомическом препарате коленного сустава с наиболее часто встречающимся строением мыщелков бедренной кости (преобладание продольного размера медиального мыщелка).

Последующий анализ полученных данных свидетельствовал о соответствии параметров сформированного сгибаемого промежутка разгибательному, а имплантация пробных или окончательных компонентов эндопротеза коленного сустава демонстрировала достижение баланса во всех точках амплитуды движений (рисунок 4.4).

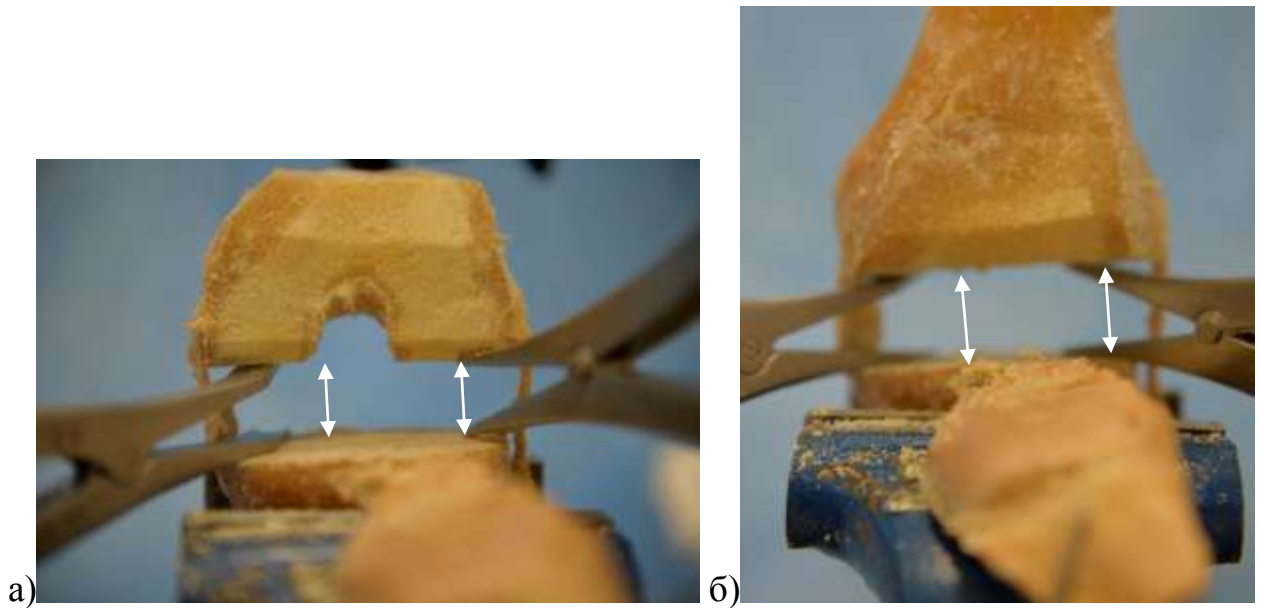


Рисунок 4.4. Сформированные равномерные сгибательный (а) и разгибательный (б) промежутки при позиционировании бедренного резекционного блока «четыре в одном» с наружной ротацией  $3^\circ$  на анатомическом препарате коленного сустава с наиболее часто встречающимся строением мышечков бедренной кости (преобладание продольного размера внутреннего мышечка).

Далее рассматриваемая техника позиционирования бедренного резекционного блока «четыре в одном» и последующее формирование сгибательного промежутка были применены на анатомических препаратах коленного сустава с крайними формами строения мышечков бедренной кости, которые были выделены нами на предыдущем этапе работы. При этом в группе анатомических препаратов коленного сустава, характеризующейся равными размерами наружного и внутреннего мышечков бедренной кости достичь равномерного сгибательного промежутка не удалось (рисунок 4.5).

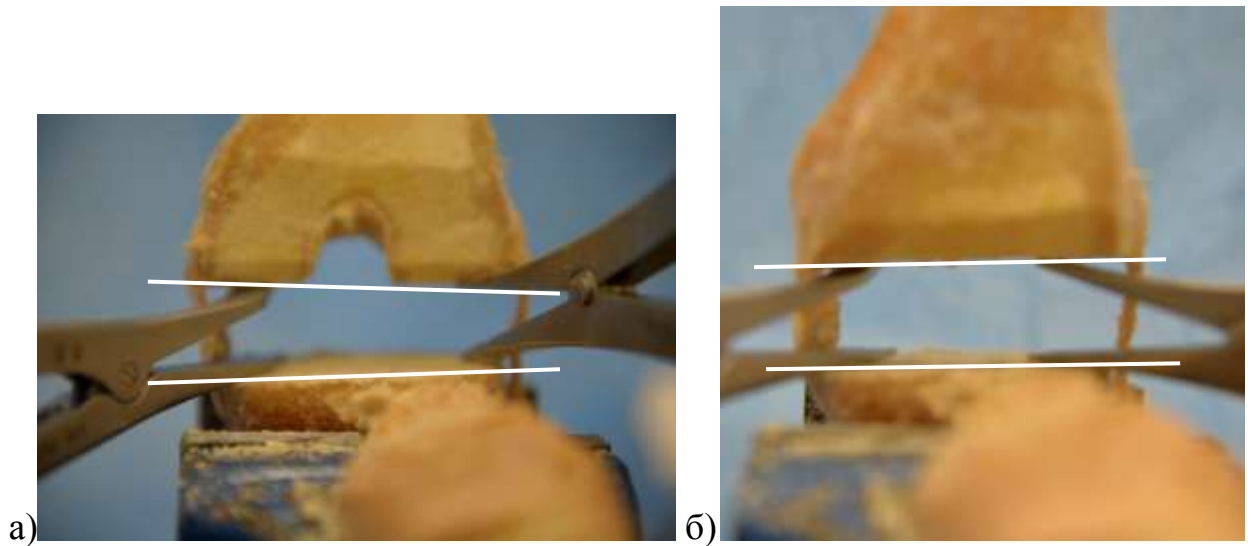


Рисунок 4.5. Сформированный неравномерный сгибательный (а) и равномерный разгибательный (б) промежутки при позиционировании бедренного резекционного блока «четыре в одном» с наружной ротацией  $3^\circ$  на анатомическом препарате коленного сустава с равными размерами наружного и внутреннего мыщелков бедренной кости.

В группе анатомических препаратов коленного сустава, характеризующейся преобладанием продольного размера латерального мыщелка бедренной кости, данная техника также не позволила достичь равномерного сгибательного промежутка (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6. Позиционирование бедренного резекционного блока «четыре в одном» с наружной ротацией  $3^\circ$  на анатомическом препарате коленного сустава с преобладанием продольного размера латерального мыщелка бедренной кости. Выполнение резекции задних отделов мыщелков бедренной кости приведет к формированию неравномерного сгибабельного промежутка.

Таким образом, первая часть анатомического эксперимента убедительно свидетельствовала о возможности применения рассматриваемой техники позиционирования бедренного резекционного блока при условии наиболее часто встречающегося варианта формы мыщелков бедренной кости – с преобладанием продольного размера медиального мыщелка. В этом случае удавалось достичь равномерного сгибабельного промежутка, что обеспечивало изометричность движений в коленном суставе и его стабильность во всех точках амплитуды после имплантации пробных или окончательных компонентов эндопротеза (рисунок 2.22).

В случае вариантной анатомии дистального отдела бедренной кости, характеризующейся преобладанием продольного размера латерального мыщелка или равных размеров наружного и внутреннего мыщелков бедренной



кости, использование рассматриваемой техники расположения резекторного блока и последующего опилов задних отделов мыщелков бедренной кости неизбежно приводило к формированию неравномерного сгибательного промежутка и нестабильности коленного сустава в положении сгибания.

#### 4.2. Анатомическое обоснование оптимальной техники выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава

Во второй части анатомического эксперимента во всех трех группах препаратов коленного сустава была применена хирургическая техника, предполагающая индивидуальный подбор ротации бедренного резекционного блока «четыре в одном». Такой подход обеспечил выполнение резекции соответствующих отделов мыщелков бедренной кости и имплантацию бедренного компонента эндопротеза коленного сустава с индивидуально подобранной наружной ротацией, зависящей от особенностей анатомии мыщелков бедренной кости и состояния связочного аппарата коленного сустава.

Для реализации данного хирургического подхода выполняли типовые резекции проксимальных отделов мыщелков большеберцовой и дистальных отделов мыщелков бедренных костей, технически не отличавшиеся от опилов, использованных в первой части анатомического эксперимента и подробно описанных во второй главе. Затем осуществляли сгибание коленного сустава до угла  $90^\circ$ , удаляли ретракторы Гомана и устанавливали в промежуток между проксимальным опилов большеберцовой кости и задними отделами латерального и медиального мыщелков бедренной кости два ламинарных расширителя (Laminar Spreader) (рисунок 4.7).



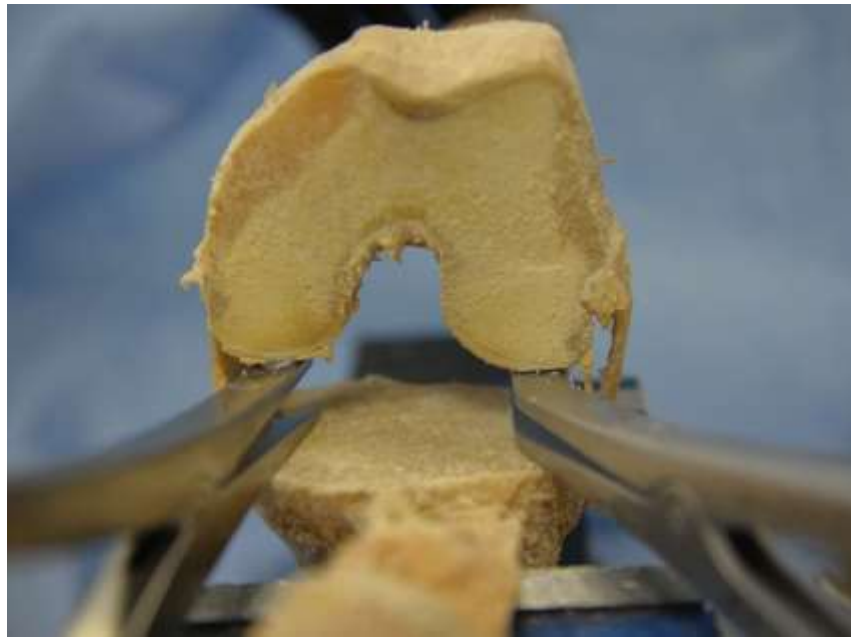


Рисунок 4.7. Анатомический препарат коленного сустава после выполнения резекции дистальных отделов мыщелков бедренной кости и проксимальных отделов мыщелков большеберцовой кости. В положении сгибания  $90^\circ$  установлены два ламинарных расширителя, обеспечивающих равномерное натяжение малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок.

Данный технический прием обеспечивал изометричное натяжение малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок коленного сустава. Затем осуществляли позиционирование бедренного резекционного блока «четыре в одном». При этом в качестве ориентира использовали только линию проксимального опиления большеберцовой кости, для чего задний фланец резекционного блока располагали параллельно опиленной верхней суставной поверхности большеберцовой кости (рисунок 4.8).

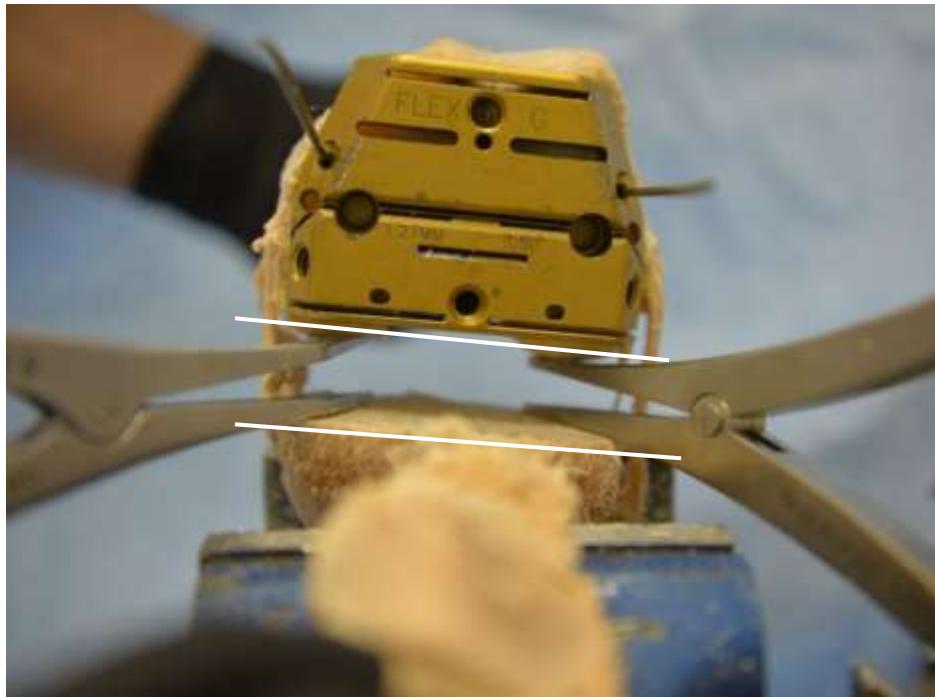


Рисунок 4.8. Анатомический препарат коленного сустава с равными размерами латерального и медиального мышечков бедренной кости. В положении сгибания  $90^\circ$  установлены два ламинарных расширителя, обеспечивающих равномерное натяжение малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок. Бедренный резекционный блок «четыре в одном» позиционирован параллельно опилу верхней суставной поверхности большеберцовой кости.

