

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И.М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи



Бахвалова Вера Александровна

**Функциональная мультиспиральная компьютерная томография коленного
сустава в диагностике патологии пателлофemorального сочленения**

14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор, академик РАН

Терновой Сергей Константинович

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1. Распространенность и медико-социальный аспект патологии пателлофemorального сочленения	13
1.2. Патогенез и анатомические предпосылки развития заболеваний пателлофemorального сочленения	15
1.3. Клиника и диагностика патологии пателлофemorального сочленения	21
1.3.1. Лучевая диагностика патологии пателлофemorального сочленения.....	23
1.3.2. Артроскопическая оценка патологии пателлофemorального сочленения.....	32
1.4. Современный взгляд на выбор тактики лечения пациентов с заболеваниями пателлофemorального сочленения.....	33
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	40
2.1. Общая характеристика собственного материала.....	40
2.2. Методы обследования пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.....	43
2.2.1. Клинические методы.....	43
2.2.2. Рентгенологические методы.....	45
2.2.3. Артроскопическая оценка патологии.....	57
2.2.4. Статистическая обработка данных.....	58
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	60
3.1. Результаты рентгенографии коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.....	60
3.2. Результаты МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.....	63
3.3. Результаты функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.....	67

3.4. Результаты артроскопического оперативного вмешательства у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.....	71
3.5. Результаты магнитно-резонансной томографии коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения (обследование в рамках предоперационной подготовки).....	73
3.6. Диагностическая эффективность и прогностическая ценность рентгенографии, МСКТ и функциональной МСКТ у пациентов с патологией пателлофemorального сочленения.....	75
3.7. Клинический пример.....	82
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	95
4.1. Сравнение диагностической эффективности и аспектов применения рентгенографии, МСКТ и функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с патологией пателлофemorального сочленения.....	95
4.2. Выделение степеней выраженности патологических изменений пателлофemorального сочленения на основе данных функциональной МСКТ.....	103
4.3. Протокол описания данных функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.....	105
4.4. Сравнение возможностей МРТ и функциональной МСКТ при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.....	108
4.5. Алгоритм лучевого обследования пациентов с патологией пателлофemorального сочленения.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
ВЫВОДЫ.....	120
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	121
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	123

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Пателлофemorальное сочленение (ПФС) является компонентом коленного сустава, имеющим сложную биомеханику и выполняющим функцию повышения эффективности четырехглавой мышцы бедра путем увеличения силы разгибательного механизма вдвое. В условиях обычной физической активности человека сочленение испытывает выраженную нагрузку по величине и продолжительности. При центрированном расположении надколенника относительно борозды блока, согласно данным некоторых авторов (Бабуркиной Е.П., 2013), его равнодействующая сила может достигать 99 кгс. Нестабильное состояние надколенника приводит к перераспределению нагрузок в сочленении и может привести к дисфункции всего коленного сустава.

Патология пателлофemorального сочленения является одной из значимых проблем травматологии и ортопедии, что обусловлено сложностью и разнообразием встречающихся нозологических форм [82]. Ввиду полиэтиологичности распространенность заболеваний ПФС достаточно высока и составляет от 15 – 33% у взрослого населения и 21 – 45% у подростков [82, 127, 146].

Патологические изменения ПФС травматического и нетравматического характера встречаются в основном у трудоспособных людей молодой и средней возрастных групп, ведущих активный образ жизни, а также у спортсменов и военнослужащих [127], что имеет неоспоримую социальную значимость. Женщины более подвержены заболеваниям бедренно-надколенникового сочленения [51].

Проблема хронической нестабильности и рецидивирующих вывихов надколенника у подростков также актуальна на сегодняшний день. Ежегодно в России количество пациентов в возрасте 11 – 18 лет с заболеваниями ПФС увеличивается более чем на две тысячи. Пациенты данной категории, как правило,

имеют ограничение физической активности различной степени выраженности и уровень качества жизни в целом ниже, чем их сверстники [1].

Нестабильное состояние ПФС с наличием дополнительных аномальных векторов трекинга приводит к изменениям хрящевого покрытия надколенника и далее к развитию артроза пателлофemorального сочленения. Соответственно, раннее выявление патологических изменений сочленения является важным условием хорошего прогноза. Трудности диагностики патологии ПФС обуславливают выявление заболевания на более поздних стадиях и применение неадекватных методик лечения, что в более чем в половине случаев приводит к развитию хронической нестабильности и необратимых дегенеративно-дистрофических изменений сочленения, и, как следствие, к снижению трудоспособности пациентов, а в отдельных случаях – к инвалидизации [129, 130].

В связи с вышеизложенным повышение эффективности диагностики патологии пателлофemorального сочленения для определения оптимальной персонифицированной тактики ведения пациентов сохраняет свою актуальность.

Степень разработанности темы исследования

Диагностика заболеваний ПФС зачастую вызывает затруднение, так как нередко пателлофemorальный болевой синдром принимается врачом ошибочно за изменение связок или менисков коленного сустава [14]. Также это связано с тем, что оптимальный алгоритм верификации патологических изменений сочленения еще не разработан [2, 111].

На сегодняшний день для диагностики патологии ПФС используется физикальный осмотр с пробами и тестами и методы лучевой диагностики. Для визуализации сочленения преимущественно применяется рентгенография и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), выполняемые на стандартных углах сгибания коленного сустава. В качестве методик, дополняющих информацию о состоянии структур переднего отдела коленного сустава, используется магнитно-резонансная томография (МРТ) и ультразвуковое

исследование (УЗИ) [5]. Патология пателлофemorального сочленения по природе своей является чисто динамической, а все методы, применяемые для объективизации изменений и взаимоотношения надколенника и блока, в большинстве своем статичны или от части динамичны, включая даже самые современные. Исследования при согнутом коленном суставе также не лишены определенных недостатков и не всегда позволяют поставить правильный диагноз, так, например, гиперпрессия латеральной фасетки надколенника может не проявляться на стандартных углах сгибания и при расслаблении четырехглавой мышцы бедра [13]. Нераспознанные вовремя патологические изменения сочленения приводят к формированию необратимых дегенеративно-дистрофических изменений переднего отдела коленного сустава, стойкому болевому синдрому и ограничению занятиями спортом и физическим трудом. Соответственно, существует необходимость в разработке единого стандартизированного диагностического алгоритма обследования больных с подозрением на патологию ПФС, так как его отсутствие ведет к ошибкам при выборе тактики ведения, ухудшению эффективности лечения и прогноза качества жизни.

Цель исследования

Совершенствование лучевой диагностики у пациентов с заболеваниями пателлофemorального сочленения при помощи функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) коленного сустава.

Задачи исследования

1. Разработать методику проведения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава для определения взаимоотношения структур пателлофemorального сочленения во время проведения функциональной пробы (разгибание коленного сустава).

2. Оценить диагностические возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в выявлении патологии пателлофemorального сочленения и сравнить диагностическую эффективность функциональной МСКТ, статической МСКТ и рентгенографии у данной категории пациентов.

3. Разработать протокол описания данных функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

4. Определить оптимальный алгоритм лучевого обследования у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

5. Выделить степени выраженности патологических изменений пателлофemorального сочленения на основе результатов функциональной МСКТ для оптимизации выбора тактики лечения данной категории пациентов.

Научная новизна

Разработан способ диагностики (функциональная мультиспиральная компьютерная томография – фМСКТ) патологии пателлофemorального сочленения, основанный на выполнении движения в коленном суставе в момент выполнения компьютерной томографии.

Впервые изучены пространственные взаимоотношения структур сочленения и его биомеханика при одномоментном выполнении разгибания коленного сустава и томографирования в динамическом объемном режиме.

Разработан протокол оценки и описания патологических изменений сочленения по данным функциональной МСКТ у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения, дополненный новыми возможностями для корректного предоперационного планирования.

Предложен алгоритм лучевого обследования пациентов с определенными заболеваниями пателлофemorального сочленения.

На основе данных фМСКТ выделены степени патологических изменений при латеральной нестабильности пателлофemorального сочленения, применяемые при выборе оптимального метода лечения.

Теоретическая и практическая значимость

В представленном научном исследовании проведена оценка и сравнение диагностических возможностей лучевых методов при патологии ПФС. Предложен оптимальный алгоритм лучевого обследования для пациентов с заболеваниями пателлофemorального сочленения с использованием фМСКТ, нивелирующей недостатки статических методик и обладающей высокой диагностической эффективностью. Определены критерии оценки патологических изменений пателлофemorального сочленения при выполнении фМСКТ и предложен протокол описания данных. Выделены степени выраженности патологических изменений ПФС по данным фМСКТ, применимые для определения оптимальной тактики ведения пациентов. Предложено использование фМСКТ для контроля эффективности лечения у пациентов с патологией ПФС.

Методология и методы исследования

Представленная к защите диссертационная работа проведена с соблюдением этических норм, принципов и постулатов доказательной медицины. Методология данной научно-исследовательской работы предусматривала определение критериев отбора, характеристик и объема выборки для обеспечения ее репрезентативности, разработку дизайна исследования, определение оптимальных инструментов для статистической обработки полученных результатов. При обследовании пациентов в рамках диссертационной работы применялись современные диагностические методы.

Положения, выносимые на защиту

1. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава позволяет визуализировать структуры пателлофemorального сочленения непосредственно в процессе выполнения его функции и проводить полноценное обследование пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

2. Функциональная МСКТ превосходит стандартные методики в диагностической эффективности при выявлении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника и может быть применена у данной категории пациентов без предварительного выполнения стандартного рентгенографического исследования коленного сустава.

3. Протокол описания функциональной МСКТ дает возможность выделить степени латеральной нестабильности и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, что позволяет выбрать оптимальную тактику лечения пациентов.

Внедрение результатов исследования в практику

Основные научные положения, выводы и практические рекомендации, полученные в результате проведенной исследования, внедрены в учебный процесс кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО ПМГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), а также в лечебно-диагностическую работу отделения лучевой диагностики № 2 и травматолого-ортопедического отделения Университетской клинической больницы № 1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).

Личный вклад автора

Все результаты, представленные в диссертационной работе, самостоятельно получены автором в отделении лучевой диагностики № 2 Университетской клинической больницы №1 Сеченовского Университета. Автор принимала непосредственное участие в планировании и проведении лучевого обследования всех 135 пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения, включенных в исследование. Автором проанализированы и сопоставлены результаты, полученные при рентгенологических исследованиях и интраоперационно, определена диагностическая эффективность каждого из лучевых методов исследования на основе обработки данных с использованием статистических программ. В ходе исследования автором предложен оптимальный алгоритм лучевого обследования и разработан протокол описания данных фМСКТ у пациентов с заболеваниями пателлофemorального сочленения, а также дополнена семиотика патологических изменений сочленения при нарушении биомеханики.

Апробация результатов работы

Основные положения диссертации были обсуждены и доложены на конгрессе Российского общества рентгенологов и радиологов 2017, VI Евразийском конгрессе травматологов-ортопедов 2017, XI Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов – Радиология 2017, XII Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов – Радиология 2018, XI Всероссийском съезде травматологов и ортопедов 2018, XIII Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов – Радиология 2019, XV научно-практической конференции с международным участием «Лучевая диагностика и научно-технический прогресс в ортопедии и травматологии 2019», XV Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов – Радиология 2021, XVI научно-практической

конференции с международным участием «Лучевая диагностика и научно-технический прогресс современных томографических методов 2021».

Диссертация апробирована на совместном заседании кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО ПМГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) и кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО ПМГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (протокол № 9 от 15 февраля 2022 г.).

Публикации

По результатам исследования автором опубликовано 8 работ: 1 оригинальная научная статья в журнале, включенном в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 2 оригинальных научных статьи в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus; 1 оригинальная научная статья в ином издании; 4 публикации в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

По тематике работы, выбранным методам исследования (рентгенография, мультиспиральная компьютерная томография, функциональная мультиспиральная компьютерная томография), предложенным новым алгоритмам и научным положениям представленная диссертация соответствует паспорту научной специальности 14.01.13 Лучевая диагностика, лучевая терапия.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 13 таблиц, 23 рисунка, включает введение, обзор литературы, главу, посвященную материалам и методам исследования, главу, посвященную результатам собственных исследований, главу, посвященную обсуждению полученных результатов, заключение, выводы, практические рекомендации и список литературы, содержащий 150 источников, из них 38 отечественных и 112 иностранных.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Распространенность и медико-социальный аспект патологии пателлофemorального сочленения

Патология пателлофemorального сочленения – распространенная, но до сих пор недостаточно изученная проблема. Это связано с тем, что патология имеет мультифакторный характер и часто может имитировать повреждение других структур коленного сустава или быть не диагностирована вовсе. Распространенность изолированной патологии ПФС колеблется в пределах 6,9 – 36,1% в мире по данным ряда наблюдений [30]. Некоторые авторы указывают на то, что пателлофemorальный синдром, обусловленный как первично изолированной патологией сочленения, так и вторично, например, повреждением крестообразных связок, наблюдается у более чем 70% пациентов, обратившихся за помощью с жалобами на боль и нарушение движений в коленном суставе [2]. По данным литературы у каждого шестого пациента, наблюдающегося у травматолога-ортопеда по поводу проблем с коленным суставом, причиной симптоматики и ограничения функции стали именно дегенеративно-дистрофические изменения пателлофemorального сочленения, особенно это касается лиц женского пола [30, 107].

Точная диагностика и своевременное лечение патологии ПФС имеет социальную значимость, так как она затрагивает в основном молодых людей трудоспособного возраста (до 60 лет), ведущих активный образ жизни [81]. Эпидемиология заболеваний ПФС у взрослых пациентов от 18 до 60 лет по данным различных литературных источников составляет от 6 до 77 случаев на 100 000 населения, причем женщины подвержены данному виду патологии в 1,5 – 2 раза чаще, чем мужчины [51, 81, 127, 146]. Также важным фактом является то, что патология ПФС достаточно распространена у людей, имеющих социально важные профессии. Например, группа авторов из Великобритании в систематическом обзоре, опубликованном в 2018 году, приводит данные о распространенности

патологии ПФС у военных и профессиональных спортсменов [127]. Так, в группе военнослужащих, состоящих преимущественно из мужчин, заболеваемость составила от 9,7 до 571,4 случаев на 1000 человеко-лет. В группе профессиональных мужчин-велосипедистов наблюдалась распространенность патологии ПФС 35,7% с симптомами любой продолжительности и 6,4% с симптомами продолжительностью более 30 дней, а в группе женщин профессиональных спортсменов – 29,3% с симптомами неизвестной продолжительности.

У подростков наиболее распространена нестабильность ПФС, сопровождающаяся подвывихом или вывихом надколенника, в возрасте от 10 до 17 лет. Она связана в основном со спортивной травмой и составляет более 30 случаев на 100 000 в год [79]. Стоит отметить, что острая нестабильность сочленения встречается примерно одинаково среди мальчиков и девочек, однако возникновение хронической нестабильности наблюдается у девочек почти в 3 раза чаще [79, 95]. Среди подростков более чем в 40% случаев при консервативном лечении случается рецидив вывиха надколенника [79].

У взрослого населения нестабильность сочленения, сопровождающаяся первичным подвывихом и вывихом надколенника, согласно современным источникам, варьирует в диапазоне от 6 до 112 случаев на 100 тысяч человек в зависимости от пола и возраста [1], причем в значительной части случаев (37%) причиной вывиха была обычная бытовая нагрузка. Эпизоды подвывиха или вывиха надколенника не проходят бесследно, создавая условия для формирования более грубых дегенеративно-дистрофических изменений структур сочленения, более того, повторные случаи подвывиха или вывиха могут отмечаться более чем у половины пациентов, что становится причиной рецидивирующей нестабильности надколенника [1, 140].

Следует отметить, что, несмотря на то, что такую патологию, как синдром гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, многие авторы не упоминают непосредственно, и роль данного синдрома обычно недооценивается, в литературе

встречаются отдельные данные, свидетельствующие о немалой распространенности этого заболевания: от 7 до 15% [99].

Нарушение стабильности ПФС и пателлофemorальный болевой синдром как осложнение тотального эндопротезирования коленного сустава также не является редкостью [27]. По данным некоторых авторов, у 26% пациентов в разные периоды времени после эндопротезирования возникают симптомы, связанные с нарушением положения надколенника по высоте или с так называемым «низким» («псевдонизким») надколенником [27, 54]. Причем риск развития такого осложнения выше у тех пациентов, у кого до операции была тенденция к низкому расположению надколенника относительно щели коленного сустава [112].

1.2. Патогенез и анатомические предпосылки развития заболеваний пателлофemorального сочленения

Травматологи-ортопеды разных стран до сих пор дискутируют по поводу этиопатогенеза нарушения стабильности надколенника и развития дегенеративно-дистрофических изменений пателлофemorального сочленения [30]. Часть исследователей поддерживают общепринятую мультифакторную природу остеоартроза коленного сустава, при которой основными факторами риска развития дегенеративно-дистрофических изменений сочленения являются такие традиционные причины, как женский пол, пожилой возраст, избыточный вес, наследственная предрасположенность, оперативные вмешательства в анамнезе, гипермобильность суставов, травмы и чрезмерные нагрузки на сустав [30, 104]. Другие же высказываются в пользу попытки выделить специфические триггеры именно артроза ПФС. Например, отдельные авторы отметили определенный возраст и избыточную массу тела в качестве основных факторов риска развития заболеваний ПФС [132]. Все же стоит отметить, большинство авторов сходятся во мнении, что патогенетические основы возникновения заболеваний пателлофemorального сочленения имеют свои особенности и тесно связаны со спецификой анатомии и биомеханики.

Суставная поверхность надколенника представлена двумя фасетками – медиальной и латеральной, которые разделены срединным гребнем. Латеральная фасетка расположена по отношению к вертикальной плоскости под углом $27 - 35^\circ$, медиальная фасетка – под углом $40 - 45^\circ$ [25]. Нижний или дистальный полюс надколенника, к которому прикрепляется собственная связка надколенника, расположен экстраартикулярно. При сгибании коленного сустава фасетки надколенника контактируют с суставным хрящом межмыщелковой борозды бедренной кости, которая углубляется дистально.

При нормальной биомеханике сочленения скольжение надколенника происходит согласно рельефу борозды, без гиперпрессии, а нижняя часть медиальной фасетки (так называемая «спящая» фасетка) соприкасается с нижне-медиальным отделом межмыщелковой ямки бедра только в состоянии сгибания коленного сустава на $90 - 95^\circ$ и более за счет ротации надколенника [30, 148]. Стоит отметить, что существующие мнения отдельных авторов сходятся в том, что рельеф хрящевого покрытия фасеток надколенника и соответствующая поверхность кости надколенника дисконгруэнтны с контуром мыщелков бедра [30, 91].

При патологических вариантах оси нижней конечности такое сложное строение суставных поверхностей и отсутствие адекватного контактирования создают условие для дисбаланса распределения сил напряжения в пателлофemorальном сочленении и коленном суставе [30, 42]. Сочетанные сложные изменения оси нижней конечности, такие как одновременная ротация бедренной и большеберцовой костей, например, при вальгусной деформации, приводят к изменению так называемого угла Q или угла квадрицепса. Данный показатель, используемый для оценки оси нижней конечности, впервые был предложен Brattstrom [30, 42, 147]. Это угол, образуемый линией оси четырехглавой мышцы и линией, проведенной по ходу собственной связки надколенника, пересекающимися в центре надколенника. В норме, когда надколенник строго центрирован в межмыщелковой вырезке, значения угла квадрицепса составляют $8 - 10^\circ$ у мужчин и $15 \pm 5^\circ$ у женщин [41]. Нарушение оси

нижней конечности изменяет угол Q и уменьшает рычаг действия четырехглавой мышцы бедра, что создаёт условия для нестабильности сочленения и латеропозиции надколенника во время разгибания голени.

Важными факторами, от которых зависит нормальная биомеханика и стабильность сочленения, являются конфигурация самого надколенника и форма блокового отдела мыщелков бедренной кости [5]. В 40-х годах XIX века Wiberg G. ввел классификацию строения суставной поверхности надколенника на основе вариации морфологии фасеток надколенника, которая включает три типа строения [5, 143]: I тип – равные медиальные и боковые фасетки, которые являются слегка вогнутыми (нормальная анатомия), II – медиальная фасетка плоская или слегка выпуклая, меньше по размеру, чем латеральная, III – очень маленькая выпуклая медиальная фасетка. Данная классификация наиболее часто применяется на практике [26]. Также используется классификация по Wiberg, но дополненная Баумгартлом [48], которая предполагает наличие IV типа конфигурации надколенника [11] – маленькая медиальная фасетка с костным выступом или гребнем. При II-IV типах наблюдается дисбаланс, и латеральная фасетка принимает на себя основную нагрузку, оказываемую квадрицепсом, что ведет к нарушению стабильности сочленения, синдрому гиперпрессии латеральной фасетки и дистрофическим изменениям костно-хрящевых структур. Некоторые авторы выделяют и V тип конфигурации надколенника, при котором наблюдается аплазия медиальной фасетки с формированием так называемой гемипателлы, которая встречается очень редко [7]. По мнению ряда авторов, с возрастом суставные фасетки надколенника претерпевают дегенеративно-деструктивные изменения, что может приводить к изменению типа конфигурации по Wiberg [4]. Этими авторами также было проведено исследование, в результате которого выяснилось, что у женщин чаще, чем у мужчин, встречается конфигурация надколенника типа II и III по Wiberg, что в свою очередь подтверждает большую распространенность патологии ПФС среди лиц женского пола.

В большей степени стабильность пателлофemorального сочленения зависит от формы блокового отдела мыщелков бедренной кости. Диспластические

изменения мышечков являются одной из основных причин нестабильности надколенника. При дисплазии рельеф межмышечковой борозды изменяется, что приводит к отсутствию нормальных биомеханических условий для скольжения надколенника. В клинической практике наиболее часто используют классификацию диспластических изменений блока по Dejour [65], включающую четыре типа дисплазии: тип А – мышечки относительно хорошо сформированы, межмышечковая борозда неглубокая, тип В – блок уплощен, имеется надмышечковая шпора, формирующая плато, тип С характеризуется ассиметричными блоковыми отделами мышечков с выпуклым и гипопластичным передним отделом медиального мышечка, тип D схож с типом С, но при нем на блоковом отделе медиального мышечка имеется латеральная шпора больших размеров. Тип D является самой тяжёлой формой дисплазии и встречается в литературе под названием «отвесная скала» [62]. Диспластические изменения блока и асимметрия мышечков бедра приводит к неправильному распределению давления на костно-хрящевые структуры ПФС и его нестабильности.

Дисплазия блока может также сочетаться с диспластическими изменениями надколенника. Наиболее частыми вариантами дисплазии надколенника являются: гипоплазия, аплазия, дольчатый (р. bipartite) или многокомпонентный (р. tripartite и т.д.) надколенник, фрагментация и дублирование [138].

Анатомическая стабильность надколенника и нормальная биомеханика сочленения также зависят от многослойной системы стабилизаторов, которая с медиальной и латеральной стороны поддерживает надколенник. К пассивным стабилизаторам сочленения принято относить элементы связочного аппарата. Анатомическая стабильность латеральной стороны обеспечивается латеральным удерживателем надколенника, состоящим из двух слоев: поверхностный первый слой с преимущественно косым направлением волокон и второй глубокий слой с более поперечным направлением волокон. Второй слой, который включает поперечную фасцию, отвечающую за фиксацию подвздошно-большеберцевой связки надколенника, играет наиболее важную роль в его стабилизации, так как связка стабилизирует пателлу в момент полного разгибания сустава и дает

латеральную тягу при сгибании [2, 26]. Следовательно, изменение компонента, отвечающего за медиальную стабилизацию надколенника может привести к подвывиху. Доказано, что при взаимодействии с неизменным медиальным стабилизирующим компонентом латеральный удерживатель обеспечивает плотный контакт надколенника с блоком бедра и препятствует его медиальному и латеральному смещению [61]. Анатомическую стабильность медиального отдела сочленения обеспечивает система, состоящая из трех слоев, наиболее значимой структурой которой является медиальная пателлофemorальная связка, находящаяся во втором слое, глубже медиальной широкой мышцы бедра [2]. Она считается главным статическим стабилизатором, препятствующим избыточной латеропозиции надколенника [26]. Стоит отметить также роль внутренней бедренно-надколенниковой связки в стабилизации ПФС. Исследования с использованием трупного материала продемонстрировали, что вклад этой связки в предотвращение избыточного латерального смещения надколенника составляет более 60% [43].

К активным стабилизаторам надколенника относят мышцы, входящие в разгибательный аппарат нижней конечности. Так, ослабление косых волокон дистальных отделов квадрицепса является важным фактором в нарушении трекинга надколенника и приводит к ослаблению латеральной стабилизации надколенника примерно на треть по сравнению с нормально функционирующими мышцами при сгибании в коленном суставе [1, 30]. Дисфункция квадрицепса может наблюдаться, например, при дисплазии волокон, при которой ориентация их изменяется как в медиальном направлении относительно оси бедренной кости (более чем на 47°), так и в латеральном направлении (более чем на 35°) [30], или возникает нарушение электрофизиологических потенциалов мышцы [1, 147]. Исследования некоторых авторов подтвердили также, что атрофические изменения медиальной широкой мышцы бедра, развившиеся вторично в течение жизни, играют важную роль в патофизиологии нестабильности ПФС [114].

К этиологическим факторам развития нестабильности надколенника и, как следствие, артроза ПФС, относится также нарушение положения надколенника по

высоте. *Patella alta* (Пателла альта) – ригидный «высокий» надколенник – состояние, когда отмечается удлинение связки надколенника и высокое (проксимальное) его расположение относительно щели коленного сустава. В этой ситуации надколенник не контактирует с межмышцелковой бороздой на ранних этапах сгибания в коленном суставе, что является фактором риска его избыточного смещения и вывиха [1]. Blackburne и Insall указывают на ведущую роль «высокого» надколенника в развитии нестабильности сочленения, так как *Patella alta* изменяет моменты рычагов действия сухожилия четырехглавой мышцы бедра и собственной связки надколенника, увеличивая стресс-нагрузку на структуры сочленения и вызывая изменения хряща [30, 98]. Этиология нарушения положения надколенника по высоте до сих пор обсуждается, однако, Dejour в своих исследованиях у пациентов с высоко расположенным надколенником часто отмечал ригидность прямой мышцы бедра и предположил, что данное патологическое состояние может быть следствием диспластических изменений квадрицепса [30, 140].

Существует также нарушение положения надколенника по высоте, когда отмечается дистальное расположение надколенника по отношению к щели коленного сустава – «низкий» надколенник или *Patella baja* (Пателла баджа). Это состояние вызывает хронический болевой пателлофemorальный синдром, ограничение подвижности коленного сустава и развитие дегенеративно-дистрофических изменений сочленения [46]. Низко расположенный надколенник наиболее часто возникает как послеоперационное или посттравматическое осложнение в результате снижения силы натяжения четырехглавой мышцы бедра. *Patella baja* нередко встречается после тотального эндопротезирования коленного сустава. Болевой синдром в этом случае может неверно расценен как признаки ранней нестабильности компонентов эндопротеза [27]. Это может возникнуть после операции в результате рубцевания и укорочения сухожилия надколенника, а также при изменении высоты щели коленного сустава между компонентами эндопротеза. Это состояние называется «псевдонизкий» надколенник: надколенник остается в нормальном положении по отношению к блоку бедренной кости, но расстояние между надколенником и голенью уменьшается [40].

«Псевдонизкий» надколенник может быть результатом чрезмерной резекции большеберцовой или бедренной костей, а также неправильного подбора полиэтиленового вкладыша [27].

В качестве фактора риска развития патологии ПФС некоторые авторы указывают генерализованную гипермобильность суставов [21]. Это патологическое состояние, при котором происходит нарушение структуры и ориентации в пространстве волокон опорных коллагенов I и II типов, возникающее в результате генных мутаций и действия окружающей среды [30]. При проявлениях гипермобильности наблюдается снижение прочности коллагеновых волокон, размягчение и разволокнение хрящевых структур, в частности связочного аппарата коленного сустава и надколенника [30]. Генерализованная гипермобильность коленного сустава и ПФС может наблюдаться при заболеваниях соединительной ткани, синдроме Марфана, Дауна и других.

1.3. Клиника и диагностика патологии пателлофemorального сочленения

Полиморфизм и неспецифичность клинических проявлений патологии ПФС, особенно на ранних стадиях развития, затрудняет ее диагностику, своевременную профилактику и адекватное лечение. Диагностику патологии ПФС следует начинать с тщательного сбора анамнеза и расспроса пациента. Наличие травмы, операции на коленном суставе или образа жизни, связанного со стабильной перегрузкой коленного сустава, имеют особое значение. Основными жалобами при изолированной патологии ПФС, исключая острые ситуации, являются боли в переднем отделе коленного сустава, чувство неустойчивости в суставе, псевдоблокады коленного сустава, слабость и судороги мускулатуры бедра и голени [18]. Боль локализуется обычно за надколенником, либо более распространена, охватывая область инфрапателлярно, медиальных или латеральных отделов. Реже пациенты жалуются на болевые ощущения в подколенной области. Характер боли, как правило, тупой, ноющий. Симптомы в

основном усиливаются при воздействии избыточной нагрузки на сочленение, например, длительный подъем по лестнице, приседания и сидение на корточках [3].