В дальнейшем по направляющим резекционного блока выполняли опи-  
лы соответствующих отделов мышечков бедренной кости. После этого по методике, аналогичной использованной в первой части анатомического эксперимента, оценивали равномерность сформированных сгибательного и разгибательного промежутков, стабильность коленного сустава в положении полного разгибания и сгибания под углами  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $90^\circ$  с применением спейсер-блоков, а также изометричность движений в коленном суставе после имплантации пробных или окончательных компонентов эндопротеза.

Проведенный анализ результатов второй части анатомического эксперимента установил, что применение данной техники позиционирования бедренного резекционного блока «четыре в одном» обеспечивает формирование

равномерного сгибательного промежутка вне зависимости от вариантной анатомии мышечков бедренной кости.

Так, в группе анатомических препаратов коленного сустава, характеризующейся преобладанием продольного размера латерального мышелка бедренной кости, для применения описанной техники было типичным выполнение резекции преимущественно заднего отдела латерального мышелка (рисунок 4.9).

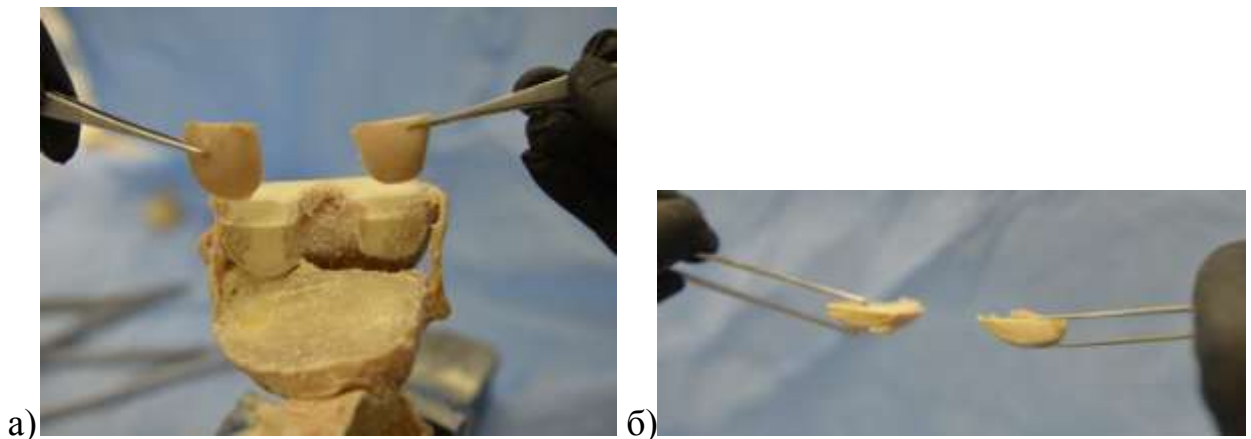


Рисунок 4.9. Резецированные задние отделы мышечков бедренной кости на анатомическом препарате коленного сустава с преобладанием продольного размера латерального мышелка: а) вид сзади; б) вид снизу. Высота резецированной части латерального мышелка больше чем резецированной части медиального.

Однако данная «атипичная» резекция обеспечила формирование равномерного сгибательного промежутка (рисунок 4.10) и последующее корректное позиционирование бедренного компонента эндопротеза.

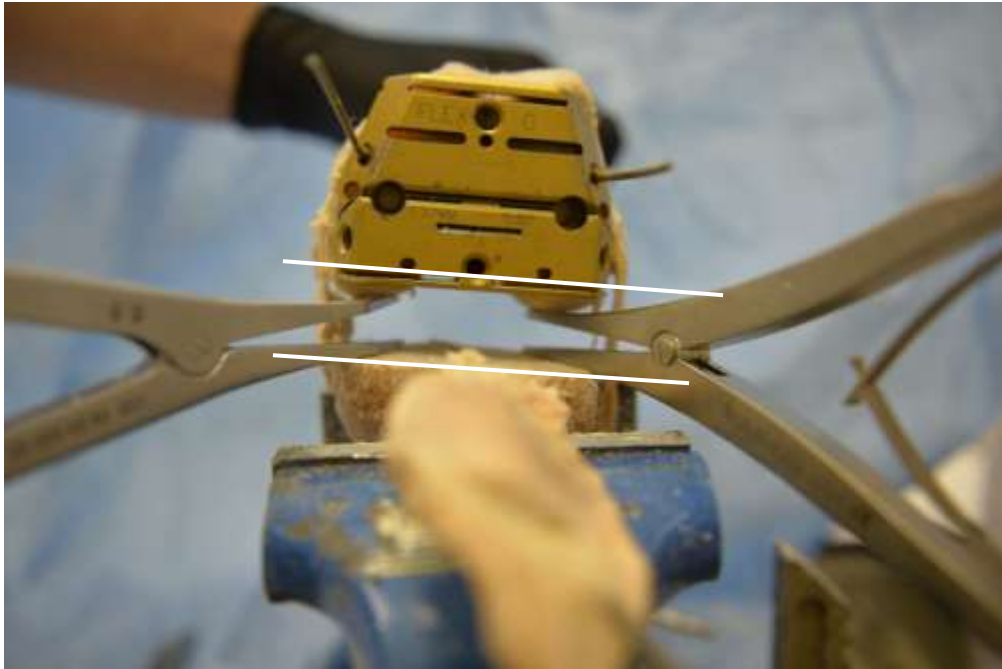


Рисунок 4.10. Анатомический препарат коленного сустава с преобладанием продольного размера латерального мыщелка бедренной кости. В положении сгибания  $90^\circ$  установлены два ламинарных расширителя, обеспечивающих равномерное натяжение малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок. Бедренный резекционный блок «четыре в одном» позиционирован параллельно опилю верхней суставной поверхности большеберцовой кости.

Таким образом, вторая часть анатомического эксперимента показала принципиальную возможность применения описываемой техники позиционирования бедренного резекционного блока как в условиях наиболее часто встречающегося варианта формы мыщелков бедренной кости (с преобладанием продольных размеров медиального мыщелка), так и в случае крайних форм вариантной анатомии мыщелков бедренной кости. Во всех протоколах анатомического эксперимента удалось достичь равномерного сгибательного промежутка, что обеспечивало изометричность движений в коленном суставе и его стабильность в контрольных точках амплитуды после имплантации пробных или окончательных компонентов эндопротеза.

Доказанная в результате экспериментальной части работы эффективность и универсальность рассматриваемой хирургической техники, а также

ряд ее преимуществ перед классическими подходами к данному этапу операции эндопротезирования коленного сустава – возможность индивидуального подбора наружной ротации бедренного компонента эндопротеза в зависимости от вариантной анатомии мышечков бедренной кости и состояния малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок – послужили основанием для ее клинической апробации.

#### 4.3. Применение полученных результатов в клинической практике

Клиническая апробация результатов анатомического эксперимента была также проведена в рамках решения пятой задачи и достижения общей цели диссертационной работы. Данная подглава посвящена особенностям техники выполнявшихся операций эндопротезирования коленного сустава с применением описанных хирургических приемов и обсуждению полученных в результате клинической апробации результатов. Следует отметить, что в клинической части диссертационной работы была проведена успешная апробация предлагаемых подходов к выбору наружной ротации бедренного компонента у пациентов со всеми выделенными в ходе анатомической части диссертационного исследования вариантами строения мышечков бедренной кости.

При выполнении эндопротезирования коленного сустава по поводу варусного гонартроза III ст. (по Н.С. Косинской, 1961) был использован классический переднемедиальный доступ, с внутренней парapatеллярной артротомией, начинающейся в среднем на 8 см выше основания надколенника и распространяющийся дистально до внутреннего края бугристости большеберцовой кости. С учетом наличия варусной деформации нижней конечности, сопровождающейся рубцовым утолщением и сокращением длины большеберцовой коллатеральной связки во всех клинических случаях был выполнен медиальный релиз – мобилизация мягких тканей от медиального мышечка большеберцовой кости. Для этого производили субпериостальное отделе-

ние передне-внутреннего отдела капсулы сустава и переднего участка глубоких отделов большеберцовой коллатеральной связки от медиального мышцелка большеберцовой кости в заднемедиальном направлении до середины внутреннего мышцелка. При этом дистальная протяженность данного релиза варьировала от выраженности варусной деформации, но не превышала 4-6 см (О. Aweid, Н. Osmani, J. Melton, 2019). При наличии периферических остеофитов медиального мышцелка большеберцовой кости медиальный релиз завершали их резекцией (рисунок 4.11).

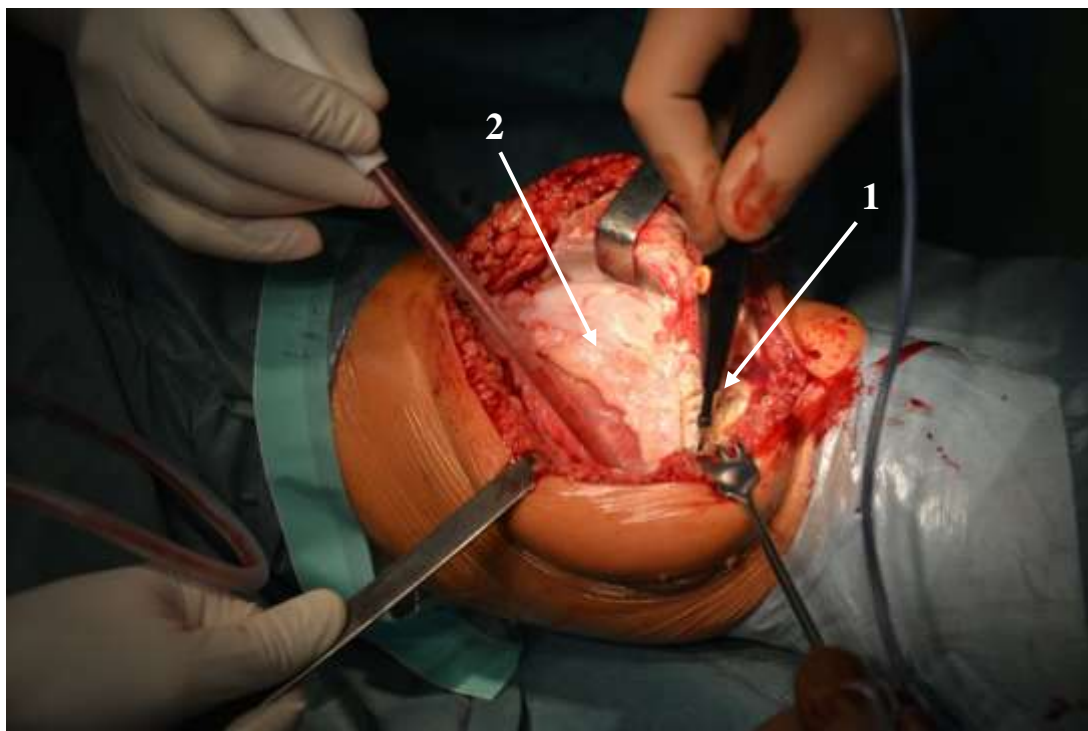


Рисунок 4.11. Этап выполнения медиального парапателлярного доступа и внутреннего релиза левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет с варусным гонартрозом III ст. Выполнение медиального релиза: 1 – медиальный мышцелок большеберцовой кости; 2 – медиальный мышцелок бедренной кости. Трехзубым крючком отведены мобилизуемые от медиального мышцелка большеберцовой кости внутренние отделы капсулы и большеберцовая коллатеральная связка коленного сустава.

Затем последовательно выполняли рассечение и удаление крыловидных складок, вывих надколенника кнаружи с последующим сгибанием коленного сустава до угла 90°. В этом положении производили субтотальную



синовэктомию с обязательным иссечением наднадколенниковой сумки, удаление дегенеративно измененных менисков и обеих крестообразных связок, резекцию краевых костно-хрящевых разрастаний суставных поверхностей, а также латеральный релиз и денервацию надколенника.

Следующим этапом с использованием специального внешнего или внутреннего направителя выполняли резекцию верхней суставной поверхности большеберцовой кости под углом  $90^\circ$  к ее анатомической оси. Затем с помощью специализированных резекционных блоков производили дистальный опил мыщелков бедренной кости под прямым углом к механической оси нижней конечности. При этом величина вальгусного угла дистальной резекции бедренной кости варьировала от  $4^\circ$  до  $7^\circ$  и зависела от роста пациента. Данная техника опилов проксимального отдела большеберцовой и дистального отдела бедренной костей в сочетании с мобилизацией вспомогательных элементов коленного сустава в его внутренних отделах обеспечивала формирование равномерного разгибательного промежутка и устранение варусной деформации нижней конечности (рисунок 4.12).



Рисунок 4.12. Этапы выполнения эндопротезирования левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет с варусным гонартрозом III ст.: сформирован равномерный разгибательный промежуток, в который помещена вставка высотой 10 мм. Устранена варусная деформация нижней конечности. Механическая ось проходит в проекции межмыщелкового возвышения.

Следующим этапом с целью формирования равномерного сгибательно-го промежутка, равного разгибательному, а также обеспечивающего нормальные экскурсии надколенника и работу разгибательного аппарата коленного сустава применяли предложенную технику позиционирования бедренного резекционного блока «четыре в одном». Для этого в положении сгибания коленного сустава под углом  $90^\circ$  между опилов верхней суставной поверхности большеберцовой кости и задними поверхностями мыщелков бедренной кости устанавливали два специализированных коленных дистрактора (knee spreader), обеспечивающих равномерное натяжение большеберцовой и малоберцовой коллатеральных связок (рисунок 4.13).