Физикальный осмотр пациента с подозрением на заболевание ПФС необходимо проводить в положениях стоя, сидя и лежа. Следует выполнять статическое (пассивное) и динамическое (активное) обследование пациента. При динамическом обследовании необходимо произвести оценку походки при ходьбе босиком, которая позволит выявить функциональную недостаточность, например, избыточную пронацию подтаранного сустава [18]. При статическом обследовании в положении стоя следует оценить деформацию оси нижней конечности, примерную величину угла Q, расположение надколенника по высоте, наличие избыточной его ротации. В положении сидя обследование может проходить в пассивно-активном режиме. Необходимо проанализировать состояние мышц, участвующих в сгибании голени, сравнительно оценить объем обеих конечностей на различных уровнях и выявить наличие гипотрофии, оценить траекторию движения надколенника при полупассивном сгибании в коленном суставе [18, 120]. Некоторые авторы указывают на необходимость выявления крепитации при движении надколенника и точной локализации ее происхождения [105]. Так, если при сгибании крепитация возникает при почти полностью разогнутом коленном суставе, то поражены дистальные отделы фасеток надколенника, а если крепитация возникает позже, то проксимальные. В положении лежа проводится пальпаторная оценка удерживателей надколенника, собственной связки надколенника, места прикрепления сухожилия квадрицепса к надколеннику.

Для анализа состояния латерального удерживателя проводится тест ограничения поднятия латерального края надколенника: определяется степень пассивной латерализации либо медиализации надколенника, в норме которые должны превышать половины его аксиального размера (длины) [18, 79]. Важным элементом при обследовании является выявление симптома предчувствия вывиха: при попытке слегка сместить надколенник пальцами латерально во время начала сгибания в коленном суставе у пациента усиливаются болевые ощущения и появляется предчувствие вывиха надколенника, что резким напряжением мышц

бедра и выраженной реакцией пациента [18]. Из диагностических тестов во время клинического осмотра также применяются тест на выявление J – признака (надколенник смещается латерально по мере разгибания сустава, таким образом, что траектория его движения напоминает перевернутую букву J) [17], тест на выявления симптома «глаза кузнечика» (крайнее латеральное положение обоих надколенников, вызванное смещением и феморальной антеверсией в положении пациента сидя с согнутыми коленями) и другие [79, 81].

Физикальное обследование также можно дополнить оценкой функции коленного сустава по шкале нестабильности надколенника (Norwich Patellar Instability Score), ориентирующейся на виды физической активности, потенциально приводящие к возникновению подвывиха или вывиха надколенника: прыжки, длительное сидение на корточках, ходьба по неровной поверхности, бег по ровной и неровной поверхности, приседания и другие виды. Максимально возможная оценка составляет 250 баллов, что соответствует 100% [17].

1.3.1. Лучевая диагностика патологии пателлофеморального сочленения

Рентгенография

Общепринятым стандартом обследования пациентов на этапе после опроса и осмотра является применение методов лучевой диагностики. Среди классических рентгенографических методик наиболее информативна методика Мерчанта (Merchant) [5, 103], при которой возможно получение косо-аксиальных рентгенограмм ПФС с лучшей визуализацией верхнего отдела блока. Укладка пациента по Merchant производится в положении лежа на спине с согнутой ногой в коленном суставе до 45° , трубка рентгеновского аппарата устанавливается сверху вниз под углом 30° по отношению к горизонтальной плоскости, кассета располагается за коленным суставом на расстоянии 30 см [5]. При отсутствии возможности выполнить классическую укладку по Merchant возможно применение укладки для нижне-верхней тангенциальной проекции надколенника: пациент лежит на спине, коленный сустав согнут на $40 - 45^\circ$, под сустав помещается валик

или мешок с песком, кассета стоит на середине бедер, перпендикулярно центральному лучу, который направлен снизу вверх под углом около 30° [101]. Реже используются укладки по методу Хьюстона (пациент лежит на животе и удерживает с помощью ленты голень, обеспечивая сгибание в коленном суставе до 55° , центральный луч направлен под углом $15 - 20^\circ$ к голени), так как такая укладка может быть некомфортна для пациента, а также может возникнуть геометрическое искажение изображения из-за сложностей выравнивания центрального луча и ноги [90].

По полученным аксиальным рентгенограммам возможна оценка угла бедренной борозды (угла, образованного линиями, проведенными вдоль медиальной и латеральной суставными поверхностями блока), нормальными значениями которого считаются $138 \pm 6^\circ$, а угол более 144° свидетельствует о дисплазии блока [5, 50] и индекса Бернажо – индекса, обозначающего дистанцию между проекцией передней бугристости большеберцовой кости и проекцией самой низкой точки передней межмышцелковой выемки, в норме составляющего от 10 до 15 мм [31]. Отклонение от нормы значения этой дистанции обычно свидетельствует о нестабильности бедренно-надколенникового сочленения, но стоит отметить, что оценка данного индекса достаточно субъективна и зачастую недостоверна, так как возможна только по идеально выполненной рентгенограмме, так как даже при небольшой ротации получаются не истинные значения индекса. Также возможна оценка угла конгруэнтности – угла между биссектрисой угла борозды и линией, соединяющей самую нижнюю точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмышцелковой борозды. Все значения медиальнее биссектрисы отрицательные (-), а латеральнее - положительные (+) [102]. В среднем угол конгруэнтности равен -6° , со стандартным отклонением в 11° [102]. Некоторые авторы считают, что этот интервал широк и упоминают нормальные значения угла равные минус 8° с отклонением в 11° [39]. В целом по данным литературы значения угла более $+3 - +5$ градусов указывают на латеропозицию надколенника [39, 102]. Стоит отметить, что оценка точного значения угла по рентгенограммам, особенно на пленке, затруднительна и довольно субъективна, ввиду сложностей, связанных

с построением линий и вероятных ошибок укладки. Несколько проще оценить по аксиальной рентгенограмме угол латерального наклона надколенника: угол между линией от медиального полюса к латеральному и линией, параллельной условно проведенной горизонтали, соединяющей задние отделы мышечков бедренной кости [5, 84].

В целом, получение аксиальной проекции ПФС является достаточно сложной задачей как для лаборанта, так и для пациента, так как нередко не достигается нужный угол сгибания коленного сустава, не всегда удается избежать ротации конечности и напряжения четырехглавой мышцы бедра, которое приводит к втяжению надколенника в межмышечковую борозду.

При получении боковых рентгенограмм, необходимых для оценки сагиттальной проекции коленного сустава и пателлофemorального сочленения, необходимо идеальное наложение двух задних мышечков [63]. Рентгеновский снимок выполняется в статической позиции с углом сгибания коленного сустава $25 - 30^\circ$ [5, 64]. Правильно выполненные боковые рентгенограммы (без ротации) позволяют получить важную информацию о положении надколенника по высоте. По данным литературы, для оценки положения надколенника используется два основных индекса: индекс Катона-Дешампа и индекс Инсалл-Сальвати [53, 139]. Индекс Катона-Дешампа (Caton-Deschamps) [58, 64] равен отношению расстояния от нижнего края суставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости к длине суставной поверхности надколенника. Значение отношения $\leq 0,6$ свидетельствует о низком расположении надколенника или так называемом синдроме Пателла баджа. Соотношение $\geq 1,2$ означает высокое расположение надколенника или наличие синдрома Пателла альта. Индекс Инсалл-Сальвати (Insall-Salvati) [5, 89] рассчитывается путем деления длины собственной связки надколенника на длину надколенника. В норме значение равно 1. Отношение $\leq 0,8$ указывает на признаки Пателла баджа, при значениях более 1,2 можно сделать заключение о наличии Пателла альта [5].

При наличии подозрения на дисплазию блока по боковым и аксиальным рентгенограммам производится оценка степени выраженности изменений. К.

Tecklenburg и соавторы [133] в 2006 году обобщили и опубликовали наиболее популярную классификацию диспластических изменений блока бедренной кости в зависимости от рентгенологических признаков. При типе дисплазии А отмечается симптом перекреста – линия дна блока бедренной кости пересекается с передним контуром боковой поверхности мыщелка бедренной кости и уровнем, на котором блок является плоским. Также тип А характеризуется неглубоким блоком на аксиальной рентгенограмме в целом. При типе дисплазии В рентгенологически отмечается плоская форма блока бедренной кости, положительный симптом перекреста и надблоковая шпора или выступ. Тип С на рентгенограммах характеризуются аномально частично вогнутой форма блока, положительным симптомом перекреста и сдвоенным контуром суставных фасеток. При самом тяжелом типе дисплазии, типе D рентгенограммы характеризуются наличием всех приведенных выше патологических признаков дополнительно с элементами гипоплазии внутреннего мыщелка бедренной кости [1, 133].

В исследовании Ешназарова К.Е. и соавторов [75] указывается на диагностические возможности аксиальной рентгенографии коленного сустава в оценке послеоперационных изменений при тотальной артропластике коленного сустава без замены и с эндопротезированием суставной поверхности надколенника при остеоартрозе ПФС IV степени. Данные рентгенографии позволили сформулировать авторам методические рекомендации по поводу тактики лечения выраженных дегенеративно-дистрофических изменений ПФС.

Стресс-рентгенография

В некоторых источниках иностранной литературы для диагностики нестабильности надколенника предлагается использовать классическую рентгенографию в аксиальной проекции, но со стресс-пробами или пробамии с принудительным смещением надколенника относительно межмыщелковой ямки [80, 110]. Данную методику как дополнительное исследование авторы предлагают использовать при условии адекватного обезболивания пациента, зачастую в условиях операционной с использованием портативного рентгеновского аппарата, применяемого для интраоперационного контроля. Для оценки смещения

надколенника на полученных рентгенограммах используя метод Лаурина [97], согласно которому необходимо провести касательную линию по передней поверхности бедренных мыщелков, затем две линии, перпендикулярные этой касательной линии: одну пересекающую вершину мыщелка, вторую пересекающую край надколенника. По расстоянию между двумя перпендикулярными линиями и следует оценивать наличие или отсутствие патологической подвижности надколенника при стресс-пробах. Данный метод используется редко, так как является очень операторозависимым и сопряженным с трудностями проведения [5].

Компьютерная томография

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) отлично демонстрирует морфологию костей коленного сустава и позволяет оценить многие параметры пателлофemorального сочленения [41]. Учитывая возможность получение тонких срезов с толщиной до 0,5 мм и возможность последующей мультипланарной, в том числе 3D, реконструкции, классическая МСКТ является более точным методом визуализации травматических и дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава и сочленения, аномалий строения, острого вывиха надколенника на до- и послеоперационном этапах [5, 6, 69]. Кроме того, МСКТ позволяет за короткое время выполнить томограмму нижних конечностей с меньшей лучевой нагрузкой на пациента, чем при выполнении на обычном рентгеновском аппарате, которая дает возможность достоверно оценить угол Q [5], а также проконтролировать точность выполнения опилов костей и правильность позиционирования компонентов эндопротеза после операции [20].

Некоторые авторы [16] отмечают особую роль МСКТ, заключающуюся в возможности получения данных о плотностных характеристиках (в единицах Хаунсфилда), которые указывают на степень дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава, в том числе артроза пателлофemorального сочленения, и имеют прямое отношение к выбору метода лечения.

Обычно в практике статическая МСКТ коленного сустава для выявления нарушений в ПФС выполнялась при выпрямленной конечности, а также при

сгибании 15° , $25 - 30^\circ$ и 45° [125]. Как и в ситуации с рентгенографией, при классической МСКТ не всегда возможно достижение точного значения угла и оптимального состояния четырехглавой мышцы бедра.

Один из важных параметров нестабильности пателлофemorального сочленения, который МСКТ позволяет оценить, в отличие от рентгенографии, - это индекс ТТ-TG (от английских терминов Tibial Tubercle – Trochlear Groove Distance – расстояние бугристость большеберцовой кости – блоковая борозда), описанный впервые Гуталлиером и Бернау еще в 1978 году [56]. Индекс ТТ-TG является точным показателем избыточного смещения надколенника относительно борозды блока при латеропозиции или медиализации надколенника, однако при классической статической МСКТ на стандартных углах сгибания возможно оценить изменения индекса, соответствующие только выраженной нестабильности, например, при подвывихе надколенника [5]. Для получения индекса необходимо произвести аксиальную МIP-реконструкцию (англ. maximum intensity projection, сокращенно МIP) с толстыми срезами таким образом, чтобы в одном поле обзора находилось сразу несколько анатомических ориентиров: задние отделы мыщелков бедра, межмышцелковая задняя вырезка и передне-верхний отдел бугристости большеберцовой кости. Расстояние в миллиметрах между перпендикуляром, проведенным к условной горизонтали, соединяющей задние отделы мыщелков (задней чрезмышцелковой линии) через центральный отдел задней межмышцелковой вырезки, и перпендикуляром, проведенным к задней чрезмышцелковой линии через бугристость большеберцовой кости, и будет являться значением индекса ТТ-TG [94]. Дистанция ТТ-TG индивидуальна у каждого человека, однако, существует исследование, доказывающее прямую корреляцию между наличием вальгусной деформацией оси нижней конечности и увеличенным индексом ТТ-TG [5, 87]. В норме, согласно литературе, значение индекса соответствует 10 – 13 мм, значение индекса более 15 – 20 мм свидетельствует о выраженной нестабильности пателлофemorального сочленения [137].

При МСКТ возможна оценка угла борозды и угла конгруэнтности аналогично рентгенографии в аксиальной проекции, а также угла латерального

наклона надколенника – угла с вершиной в латеральном полюсе надколенника, образованного линией, проведенной через наибольший аксиальный размер надколенника, и линией, параллельной задней чрезмышцелковой линии [5, 124]. Угол наклона надколенника на сегодняшний день рассматривается как еще один признак нестабильного ПФС, но не как изолированный независимый анатомический фактор риска нарушения биомеханики. Увеличение угла и соответственно наличие патологического наклона является следствием или обнаруживается сочетано с изменением индекса TT-TG или дисплазией блока. По данным большинства авторов патологическим является значение угла более 20° [79], но уже при значениях более 15° могут отмечаться явления нестабильности.

Наряду с преимуществами статическая компьютерная томография не обладает чувствительностью к выявлению нарушений в суставе, проявляющихся при нестандартных углах сгибания или при напряжении четырехглавой мышцы бедра. Первые попытки провести кинематическую или динамическую МСКТ были предприняты в 1997 году, когда при довольно длительной экспозиции были получены аксиальные томограммы ПФС с частично напряженным квадрицепсом [68].

Уильямс и соавторы в 2016 сделали попытку сравнения результатов динамической компьютерной томографии коленного сустава при напряжении четырехглавой мышцы бедра у пациентов с подозрением на патологию сочленения и у здоровых пациентов [144], а также предложили систему оценки патологических изменений, состоящую из нескольких категорий в зависимости от степени выраженности симптомов.

В 2016 году в Сеченовском университете (г. Москва) начаты исследования по применению функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике заболеваний крупных суставов и шейного отдела позвоночника, что определило тенденцию к определению новой роли данной методики в визуализации ортопедической патологии, в том числе пателлофemorального сочленения [33, 34].

КТ-артрография

В зарубежной литературе можно встретить упоминание о МСКТ ПФС с двойным контрастированием сочленения воздухом и водорастворимым йодсодержащим контрастным препаратом в качестве дополнительного метода диагностики [124]. Эта методика предложена для оценки разволокнения и дефектов хряща, покрывающего мыщелки бедренной кости и фасетки надколенника, при наличии которых определяются «затеки» рентгенконтрастного препарата. Так эта методика как имеет свои противопоказания и сложности проведения, в современной практике используется редко и, как правило, может быть заменена более чувствительным методом – магнитно-резонансной томографией [5].

Магнитно-резонансная томография

По мнению многих авторов [133], видимый контур костных структур ПФС на рентгенограммах по Merchant и МСКТ в некоторых случаях может дать ложное представление о морфологии сустава, также с помощью традиционной рентгенограммы и МСКТ невозможно оценить истинную корреляцию состояния суставной поверхности хряща надколенника и подлежащей кости. Только магнитно-резонансная томография (МРТ) в нескольких плоскостях позволяют получить данные о фактической конгруэнтности хрящевых поверхностей надколенника и блока бедра.

При подозрении на патологию ПФС МРТ, по мнению многих авторов, следует проводить на томографе с минимальной индукцией магнитного поля 1 – 1,5 Т. В стандартном (статическом) варианте МРТ коленного сустава проводится в положении минимального сгибания сустава и при расслабленном квадрицепсе. В исследовании должны быть включены импульсные последовательности, при которых хорошо визуализируется хрящ надколенника и взаимоотношение суставных поверхностей, а именно 3D T2, PD FatSat и TSE T2 [5, 49].

В конце XX века начали проводиться исследования, в которых при обследовании пациентов пробовали использовать кинематическую МРТ при напряженной четырехглавой мышце бедра в состоянии сгибания коленного сустава на 20° – 40° с использованием гибкой катушки [5]. Witonski и Goraj в 1999 году

одни из первых опубликовали работу, в которой при сравнении угла борозды, угла конгруэнтности и угла наклона надколенника по данным МРТ при напряжении квадрицепса и согнутом коленном с данными МРТ при расслабленной четырехглавой мышце бедра и выпрямленной ноге были выявлены существенные различия [145].

В 2009 году Draper и соавторы в своем исследовании попытались провести МРТ в открытом томографе с использованием специального устройства, которое позволило пациенту имитировать приседание во время томографирования [67]. Были получены интересные данные, однако, данный вариант томографии был сопряжен с трудностями выполнения и большой вероятностью артефактов. В дальнейшем было опубликовано несколько работ, в которых сравнивались данные стандартной МРТ и кинематической МРТ, проводимой в разных вариантах, но все авторы, несмотря на сложности при проведении, подчеркивали превосходство кинематической методики в оценке патологии ПФС [57, 77, 135]

В целом, МРТ имеет главное преимущество при анализе ПФС – чувствительность к повреждению хряща – хондромалации, которая является гарантийным предиктором развития дегенеративно-дистрофических изменений сочленения [113]. При МРТ также возможен анализ состояния важных структур, участвующих в биомеханике ПФС, таких как удерживатели надколенника, сухожилие квадрицепса и других [109].

МРТ может быть полезна при выявлении специфических хронических заболеваний костно-суставной системы, таких как ревматоидный артрит или ювенильный идиопатический артрит, которые могут быть причиной выраженных изменений всех суставов, в том числе пателлофemorального [36].

Ультразвуковая диагностика

Некоторые авторы предлагают ультразвуковую диагностику коленного сустава, как более доступный, мобильный и безопасный метод выявления изменений в ПФС у пациентов с артрозом коленного сустава. Например, Д.В. Беляев и П.А. Чижов утверждают [15], что наличие характерных ультразвуковых симптомокомплексов пателлофemorального синдрома, таких как истончение

хряща, изменения сухожилия четырехглавой мышцы бедра, смещение надколенника и собственной связки, помогает своевременно определить развитие дегенеративно-дистрофических изменений сустава и спланировать тактику лечения. Herrington и группа ученых в своем исследовании оценивали степень латерального смещения надколенника с помощью УЗИ у добровольцев во время электростимуляции четырехглавой мышцы бедра [5, 86]. В целом, нужно отметить, что несмотря на доступность и безопасность, УЗИ является операторозависимой методикой и часто не дает достаточной информации о состоянии ПФС.

Радионуклидная диагностика

Впервые применение радионуклидной диагностики (РНД) в качестве уточняющей методики в оценке патологии ПФС в своих исследованиях предложил С.Ф. Дью [70, 71]. По мнению автора, сцинтиграфия является чувствительным методом для выявления метаболических изменений в костных структурах пателлофemorального сочленения. Позже был проведен ряд исследований, в которых оценивалась диагностическая эффективность однофотонной эмиссионной томографии, а также количественной КТ-денситометрии в диагностике патологии ПФС [45, 119]. Авторами было сформировано утверждение, что эти методики могут быть информативны в случаях совсем начальных изменений сочленения, когда рентгенодиагностика или МРТ могут не выявить патологию, однако специфичность РНД не достаточно высока [5]. Кроме того, авторы предложили использовать их как методы оценки эффективности консервативного лечения.

1.3.2. Артроскопическая оценка патологии пателлофemorального сочленения

До рутинного внедрения визуализации высокого разрешения, таких как МРТ, артроскопия считалась золотым стандартом точной оценки внутрисуставных структур [52]. С точки зрения диагностики артроскопия позволяет хирургу непосредственно визуализировать отношения в ПФС при пассивных или активных движениях, оценить наличие латеропозиции или медиализации надколенника,

выявить патологические изменения наклона надколенника, признаки хондромалиции и пр. В последнее время практикуется проведение процедуры под местной анестезией для активного взаимодействия между пациентом и врачом [47]. Некоторые авторы указывают на увеличение диагностической ценности артроскопии у пациентов с патологией ПФС при интраоперационной активации квадрицепса с помощью электрической стимуляции [131]. Броссман более десяти лет назад предложил классификацию смещения надколенника по данным артроскопии, хорошо коррелирующую с данными динамической МРТ [52], которой пользуются и по сей день для интраоперационной оценки. На сегодняшний момент процедура артроскопии имеет больше лечебно-диагностический характер, и в основном не используется как чисто диагностический метод [120].

Не так давно, в 2019 году, группа австралийских ученых опубликовала работу, посвященную лечебно-диагностической артроскопии при патологии ПФС [92]. Они оценили угол сгибания коленного сустава, при котором надколенник взаимодействует с центральной частью блока, обнаружили значительное увеличение данного угла в суставах с нестабильным ПФС, а также обнаружили, что в нестабильных суставах и рекомендовали рассмотреть возможность дистального переноса бугорка большеберцовой кости при значениях угла более 40°.

1.4. Современный взгляд на выбор тактики лечения пациентов с заболеваниями пателлофemorального сочленения

Выбор адекватной тактики лечения при патологии ПФС является сложной задачей ввиду малоизученности проблемы, а также ошибок диагностики. При несвоевременном или неадекватно назначенном лечении функция сочленения и, соответственно, всего коленного сустава может необратимо нарушиться. Так у пациентов, не получавших лечение по поводу латеропозиции с синдромом компрессии латеральной фасетки надколенника, отмечают следующие изменения: фиброз парапателлярно расположенных мягких тканей с латеральной стороны, натяжение медиальной удерживателя надколенника и одновременное укорочение

латеральной части удерживателя, компрессия и повреждение суставного хряща латеральной фасетки, воспалительные изменения. Все это ведет к быстрому появлению и прогрессированию пателлофemorального артроза [3, 90].

Еще несколько лет назад лечение нестабильности надколенника, как острой, так и хронической, было только консервативным [126, 128], тогда как на сегодняшний момент возможно применение комбинированных методик.

В основном консервативное лечение патологии состоит из соблюдения охранительного режима со временной иммобилизацией при необходимости, физиотерапии, лечебной физкультуры, фармакотерапии и локальных медикаментозных процедур [29, 66]. По мнению некоторых авторов, консервативное лечение патологии ПФС следует разделить на несколько этапов в зависимости от состояния пациента [142]. Цель первого этапа - уменьшение боли и отека, улучшение баланса между медиальной и латеральной широкой мышцами бедра, восстановление нормальной походки и уменьшение нагрузки на ПФС. Вторая фаза должна включать улучшение позиционирования и координации нижних конечностей, увеличение силы четырехглавой мышцы, а также восстановление хорошей функции коленного сустава. Третий этап должен включать функциональные упражнения: пациенту следует рекомендовать вернуться к подходящим регулярным физическим упражнениям или начать заниматься.

В 2003 году было разработано и внедрено в практику физиотерапевтическое лечение специально для пациентов с заболеваниями сочленения [118]. Оно включает в себя программу упражнений для укрепления медиального отдела четырехглавой мышцы, использование специализированной липкой ленты (тейп), наклеиваемой медиально на надколенник (кинезиотейпирование), поструральную коррекцию оси нижних конечностей и рекомендации по ношению обуви. На сегодняшний момент кинезиотейпирование стало довольно популярным видом консервативного лечения, оно позволяет правильно распределить нагрузку на мускулатуру бедра, уменьшить болевой синдром [29], увеличить объем и амплитуду движений в коленном суставе [136]. Применение ортезов [150] за счет

моделирующих ребер жесткости дает возможность создать максимально оптимальную ось нагрузки на суставы нижней конечности, в том числе коленный сустав, и, соответственно, задать правильный вектор скольжения надколенника относительно мыщелков бедра при функции сустава [29]. Такие виды физиотерапевтического лечения, как криотерапия, аппликации озокерита, грязелечение, токи, лазеромагнитотерапия применяются для уменьшения болевого синдрома и стимуляции микроциркуляторного русла в переднем отделе коленного сустава для противовоспалительного, противоотечного и регенераторного действия [9, 29, 32].

Лекарственные препараты при патологии ПФС применяются для симптоматической терапии, направленной на устранение боли, отека, а также на улучшение структуры хряща при наличии признаков хондромалиции [19, 29, 38]. Локальные медикаментозные процедуры в основном применяются при начальных проявлениях дегенеративно-дистрофических процессов в ПФС. Чаще в литературе упоминается инъекционная терапия препаратами гиалуроновой кислоты различной молекулярной массы [8], производными глюкозамина [37] и обогащенной тромбоцитами аутологичной плазмой [28].

Большинство авторов рекомендует оценивать эффект от консервативной терапии в течение как минимум 3 месяцев, прежде чем рассматривать другие варианты лечения [66, 142].

По данным литературы эффективность консервативной терапии составляет около 50% [123], поэтому следует дифференцированно подходить к выбору тактики лечения в каждом конкретном случае. В целом, аргументами в пользу выбора оперативного лечения являются наличие остеохондральных повреждений и рецидивирующая нестабильность, приводящая к вывихам надколенника [79]. По мнению некоторых авторов, при определении тактики лечения необходимо обращать внимание на значение индекса ТТ-TG: при увеличении его до 20 мм и более следует сделать выбор в пользу оперативного вмешательства [63, 139]. J. Munch, напротив, отметил, что стоит с осторожностью ориентироваться на данный показатель при выборе лечебной тактики в связи с погрешностью его измерения,

зависящей от нескольких факторов, и учитывать его в сочетании с другими факторами, такими как проявления дисплазии блока, высота расположения надколенника, наличие хондромаляции [17, 106].

На сегодняшний день предложено более 150 разновидностей оперативного лечения заболеваний ПФС, что говорит о несовершенстве существующих методик, большом интересе практикующих хирургов к этой проблеме, а также необходимости персонифицированного подхода при определенной патологии [22].

До широкого внедрения в практику артроскопии для оперативного лечения заболеваний сочленения применялись открытые методики, например, медиализация бугристости большеберцовой кости по С. Roux, мобилизация и перемещение в медиальном направлении прямой мышцы бедра вместе со связкой надколенника по Фридланду [10, 12]. Открытая методика, предложенная в 1980 году W. Campbell, применялась для коррекции проксимальных отделов разгибательного аппарата коленного сустава [55]. Согласно данной методике, в ходе операции проводилось выделение вертикальной узкой полоски фиброзной капсулы разгибательного аппарата, которую затем погружали в туннель, сформированный в сухожилии четырехглавой мышцы бедра, над надколенником и подшивали в натянутом состоянии к медиальному мыщелку бедра [1]. Названные методики являются достаточно травматичными, требующими широкий разрез кожи, продолжительную послеоперационную иммобилизацию и реабилитацию.

На современном этапе в основном используются артроскопические методики, реже комбинированные или открытые. Для лечения латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки успешно используется артроскопический латеральный релиз, который был предложен еще в 1972 году Chen и Ramanathan и модифицирован позже Henry и Pflum, которые дополнили данную методику, заключающуюся в создании складки медиального удерживателя надколенника при артроскопическом наложении на него швов определенного вида (рифинг) [60, 85]. Латеральный релиз также возможно использовать в комплексе мер, направленных на коррекцию разгибательного аппарата при хронической нестабильности надколенника [116] и при тотальном эндопротезировании

коленного сустава для коррекции вальгусных деформаций, улучшения конгруэнтности компонентов и снижения пикового давления в ПФС [27, 149].

В целом, это оперативное вмешательство является довольно эффективным при патологии ПФС: 80% пациентов отмечают исчезновение пателлофemorального болевого синдрома, и имеет риск осложнений менее 10% [76]. Rosales – Varo A. и соавторы в своей работе обобщили и представили результаты применения релиза латерального ретинакулюма надколенника, дополненного коронарной остеотомией латеральной фасетки надколенника. В исследовании сравнивались две группы пациентов в течение двух лет: первой группе выполнялись оба вмешательства, второй – только латеральный релиз. Авторы отметили, что в первой группе были достигнуты более выраженные и стойкие клинические результаты [121]. Субтотальная резекция латеральной фасетки надколенника в сочетании с релизом латерального ретинакулюма, по мнению нескольких авторов, является хорошим видом вмешательства, использование которого дает возможность значительно отсрочить проведение радикального тотального эндопротезирования коленного сустава, что, в том числе, подтверждается рядом исследований, при которых были получены в среднем более 50% хороших и более 30% удовлетворительных отсроченных результатов лечения [29, 114, 117].

В работе Chen S. и соавторов, опубликованной в 2017 году, предложен способ лечения хронической нестабильности ПФС, включающий релиз латерального удерживателя, рифинг медиального удерживателя и частичную медиализацию бугристости большеберцовой кости, выполняемые через артроскопический доступ [59]. В своем исследовании авторы оценили предложенное оперативное вмешательство как метод выбора при рецидивирующей нестабильности надколенника ввиду минимальной травматизации, отличных клинических результатов и заметного улучшения функции коленного сустава.