Рисунок 4.13. Этап выполнения эндопротезирования левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет с варусным гонартрозом III ст. Установлены два коленных дистрактора (knee spreader). Достигнуто равномерное натяжение большеберцовой и малоберцовой коллатеральных связок.



После этого, параллельно линии проксимальной резекции большеберцовой кости устанавливали и фиксировали к дистальному опилю бедренной кости резекционный блок «четыре в одном» (рисунок 4.14).

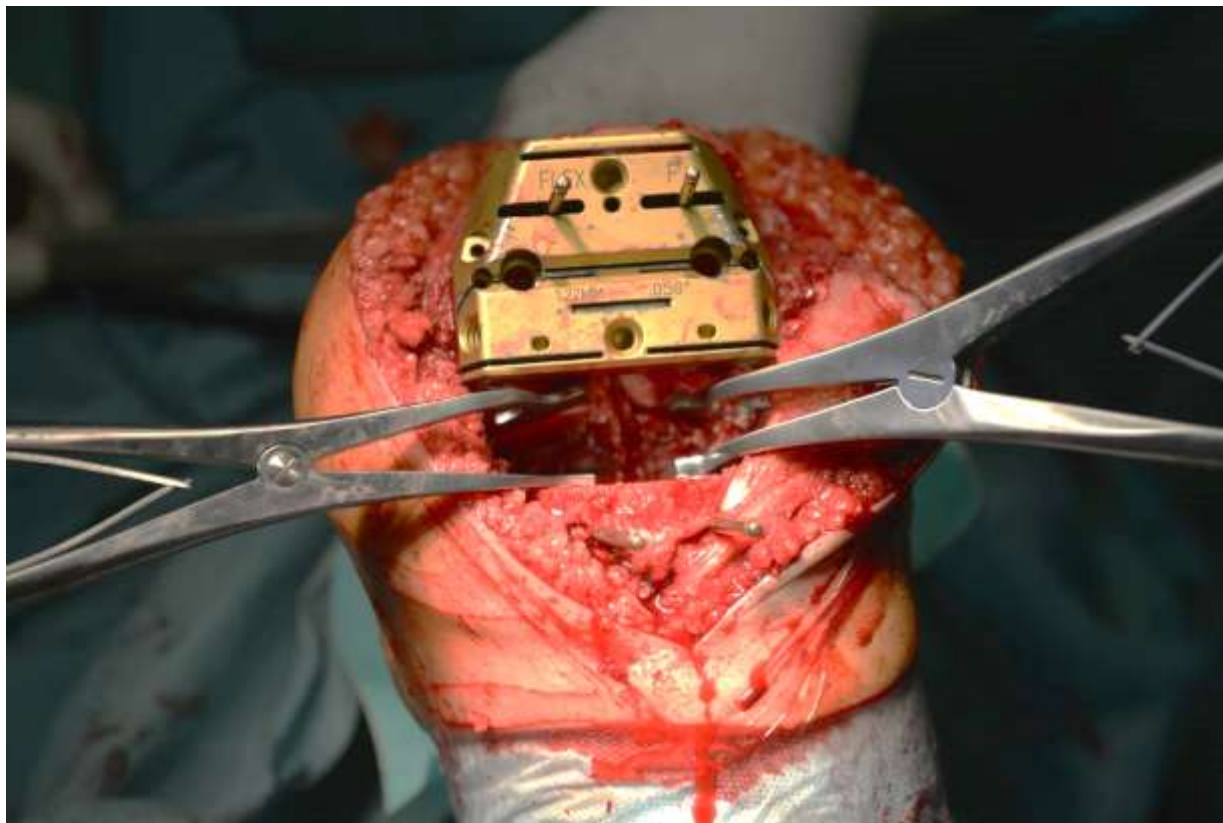


Рисунок 4.14. Этап выполнения эндопротезирования левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет с варусным гонартрозом III ст. Установлены два коленных дистрактора (knee spreader). Достигнуто равномерное натяжение большеберцовой и малоберцовой коллатеральных связок. Бедренный резекционный блок «четыре в одном» установлен параллельно линии проксимальной резекции большеберцовой кости.

После удаления коленных дистракторов последовательно выполняли резекционные опиловы мыщелков бедренной кости, а затем осуществляли проверку сформированного сгибательного промежутка (рисунок 4.15).

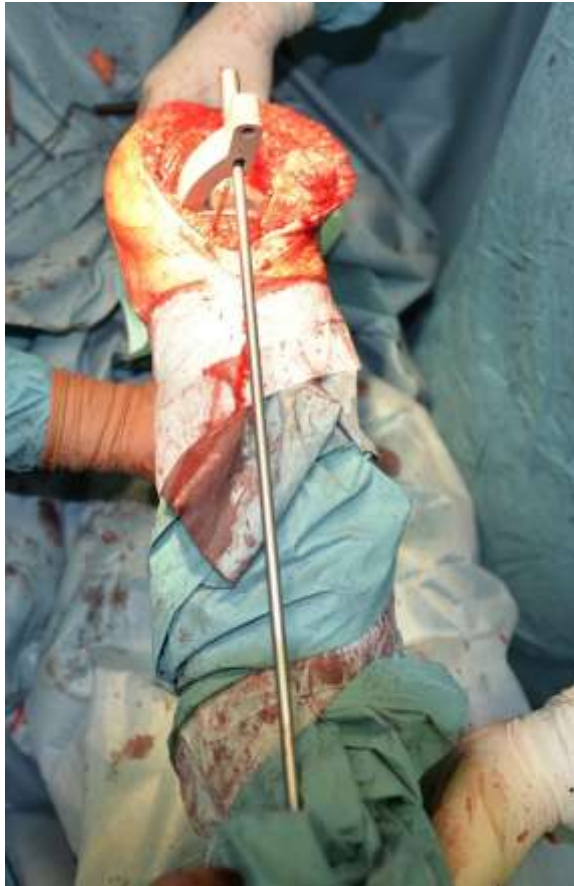


Рисунок 4.15. Этап выполнения эндопротезирования левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет с варусным гонартрозом III ст. Сформирован равномерный сгибательный промежуток.

Стабильность коленного сустава, изометричность его движений во всех точках амплитуды, а также позицию, стабильность и направление экскурсий надколенника проверяли при имплантации тестовых, а затем и окончательных компонентов эндопротеза коленного сустава (рисунок 4.16).



а)



б)

Рисунок 4.16. Этапы выполнения эндопротезирования левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет с варусным гонартрозом III ст.: а) установлены тестовые компоненты эндопротеза. Коленный сустав стабилен в положении разгибания; б) установлены тестовые компоненты эндопротеза. Коленный сустав стабилен в положении сгибания. Надколенник стабилен, тенденции к вывиху нет, артикулирует с надколенниковой поверхностью передней части бедренного компонента эндопротеза.

Позиционирование компонентов эндопротеза коленного сустава, а также достигнутую коррекцию деформации нижней конечности во фронтальной плоскости оценивали при выполнении послеоперационной рентгенографии в сравнении с исходными данными (рисунок 4.17а, б).



Рисунок 4.17. Рентгенограммы левого коленного сустава пациентки Б. 74 лет: а) признаки варусного гонартроза III ст.; б) имплантирован эндопротез коленного сустава. Позиционирование компонентов корректное, варусная деформация устранена.

Точность избранной наружной ротации бедренного компонента эндопротеза оценивали при выполнении контрольных аксиальных рентгенограмм прооперированного коленного сустава. Для этого анализировали позицию надколенника относительно надколенниковой поверхности передней части бедренного компонента эндопротеза в сравнении с аналогичной рентгенограммой интактного контрлатерального коленного сустава (рисунок 4.18)

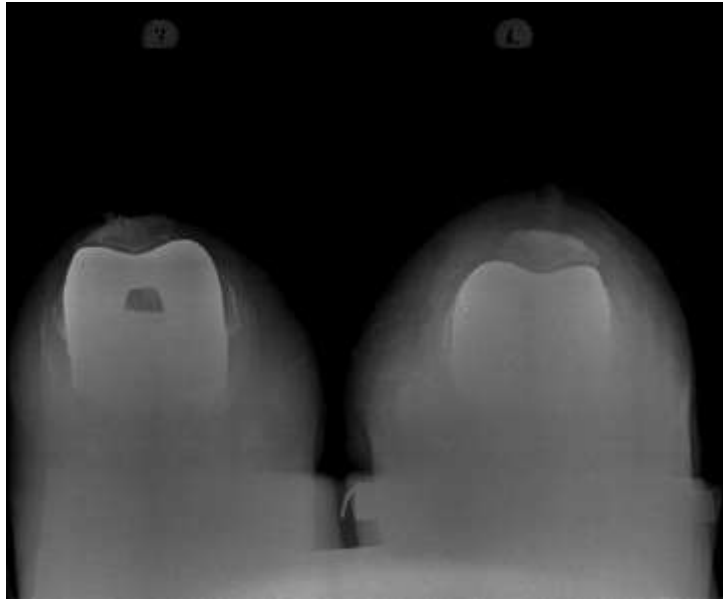


Рисунок 4.18. Аксиальные рентгенограммы коленных суставов пациентки Д. 65 лет. Корректная наружная ротация бедренного компонента эндопротеза.

Проведенная клиническая апробация обоснованной в анатомическом эксперименте техники формирования сгибательного промежутка, включавшая 56 оперативных вмешательств, позволила подтвердить возможность ее выполнения в повседневной клинической практике при эндопротезировании коленного сустава у пациентов с гонартрозом и незначительной (не превышающей 15°) варусной деформацией нижней конечности. При этом обязательным условием ее использования следует считать, по нашему мнению, выполнение соответствующей мобилизации вспомогательных элементов коленного сустава в его медиальном отделе. Этот технический прием позволяет увеличить длину рубцово-изменённой и контрагированной большеберцовой

коллатеральной связки. При этом дистальная протяженность медиального релиза зависит от выраженности варусной деформации.

Основным преимуществом данной техники является возможность достижения корректной наружной ротации бедренного компонента, обеспечивающей не только формирование равномерного сгибательного промежутка, но и нормальное функционирование разгибательного аппарата коленного сустава с физиологическими по амплитуде и направлению экскурсиями надколенника.

Таким образом, обобщение накопленного в ходе клинической апробации опыта позволяет говорить о возможности и целесообразности дальнейшего применения у пациентов с варусным гонартрозом описанной техники эндопротезирования коленного сустава, обоснованной данными анатомической и экспериментальной частей представленного диссертационного исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование было проведено с целью изучения вариантной анатомии и морфометрических характеристик основных и вспомогательных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе для экспериментального обоснования оптимальной техники выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава. В основе настоящей работы заложен анализ профильных научных публикаций отечественных и зарубежных авторов, а также результаты собственного анатомо-экспериментального исследования.

Во время первого этапа настоящей работы методом морфометрии была изучена вариантная анатомия основных элементов коленного сустава и определены основные варианты его форм. Дегенеративные изменения как основных, так и вспомогательных элементов коленного сустава, а также инструментальные методы исследования гонартроза были проанализированы в ходе второго и третьего этапов представленного исследования.

В рамках решения поставленных задач, морфометрическому исследованию были подвергнуты 100 интактных костей скелета нижних конечностей, а также 30 влажных, 30 полимерно-бальзамированных и 40 нефиксированных препаратов. Кроме того анатомическая часть исследования включала в себя инструментальные методы, проводимые для определения изменений структур коленного сустава при деформирующем артрозе.

В клинической части исследования 150 пациентам с деформирующим артрозом проведено комплексное инструментальное обследование для верификации морфологических признаков рассматриваемой патологии. Сопоставление прижизненных и поствитальных морфологических проявлений деформирующего артроза подтвердило полученные результаты анатомической части работы, а также доказало эффективность всех рассматриваемых прижизненных методов дополнительного обследования профильных пациентов.

Результаты анализа собственного анатомо-экспериментального исследования вместе с данными специальной литературы явились основой для подтверждения, разработки и внедрения в клиническую практику научно обоснованного выбора рациональной техники эндопротезирования больных с рассматриваемой патологией.

Для реализации цели исследования были поставлены пять задач, решения которых последовательно представлены в настоящем разделе работы.

Решению первой задачи посвящается изучение вариантной анатомии и морфометрических характеристик мышечков бедренной и большеберцовой костей интактного коленного сустава. В результате чего были определены три варианта их форм. При исследовании дегенеративно-дистрофических изменений костных структур коленного сустава при различных стадиях артроза, были получены важные сведения о возможностях различных прижизненных методик применяемых в клинической практике. Изучение морфометрических характеристик вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе предопределило решение второй задачи настоящего исследования. Установлены особенности их строения при различной форме мышечков бедренной кости. Кроме того, проведенные нами анатомо-клинические сопоставления, позволили изучить особенности строения и описать характер дегенеративных изменений не только основных, но и вспомогательных элементов – надколенника, менисков, крестообразных связок, коллатеральных связок, крыловидных складок и синовиальных сумок. Полученные данные необходимы для усовершенствования алгоритма обследования больных данного профиля и выбора оптимальной тактики лечения.