Популярным на сегодняшний момент методом оперативного лечения хронической нестабильности надколенника является пластика медиальной пателлофemorальной связки [1]. Эту операцию целесообразно проводить при отсутствии выраженных диспластических изменений блока бедренной кости и

отсутствии Patella alta [96]. В качестве трансплантатов для пластики, по данным литературы, используются различные варианты аллотрансплантатов, синтетические аналоги и аутооттрансплантаты, такие как сухожилия полусухожильной или нежной мышц [24]. В одном из самых крупных исследований за последние годы, посвященных оперативному лечению патологии ПФС, D. Enderlein и соавторы [74] представили результаты лечения большой группы пациентов, которым была проведена пластика медиальной пателлофemorальной связки с использованием в качестве трансплантата сухожилия нежной мышцы. Авторы пришли к выводу, что неудовлетворительные результаты лечения, частота которых в отдаленном периоде была на уровне менее 30%, более вероятны у лиц женского пола старше 30 лет, имеющих коморбидный фон в виде ожирения 2-3 степени и предоперационных изменений суставного хряща [1]. D.Nicola и соавт. в своей работе указали на довольно высокую эффективность реконструкции медиальной пателлофemorальной связки при повторяющемся вывихе надколенника: рецидив вывиха после реконструкции связки составил 2,44% [108]. Также в своем обзоре Ellis HB Jr. и соавторы указали преимущества применения данного оперативного вмешательства при лечении нестабильности ПФС у пациентов с незрелым скелетом – у детей и подростков [71].

Остеоперфорация как вид вмешательства при заболеваниях ПФС применяется довольно редко и в основном в сочетании с другими методиками. Согласно литературным источникам, при длительном (5 – 7 лет) за пациентами, перенесшим остеоперфорацию, до 80% удалось сохранить удовлетворительные и хорошие результаты лечения [29, 83, 93].

В случае нестабильности ПФС, связанной с тяжелой формой дисплазии, более результативным может быть применение трохлеопластики [78]. Особенно трохлеопластика с углублением борозды является эффективной процедурой стабилизации пателлофemorального сустава, которая не увеличивает риск развития остеоартрита [122].

Среди пластических методик для лечения патологии ПФС в настоящее время находит свое применение хондропластика с использованием аллохряща и

аутопластики субхондрального слоя. В ряде научно-исследовательских работ, посвященных пластике хрящевого покрытия блока либо фасеток, сообщается, что при относительно долгосрочном наблюдении только у 7% пациентов сохранился болевой синдром, а более 70% пациентов отметили отличный и хороший эффект данного вида лечения [29, 141]. Схожие результаты были опубликованы в работе, описывающей наблюдение за пациентами, которым была выполнена аутопластика субхондрального слоя: в 79% случаев отмечался хороший результат [73].

Эндопротезирование обычно является завершающим этапом оперативного лечения при выраженных дегенеративно-дистрофических изменениях сочленения и коленного сустава. После проведения радикальной операции исчезновение болевого синдрома, удовлетворительный уровень физической активности и возможность занятий спортом отмечают до 80% пациентов [44]. Результаты ряда исследований показали, что осложнения после изолированного эндопротезирования структур сочленения встречаются чаще, чем при тотальном протезировании всего коленного сустава, что оправдывает выбор в пользу радикальной техники многих травматологов-ортопедов при возникновении необходимости эндопротезирования [29, 100]. В литературе упоминается метод одномышечкового эндопротезирования коленного сустава [23], который потенциально может быть использован в лечении именно артроза ПФС.

При любом виде хирургического лечения ПФС концепция послеоперационного ведения включает в себя медикаментозную системную и местную терапию, курс реабилитации под наблюдением врача ЛФК [22]. Итоговое послеоперационное восстановление может занимать несколько месяцев, однако зачастую позволяет вернуться к исходному уровню физической активности пациента.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Общая характеристика собственного материала

С 2017 по 2021 годы в Университетской клинической больнице №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) было обследовано 135 пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

У всех пациентов было взято добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Работа одобрена экспертной комиссией Первого МГМУ имени И.М. Сеченова (протокол № 09-18 от 10.10.2018г.).

Критерии включения:

1. Возраст от 18 до 65 лет.
2. Отсутствие беременности у пациентов женского пола.
3. Получение информированного согласия на участие в научном исследовании.
4. Наличие симптомов, характерных для пателлофemorального сочленения (ПФС): боль в переднем отделе коленного сустава, снижение функции разгибательного аппарата, подвывих или вывих надколенника в анамнезе и др.

Критерии исключения:

1. Возраст моложе 18 и старше 65 лет.
2. Беременность у пациентов женского пола.
3. Отказ от участия в исследовании.
4. Наличие операций на коленный сустав в анамнезе.

В группе обследованных возраст пациентов колебался от 18 до 65 лет, средний возраст составил $32,8 \pm 1,3$ лет. В гендерном соотношении преобладали пациенты женского пола: 91 (67,4%) женщина из 135 (100%). Распределение пациентов по возрасту в группе обследованных представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение по возрасту в группе обследованных пациентов

Возраст/ Пол	Группа обследованных пациентов					
	Мужчины		Женщины		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
18-20 лет	5	3,7	14	10,4	19	14
21-30 лет	13	9,6	33	24,4	46	34
31-40 лет	10	7,4	29	21,5	39	28,8
41-50 лет	10	7,4	7	5,2	17	12,7
51-60 лет	4	2,9	5	3,7	9	6,7
61-65 лет	2	1,6	3	2,2	5	3,8
Всего	44	32,6	91	67,4	135	100

Согласно данным таблицы 1, большинство обследованных пациентов (n=85, 63%) располагалось в молодой возрастной группе от 21 до 40 лет.

Гендерное соотношение пациентов в группе обследованных представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Диаграмма соотношения пациентов по полу в группе обследованных

Всем пациентам из группы (n=135, 100%) был выполнен клинический осмотр врачом травматологом-ортопедом со сбором жалоб и подробного анамнеза, а также обследование с применением методов лучевой диагностики.

После диагностического этапа из 135 пациентов 84 пациентам (62,2%) было проведено хирургическое вмешательство из стандартных артроскопических доступов в различные сроки с последующим сравнением данных лучевого обследования и артроскопии. Остальным пациентам (n=51, 37,8%) из группы обследованных было предложено оперативное вмешательство, но проведено в сроки исследовательской работы не было по различным причинам (личные обстоятельства пациентов, пандемия, временные противопоказания и др.).

В группе прооперированных пациентов возраст колебался от 18 до 52 лет, средний возраст составил $29,8 \pm 0,9$ лет. В гендерном соотношении преобладали пациенты женского пола: 58 (69%) женщин, 26 (31%) мужчин. Распределение пациентов в группе прооперированных по возрасту представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение по возрасту в группе прооперированных пациентов

Возраст/ Пол	Группа прооперированных пациентов					
	Мужчины		Женщины		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
18-20 лет	3	3,6	6	7,1	9	10,7
21-30 лет	10	11,9	28	33,3	38	45,2
31-40 лет	7	8,3	19	22,6	26	31
41-52 лет	6	7,1	5	6	11	13,1
Всего	26	31	58	69	84	100

В дальнейшем расчет и сравнение диагностической эффективности рентгенографии, МСКТ и фМСКТ, разработка протокола описания фМСКТ, выделение степеней патологических изменений пателлофemorального сочленения по результатам фМСКТ производились на основе данных группы прооперированных пациентов (n=84, 100%), у которых имелось интраоперационное подтверждение или опровержение результатов лучевого обследования.

2.2. Методы исследования пациентов

2.2.1. Клинические методы

Клиническое обследование пациентов включало в себя подробный сбор анамнеза, оценку жалоб и физикальный осмотр. При расспросе пациента внимание уделялось факторам, повлекшим за собой возникновение пателлофemorального синдрома, а также характеристикам болевого синдрома и других жалоб. Среди обследованных у 26 (19,3%) пациентов симптомы, характерные для пателлофemorального синдрома, возникли после спортивной травмы (не профессиональный спорт), у 40 (29,6%) пациентов – в результате бытовой травмы, у 69 (51,1%) – без травмирующих и иных факторов. Распределение пациентов в зависимости от причины возникновения симптомов представлено на рисунке 2.

Оценивался образ жизни пациентов, уровень физической активности, профессиональные вредности, а также уточнялись данные о травмах и операциях на нижней конечности в анамнезе. В основном пациенты жаловались на боли в переднем отделе коленного сустава различной интенсивности и продолжительности, усиливающиеся при подъеме по лестнице, крепитацию коленной чашечки и чувство неустойчивости в коленном суставе. Боль различной интенсивности отмечали все 135 пациентов (100%). Для оценки интенсивности болевого синдрома использовалась визуальная аналоговая шкала боли.



Рисунок 2 – Диаграмма распределения пациентов в зависимости от причины возникновения симптомов, характерных для патологии пателлофemorального сочленения

Ортопедический осмотр проводили стоя, сидя и лежа в статике и динамике. Особое внимание уделялось оценке походки, оси нижней конечности, ограничений подвижности или, наоборот, гипермобильности коленного сустава. Изменение оси нижних конечностей по типу вальгусной деформации (увеличение угла Q более 18° у женщин, более 13° у мужчин) отмечался в 63,7% случаев (n=86). Крепитация в переднем отделе коленного сустава при приседании отмечалась в 85,2% случаев (n=115). Чувство неустойчивости в коленном суставе при опоре на беспокоящую ногу – в 72,6% случаев (n=98). При пальпации области сочленения определялось наличие болезненных зон, деформации и изменения кожи и подкожно-жировой клетчатки в области коленного сустава. Болезненность в передне-латеральном отделе коленного сустава при пальпации отмечалась в 69,6% случаев (n=94). Оценивался разгибательный аппарат, в частности состояние четырехглавой мышцы бедра (в сравнении с контрлатеральной стороной). Анализировалась степень пассивной латерализации и медиализации надколенника, проводились специальные пробы для выявления нестабильности ПФС: тест ограничения поднятия латерального края, тест предчувствия вывиха, тест J-признака. Избыточная пассивная латерализация надколенника определялась в 54% случаев (n=73), положительный симптом J-признака – в 58,5% случаев (n=79).

Среди обследованных пациентов, согласно данным анамнеза, предоставленной медицинской документации и осмотра, у 32 (23,7%) были определены признаки дисплазии сочленения различной степени выраженности: у 16 (11,9%) пациентов имелись диспластические изменения блоковой борозды и надколенника сочетающиеся с выраженной вальгусной деформацией нижних конечностей, асимметричной гипотрофией мышц-активных стабилизаторов (среди этих пациентов 8 (6%) сообщали о наличии рецидивирующего подвывиха надколенника в условиях небольшой физической нагрузки), у 16 (11,9%) отмечались более легкие варианты анатомических особенностей сочленения (конфигурация надколенника Wiberg II – III, умеренное высокое стояние надколенника, невыраженная асимметрия мышечков бедра) и изменение оси нижних конечностей.

2.2.2. Рентгенологические методы

Рентгенография

Рентгенография коленного сустава проводилась в боковой и косо-аксиальной проекции на аппарате «Silhouette HF» (General Electric, США). Рентгенография в прямой проекции не применялась ввиду малой информативности о состоянии пателлофemorального сочленения [90, 101, 103].

Косо-аксиальная рентгенография ПФС выполнялась при укладке пациента по модифицированному методу Мерчанта (нижне-верхняя тангенциальная проекции надколенника): коленный сустав согнут на $40 - 45^\circ$, кассета стоит на середине бедер, перпендикулярно центральному лучу, направленному снизу вверх под углом около 30° . Боковая рентгенография коленного сустава выполнялась в положении лежа на боку при сгибании коленного сустава в $\sim 25^\circ$. Применялась рентгеновская пленка форматом 24 x 30 см. Технические параметры рентгенографии в исследовании следующие: kV = 60 – 70; mAs = 25 – 40; время экспозиции = 2 сек. Дополнительной подготовки к исследованию не требовалось. Лучевая нагрузка на пациента в среднем составила 0,5 мЗв.

По полученным рентгенограммам проводилась оценка:

- конфигурации надколенника по Wiberg (тип I, II, III) [143], особенностей его строения (при наличии);
- расположения надколенника по высоте (оценка расположения надколенника по высоте проводилась по боковым рентгенограммам с помощью индекса Катона-Дешампа (отношение расстояния от нижнего края суставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости к длине суставной поверхности надколенника [58, 64]. При нормальном расположении надколенника значение индекса менее 1,2));
- степени смещения надколенника относительно межмышцелковой борозды (в связи со сложностью выполнения точных косо-аксиальных рентгенограмм и невозможностью использовать в большинстве случаев индекс Бернажо параметр оценивался визуально);
- конфигурации и особенностей строения блока;
- наличия и степени выраженности дегенеративно-дистрофических изменений ПФС (стадирование по Келлгрону, Лоуренсу);
- состояния щели ПФС, признаков гиперпрессии фасеток (учитывая среднюю толщину хрящевого покрытия, значение щели сочленения $\leq 2,9$ мм трактовалось, как признак вероятной гиперпрессии фасетки надколенника [113]);
- угла борозды (угла, образованного линиями, проведенными вдоль медиальной и латеральной фасеток блока, с вершиной в межмышцелковой ямке, в норме значения угла в диапазоне $138^\circ \pm 6^\circ$ [50, 102]);
- угла конгруэнтности (угла, образованного биссектрисой угла борозды и линией, соединяющей самую выступающую точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмышцелковой вырезки, в среднем угол конгруэнтности равен 6° , со стандартным отклонением в 11° [102]);
- наклона надколенника (в связи со сложностью выполнения точных косо-аксиальных рентгенограмм и невозможностью в большинстве случаев правильного построения угла латерального наклона параметр оценивался визуально).

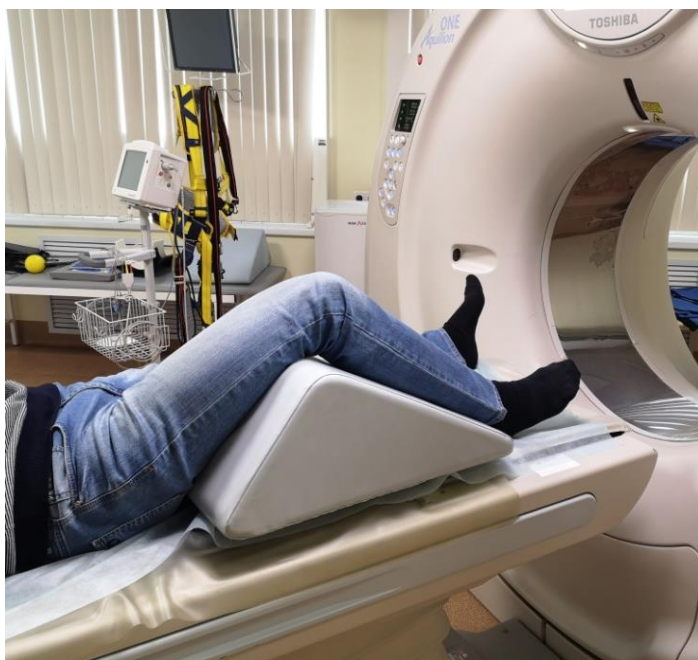
Функциональная мультиспиральная компьютерная томография

Все пациенты были обследованы с помощью функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) по оригинальной методике, разработанной на базе отделения лучевой диагностики № 2 Университетской клинической больницы № 1 ФГАОУ ВО Первого МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Первоначально отработка методики была проведена на пяти добровольцах, после чего был принят оптимальный протокол, по которому обследовались пациенты, включенные в настоящее исследование [33].