При выполнении следующего этапа нашего исследования, которое заключалось в изучении химического состава костной ткани мышечков бедренной кости, а также в исследовании кровоснабжения коленного сустава в норме и их изменениях при деформирующем артрозе, были выполнены третья и четвертая задачи настоящей работы. Показаны различия в химическом со-



ставе поверхностного и глубокого слоев костной ткани медиального мыщелка в норме и при деформирующем артрозе III степени, что является основополагающим для качественной оценки состояния костной ткани. Резюмируя исследование артериальной сети коленного сустава, определена высокая степень ее вариабельности и выраженные изменения различных показателей кровотока в артериях нижних конечностей, окклюзия нижних коленных артерий, формированием на основе существующих анастомозов окольных путей кровотока.

Решение пятой задачи предполагало обоснование в анатомическом эксперименте, а затем апробацию в клинической практике оптимальной техники выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, которая учитывает индивидуальные морфометрические характеристики мыщелков бедренной кости и состояние коллатеральных связок.

Реализация полученных экспериментальных результатов предполагает, в том числе, применение обоснованного нами способа выбора оптимальной позиции бедренного резекционного блока. Данная хирургическая техника, используемая при эндопротезировании коленного сустава, обеспечивает возможность формирования равномерного сгибательного промежутка вне зависимости от имеющегося у конкретного пациента варианта анатомического строения мыщелков бедренной кости, в том числе и включая крайние формы.

Следует отметить, что полученные в результате исследования данные о частоте встречаемости форм мыщелков бедренной кости, в целом, согласуются с большинством научных сообщений, посвященных данному вопросу. Так, результаты исследований Е.Б. Гринберг (2012) также позволили выделить три формы строения мыщелков бедренной кости: с преобладанием продольного размера медиального мыщелка, с равными размерами медиального и латерального мыщелков и с преобладанием продольного размера латерального мыщелка. Однако, сравнение собственных результатов, направленных на исследование частоты встречаемости описанных форм мыщелков бедренной кости, полученных в процессе систематизации вариантов их анатомиче-

ского строения, с данными научной литературы свидетельствовало о значительном дополнении результатами нашего исследования известных ранее сведений о данном вопросе.

Н.Н. Корнилов и Т.А. Куляба (2012) также приводят сведения о преобладании в популяции пациентов с превалированием продольного размера медиального мыщелка, что делает возможным использование наружной ротации бедренного компонента в  $3^\circ$  примерно в 80-85% клинических наблюдений. У остальных больных отклонение задней мыщелковой линии варьирует от  $3^\circ$  внутренней до  $7^\circ$  наружной ротации.

Таким образом, по данным авторов, в большинстве клинических случаев продольный размер медиального мыщелка преобладает над латеральным. Результаты нашего исследования существенно дополняют известные научные данные по рассматриваемой тематике. Они позволили не только уточнить варианты анатомического строения дистального отдела бедренной кости (преобладание продольного размера медиального мыщелка, равные продольные размеры медиального и латерального мыщелка, а также преобладание продольного размера латерального мыщелка), но и конкретизировать распределение пациентов по частоте встречаемости выделенных форм. Так, наиболее частый вариант строения с превалированием продольного размера внутреннего мыщелка, по нашим данным, имел место в 87% наблюдений, что отличается от описанной в доступной научной литературе встречаемости рассматриваемого морфотипа дистального метаэпифиза бедренной кости. Форма строения с преобладанием продольного размера латерального мыщелка имела место в 7% наблюдений, а равные размеры – в 6% случаев.

Эти данные свидетельствуют о возможности выбора «классической» наружной ротации бедренного компонента величиной в  $3^\circ$  и использовании традиционных ориентиров (надмыщелковая линия, задняя мыщелковая линия и надколенниковая поверхность) для позиционирования бедренного компонента в большинстве случаев (87%). Однако у оставшихся 13% пациентов выбор 3-х градусной наружной ротации при формировании сгибатель-

ного промежутка приведет к технической ошибке, а сформированный промежуток будет неравномерным.

Использование в качестве методики выбора обоснованного в анатомическом эксперименте варианта хирургической техники, учитывающего индивидуальные анатомические особенности строения мышечков бедренной кости и вспомогательных элементов коленного сустава, обеспечило, на наш взгляд, оптимизацию техники формирования сгибательного промежутка при эндопротезировании коленного сустава.

Осуществленная в рамках решения пятой задачи исследования клиническая апробация обоснованной в анатомическом эксперименте хирургической техники позволила убедиться в ее эффективности, подтвердить реализацию цели нашего исследования и, в целом, улучшить подходы к эндопротезированию у профильных пациентов.

## ВЫВОДЫ

1. Морфометрические показатели мыщелков необходимы для предоперационной оценки размера и техники постановки эндопротеза коленного сустава. Их изучение возможно не только на анатомическом материале (костные препараты), но и прижизненно с помощью цифровой рентгенографии, КТ и МРТ, проводимых в специальных укладках с высокой степенью достоверности. Такими показателями являются продольные, поперечные и вертикальные размеры мыщелков бедренной и большеберцовой костей, продольно-поперечный и продольно-вертикальный индексы и радиусы кривизны мыщелков бедренной кости.

2. На основании оценки продольно-поперечного индекса мыщелков бедренной кости, независимо от половой принадлежности можно выделить 3 формы мыщелков: 1 – с преобладанием продольных размеров медиального мыщелка (87%); 2 – с равными продольными размерами (6%); 3 – с преобладанием продольных размеров латерального мыщелка (7%). Аналогичные варианты форм и частота их встречаемости характерны для мыщелков большеберцовой кости. Радиусы кривизны медиального и латерального мыщелков бедренной кости различаются и определяются существующим вариантом их формы.

3. При артрозе коленного сустава I-II стадии морфометрические характеристики мыщелков не изменяются, однако отмечается локальное истончение суставного хряща, а местами и полное его отсутствие. Площадь пораженных участков суставного хряща составляет 2-3 см<sup>2</sup>. Такие изменения затрагивают преимущественно центральную часть медиального мыщелка и надколенниковую поверхность бедренной кости. При деформирующем артрозе III стадии по краям мыщелков формируются остеофиты, выступающие от края мыщелка на 3-6 мм. Причем на медиальном и переднем краях медиального мыщелка они формируют чаще всего сплошной гребень, а на лате-

ральном крае латерального мыщелка отдельные бугристости, количество которых варьирует от 2 до 5. Площадь поврежденного суставного хряща при этих стадиях гонартроза достигает 5-8 см<sup>2</sup>.

4. Исследования химического состава костной ткани медиального и латерального мыщелков интактного коленного сустава методом рентгенофазового анализа и атомно-адсорбционной спектроскопии свидетельствуют о различиях концентрации неорганической и органической компонент в поверхностном (компактном) и глубоком (губчатом) слоях. В поверхностном слое отмечается снижение массовых долей неорганических гетероэлементов, а в глубоком – увеличение доли органической компоненты. При деформирующем артрозе III стадии наиболее выраженные изменения происходят в поверхностном слое костной ткани мыщелков бедренной кости. В химическом составе остеоцитов отмечается существенное увеличение кальция, фосфора и других металлосодержащих гетероэлементов, снижение органической компоненты (оссеина), что сопровождается преобразованием кристалличности гидроксиапатита, повышением твердости костной ткани. В глубоких слоях мыщелков изменения химического состава костной ткани касаются в основном органической компоненты.

5. Морфометрические характеристики коллатеральных связок определяются формой и вертикальным радиусом кривизны мыщелков бедренной кости. При всех нормальных вариантах форм мыщелков бедренной и большеберцовой костей коленного сустава отмечается преобладание длины малоберцовой коллатеральной связки над большеберцовой. Однако соотношение длины коллатеральных связок при различных формах мыщелков существенно различается. Так при варианте с преобладанием радиуса кривизны латерального мыщелка малоберцовая коллатеральная связка на 15 – 18% по длине превосходит медиальную. При равных радиусах кривизны малоберцовая коллатеральная связка длиннее большеберцовой на 13 – 15%, а при варианте с преобладанием радиуса кривизны и вертикального размера медиаль-

ного мышелка бедренной кости – малоберцовая коллатеральная связка превосходит по длине большеберцовую лишь на 8 – 10%.

6. Морфометрические характеристики надколенника интактного коленного сустава позволяют выделить 3 его крайние формы:

- 1 – по индексу конституциональной принадлежности (удлиненный и узкий, короткий и широкий надколенник);
- 2 – по индексу фасеток (с равными фасетками и с превалированием латеральной фасетки);
- 3 – по индексу апикальной части (с выраженной апикальной частью и с отсутствием апикальной части)

При I стадии артроза коленного сустава отмечается поражение только поверхностного слоя суставного хряща площадью до 1 см., при II стадии поражается глубокий слой суставного хряща площадью до 2,5 см. III стадия характеризуется практически полным разрушением суставного хряща и появлением краевых костных разрастаний.

7. Между min и max размерами менисков, крестообразных связок, крыловидных складок и наднадколенниковой синовиальной сумки интактных коленных суставов при разных формах мышелков имеется широкий диапазон различий. При деформирующем артрозе патологические изменения данных вспомогательных элементов коленного сустава наблюдается уже на ранних стадиях. Они проявляются истончением и локальными разрывами мышелков, удлинением их заднего рога, утолщением крестообразных связок, неоднородностью их структуры и повышением эхогенности, увеличением крыловидных складок, появлением у них отростков и резким увеличением объема синовиальных сумок, формированием боковых карманов, расширением отверстий и накоплением синовиальной жидкости. Указанные воспалительные и дегенеративно - дистрофические изменения приводят к существенным различиям морфометрических параметров по сравнению с таковыми в интактном коленном суставе.

8. Выполненное сопоставление прижизненных и поствитальных морфологических проявлений гонартроза позволило полностью подтвердить полученные результаты анатомической части работы, а также подтвердить эффективность всех рассматриваемых прижизненных методов дополнительного обследования пациентов, страдающих варусным гонартрозом. Вместе с тем, следует отметить, что для определения тактики лечения больных с деформирующим артрозом коленного сустава III ст. в абсолютном большинстве случаев оказывается достаточно информативной стандартная рентгенография рассматриваемого органа, а также телерентгенография нижней конечности.

9. При эндопротезировании коленного сустава у пациентов с любыми формами строения мыщелков бедренной кости, в том числе при редко встречающихся вариантах с преобладанием продольного размера латерального мыщелка и с равными размерами обоих мыщелков необходимо использовать обоснованную в анатомическом эксперименте и апробированную в клинической практике технику выбора ротации бедренного компонента эндопротеза, основанную на оценке индивидуальных морфометрических характеристик мыщелков бедренной кости и состояния коллатеральных связок. У 13% пациентов с редко встречающимися формами мыщелков ротация бедренного компонента может варьировать от 3° внутренней до 1° наружной.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Предоперационное обследование при эндопротезировании коленного сустава должно включать высокоинформативные методы исследования (рентгенографию, телерентгенографию, КТ и МРТ), позволяющие оценить морфометрические параметры мыщелков бедренной и большеберцовой костей, ось нижней конечности, характер и величину деформации, а также состояние вспомогательных элементов коленного сустава.

2. По предложенной методике морфометрических исследований необходимо оценить размеры мыщелков бедренной кости и надколенника для определения их формы.

3. Применительно к конкретной форме мыщелков необходимо определить их вертикальный размер, радиус кривизны, рассчитать длину коллатеральных связок, ширину суставной щели для оценки предполагаемой линии и угла опиала.

4. У пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава, имеющих индивидуальные особенности анатомического строения мыщелков бедренной кости в виде преобладания продольного размера латерального или равенства продольных размеров медиального и латерального мыщелков, при выборе величины ротации бедренного компонента эндопротеза следует использовать хирургическую технику, учитывающую индивидуальные морфологические характеристики основных элементов коленного сустава.

5. Общим противопоказанием к клиническому применению обоснованной техники выбора наружной ротации бедренного компонента является наличие значительной (свыше  $15^\circ$ ) фронтальной деформации коленного сустава.



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГА – гидроксиапатит;

ДА – деформирующий артроз;

ИК – индекс кристалличности;

КТ – компьютерная томография;

МРТ – магнитно-резонансная томография;

РФА – рентгенофазовый анализ;

УЗИ – ультразвуковое исследование;

AFM – медиальный мыщелок бедренной кости (артроз);

NFL1 – латеральный мыщелок бедренной кости (поверхностный слой, норма);

NFL2,3 – латеральный мыщелок бедренной кости (глубокий слой, норма);

NFM1 – медиальный мыщелок бедренной кости (поверхностный слой, норма).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева, Л.И. Перспективные направления терапии остеоартроза / Л.И. Алексеева, Е.М. Зайцева // Научно-практическая ревматология. – 2014. – №52(3). – С. 247 – 250.
2. Андреева, Т.М. Ортопедическая заболеваемость и организация специализированной помощи при патологии костно–мышечной системы / Т.М. Андреева, В.В. Троценко // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2006. – № 1. – С. 3 – 6.
3. Аниськова, Е.П. Строение коленного сустава в эмбриогенезе человека и млекопитающих в норме и в эксперименте: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е.П. Аниськова. – Ярославль, 1986. – 17 с.
4. Асфандияров, Р.И. Закономерности роста ядер окостенения длинных трубчатых костей плодов человека мужского пола / Р.И. Асфандияров, А.Е. Лазько, Е.Е. Росткова // В кн.: Новости спортивной и медицинской антропологии. Ежеквартальный научно-информационный сборник – М., 1990. – №2. – С. 155 – 156.
5. Асфандияров, Р.И. Роль двигательной активности в морфогенезе суставов конечностей / Р.И. Асфандияров // Современная морфология – физической культуре и спорту: сб. науч. тр. – Л., 1987. – С. 162.
6. Ахпашев, А.А. Функция коленного сустава во время ходьбы у больных с разрывом передней крестообразной связки до и после оперативного лечения / А.А. Ахпашев, Н.В. Загородний, А.С. Канаев, С.Н. Кауркин, Д.В. Сковрцов // Травматология и ортопедия России. – 2016. – № 2 (22). – С. 15.
7. Ахундова, А.А. Средние и крайние формы индивидуальной изменчивости элементов коленного сустава и кровоснабжение их у новорожденных: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.А. Ахундова. – Алма-Ата, 1962. – 25 с.
8. Бахтиозин, Ф.Ш. Повреждения менисков коленного сустава / Ф.Ш. Бахтиозин // Казань: Изд-во Казанского ин-та, 1990. – 128 с.

9. Белокрылов, Н.М. Результаты хирургического лечения деформирующего гонартроза / Н.М. Белокрылов // Пермский медицинский журнал – 1998. – № 1. – С. 46 – 47.
10. Битюгов, И.А. Диагностика повреждений менисков и других внутрисуставных повреждений коленного сустава / И.А. Битюгов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1982. – № 2. – С. 69 – 74.
11. Богданов, Ф.Р. Хирургическое лечение сочетанных деформирующих артрозов крупных суставов нижних конечностей / Ф.Р. Богданов // Заболевания и повреждения суставов: сб. тр. науч. конф. – Свердловск, 1973. – С. 25 – 29.
12. Борзилова, О.Х. Морфология переходной зоны синовиальной мембраны коленного сустава на этапах онтогенеза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / О.Х. Борзилова. – М., 2005. – 24 с.
13. Бранков, Г. Основы биомеханики / Г. Бранков // Пер. с болг. Под ред. И.В. Кнетса. – М.: Мир, 1981. – 254 с.
14. Брюханов, А.В. Магнитно–резонансная томография в остеологии / А.В. Брюханов, А.Ю. Васильев. – М.: Медицина, 2006. – 199 с.
15. Буравцов, П.П. Лечение пациентов с артрозом бедренно-большеберцового и бедренно-надколенникового суставов с применением аппарата Илизарова / П.П. Буравцов, М.П. Тепленький // Гений ортопедии. – 2014. – № 3. – С. 42 – 45.
16. Быков, В.Г. Цитология и общая гистология / В.Г. Быков. – СПб.: SOTIS, 1999. – С. 321 – 325.
17. Вагапова, В.Ш. Исследование морфологии суставов в онтогенезе / В.Ш. Вагапова // Структурные преобразования органов и тканей на этапах онтогенеза в норме и при воздействии антропогенных факторов. Актуальные проблемы биологии и медицины: мат. междунар. конф. – Астрахань, 2000. – С. 33.
18. Вагапова, В.Ш. Связочный аппарат менисков коленного сустава человека в пренатальном онтогенезе / В.Ш. Вагапова, О.В. Самоходова, Д.Ю. Рыбалко // Морфологические ведомости. – 2006. – № 1–2. – С. 40 – 42.

19. Вагапова, В.Ш. Упруго-прочностные свойства менисков коленного сустава человека в зрелом, пожилом и старческом возрастах / В.Ш. Вагапова, Д.Ю. Рыбалко, О.В. Самоходова // Астрахан. мед. журн. – 2007. – Вып. 2. – С.42 – 43.
20. Вагапова, В.Ш. Функциональная морфология коленного сустава / В.Ш. Вагапова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2007. – Т.2. – №5. – С. 69 – 74.
21. Вакуленко, О.Ю. Остеоартроз: современные подходы к лечению / О.Ю. Вакуленко, Е.В. Жилиев // Ревматология. – 2016. – № 22. – С. 1494 – 1498.
22. Воронов, А.В. Биомеханические особенности функционирования коленного сустава / А.В. Воронов, А.В. Шпаков // Медико-биологические проблемы спорта. – 2017. – С. 22 – 25.
23. Габуня, Р.И. Компьютерная томография феморо-пателлярного сочленения в норме и при привычном вывихе надколенника / Р.И. Габуня, З.С. Миронова, С.П. Миронов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1986. – №12. – С. 20 – 23.
24. Гайворонский, И.В. Анатомия человека: учебник для студентов вузов: в 2 т. / И.В. Гайворонский, Г.И. Ничипорук, А.И. Гайворонский; под ред. И.В. Гайворонского. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – Т. 1: Система органов опоры и движения. – 688 с.
25. Гареева, О.Х. Строение места перехода синовиальной мембраны коленного сустава на хрящ на этапах онтогенеза / О.Х. Гареева, Л.М. Дильмухаметова, О.В. Самоходова // Актуал. пробл. хирургии и морфологии: мат. Респ. науч.-практ. конф. – Уфа, 1998. – С. 123 – 125.
26. Герасимов, А.М. Биохимическая диагностика в травматологии и ортопедии / А.М. Герасимов, Л.Н. Фурцева. – М.: Медицина, 1986. – С.27–30.
27. Гибадуллина, Ф.Б. Строение места фиксации общего сухожилия четырехглавой мышцы бедра к надколеннику / Ф.Б. Гибадуллина // Морфологические ведомости. – 2004. – № 1–2. – Приложение – С. 25.

28. Горбатенко, С.А. Ультразвуковая семиотика поражений опорно-двигательного аппарата / С.А. Горбатенко, Н.А. Еськин // Ультразвуковая и рентгеновская компьютерная томография. Перспективы развития, возможности комплексного применения с другими диагностическими методами. – М., 1991. – С. 27 – 31.

29. Городок, М.М. Некоторые закономерности распределения кровеносных сосудов в крупных суставах конечностей человека и некоторых животных / М.М. Городок, А.В. Маркевич // Морфология и морфогенез тканей и органов мезенхимного происхождения. – Иркутск, 1975. – С. 95 – 96.

30. Григорьева, Н.В. Показатели минеральной плотности костной ткани у женщин в зависимости от наличия и стадии остеоартроза коленного сустава / Н.В. Григорьева, С.П. Крочак // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2015. – №2. – С. 109 – 112.

31. Гринберг Е.Б. Вариантная анатомия коленного сустава человека в юношеском, зрелом, пожилом и старческом возрастах: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е.Б. Гринберг. – Астрахань, 2012. – 20 с.

32. Грицюк А.А. Комплексная профилактика венозных тромбоэмболических осложнений после эндопротезирования коленного и тазобедренного сустава / А.А. Грицюк, Ю.Л. Шевченко, Ю.М. Стойко // Медицинский совет. – 2014. – №2. – С. – 8 – 13.

33. Дедух, Н.В. Скелетная ткань. Т.2. / Н.В. Дедух, Е.Я. Панков // Руководство по гистологии. – СПб.: Спецлит, 2001. – С. 286 – 299.

34. Дильмухаметова, Л.М. Морфология переходной зоны синовиальной мембраны у плодов и детей / Л.М. Дильмухаметова, У.А. Мансурова, М.В. Чурилов // Морфология. – 2000. – Т. 117. – №3. – С. 39 – 41.

35. Драчевский, В.А. Оперативное лечение гонартроза с латеральной нестабильностью коленного сустава: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / В.А. Драчевский. – Л., 1984. – 16 с.

36. Дьячкова, Г.В. Рентгеноморфологические изменения мышечков бедренной и большеберцовой костей у больных деформирующим артрозом

коленного сустава / Г.В. Дьячкова, Н.В. Сазонова, Т.А. Ларионова [и др.] // Вестник рентгенологии и радиологии – 2015. – №4. – С. 12 –17.

37. Еськин, Н.А. Комплексная диагностика заболеваний и повреждений мягких тканей и суставов опорно-двигательного аппарата: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Н.А. Еськин. – М., 2001. – 30 с.

38. Зоря, В.И. Деформирующий артроз коленного сустава / В.И. Зоря, Г.Д. Лазишвили, Д.Е. Шпаковский. – М.: Литтерра, 2010. – С. 120 – 124.

39. Зубарев, А.В. Диагностический ультразвук / А.В. Зубарев. – М.: Реальное время, 1999. – 176 с.

40. Иманова, В.Р. Морфологические особенности укрепляющего аппарата надколенника в пре- и постнатальном онтогенезе / В.Р. Иманова, Ф.Б. Гибадуллина, Д.Р. Валиуллин // Актуальные вопросы клинической анатомии и оперативной хирургии: мат. 3-й Всерос. конф. с междунар. участием. – СПб., 2003. – С. 63 – 65.

41. Иманова, В.Р. Особенности развития надколенника у плодов / В.Р. Иманова, В.Ш. Вагапова // Морфология. – 2006. – Т. 129. – №4. – С. 52–54.

42. Иманова, В.Р. Особенности строения собственной связки надколенника у плодов человека / В.Р. Иманова // Морфология. – 2004. – № 4. – С. 53 – 54.

43. Кабалык, М.А. Математическая морфология изображений суставной щели и клинические проявления остеоартроза / М.А. Кабалык // Альманах современной науки и образования. – 2016. – №5 (107). – С. 36 – 40.

44. Кавалерский, Г.М. Тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием компьютерной навигации при тяжелых деформациях / Г.М. Кавалерский, В.Ю. Мурылев, П.М. Елизаров // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2010. – №2. – С. 34–40.

45. Кашеварова, Н.Г. Остеоартроз коленных суставов: факторы риска прогрессирования заболевания при пятилетнем проспективном наблюдении / Н.Г. Кашеварова, Л.И. Алексеева, С.Г. Аникин [и др.] // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2016. – С. 144 – 149.

46. Кашеварова, Н.Г. Факторы риска прогрессирования остеоартроза коленных суставов / Н.Г. Кашеварова, Л.И. Алексеева // Научно-практическая ревматология. – 2014. – Т. 52. – №5. – С. 553 – 561.
47. Киселевский, Ю.М. Структурно–функциональные особенности коленного сустава / Ю.М. Киселевский, А.В. Иванцов // Журнал Гродненского медицинского университета. – 2008. – №1 (21). – С. 109 – 112.
48. Клементьева, В.И. Оценка состояния хряща и субхондральной костной ткани у больных на ранних стадиях гонартроза / В.И. Клементьева, Т.В. Чернышева, Ю.А. Сарычева // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – №4. – С. 36.
49. Климец, Е.И. Ультразвуковая оценка функционального развития парapatеллярных и синовиальных сумок у детей и подростков / Е.И. Климец // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2006. – №6. – С. 51 – 57.
50. Коваленко, В.Н. Остеоартроз / В.Н. Коваленко, О.П. Борткевич: практическое руководство, 2–е изд., перераб. и доп. – Киев: Морион, 2005. – 592 с.
51. Козлов, В.И. Анатомия человека: учебное пособие / В.И. Козлов, О.А. Гурова. – М.: Изд–во РУДН, 2002. – 187 с.
52. Корнилов, Н.В. Актуальные вопросы организации травматолого-ортопедической помощи населению / Н.В. Корнилов, К.И. Шапиро // Травматология и ортопедия России. – 2002. – №2. – С. 35 – 39.
53. Корнилов, Н.В. Артроскопические операции на коленном суставе / Н.В. Корнилов, А.В. Войтович, З.К. Башуров // Тез. докл. 6 съезда травматологов и ортопедов России. – Нижний Новгород, 1997. – С. 493.
54. Корнилов, Н.В. Травматологическая и ортопедическая помощь в поликлинике: руководство для врачей / Н.В. Корнилов, Э.Г. Грязнухин. – СПб.: Гиппократ, 1994. – 320 с.
55. Корнилов, Н.Н. Артропластика коленного сустава / Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба. – СПб., 2012. – 228 с.

56. Косинская, Н.С. Рабочая классификация и общая характеристика поражений костно-суставного аппарата / Н.С. Косинская, Д.Г. Рохлин. – Л.: Медгиз, 1961. 102 с.
57. Кроитору, И.И. Эндопротезирование коленного сустава тотальными несвязанными эндопротезами (клиническое исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук / И.И. Кроитору. – СПб., 2000. – 20 с.
58. Куляба, Т.А. Артропластика коленного сустава / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, К.А. Новоселов. – СПб., 2016. – С. 23 – 27.
59. Куприянов, В.В. Основы микроциркуляции в синовиальных мембранах / В.В. Куприянов, Л.А. Манукян. – Ереван: Айастан, 1998. – 200 с.
60. Курзанцева, О.М. Рентгено-ультразвуковая диагностика патологии суставов / О.М. Курзанцева, А.Л. Мурашковский, А.Ф. Трофимов [и др.] // Визуализация в клинике. – 2004. – №24-25. – С.48 – 51.
61. Лагунова, И.Г. Рентгеноанатомия скелета / И.Г. Лагунова. – М.: Медицина, 1981. – 368 с.
62. Лазишвили, Г.Д. Раннее хирургическое лечение свежих наружных вывихов надколенника / Г.Д. Лазишвили, В.В. Кузьменко, С.Г. Гиршин [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии. – 1999. – №3. – С. 16 – 21.
63. Леонова, Н.М. Деформирующий артроз коленного сустава у лиц пожилого и старческого возраста: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Н.М. Леонова. – М., 1994. – 26 с.
64. Лучихина, Л.В. Артроз, ранняя диагностика и патогенетическая терапия / Л.В. Лучихина. – М.: НПО «Медицинская энциклопедия» РАМН, 2001. – 168 с.
65. Мазуров, В.И. Остеоартроз / В.И. Мазуров, И.А. Онущенко. – СПб.: СПб МАПО, 1999. – 116 с.
66. Майка, О.Ю. Диагностические возможности ультразвукового сканирования коленных суставов при остеоартрозе / О.Ю. Майка, Г.Г. Багирова, Л.В. Попова // Терапевтический архив. – 2005. – №4. – С. 44–50.