Функциональная МСКТ коленного сустава проводилась на аппарате Aquilion One 640 (TSX-301C) (Toshiba Medical Systems, Япония), оснащенном широким детектором (160 мм), расширенной апертурой гентри и активным коллиматором, что позволяет провести исследование сустава в движении. Перед началом исследования пациенту предлагалось снять ортез или бинты с металлическими элементами с коленного сустава при их наличии. Укладка пациента производилась в положении лежа на спине ногами в сторону гентри, под исследуемое колено подкладывалось специальное приспособление, имеющее форму треугольной призмы, которое создавало сгибание в коленном суставе минимум 60 градусов (Рисунок 3 А, Б).

После укладки пациенту подробно объяснялся ход процедуры, и проводилось несколько тренировочных манипуляций, чтобы пациент смог максимально правильно выполнить исследование. После навигации с помощью лазерного луча выполнялась топограмма коленного сустава во фронтальной и сагиттальных плоскостях для разметки области исследования. Поле обзора ограничено шириной детектора, максимальный размер возможного – 160 мм x 160 мм. Так как при разгибании коленного сустава надколенник смещается краниально, то для предотвращения «обрезания» надколенника [33] область исследования определялась минимум на 70 мм выше верхнего края надколенника на проекции во фронтальной плоскости, на 75 мм левее и на 30 мм выше верхне-наружного края надколенника на проекции в сагиттальной плоскости (Рисунок 4 А, Б).



А

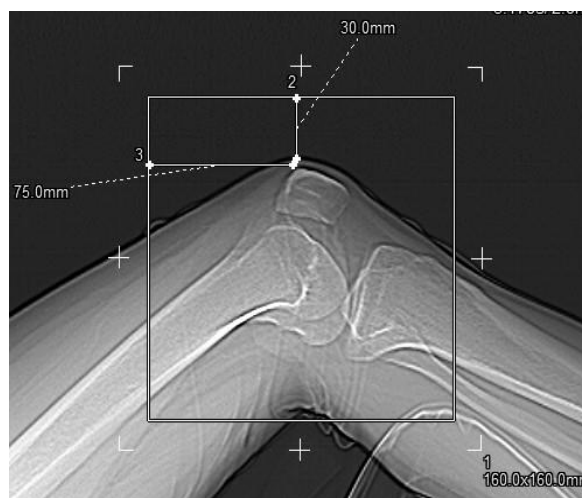


Б

Рисунок 3 – Фотография укладки пациента на столе томографа при выполнении функциональной МСКТ коленного сустава: А – перед выполнением исследования; Б – при выполнении разгибания коленного сустава



А



Б

Рисунок 4 – Топограммы, выполняемые для разметки области исследования при проведении фМСКТ коленного сустава: А – фронтальная плоскость, Б – сагиттальная плоскость. Область исследования размером 160 x 160 мм выделена квадратной рамкой с соблюдением соответствующих отступов от верхнего края надколенника (пояснения в тексте)

После разметки области исследования выполнялась томография в объемном режиме «4D Orthopedic knee Dy-Volume» с толщиной среза 0,5 мм в аксиальной

проекции, в процессе которой пациент совершал плавное разгибание в коленном суставе до максимально возможного уровня. Время томографирования – 7 секунд.

Технические параметры томографии осуществлялись по протоколу, представленному в таблице 3.

Таблица 3 – Протокол фМСКТ коленного сустава

Режим исследования	Объемный
Толщина среза	0,5 мм
Угол наклона гентри	0 градусов
Зона исследования	160 мм
Сила тока	100 кВ
Напряжение	250 мА
Время одного оборота рентгеновской трубки	0,5 с
Время исследования	7 с
Тип реконструкции	Костный, мягкотканый, 3D, 4D

При отработке методики на добровольцах была проведена оценка лучевой нагрузки на пациента при проведении функциональной МСКТ коленного сустава, в том числе с использованием протокола «low dose». Качество изображений функциональной МСКТ, необходимых для построения опорных линий, измерения индексов и анализа состояния структур сочленения, было достаточным как при обычном варианте проведения, так и при протоколе со сниженной дозой. В целом, лучевая нагрузка на пациента во время проведения функциональной МСКТ коленного сустава составила в среднем 7,5 мЗв. Во время фМСКТ пациенты получали команды рентгенолаборанта через двустороннюю селекторную связь и могли ориентироваться во времени по таймеру в верхней части консоли гентри. После томографирования производилась мультипланарная реконструкция с

толщиной среза 1 мм. При постобработке и интерпретации данных отдельное внимание уделялось построению косо-аксиальной проекции [33] для наилучшей визуализации пателлофemorального сочленения – проекции, при которой выведены задние мыщелки бедренной кости и наибольший аксиальный размер надколенника в одну плоскость так, чтобы можно было провести условную горизонталь, соединяющую задние отделы мыщелков, – заднюю чрезмыщелковую линию (Рисунок 5).

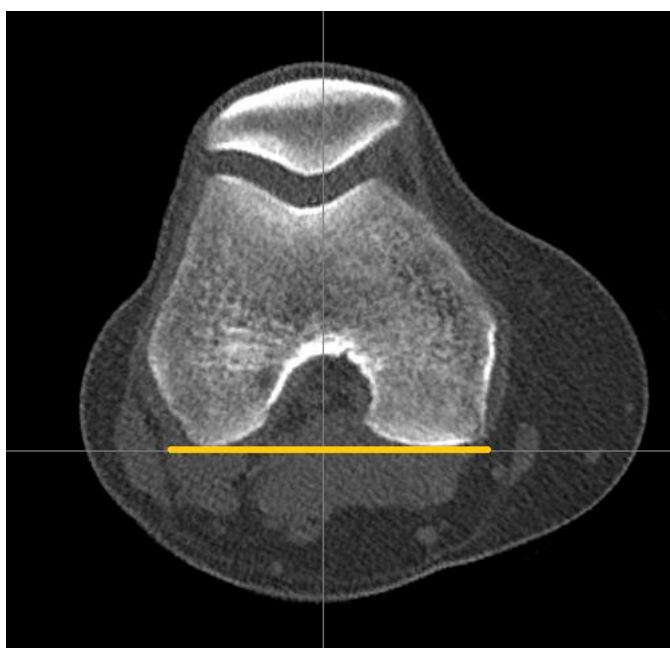


Рисунок 5 – Томограмма коленного сустава в косо-аксиальной проекции, полученная при функциональной МСКТ, с выведением условной задней чрезмыщелковой линии (желтая линия) и наибольшего аксиального размера надколенника. Данная проекция позволяет достоверно оценить пателлофemorальное сочленение

По полученным данным фМСКТ оценивались следующие параметры:

- конфигурация надколенника по Wiberg (тип I, II, III), особенности строения надколенника (при наличии);
- расположение надколенника по высоте (согласно индексу Катона-Дешампа, рассчитываемому на сериях, соответствующих примерно 25 ° сгибания);
- конфигурация и особенности строения блока бедренной кости (при наличии);

- наличие, степень выраженности дегенеративно-дистрофических изменений ПФС (стадирование по Келлгрону, Лоуренсу) и их влияние на биомеханику сочленения;
- состояние щели ПФС, признаки гиперпрессии фасеток (значение щели сочленения $\leq 2,9$ мм);
- смещение надколенника относительно межмышцелковой борозды по индексу ТТ-TG (от английских терминов Tibial Tubercle-Trochlear Groove Distance). Для получения индекса необходимо произвести аксиальную Average-реконструкцию с толстыми срезами так, чтобы в одном поле обзора находились задние отделы мышцелков бедра, межмышцелковая задняя вырезка, передне-верхний отдел бугристости большеберцовой кости. Расстояние в миллиметрах между перпендикуляром, проведенным к задней чрезмышцелковой линии через центральный отдел задней межмышцелковой вырезки, и перпендикуляром, проведенным к задней чрезмышцелковой линии через бугристость большеберцовой кости, и будет являться значением индекса ТТ-TG [33, 94] (Рисунок 6);
- угол латерального наклона надколенника (угол с вершиной в латеральном полюсе надколенника, образованный линией, проведенной через наибольший аксиальный размер надколенника, и линией, параллельной задней чрезмышцелковой линии (избыточный латеральный наклон надколенника наблюдается при значениях угла более 15°)) (Рисунок 7) [124];
- угол конгруэнтности, угол борозды;
- изменения параартикулярных тканей (при наличии).

Следует отметить, что индекс ТТ-TG и угол конгруэнтности при фМСКТ оценивались в состоянии полностью разогнутого коленного сустава (0° сгибания), так как, учитывая биомеханику пателлофemorального сочленения, максимального смещения и отклонения надколенника от блока следует ожидать при максимальной амплитуде разгибания и напряжении четырехглавой мышцы бедра.

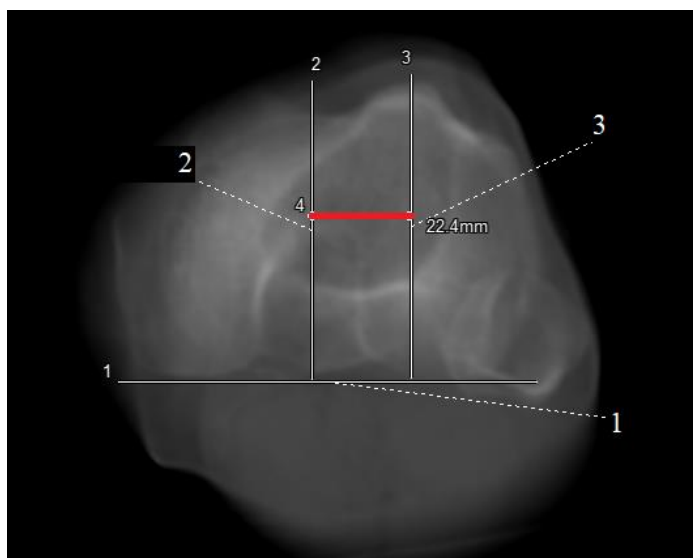


Рисунок 6 – Томограмма коленного сустава в аксиальной плоскости в состоянии полного разгибания, полученная при реконструкции функциональной МСКТ с толщиной среза 75 мм с выведением в поле обзора анатомических ориентиров для измерения индекса ТТ-TG (красная линия). Индекс ТТ-TG – расстояние между перпендикуляром (2), проведенным к задней чрезмыщелковой линии (1) через центр задней межмыщелковой ямки, и перпендикуляром (3), проведенным к задней чрезмыщелковой линии через бугристость большеберцовой кости. В данном случае отмечается увеличение индекса ТТ-TG до 22,4 мм



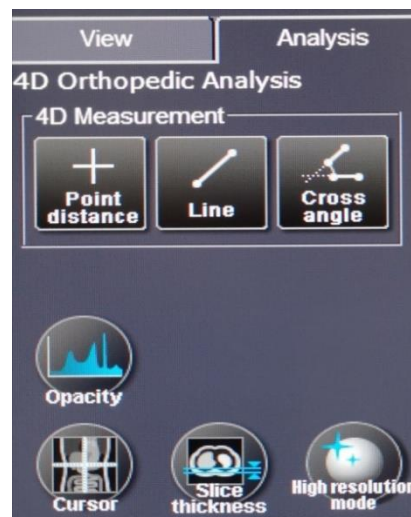
Рисунок 7 – Томограмма полностью разогнутого коленного сустава в аксиальной плоскости, полученная при функциональной МСКТ. Угол латерального наклона надколенника (цифра 1) имеет вершину в области латерального полюса надколенника и соединяет линию, проведенную через наибольший поперечный размер надколенника (цифра 2), и линию (цифра 3), параллельную задней чрезмыщелковой линии (синяя линия). В данном случае отмечается увеличение угла латерального наклона надколенника до 23,2°

Изменение щели сочленения, угла наклона надколенника и, соответственно, наличие признаков гиперпрессии фасеток по данным фМСКТ оценивалось не только в состоянии полного разгибания коленного сустава и максимального напряжения квадрицепса, но и на протяжении всего процесса разгибания коленного сустава из состояния сгибания $60 - 65^\circ$ до полного разгибания (0° сгибания) с интервалом шага около $2,5 - 3^\circ$, соответственно из 21 ± 1 измерения выбиралось наименьшее значение и фиксировалось, на каком этапе разгибание оно достигалось [33].

Данные фМСКТ при необходимости дополнялись 3D-реконструкциями, а также обработкой в специализированной программе «4D-orthopedic», доступной при работе на томографе Aquilion One [33], с возможностью видеовизуализации, при которой динамические изображения мультипланарных реконструкций и 3D сочетаются с графиком, отображающим изменение того или иного параметра в процессе всего разгибания коленного сустава (Рисунок 8 А, Б).



А



Б

Рисунок 8 – А – реконструкция функциональной МСКТ коленного сустава при обработке в программе «4D-orthopedic». Обозначена разметка линий для построения угла наклона надколенника (зеленые линии), который в последующем автоматически будет измерен на каждом этапе разгибания коленного сустава. Б – фотография части интерфейса программы «4D-orthopedic», демонстрирующая возможность построения и оценки в области интереса дистанции между точками (point distance), линий (line), углов (cross angle)

Мультиспиральная компьютерная томография

МСКТ коленного сустава для выявления изменений пателлофemorального сочленения (ПФС) проводилась на аппарате Aquilion One 640 (TSX-301C) (Toshiba Medical Systems, Япония). Исследование выполнялось в статическом варианте, но с наличием пассивного сгибания в интересующем коленном суставе примерно на 25° (стандартный угол): положение пациента лежа на спине, ноги обращены в сторону гентри, под коленный сустав подкладывался валик (создающий сгибание), квадрицепс расслаблен. Перед началом исследования пациенту предлагалось снять с сустава ортез или бинты с металлическими элементами при их наличии. После навигации с помощью лазерного луча выполнялась топограмма для разметки области исследования. Томографирование проводили от условной точки, располагающейся дистальнее на 2 – 3 см от бугристости большеберцовой кости, и до условной точки, располагающейся примерно на 5 – 7 см краниальнее верхнего полюса надколенника. Технические параметры томографии осуществлялись по протоколу, представленному в таблице 4.