67. Макарова, М.В. Ультразвуковая сонография и магнитно-резонансная томография в выявлении дегенеративных изменений при рентгенологически нулевой стадии остеоартроза коленных суставов / М.В. Макарова, А.В. Агапитов, А.В. Юницына [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – № 1. – С. 100.
68. Макушин, В.Д. Методика индексной оценки гонартроза и эффективности его лечения / В.Д. Макушин, О.К. Чегуров // Гений ортопедии. – 2007. – № 2. – С. 9–13.
69. Маланин, Д.А. Восстановление повреждений хряща в коленном суставе / Д.А. Маланин, В.Б. Писарев, В.В. Новочадов. – Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2010. – 454 с.
70. Малахов, Н.Б. Ультразвуковая диагностика болезни Осгуда – Шлаттера / Н.Б. Малахов, М.И. Пыков, Г.М. Чочиев, [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2004. – №1. – С. 91 – 100.
71. Манукян, Л.А. Реактивные структуры синовиальных оболочек / Л.А. Манукян, Н.Е. Погосян // Актуальные проблемы хирургии и морфологии: мат. Респ. науч.–практич. конф. – Уфа, 1998. – С. 76.
72. Маркевич, А.В. Кровоснабжение синовиальной перепонки капсулы коленного сустава человека / А.В. Маркевич // Мат. научн. конф. молодых ученых. – Ростов н/Д, 1966. – Ч. I. – С. 22–24.
73. Матвеев, Р.П. Актуальность проблемы остеоартроза коленного сустава с позиции врача–ортопеда (обзор литературы) / Р.П. Матвеев, С.В. Брагина // Вестн. С.–Петербур. ун–та. Серия 11: Медицина. – 2014. – Вып.4. – С.186–195.
74. Миронов, С.П. О классификации нестабильности коленного сустава / С.П. Миронов, А.К. Орлецкий // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 1994. – №1. – С. 28 – 33.
75. Миронов, С.П. Способ хирургического лечения привычного вывиха надколенника / С.П. Миронов, С.В. Архипов // Ортопедия, травматология и протезирование – 1985. – №2. – С. 55 – 56.

76. Москалев, В.П. Медицинские и социальные проблемы эндопротезирования суставов конечностей / В.П. Москалев, Н.В. Корнилов, К.И. Шапиро [и др.]. – СПб.: МОРСАР АВ, 2001. – 160 с.
77. Насонова, В.А. Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани в России: динамика статистических показателей за 5 лет (1994–1998 гг.) / В.А. Насонова, О.М. Фоломеева, В.Н. Амирджанова // Научно-практическая ревматология. – 2000. – №2. – С. 4 – 12.
78. Никитин, В.Б. Исследования аппарата крестообразных связок коленного сустава тетрапод / В.Б. Никитин, А.Н. Макаров, С.В. Савельев [и др.] // Морфология. – 2000. – Т. 51. – №3. – С. 88 – 89.
79. Новоселов, К.А. Диагностика и лечение локальных повреждений хряща коленного сустава: пособие для врачей / К.А. Новоселов. – СПб., 2004. – 23 с.
80. Нурбулатова, Л.Г. Строение и микроциркуляторное русло синовиальных сумок коленного сустава человека: Автореф. дис ... канд. мед. наук / Л.Г. Нурбулатова. – Уфа, 2011. – 21 с.
81. Олюнин, Ю.А. Остеоартроз коленных суставов. Особенности диагностики и современные принципы лечения / Ю.А. Олюнин // Русский медицинский журнал. – 2015. – №7. – С. 404.
82. Омеляненко, Н.П. Закономерности организации волокнистых элементов и основного вещества соединительной ткани и опорного аппарата человека: Автореф. дисс. .... д-ра мед. наук / Н.П. Омеляненко. – М., 1991. – 36 с.
83. Орлецкий, А.К. Классификация и методы лечения хрящевых дефектов / А.К. Орлецкий, С.П. Миронов, И.Н. Карлов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2008. – № 3. – С. 81 – 85.
84. Орлов, Г.А. О хирургической анатомии менисков коленного сустава / Г.А. Орлов // Госпитальное дело. – 1947. – №7. – С. 26 – 31.
85. Орловский, Ю.А. Вены синовиальных сумок области коленного сустава / Ю.А. Орловский // Труды Куйбышевского медицинского ин-та. – Куйбышев, 1965. – Т. 35. – С. 57 – 60.

86. Павлова, В.Н. Синовиальная среда суставов / В.Н. Павлова. – М.: Медицина, 1980. – 294 с.
87. Петров, А.В. Клинико-сонографическая оценка активности синовиита у больных остеоартрозом коленных суставов на фоне терапии / А.В. Петров, А.А. Заяева // Научно-практическая ревматология. – 2015. – Т. 53. – №66. – С. 603 – 606.
88. Подрушник, Е.П. Суставы и возраст / Е.П. Подрушник // Патология, физиология и эксперимент. – 1994. – №2 – С. 49 – 51.
89. Попов, А.В. Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава имплантатами «ЭСИ» / А.В. Попов, М.В. Паршиков, Б.Н. Шатерников // Современные технологии в травматологии и ортопедии: сб. тез. Всеросс. науч.-практ. конф. – М., 2005 – С. 292.
90. Попова, Л.А. Структурная характеристика остеоартрозов нижних конечностей у жителей Курганской области, занятых в различных сферах деятельности / Л.А. Попова, Н.В. Сазонова // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 1 (51). – С. 107 – 111.
91. Пустовойт, Б.А. Корректирующие остеотомии области коленного сустава / Б.А. Пустовойт // Мат. конгресса травматологов - ортопедов России с международным участием. – Ярославль, 1999. – С. 327 – 328.
92. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica / О.Ю. Реброва. – М.: Медиа Сфера, 2003. – 312 с.
93. Рыбалко, Д.Ю. Строение менисков коленного сустава человека и их фиксирующего аппарата в зрелом, пожилом и старческом возрастах: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.02 / Д.Ю. Рыбалко – Уфа, 2006. – 22 с.
94. Самоходова, О.В. Развитие менисков коленного сустава и их фиксирующего аппарата в пренатальном онтогенезе: Автореф.дис. ... канд. мед. наук / О.В. Самоходова. – Уфа, 2004. – 23 с.
95. Сапин, М.Р. Анатомия человека: изд. 2-ое перер. и доп. – М.: Медицина, 1993. – Т. 2. – С. 484 – 485.

96. Свириденко, А.С. Особенности кровообращения в мышечках бедренной и большеберцовой костей при гонартрозе 2 степени / А.С. Свириденко, В.С. Бунов, М.Ю. Бирюкова [и др.] // International J. of applied and fundamental research. – 2016. – №3. – Р. 94–99.
97. Сименач, Б. И. Дисплазия проксимального эпифиза большеберцовой кости / Б.И. Сименач, Г.М. Гаев, В.А. Ручко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1981. – №6. – С. 21–25.
98. Сименач, Б.И. Фронтальные диспластические синдромы коленного сустава (рентгенометрическая характеристика) / Б.И. Сименач, Б.А. Пустовойт // Мат. 6 съезда ортопедов–травматологов. – Ярославль, 1999. – С. 411–412.
99. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека / Р.Д. Синельников. – М.: Медицина, 1996. – Т. 1. – С. 324–324.
100. Система этапного лечения гонартроза 2 - 3 стадии / А.А. Зыкин, А.А. Корыткин, Н.А. Тенилин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21682>.
101. Слободской, А.Б. Прижизненные макро- и микроскопические изменения в менисках при заболеваниях и травмах коленного сустава / А.Б. Слободской, А.А. Баранец // Морфологические аспекты регенерации и адаптационной дифференцировки структур компонентов опорно–двигательного аппарата в условиях механических воздействий: мат. междунар. науч.-практ. конф. – Курган, 2004. – С. 278–279.
102. Соколова, И.В. Задняя нестабильность коленного сустава: диагностика и лечение: Автореф. дисс.... канд. мед. наук / И.В. Соколова. – Уфа, 2000. – 21 с.
103. Стаценко, О.А. Хирургическое лечение деформирующих артрозов коленных суставов: Автореф. дисс.... канд. мед. наук / О.А. Стаценко. – Кемерово, 2005. – 135 с.
104. Тайлашев, М.М. Морфологическая характеристика передней крестообразной связки коленного сустава при ее повреждении / М.М. Тайлашев,

В.В. Бенеманский // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2003. – №1. – С. 54–58.

105. Тихилов, Р.М. Организационно-методическая работа по созданию и развитию травматологической службы Санкт-Петербурга / Р.М. Тихилов, Т.Н. Воронцова, С.С. Лучанинов. – СПб., 2009 – 373 с.

106. Тихилов, Р.М. Принципы создания и функционирования регистров артропластики коленного сустава / Р.М. Тихилов, Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба [и др.] // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2014. – №1(45). – С. 220.

107. Троценко, В.В. Принципы лечения больных с посттравматическим гонартрозом в поздних стадиях заболевания / В.В. Троценко, С.В. Каграманов // Мат. конгресса травматологов-ортопедов России с международным участием. – Ярославль, 1999. – С. 383 – 384.

108. Тумаренко, А.В. Современные аспекты диагностики и лечения деформирующего остеоартроза (ДОА) / А.В. Тумаренко, В.В. Скворцов, Г.С. Харченко // Поликлиника. – 2014. – № 4. – С. 59 – 63.

109. Чернов, А.П. Состояние связочно-капсульного аппарата коленного сустава при его боковых искривлениях / А.П. Чернов // Ортопедия, травматология, и протезирование. – 1971. – № 8. – С. 36 – 41.

110. Чичасова, Н.В. Клиническое обоснование применения различных форм препарата терафлекс при остеоартрозе / Н.В. Чичасова // Современная Ревматология. – 2010. – № 4. – С. 59–64.

111. Шавырин, А.Б. Обызвествление мениска / А.Б. Шавырин, В.В. Лапин // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1991. – № 1. – С. 41 – 42.

112. Шапиро, К.И. Заболеваемость крупных суставов у взрослого населения и состояние эндопротезирования: пособие для врачей / К.И. Шапиро, В.П. Москалев, А.М. Григорьев //. – СПб., 1997. – 13 с.

113. Шапиро, К.И. Инвалидность при травмах суставов у лиц в возрасте до 45 лет / К.И. Шапиро, В.П. Москалёв, Л.Н. Савельев // Диагностика и лечение повреждений крупных суставов. – СПб., 1991. – С. 5 – 8.

114. Шапшал, Г.Я. Деформирующий артроз надколенника / Г.Я. Шапшал // Ортопедия, травматология и протезирование. – Люцерн, 1982. – № 10. – С. 56 – 76.
115. Шатохина, С.Н. Диагностика артроза по морфологической картине синовиальной жидкости / С.Н. Шатохина, В.В. Зар, В.П. Волошин [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2010. – № 2. – С. 20 – 24.
116. Шевцов, В.И. Рентгенометрическая диагностика дисплазии мыщелков бедренной и большеберцовой костей / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, О.К. Чегуров [и др.] // Гений ортопедии. – 2008. – № 3. – С. 19 – 22.
117. Шехтер, А.Б. Хрящевая ткань / А.Б. Шехтер. М., 2006. – С.13 – 95.
118. Шостак, Н.А. Остеоартроз: актуальные вопросы диагностики и лечения / Н.А. Шостак // Ревматология. – 2014. – № 4. – С. 278 – 281.
119. Шостак, Н.А. Остеоартроз: детерминанты боли, подходы к лечению / Н.А. Шостак, Н.Г. Правдюк // Ревматология. – 2016. – № 22. – С. 1476 – 1480.
120. Юнкеров, В.И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев, М.В. Резванцев. – 3-е изд., доп. – СПб.: ВМедА, 2011. – 318 с.
121. Abraham, A.M. Population prevalence of ultrasound features of osteoarthritis in the hand, knee and hip at age 63 years: the Newcastle thousand families birth cohort / A.M. Abraham, M.S. Pearce, K.D. Mann [et al.] // BMC Musculoskelet Disord. – 2014. – № 15. – P. 162.
122. Ahlbäck, S. Osteoarthrosis of the knee: a radiographic investigation / S. Ahlbäck // Acta radiologica – 1968. – № 277. – P. 7 – 72.
123. Aldridge, J.M. Avulsion of the middle genicular artery: a previously unreported complication of anterior cruciate ligament repair. A case report / J.M. Aldridge, J.P. Weaver, W.J. Mallon // Am. J. Sports Med. – 2002. – № 30. – P. 748 – 750.

124. Aleo, E. Ultrasound versus low-field magnetic resonance imaging in rheumatic diseases: a systematic literature review / E. Aleo, F. Barbieri, L. Sconfienza [et al.] // Clin. Exp. Rheumatol. – 2014. – Vol. 32. – P. 91 – 98.
125. Alpert, J.M. The direct posterior approach to the knee: surgical and anatomic approach / J.M. Alpert, L.P. McCarty, B.R. Bach // J. Knee Surg. – 2008. – № 21. – P. 44 – 49.
126. Althausen, P.L. Incision placement for intramedullary tibial nailing an anatomic study / P.L. Althausen, R.T. Neiman // J. Orthop. Trauma. – 2002. – Vol. 16. – № 10. – P. 687 – 690.
127. Armstrong, S.J. Topographical variation within articular cartilage and subchondral bone of the normal ovine knee joint: a histological approach / S.J. Armstrong, R.A. Read, K. Price // Osteoarthritis Cartilage. – 1995. – Vol. 3 – № 1. – P. 25 – 33.
128. Artul, S. Ultrasonographic findings in a large series of patients with knee pain / S. Artul, F. Khazin, J. Hakim [et al.] // Clin. Imaging Sci. – 2014. – №4. – P. 45.
129. Atukorala, I. Synovitis in knee osteoarthritis: a precursor of disease? / I. Atukorala, C.K. Kwok, A. Guermazi [et al.] // Ann. Rheum. Dis. – 2016. – Vol. 75. – P. 390 – 395.
130. Aweid, O. Biomechanics of the knee / O. Aweid, H. Osmani, J. Melton // Orthopaedics and Trauma. – 2019. – Vol. 3. – №1. – P. 4 – 19.
131. Ayers, D.C. Common complications of total knee arthroplasty / D.C. Ayers [et al.] // J. bone joint surg. – 1997 – Vol. 79-A, № 2 – P. 278 – 311.
132. Aziz, F. Unplanned return to operating room after lower extremity arterial bypass is an independent predictor for hospital readmission / F. Aziz, E.B. Lehman, A.B. Reed // J. Vasc. Surg. – 2016. – № 63. – P. 678 – 687.
133. Babis, G.C. Double level osteotomy of the knee: a method to retain joint – line obliquity. Clinical results / G.C. Babis, K.N. An, E.Y. Chao // J. Bone Joint Surg. Am. – 2002. – Vol. 84. – P. 1380 – 1388.

134. Barberie, J.E. Extended field of view sonography in musculoskeletal disorders / J.E. Barberie, A.D. Wong, P.L. Cooperberg [et al.] // *Am. J. Roentgenol.* – 1998. – №171. – P. 751 – 757.
135. Barnett, C.H. Synovial joints. Their structures and mechanics / C.H. Barnett, D.V. Davies, M.A. Mac Conaill. – London: Longmans, 1961. – 304 p.
136. Blazek, K. Age and obesity alter the relationship between femoral articular cartilage thickness and ambulatory loads in individuals without osteoarthritis / K. Blazek, J. Favre, J. Asay [et al.] // *J. Orthop. Res.* – 2014. – № 32. – P. 394–402.
137. Boks, S.S. Follow up of posttraumatic ligamentous and meniscal knee lesions detected at MR imaging: systematic review / S.S. Boks, D. Vroegindewij, B.W. Koes [et al.] // *Radiology.* – 2006. – Vol. 238. – №3. – P. 863 – 871.
138. Boyd, S.K. Joint surface modeling with thin – plate splines / S.K. Boyd, J.L. Ronsky // *J. Biomech. Eng.* – 1999. – Vol. 121 – № 5. – P. 525 – 532.
139. Bozic, K. The Epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States / K. Bozic [et al.] // *Clin. orthop.* – 2010 – Vol. 468 – P. 45 – 51.
140. Bozic, K.J. Medicare and the orthopaedic surgeon: challenges in providing, financing, and accessing musculoskeletal care for the elderly / K.J. Bozic, B. Cramer, T.J. Albert // *J. Bone Joint Surg [Am].* – 2010. – № 92. – P. 1568–1574.
141. Bredella, M.A. Osteoarthritis new insights. Part 1: the disease and its risk factors / M.A. Bredella, L.I. Shasman, C.G. Peterfy // *Ann. Intern. Med.* – 2011. – №133. – P. 637 – 639.
142. Bruyere, O. An algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis in Europe and internationally: report from a task force of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO) / O. Bruyere, C. Cooper, J-P. Pelletier [et al.] // *Semin. Arthritis Rheum.* – 2014. – № 44 (3). – P. 253 – 263.
143. Chan, K.K. Clinical, radiological and ultrasonographic findings related to knee pain in osteoarthritis / K.K. Chan, R.W. Sit, R.W. Wu [et al.] // *PLoS One.* – 2014. – № 9. – P. 43 – 47.



144. Clark, C.R. Development of the menisci of the human knee joint. Morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury / C.R. Clark // *J. Bone Joint. Surg.* – 1983. – № 4. – P. 539 – 547.
145. Csintalan, R.P. Gender differences in patellofemoral joint biomechanics / R.P. Csintalan // *Clinical orthopaedics and related research.* – 2002. – Vol. 202. – P. 9 – 60.
146. D'Agostino, M.A. Does subclinical inflammation contribute to impairment of function of knee joints in aged individuals? High prevalence of ultrasound inflammatory findings / M.A. D'Agostino, A. Iagnocco, P. Aegerter [et al.] // *Rheumatol. Oxf.* – 2015. – № 54. – P. 1622 – 1629.
147. De Carvalho, R.T. Relationship between the middle genicular artery and the posterior structures of the knee / R.T. de Carvalho, L.A. Ramos, J.V. Novaretti [et al.] // *The Orthop. J. of Sports Medicine.* – 2016. – № 4. – P. 1 – 6.
148. Dennis, M.G. Surgical management of the middle age arthritic knee / M.G. Dennis, Di P.E. Cesare // *Bull. Hosp. Jt. Dis.* – 2003. – Vol. 61. – № 3-4. – P. 172 – 178.
149. Devgan, A. Medial opening wedge high tibial osteotomy for osteoarthritis of knee: long-term results in 50 knees / A. Devgan, K.M. Mary // *Kundu Med J Malaysia.* – 2003. – Vol. 58. – №1. – P. 62 – 68.
150. Duncan, S.T. Sensitivity of standing radiographs to detect knee arthritis: a systematic review of level I studies / S.T. Duncan, M.S. Khazzam, J.M. Burnham [et al.] // *Arthroscopy.* – 2015. – № 31 (2). – P. 321 – 328.
151. Filho, E.S. Pseudoaneurysm after arthroscopic procedure in the knee / E.S. Filho, G.R. Isolani, F.R. Baracho [et al.] // *Rev. Bras. Ortop.* – 2015. – № 50. – P. 131 – 135.
152. Freeman, M Radiological assessment of osteoarthrosis / M. Freeman // *J. Bone jt. Surg.* – 1987. – Vol. 45. – № 1. – P. 23 – 27.
153. Fuller, H. High resolution peripheral quantitative computed tomography for the assessment of morphological and mechanical bone parameters [Electronic resource] / H. Fuller, R. Fuller, R.M. Pereira // *Rev. Bras. Reumatol.* – 2014. – Vol. 59. – № 2. – P. 22 – 28.

154. Gaasbeek, R.D. Distal tuberosity osteotomy in open wedge high tibial osteotomy can prevent patella infera: a new technique / R.D. Gaasbeek, H. Sonneveld // *Knee*. – 2004. – Vol. 11 (6). – № 4. – P. 457 – 466.
155. Gabrion, A. Relationship between ultrastructure and biomechanical properties of the knee meniscus / A. Gabrion, P. Amedieu, Z. Laya // *Surg. Radiol. Anat.* – 2005. – Vol. 27, № 6. – P. 507 – 510.
156. Gaetke–Udager, K. Knee MRI: vascular pathology / K. Gaetke–Udager, D.P. Fessell, P.S. Liu // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2015. – Vol. 205. – P. 142 – 149.
157. Gardner, E. The anatomy of the joints and dewelopment of joints / E. Gardner // *Amer. Acad. Orthop. Surg. Instruct. Course Lectur.* – 1952. – № 9. – P. 149 – 170.
158. Green, R.N. Irreducible fracture–dislocation of the knee / R.N. Green, M.K. Pullagura, J.P. Holland // *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* – 2014. – № 48. – P. 363 – 366.
159. Hailer, N.P. Uncemented and cemented primary total hip arthroplasty in the Swedish hip arthroplasty register / N.P. Hailer, G. Garellick, J.Körrholm // *Acta orthop.* – 2010 – Vol. 81, № 1 – P. 34 – 41.
160. Hall, M. Synovial pathology detected on ultrasound correlates with the severity of radiographic knee osteoarthritis more than with symptoms / M. Hall, S. Doherty, P.Courtney [et al.] // *Osteoarthritis Cartilage*. – 2014. – № 22. – P. 1627 – 1633.
161. Hardcastle, S.A. Osteophytes, enthesophytes, and high bone mass: a bone-forming triad with potential relevance in osteoarthritis / S.A. Hardcastle, P. Dieppe, C.L. Gregson [et al.] // *Arthritis Rheumatol.* – 2014. – № 66. – № 9. – P. 2429 – 2439.
162. Hardcastle, S.A. Prevalence of radiographic hip osteoarthritis is increased in high bone mass / S.A. Hardcastle, P. Dieppe, C.L. Gregson [et al.] // *Osteoarthritis Cartilage*. – 2014. – № 24. – P. 1063.
163. Hassenpflug, J. The German arthroplasty register EPRD, structure, procedures and organisation / J. Hassenpflug. – 2012 – P. 6 – 14.

164. Heller, L. The menisco–femoral ligaments of the human knee / L. Heller, J. Langman // *J. Bone jt. Surg.* – 1964. – Vol. 46. – № 2. – P. 307 – 313.
165. Hill, C.L. Synovitis detected on magnetic resonance imaging and its relation to pain and cartilage loss in knee osteoarthritis / C.L. Hill, D.J. Hunter, J. Niu [et al.] // *Ann. Rheum. Dis.* – 2007. – Vol. 66. – № 12. – P. 1599 – 1603.
166. Hunter, D.J. OARSI clinical trials recommendations: Hand imaging in clinical trials in osteoarthritis / D.J. Hunter, N. Arden, F. Cicuttini [et al.] // *Osteoarthritis Cartilage.* – 2015. – Vol. 23. – № 5. – P. 732 – 746.
167. Imhoff, A.B. Corrective osteotomy in primary varus, double varus and triple varus knee instability with cruciate ligament replacement / A.B. Imhoff // *Orthopedic reviews.* – 2004. – Vol. 33. – № 2. – P. 201 – 207.
168. Insall, J.N. Rationale of the knee society clinical rating system / J.N. Insall, L.D. Dorr, R.D. Scott, W.N. Scott // *Clin. Orthop.* – 1989. – № 248. P. 13–14.
169. Jakob, R.P. Closing wedge osteotomy of the tibial head in treatment of single compartment arthrosis / R.P. Jakob, M. Jacobi // *Orthopedic research.* – 2004. – Vol. 33. № 2. – P.143 – 152.
170. Jeffrey, D.R. Imaging hyaline cartilage / D.R. Jeffrey, I. Watt // *Br. J. Radiol.* – 2003. – Vol. 76. – № 1. – P. 777 – 787.
171. Kankovsky, V. Long-term results of unicompartmental knee joint replacement / V. Kankovsky, Z. Ptacek, P. Kubat // *Acta Chir. Orthop. Traumatol Cech.* – 2004. – Vol.71. – № 2. – P. 84 – 92.
172. Kawakami, H. Gait analysis system for assessment of dynamic loading axis of the knee / H. Kawakami, N. Sugano, K. Yonenobu // *Gait Posture.* – 2005. – Vol. 21. – № 1. – P.125–130.
173. Keller R. Hip Pain and Radiographic Signs of Arthrosis: Which Correlation? / R. Keller // *Revue medicale suisse.* – 2016. – Vol. 20. – № 12. – P. 156–160.
174. Kellgren, J.H. Radiological assessment of osteoarthrosis / J.H. Kellgren, J.S. Lawrence // *Ann. Rheum. Dis.* – 1957. – №16. – P. 494 – 501.
175. Kerkhof, H.J. Prediction model for knee osteoarthritis incidence, including clinical, genetic and biochemical risk factors / H.J. Kerkhof, S.M. Bierma-

Zeinstra, N.K. Arden [et al.] // *Ann. Rheum. Dis.* – 2014. – Vol. 73. Vol. – № 12. – P. 2116 – 2221.

176. Kim, S.J. The safe establishment of a transseptal portal in the posterior knee / S.J. Kim, H.T. Song, H.K. Moon [et al.] // *Traumatol. Arthrosc.* – 2011. – №19. – P. 1320 – 1325.

177. Kim, T.K. Neurovascular complications of knee arthroscopy / T.K. Kim, R.M. Savino, E.G. McFarland [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2002. – №30. – P. 619 – 629.

178. Kirschner, M.H. Importance of arterial blood supply to the femur and tibia for transplantation of vascularized femoral diaphyses and knee joints / M.H. Kirschner, J. Menck, A. // *World J. Surg.* – 1998. – №22. – P. 845 – 851.

179. Komatsu, M. Rapid bone destruction in a patient with knee osteoarthritis. A case report and review of the literature / M. Komatsu, M. Kamimura, Y. Nakamura [et al.] // *Clin. Cases Miner. Bone Metab.* – 2014. – Vol. 11. – № 3. – P. 232 – 235.

180. Kondoh, Y. Scanning electron microscope observation of the fine vascular distribution in the synovial membrane of the dog knee joint / Y. Kondoh // *Arch. Histol. Jap.* – 1973. – Vol. 35. – № 2. – P. 115 – 126.

181. Kuroda, R. Treatment of a full-thickness articular cartilage defect in the femoral condyle of an athlete with autologous bone-marrow stromal cells / R. Kuroda, K. Ishida, T. Matsumoto // *Osteoarthritis Cartilage.* – 2007. – № 15. – P. 226 – 231.

182. Kwak, S.D. Anatomy of the human patellofemoral joint articular cartilage: surface curvature analysis / S.D. Kwak, W.W. Colman, G.A. Atesliian // *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society.* – 1997. – Vol. 15. – № 3. – P. 468 – 472.