Таблица 4 – Протокол МСКТ коленного сустава

Толщина среза	0,5 мм
Угол наклона гентри	0 градусов
Зона исследования	180 – 240 мм
Сила тока	120 кВ
Напряжение	120 мА
Время одного оборота рентгеновской трубки	0,5 с
Время исследования	около 4 с
Тип реконструкции	Костный, мягкотканый, 3D

Томографирование коленного сустава выполняли с толщиной среза 0,5 мм в аксиальной плоскости с применением реконструкции в костном и мягкотканном режимах. Данные МСКТ в аксиальной плоскости дополняли мультипланарной реконструкцией (МПП) в корональной и сагиттальной плоскостях и построением 3D (при необходимости).

Метод не требовал специальной подготовки. Лучевая нагрузка на пациента во время исследования составила в среднем 3,4 мЗв.

Для уточнения угла Q и получения дополнительной информации некоторым пациентам (17%, n=17) дополнительно была выполнена топограмма нижних конечностей по стандартной методике от верхних отделов крыльев подвздошных костей до уровня таранной кости (не входит в дизайн исследования, результаты не интерпретировались).

При постобработке и интерпретации данных, аналогично фМСКТ, отдельное внимание уделялось построению косо-аксиальной проекции для наилучшей визуализации пателлофemorального сочленения.

По полученным томограммам оценивались следующие параметры:

- конфигурация надколенника по Wiberg (тип I, II, III), расположение надколенника по высоте согласно индексу Катона-Дешампа, особенности строения (при наличии);
- конфигурация и особенности строения блока бедренной кости;
- наличие и степень выраженности дегенеративно-дистрофических изменений ПФС (стадирование по Келлгрону, Лоуренсу);
- состояние щели ПФС, признаки гиперпрессии фасеток (значение щели сочленения $\leq 2,9$ мм);
- угол борозды и угол конгруэнтности (Рисунок 9);
- угол латерального наклона надколенника;
- смещение надколенника относительно межмышцелковой борозды по индексу TT-TG;
- изменения параартикулярных тканей (при наличии).

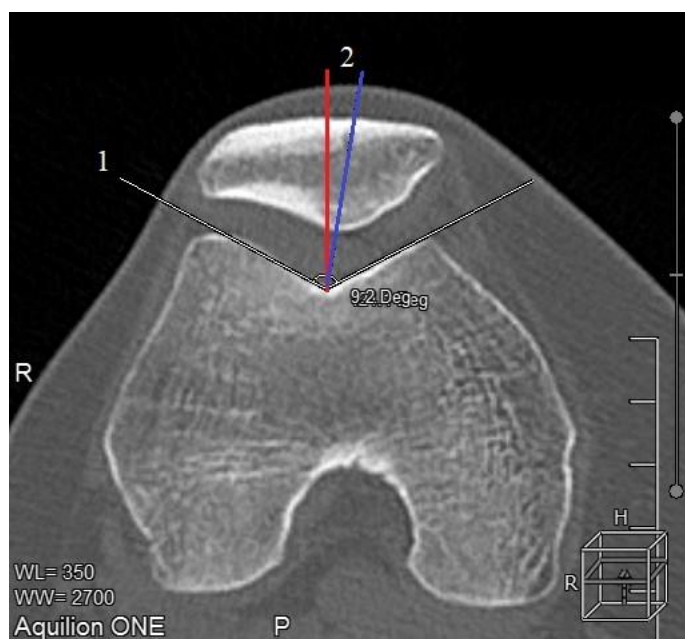


Рисунок 9 – Томограмма коленного сустава в аксиальной плоскости, полученная при статической МСКТ. Угол конгруэнтности (цифра 2) – это угол между биссектрисой (красная линия) угла бедренной борозды (цифра 1) и линией, соединяющей самую нижнюю точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмыщелковой борозды (синяя линия). В данном случае угол конгруэнтности равен - $9,2^{\circ}$

Магнитно-резонансная томография

Несмотря на то, что в дизайн исследования не входило обследование пациентов с использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ), пациентам, которым в последующем была проведена артроскопия ($n=84$, 62,2%), была выполнена МРТ интересующего коленного сустава (в рамках предоперационной подготовки). Исследования проводились на аппарате MAGNETOM Skyra фирмы Siemens с напряженностью магнитного поля 3 Тесла в стандартной укладке (статическое исследование при выпрямленном коленном суставе и расслабленном квадрицепсе) и с использованием гибкой катушки. МРТ выполнялась по протоколу, включающему следующие импульсные последовательности: PD FatSat в аксиальной, сагиттальной, корональной и косой плоскостях (вдоль хода передней крестообразной связки), T1 в корональной плоскости и T2 в сагиттальной плоскости. В рамках предоперационного обследования МРТ проводилась прежде всего для выявления сопутствующей патологии коленного сустава (изменения менисков, элементов связочного

аппарата, наличие хондромных тел, синовита и др.), а также для оценки изменений структур сочленения (проявления хондромалиции надколенника, состояние удерживателей надколенника, сухожилия квадрицепса и др). Основными параметрами, выносимыми в протокол описания были: смещение и наклон надколенника относительно межмышцелковой борозды (оценивалось визуально), конфигурация надколенника по Wiberg, субхондральные изменения фасеток и блоковых отделов мышцелков, состояние хряща надколенника (степень хондромалиции при наличии изменений хряща согласно модифицированной классификации Outerbridge), травматические или дегенеративные изменения удерживателей надколенника, крестообразных связок, менисков, коллатеральных связок, сухожилия квадрицепса, собственной связки надколенника, выпот в полости сустава и пателлярных сумках, субхондральные изменения бедренной и большеберцовой кости, изменения параартикулярных тканей (кисты Бейкера и др.).

2.2.3. Артроскопическая оценка патологии

После проведения лучевого обследования 84 пациентам (62,2%) с наиболее выраженной и стойкой клинической симптоматикой была проведена лечебно-диагностическая артроскопия с выполнением латерального релиза в 68 (50,4%) случаях. Перед госпитализацией пациенты прошли стандартное клинико-лабораторное обследование, включающее общий и биохимический анализ крови, анализ мочи, коагулограмму, анализ крови на сифилис, гепатиты В и С, ВИЧ, электрокардиографию, флюорографию, консультации терапевта и анестезиолога.

В процессе вмешательства оценивалось изменение трекинга надколенника (наличие латеропозиции или медиализации надколенника), наличие признаков гиперпрессии фасеток (визуально при нарушении трекинга надколенника) и хондромалиции хряща фасеток или блока по шкале Outerbridge (Outerbridge R., 1961), наличие патологического наклона надколенника, наличие диспластических и дегенеративно-дистрофических изменений пателлофemorального сочленения.

2.2.4 Статистическая обработка данных

Результаты, полученные при рентгенографии, статической МСКТ, функциональной МСКТ, и интраоперационные данные пациентов с патологией пателлофemorального сочленения были обобщены и сведены в специализированной таблице с помощью программы Excel и Numbers (2.0).

В программе Numbers (2.0) все введенные данные были обработаны с применением методов вариационной статистики. Диагностическая эффективность рентгенографии, статической МСКТ и фМСКТ в данной научно-исследовательской работе изучалась и сравнивалась на основании значения основных показателей, полученных при обработке результатов:

- чувствительности (S_n – от sensitivity)
- точности (A_c – от accuracy)
- специфичности (S_p – от specificity)

Данные показатели вычислялись по стандартным формулам:

- $A_c = TP + TN / TP + FN + FP + TN$,
- $S_n = TP / TP + FN$,
- $S_p = TN / FP + TN$,

где TP (от true positive) – количество истинно положительных результатов;

TN (от true negative) – количество истинно отрицательных результатов;

FP (от false positive) – количество ложноположительных результатов;

FN (от false negative) – количество ложноотрицательных результатов.

Референсным методом, по которому проводилась верификация результатов, полученных при рентгенографии, МСКТ и фМСКТ, и подтверждение окончательного диагноза, являлась лечебно-диагностическая артроскопия коленного сустава. За истинно положительный (отрицательный) результат принимали случай положительного (отрицательного) совпадения заключения по данным лучевых методов исследования с данными артроскопии. За ложноположительный (отрицательный) результат принимал случай

положительного (отрицательного) заключения по данным лучевых методов исследования, не подтвержденный интраоперационно.

Для оценки вероятности совпадения заключения применяемых лучевых методов исследования с окончательным диагнозом определялись показатели прогностичности:

- прогностичность положительного результата (PVP от positive predictive value) – частота его совпадения с заболеванием:

$$PVP = TP / TP + FP.$$

- прогностичность отрицательного результата (PVN от negative predictive value) – частота его совпадения с отсутствием заболевания:

$$PVN = TN / FN + TN.$$

Таким образом, в представленном диссертационном исследовании пациентам было проведено обследование с применением традиционных рентгенологических методов и современной высокотехнологичной методики, а также произведена оценка и сравнение диагностической эффективности каждого из методов.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе приведены результаты обследования 84 пациентов (100%) с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения, которым в рамках диссертационной работы была проведена рентгенография коленного сустава в косо-аксиальной и боковой проекциях, статическая МСКТ коленного сустава и функциональная МСКТ (фМСКТ) коленного сустава, а также результаты лечебно-диагностического оперативного вмешательства (артроскопии), которое было выполнено всем 84 пациентам. Дополнительно приведены результаты магнитно-резонансной томографии коленного сустава, которая была проведена 84 пациентам (100%) не в рамках настоящей исследовательской работы, а по плану необходимого предоперационного обследования.

3.1. Результаты рентгенографии коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения

Выполнялась оценка пателлофemorального сочленения по косо-аксиальным (нижне-верхняя тангенциальная проекция) и боковым рентгенограммам коленного сустава.

По косо-аксиальным рентгенограммам оценивалась конфигурация надколенника по Wiberg, смещение надколенника латерально или медиально относительно центра борозды, наклон надколенника, изменение конфигурации блока, угол бедренной борозды (нормальные значения угла составляют $138 \pm 6^\circ$), угол конгруэнтности (при стабильном сочленении среднем угол конгруэнтности равен $-6^\circ \pm 11^\circ$, наличие латерального смещения было принято считать при значениях угла более $+5^\circ$, медиального смещения – менее -17°), состояние щели сочленения (учитывая среднюю толщину хрящевого покрытия, значение щели сочленения $\leq 2,9$ мм трактовалось, как признак вероятной гиперпрессии фасетки надколенника), наличие дегенеративно-дистрофических изменений.

По боковым рентгенограммам оценивалось расположение надколенника по высоте согласно значению индекса Катона-Дешампа (нормальные значения индекса 0,7 – 1,1, при значениях $\leq 0,6$ – признаки низкого расположения, при значениях $\geq 1,2$ – признаки высокого расположения надколенника).

По двум видам рентгенограмм оценивалось наличие или отсутствие дегенеративно-дистрофических изменений ПФС (признаки артроза сочленения): субхондральный склероз фасеток и контактных отделов блока бедра, краевые разрастания, зоны кистовидной перестройки.

При анализе рентгенограмм конфигурация надколенника по Wiberg тип I была отмечена в 13,1% случаев (n=11), конфигурация по Wiberg тип II – в 66,7% случаев (n=56), тип III – в 20,2% (n=17).

Смещение надколенника латерально относительно межмышцелковой борозды определялось у 23,8% пациентов (n=20), смещение надколенника медиально не отмечено (n=0).

Избыточный латеральный наклон надколенника визуализировался у 16,7% пациентов (n=14).

Сужение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе до значений $\leq 2,9$ мм отмечалось у 21,4% пациентов (n=18), медиально – у 3,6% пациентов (n=3), одновременно латерально и медиально – у 2,4% (n=2).

Уплотнение и деформация блока с увеличением угла борозды более 144° отмечалось в 32,1% случаев (n=27), причем в 21,4% случаев (n=18) это имело диспластический характер и сочеталось с асимметрией мышцелков, а в 10,7% случаев (n=9) – идиопатический характер и было связано с дегенеративными изменениями поверхности мышцелков.

Угол конгруэнтности (норма минус $6^\circ \pm 11^\circ$) более $+5^\circ$ отмечался в 22,6% случаев (n=19), у 2,4% пациентов (n=2) отмечалось уменьшение угла менее -17° , у остальных 75% пациентов (n=63) угол конгруэнтности определялся в диапазоне от -14° до $+1^\circ$.

Значения индекса Катона-Дешампа $\geq 1,2$ и, соответственно, высоко расположенный надколенник, отмечался в 53,6% случаев (n=45), в остальных 46,4% случаев (n=39) индекс определялся в диапазоне 0,8 – 1,1.

Дегенеративно-дистрофические изменения сочленения по данным рентгенографии отмечались в 38,1% случаев (n=32): у большинства пациентов – n=17 (20,2%) – визуализировались минимальные изменения, такие как уплотнение латеральной фасетки, у 15 пациентов (17,9%) отмечалась более выраженная картина – краевые разрастания на полюсах надколенника, небольшие зоны кистозной перестройки, уплотнение с деформацией фасеток (единично).

При анализе всех критериев оценки состояния пателлофemorального сочленения по данным рентгенографии было вынесено заключение о наличии латеропозиции надколенника (визуальная оценка и увеличение угла конгруэнтности) у 22,6% пациентов (n=19, включая 4 случая подвывиха надколенника (4,7%)), медиализации надколенника (визуальная оценка и уменьшение угла конгруэнтности) – у 2,4% пациентов (n=2).

Гиперпрессия латеральной фасетки (изменение щели и латерального наклона надколенника) диагностирована у 19% пациентов (n=16), гиперпрессия медиальной фасетки (изменение щели сочленения) – у 3,6% (n=3).

Сочетание латеропозиции надколенника с гиперпрессией латеральной фасетки было отмечено в 16,7% случаев (n=14). Сочетание медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки было отмечено в 2,4% случаев (n=2).

Наличие признаков артроза ПФС (по Келлгрону, Лоуренсу) I степени – 16,7% пациентов (n=14), II – у 6% (n=5).

Синдром Пателла Альта был выявлен в 53,6% случаев (n=45).

Распределение патологических изменений ПФС, выявленных при рентгенографии коленного сустава представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Распределение патологических изменений пателлофemorального сочленения, согласно результатам рентгенографии (Rg)

Метод Патология	Rg	
	Абс. кол-во случаев	%
Латеропозиция надколенника	19	22,6
Латеральный подвывих	4	4,8
Гиперпрессия латеральной фасетки (ГЛФ)	16	19
Медиализация надколенника	2	2,4
Гиперпрессия медиальной фасетки (ГМФ)	3	3,6
Латеропозиция + ГЛФ	14	16,7
Медиализация + ГМФ	2	2,4
Артроз ПФС I	14	16,7
Артроз ПФС II	5	6
Всего	84	100

3.2. Результаты статической МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения

На втором этапе производился анализ патологических изменений пателлофemorального сочленения по данным статической МСКТ коленного сустава в состоянии сгибания 25°. Оценка выполнялась по реконструкциям в трех плоскостях с толщиной среза 0,5 мм в «костном» режиме. В «мягкотканом» режиме дополнительно осматривались изменения со стороны параартикулярных тканей.