183. Labek, G. Minimally invasive medial unicompartmental knee replacement / G. Labek, N. Bohler // *Orthopade.* – 2003. – Vol. 32. – № 6. – P. 454 – 560.

184. Ledingham, J. Factors affecting radiographic progression of knee osteoarthritis / J. Ledingham, M. Regan, A. Jones [et al.] // *Ann. Rheum. Dis.* – 1995. – Vol. 54. – P. 53 – 58.

185. Lee, J.L. Medial collateral ligament injuries of the knee: Ultrasonographic findings / J.L. Lee, I.S. Song, Y.B. Jung [et al.] // J. Ultrasound Med. – 1996. – № 15. – P. 621 – 625.
186. Leutert, G. Zur praenatalen Entwicklung der Menisci / G. Leutert, L. Schwalbe, M. Schwalbe // Anat. Anz. – 1986. – Bd. 160. – S. 207 – 208.
187. Limb salvage and outcomes among patients with traumatic popliteal vascular injury: an analysis of the national trauma data bank / P.S. Mullenix, S.R. Steele, C.A. Andersen [et al.] // J. Vasc Surg. – 2006. – №44. – P. 94 – 100.
188. Lindstrom, J. Structure and function of the capillary bed in synovial tissue / J. Lindstrom // Acta Rheum. Scand. – 1963. – Vol. 9. – № 1. – P. 10 – 13.
189. Machner, A. Quadriceps muscle function after high tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee / A. Machner, G. Pap, A. Krohn // Clin Orthop Relat Res. – 2002. – Vol. 399. – P. 177–183.
190. Makridis, K.G. Neurovascular anatomic relationships to arthroscopic posterior and transseptal portals in different knee positions / K.G. Makridis, A. Wajsfisz, N. Agrawal [et al.] // Am. J. Sports Med. – 2013. – №41. – P. 1559–1564.
191. Malas, F.U. Ultrasonographic evaluation in symptomatic knee osteoarthritis: clinical and radiological correlation / F.U. Malas, M. Kara, B. Kaymak // Int. J. Rheum. Dis. – 2014. – №17. – P. 536 – 540.
192. Martel–Pelletier, J. IGF/ IGFBP axis in cartilage and bone in osteoarthritis pathogenesis. Inflamm. Res / J. Martel–Pelletier, J.A. Di Baiista, D. Lajeunesse [et al.] // Clin. Orthop. – 1998. – Vol. 47. – P. 90 – 100.
193. Marti, C.B. The relationship between cup design and the radiological signs of aseptic loosening in total knee arthroplasty / C.B. Marti, E. Gautier, S.W. Wachtl // J. Bone Joint Surg Br. – 2003. – Vol. 85. – P. 31–36.
194. Ng, C.K. Distal femoral rotation correlates with proximal tibial joint line obliquity: a consideration for kinematic total knee arthroplasty / C.K. Ng, J.Y. Chen, J.Z. Yang Yeh [et al.] // J. of Arthroplasty. – 2018. – P. 34 – 38.
195. Ornstein, E. Early complications after one hundred and forty-four consecutive hip revisions with impacted morselized allograft bone and cement / E.

Ornstein [et al.] // J. bone joint surg. – 2002 – Vol. 84-A. – P. 1323 – 1328.

196. Pape, D. Stability, bone healing and loss of correction after valgus realignment of the tibial head. A roentgen stereometry analysis / D. Pape, F. Adam, S. Rupp // Orthopade. – 2004. – Vol. 33. – P.208 – 217.

197. Pascher, A. Analysis of two different techniques of osteosynthesis in high tibial osteotomy / A. Pascher, W. Materna, R. Windhager // Z. Orthop. Ihre Grenzgeb. – 2003. – Vol. 141. – № 1. – P. 37 – 41.

198. Petersen, W. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint / W. Petersen, B. Tillmann // Anat. Embryol. (Berl). – 1999. – №200. – P. 325 – 334.

199. Porat, A. High prevalence of osteoarthritis 14 years after an anterior cruciate ligament tear in male soccer players: a study of radiographic and patient relevant outcomes / A. Porat, E.M. Roos, H. Roos // Ann. Rheum. Dis. – 2004. – Vol. 63. – P. 269 – 273.

200. Pour, A.E. Rotation hinged total knee replacement: use with caution / A.E. Pour [et al.] // J. bone joint surg. – 2007 – Vol.89-A. – P. 1735–1741.

201. Poynton, A.R. The meniscomfemoral ligaments of the knee / A.R. Poynton // J. Bone & Joint Surgery. – 1997. – Vol. 79. – №2. – P. 327 – 330.

202. Putz, R. Anatomy and biomechanics of biomechanics of the knee joint / R. Putz // Radiology. – 1995. – Vol. 35. – № 5. – P. 77 – 86.

203. Qiestad, B.E. Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis / B.E. Qiestad, C.B. Juhl, I. Eitzen [et al.] // Osteoarthritis Cartilage. – 2015. – № 23. – P. 171 – 177.

204. Reddy, A.S. Evaluation of the intraosseous and extraosseous blood supply to the distal femoral condyles / A.S. Reddy, R.W. Frederick // Am. J. Sports Med. – 1998. – №26. – P. 415 – 419.

205. Resnick, D. Diagnosis of bone and joint disorders / D. Resnick, G. Niwoyama. – Philadelphia: W. B. Saunders, 1981. – 1276 p.

206. Ruiz, S.F. From radiography to cross-sectional imaging techniques / S.F. Ruiz, A. Chinchilla, A. Ansari [et al.] // Radiology research and practice. Imaging of hip pain. – 2016. – №1. – P. 63 – 69.
207. Rutten, M.J. Meniscal cysts: detection with high-resolution sonography / M.J. Rutten, J.M. Collins, A. van Kampen [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 1998. – Vol. 71. – P. 491 – 496.
208. Saberi, H.F. Association between biomarkers of tissue inflammation and progression of osteoarthritis: evidence from the Rotterdam study cohort / H.F. Saberi, A.S. Siebuhr, A.G. Uitterlinden [et al.] // Arthritis research & therapy. – 2016. – Vol. 18, № 1. – P. 81 – 85.
209. Saito, A. Functional status of the articularis genus muscle in individuals with knee osteoarthritis / A. Saito, K. Okada, I. Saito [et al.] // J. Musculoskelet. neuronal interact. – 2016. – Vol. 16. – № 4. – P. 348 – 354.
210. Salaria, H. Anatomic study of the middle genicular artery / H. Salaria, R. Atkinson // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). – 2008. – №16. – P. 47 – 49.
211. Sarmanova, A. Synovial changes detected by ultrasound in people with knee osteoarthritis – a meta-analysis of observational studies / A. Sarmanova, M. Hall, J. Moses [et al.] // Osteoarthritis cartilage. – 2016. – Vol. 24. – № 8 – P. 1376 – 1383.
212. Scapinelli, R. Studies on the vasculature of the human knee joint / R. Scapinelli // Acta Anat. (Basel). – 1968. – №70. – P. 305 – 331.
213. Scapinelli, R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures / R. Scapinelli // Clin. Anat. – 1997. – №10. – P. 151 – 162.
214. Sekaran, S.V. Nonanatomic location of the posterior horn of a medial meniscal autograft implanted in a cadaveric knee adversely affects the pressure distribution on the tibial plate / S.V. Sekaran, M.X. Hull, S.M. Howell // Am. J. Sports Med. – 2002. – № 1–2. – P. 74 – 82.
215. Seymour, R. Sonographic appearances of meniscal cysts / R. Seymour, D.C. Lloyd // J. Clin. Ultrasound. – 1998. – Vol. 171. – P. 496 – 506.

216. Shabalin, V.N. Diagnostic markers in the structures of human biological liquids / V.N. Shabalin, S.X. Shatokhina // Singapore Med. J. – 2007. – Vol. 48. – № 5. – P. 440 – 446.
217. Shah, N.K. Occurrence of “never events” after major open vascular surgery procedures / N.K. Shah, A. Farber, J.A. Kalish // J. Vasc. Surg. – 2016. – №63. – P. 738 – 745.
218. Shim, S.S. Blood supply of the knee joint. A microangiographic study in children and adults / S.S. Shim, G. Leung // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1986. – №208. – P. 119 – 125.
219. Sindel, M. Morphological and morfometric cadaveric study of the human menisci / M. Sindel, F.B. Vildirim, N. Ogur [et al.] // Ital. J. Anat. Embriology. – 1999. – Vol. 104. – № 1. – P. 656.
220. Small, N.C. Complications in arthroscopic surgery of the knee and shoulder / N.C. Small // Orthopedic research. – 1993. – №16. – P. 985 – 988.
221. Smith, D.E. Arterial complications and total knee arthroplasty / D.E. Smith, R.W. McGraw, D.C. Taylor [et al.] // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2001. – №9. – P. 253 – 257.
222. Sonin, A.H. MR imaging appearance of the extensor mechanism of knee: functional anatomy injury patterns / A.H. Sonin, S.W. Fitzgerald, M.E. Bresler [et al.] // Radiographics. – 1995. – Vol. 15. – № 2. – P. 367 – 382.
223. Spector, T.D. Definition of osteoarthritis of the knee for epidemiological studies / T.D. Spector, D.J. Hart, J. Byrne [et al.] // J. of Arthroplasty. 2019. – P. 25 – 31.
224. Starok, M. Normal patellar retinaculum MR and sonographic imaging with cadaveric correlation. – M. Starok, L. Lenchik // Am. J. of Roentgenol. – 1997. – Vol. 168. – №6. – P. 9 – 14.
225. Toyras, J. Speed of sound in normal and degenerated bovine articular cartilage / J. Toyras, M.S. Laasanen, S. Saarakkala [et al.] // Ultrasound Med. Biol. – 2003. – Vol. 29. – №3. – P. 447 – 454.



226. Tozzi, A. Pseudoaneurysm of the descending genicular artery after arthroscopic meniscectomy: report of a case / A. Tozzi, E. Ferri, E. Serrao [et al.] // J. Trauma. – 1996. – №41. – P. 340 – 341.
227. Trees, A. Voluntary activation of quadriceps femoris in patients with unilateral anterior cruciate ligament rupture within 6 months of injury: A cross-sectional observational study / A. Trees, J. Dixon, T.E. Howe // Man Ther. – 2016. – №22. – P. 153 – 157.
228. Tsumaki, N. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates maturation of callus in patients treated with opening-wedge high tibial osteotomy by hemicallosis / N. Tsumaki, M. Kakiuchi, J. Sasaki // J. Bone Joint Surg. Am. – 2004. – Vol. 86. – P. 2399 – 2405.
229. Turmezei, T.D. A new CT grading system for hip osteoarthritis / T.D. Turmezei, A. Fotiadou, D.J. Lomas [et al.] // Osteoarthritis Cartilage. – 2014. – Vol. 22. – № 10. – P. 1360 – 1366.
230. Ulasli, A.M. Accuracy in detecting knee effusion with clinical examination and the effect of effusion, the patient's body mass index, and the clinician's experience / A.M. Ulasli, F. Yaman, O. Dikici [et al.] // Clin Rheumatol. – 2014. – №33. – P. 1139 – 1143.
231. Van de Weijer, M.A. Morbidity of femoropopliteal bypass surgery / M.A. van de Weijer, R.R. Kruse, K. Schamp [et al.] // Semin. Vasc. Surg. – 2015. – № 28. – P. 112 – 121.
232. Van Limberg, J. La vascularisation des articulation de le panche et du genou / J. Van Limberg // Phleobologie. – 1971. – Vol. 24. – №2. – P. 133 – 136.
233. Vascular and nerve injury after knee dislocation: a systematic review / O. Medina, G.A. Arom, M.G. Yeranorian [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2014. – №472. – P. 2621–2629.
234. Walker, P.S. Biomechanics of the patella in total knee replacement / P.S. Walker // Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA. – 2001. – Vol. 1. – P. 3 – 7.

235. Wei, X. Maturation - related compressive properties of rabbit knee articular cartilage and volume fraction of subchondral tissue / X. Wei, T. Rdsdnen // Osteoarthritis and cartilage. – 1998. – Vol. 21. – № 7.– P. 9 – 40.
236. Weinberg, E.P. Color Doppler sonography of patellar tendinosis / E.P. Weinberg, M.J. Adams, G.M. Hollenberg // Am. J. Roentgenol. – 1998. – Vol. 171. – P.743 – 744.
237. Wirz, P. Knee joint simulator: an anatomical reconstruction of the joint surfaces and of the ligamentous structures of the knee joint for teaching purposes / P. Wirz, R.P. Jacob // Knee surgery, sports traumootlogy, arthroscopy. – 1999. – Vol. 7. – № 1. – P. 59 – 62.
238. Yamamoto, M. Anatomical study on the menisco–femoral ligaments of the knee / M. Yamamoto, K. Hironata // Kobe J. Med. Lei. – 1991. – Vol. 37. – № 4–5. – P. 209 – 226.
239. Yoshino, N. Total knee arthroplasty with long stem for treatment of nonunion after high tibial osteotomy / N. Yoshino, S. Takai, Y. Watanabe // J. Arthroplasty. – 2004. – Vol. 19. – № 4. – P.528 – 531.
240. Zukor, D. The fate of human meniscal allografts / D. Zukor, J.C. Cameron, P. Brooks // Articular cartilage and knee joint function: basis science and arthroscopy. – N.Y.: Ewing J. Raven Press, 1990. – P. 147 – 152.