При анализе томограмм конфигурация надколенника по Wiberg тип I была отмечена в 13,1% случаев (n=11), конфигурация по Wiberg тип II – в 58,3% случаев (n=49), тип III – в 28,6% (n=24).

Смещение надколенника относительно межмышцелковой борозды оценивалось по индексу TT-TG (в норме, при центрированном надколеннике относительно межмышцелковой борозды значения индекса 8 – 13,9 мм, если значения индекса более 14 мм – признаки латерального смещения надколенника или латеропозиции, менее 8 мм – медиального смещения или медиализации надколенника). Согласно данным МСКТ смещение латерально определялось у 26,2% пациентов (n=22). Следует отметить, что значение индекса у данных лиц было значительно выше нормы (17 мм и более), максимальное значение составило 23 мм. У 73,8% (n=62) пациентов отмечались нормальные или пограничные значения индекса (10 – 13,9 мм), медиального смещения надколенника не выявлено (n=0).

Патологический латеральный наклон надколенника оценивался по значению угла латерального наклона (нормальными считаются значения до 15°). По данным МСКТ увеличение угла латерального наклона надколенника более 15° отмечалось у 22,6% (n=19) пациентов. Максимальное отмеченное значение угла латерального наклона – 23 градуса. У оставшихся 77,4% (n=65) значения угла составили от 10 до 14,5 градусов.

Сужение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе до значений $\leq 2,9$ мм (учитывая среднюю толщину хрящевого покрытия, значение щели сочленения $\leq 2,9$ мм трактовалось, как признак вероятной гиперпрессии фасетки надколенника) отмечалось у 23,8% пациентов (n=20), минимальное значение щели составило 1 мм. Сужение щели до значений $\leq 2,9$ мм медиально визуализировалось у 2,4% пациентов (n=2), одновременно латерально и медиально - у 1,2% (n=1). Минимальное значение щели медиально – 2 мм. Стоит отметить, что сужение щели медиально отмечалось у пациентов с краевыми разрастаниями по медиальной фасетке.

Увеличение угла борозды (нормальные значения угла составляют $138 \pm 6^\circ$) более 144° было отмечено всего у 42,6% пациентов (n=36), из них у 21 пациента (25%) наблюдались признаки дисплазии блока, а у 15 пациентов (17,6%)

увеличение угла связано было в основном с дегенеративными изменениями борозды и передних отделов мышечков.

Угол конгруэнтности (в норме угол равен $-6^\circ \pm 11^\circ$, при значениях более $+5^\circ$ – признаки латерального смещения надколенника, при значениях менее -17° – признаки медиализации надколенника) более $+5^\circ$ отмечался в 25% случаев ($n=21$), максимальное значение угла $+10^\circ$. У 1,2% пациентов ($n=1$) отмечалось пограничное значение угла -16° , свидетельствующее о возможной медиализации надколенника, у остальных 73,8% пациентов ($n=62$) угол конгруэнтности определялся в диапазоне от -14° до $+1^\circ$.

По данным МСКТ высоко расположенный надколенник (значения индекса Катона-Дешампа $\geq 1,2$) встречался в 54,8% случаев ($n=46$). В 45,2% случаев ($n=38$) индекс определялся в диапазоне 1 – 1,19.

Дегенеративно-дистрофические изменения сочленения по данным МСКТ отмечались в 41,7% случаев ($n=35$): у 22,6% пациентов ($n=19$) визуализировались минимальные изменения, у 19,1% пациентов ($n=16$) отмечалась более выраженные – краевые разрастания на полюсах надколенника и по краям суставных поверхностей, кистозная перестройка, уплотнение с деформацией фасеток.

При анализе всех критериев оценки состояния ПФС по данным классической МСКТ было вынесено заключение о наличии латеропозиции надколенника (оценка индекса ТТ-TG и увеличение угла конгруэнтности) у 26,2% пациентов ($n=22$, включая 4 случая подвывиха надколенника (4,7%)), случаи медиализации надколенника (оценка индекса ТТ-TG и достоверное уменьшение угла конгруэнтности) не отмечены ($n=0$).

Гиперпрессия латеральной фасетки (сужение щели сочленения и увеличение латерального угла наклона) диагностирована у 23,8% пациентов ($n=20$), гиперпрессия медиальной фасетки (оценка щели сочленения медиально) – у 2,4% пациентов ($n=2$).

Сочетание латеропозиции надколенника с гиперпрессией латеральной фасетки было отмечено в 17,9% случаев ($n=15$). Сочетания медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки отмечено не было ($n=0$).

Наличие признаков артроза ПФС (по Келлгрону, Лоуренсу) I степени – 6% пациентов (n=16), II – у 3,6% (n=6).

Синдром Пателла Альта был выявлен в 54,8% случаев (n=46).

Распределение патологических изменений ПФС, выявленных при статической МСКТ коленного сустава представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Распределение патологических изменений пателлофemorального сочленения, согласно результатам МСКТ

Метод Патология	МСКТ	
	Абс. кол-во случаев	%
Латеропозиция надколенника	22	26,2
Латеральный подвывих	4	4,8
Гиперпрессия латеральной фасетки (ГЛФ)	20	23,8
Медиализация надколенника	0	0
Гиперпрессия медиальной фасетки (ГМФ)	2	2,4
Латеропозиция + ГЛФ	15	17,9
Медиализация + ГМФ	0	0
Артроз ПФС I	16	19
Артроз ПФС II	6	7,1
Всего	84	100

3.3. Результаты функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения

Для анализа показателей состояния ПФС по данным фМСКТ производилась оценка по 20 – 23 сериям, каждая из которых соответствовала моменту разгибания коленного сустава с 60 – 65° сгибания до 0° сгибания (состояния полного разгибания коленного сустава при напряженном квадрицепсе).

Оценка выполнялась по average-реконструкциям в трех плоскостях с толщиной среза 0,5 мм в «костном» режиме. Также дополнительно выполнялись 3D-реконструкции и обработка данных в специализированной программе «4D-orthopedic» с возможностью графического отображения и видеовизуализации для более полной информативности метода о состоянии структур ПФС.

При анализе томограмм, полученных при фМСКТ, конфигурация надколенника по Wiberg тип I была отмечена в 13,1% случаев (n=11), конфигурация по Wiberg тип II – в 58,3% случаев (n=49), тип III – в 28,6% (n=24).

Смещение надколенника относительно межмышцелковой борозды оценивалось по индексу TT-TG (значения индекса: 8 – 13,9 мм – надколенник центрирован, ≥ 14 мм – латеропозиция надколенника, $\leq 7,9$ мм – медиализация надколенника). Учитывая биомеханику ПФС, максимального изменения положения надколенника относительно блока следует ожидать в состоянии максимального напряжения квадрицепса (разгибания коленного сустава). Это подтвердилось и при анализе фМСКТ. Согласно данным фМСКТ увеличение индекса TT-TG более 14 мм и, соответственно, смещение латерально определялось у 65,5% пациентов (n=55). Изменения регистрировались на серии, соответствующей 0° сгибания (состоянию полного разгибания коленного сустава при напряженном квадрицепсе), значение индекса у данных лиц варьировало от 14 мм до 38 мм у пациента с подвывихом надколенника. У 7,1% пациентов (n=6) отмечалось уменьшение индекса TT-TG менее 8 мм при полном разгибании коленного сустава. В 27,4% случаев (n=23) значения индекса варьировались от 9,5 мм до 13,9 мм.

Патологический латеральный наклон надколенника оценивался по значению угла латерального наклона (нормальные значения угла до 15°). Увеличение данного параметра по данным фМСКТ отмечено у 60,7% пациентов ($n=51$). При анализе серий фМСКТ было установлено, что в большинстве случаев ($n=42$, 50%) максимальные значения угла латерального наклона отмечались на сериях, соответствующих полному разгибанию коленного сустава, в остальных случаях ($n=9$, 10,7%) наибольшие значения были зарегистрированы на сериях, соответствующих $9^\circ - 10^\circ$ и $12^\circ - 14^\circ$ сгибания (округленно). Максимальное отмеченное значение угла латерального наклона - 34 градуса. У 39,3% ($n=33$) значения угла составили от 10 до 14,9 градусов.

Сужение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе до значений $\leq 2,9$ мм (учитывая среднюю толщину хрящевого покрытия, значение щели сочленения $\leq 2,9$ мм трактовалось, как признак вероятной гиперпрессии фасетки надколенника) отмечалось у 70,2% пациентов ($n=59$), минимальное значение щели составило 0,5 мм. Стоит отметить, что минимальные значения расстояния между латеральной фасеткой надколенника и мышцелком были зафиксированы у 56% ($n=47$) на сериях, соответствующих полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания), а у 14,3% ($n=12$) на сериях, соответствующих $10^\circ \pm 2^\circ$ сгибания (округленно) коленного сустава.

Сужение щели до значений $\leq 2,9$ мм медиально визуализировалось у 4,8% пациентов ($n=4$), во всех случаях на сериях, соответствующих полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания). Минимальное значение щели медиально – 1,2 мм.

Значения угла борозды, соответственно, были аналогичными статической МСКТ: увеличение угла борозды (нормальные значения угла составляют $138 \pm 6^\circ$) более 144° было отмечено всего у 42,6% пациентов ($n=36$), из них у 21 пациента (25%) наблюдались признаки дисплазии блока, а у 15 пациентов (17,6%) больше данных за изменение угла, связанное с дегенеративными изменениями блока.

Угол конгруэнтности (в норме угол равен - $6^\circ \pm 11^\circ$, при значениях более $+5^\circ$ – признаки латерального смещения надколенника, при значениях менее -17° – признаки медиализации надколенника) при фМСКТ оценивался на сериях,

соответствующих полному разгибанию коленного сустава (при 0° сгибания, по аналогии с оценкой индекса TT-TG). Увеличение угла конгруэнтности более $+5^\circ$ отмечалось у 69% пациентов (n=58), максимальное значение угла составило $+20^\circ$. В 6% случаев (n=5) отмечалось уменьшение угла менее -17° , у 25% пациентов (n=21) угол конгруэнтности определялся в диапазоне от -15° до $+1^\circ$.

Оценка расположения надколенника по высоте производилась на сериях, соответствующих около 25° сгибания коленного сустава. Значения индекса Катона-Дешампа (нормальные значения индекса 0,7-1,1, при значениях $\leq 0,6$ – признаки низкого расположения, при значениях $\geq 1,2$ – признаки высокого расположения надколенника) $\geq 1,2$ и, соответственно, высоко расположенный надколенник, отмечался в 60,7% случаев (n=51), в 39,3% случаев (n=33) индекс определялся в диапазоне 0,8 – 1,19.

Дегенеративно-дистрофические изменения сочленения по данным фМСКТ были аналогичными данным классической МСКТ: всего определялось 41,7% случаев (n=35), при этом у 22,6% пациентов (n=19) визуализировались минимальные изменения, а у 19,1% пациентов (n=16) отмечались краевые разрастания в краевых отделах контактирующих поверхностей и пр.

При анализе всех критериев оценки состояния ПФС по данным функциональной МСКТ было вынесено заключение о наличии латеропозиции надколенника (оценка индекса TT-TG (преимущественно) и увеличение угла конгруэнтности) у 65,5% пациентов (n=55, включая 6 случаев подвывиха надколенника (7,1%)). Заключение о медиализации надколенника по данным фМСКТ (оценка индекса TT-TG (преимущественно) и уменьшение угла конгруэнтности) было сделано у 7,1% пациентов (n=6).

Гиперпрессия латеральной фасетки (сужение щели сочленения и увеличение латерального угла наклона) диагностирована у 70,2% пациентов (n=59), гиперпрессия медиальной фасетки (оценка щели сочленения медиально) – у 4,8% (n=4).

Сочетание латеропозиции надколенника с гиперпрессией латеральной фасетки было отмечено в 51,2% случаев (n=43). Сочетания медиализации

надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки отмечено у 4,8% пациентов (n=4).

Наличие признаков артроза ПФС (по Келлгрону, Лоуренсу) I степени – 6% пациентов (n=16), II – у 3,6% (n=6).

Синдром Пателла Альта был выявлен в 60,7% случаев (n=51).

Распределение патологических изменений ПФС, выявленных при функциональной МСКТ коленного сустава представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Распределение патологических изменений пателлофemorального сочленения, согласно результатам функциональной МСКТ

Метод Патология	фМСКТ	
	Абс. кол-во случаев	%
Латеропозиция надколенника	55	65,5
Латеральный подвывих	6	7,1
Гиперпрессия латеральной фасетки (ГЛФ)	59	70,2
Медиализация надколенника	6	7,1
Гиперпрессия медиальной фасетки (ГМФ)	4	4,8
Латеропозиция + ГЛФ	43	51,2
Медиализация + ГМФ	4	4,8
Артроз ПФС I	16	19
Артроз ПФС II	6	7,1
Всего	84	100

3.4. Результаты артроскопического оперативного вмешательства у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения

Всем обследованным с помощью рентгенографии, МСКТ и фМСКТ пациентам с подозрением на патологию ПФС в различные сроки в период с 2017 по 2021 год была выполнена артроскопия коленного сустава на базе травматолого-ортопедического отделения Университетской клинической больницы № 1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).

В протоколах оперативного вмешательства отдельное внимание уделялось состоянию фасеток надколенника, хрящевого покрытия блока и надколенника, нарушению положения и трекинга надколенника. Вывод о наличии или отсутствии гиперпрессии фасеток надколенника по данным артроскопии делался на основе анализа состояния хряща суставных фасеток надколенника и контактных отделов блока бедренной кости. Оценка производилась по шкале Outerbridge (Outerbridge R., 1961), выделяющей 4 степени хондромалиции.

По данным артроскопии хондромалиция надколенника (латеральной фасетки) 1 степени (утолщение и отек хряща, локальное размягчение) была выявлена у 47,6% пациентов (n=40), хондромалиция медиальной фасетки – у 3,6% пациентов (n=3). У данных пациентов хрящевое покрытие блока было интактно. Хондромалиция надколенника 2 степени (разволокнение хряща с трещинами и эрозиями, распространяющееся менее чем на 1/2 глубины слоя, не достигая субхондральной кости) была выявлена у 17,9 % пациентов (n=15) и только в отношении латеральной фасетки. У части этих пациентов (n=10, 11,9%) также наблюдалась хондромалиция латерального отдела блока бедренной кости 1 степени. Хондромалиция надколенника 3 степени (разволокнение хряща с глубокими трещинами и эрозиями, распространяющееся более чем на 1/2 глубины слоя, достигая субхондральной кости) была выявлена у 4,8% пациентов (n=4) и только в отношении латеральной фасетки. У всех пациентов с хондромалицией надколенника (латеральной фасетки) 3 степени наблюдалась хондромалиция латерального отдела блока бедренной кости 1 степени (n=4, 4,8%). У 5 пациентов

(6%) было отмечены начальные изменения хряща латеральной фасетки – локальные небольшие невыраженные зоны отека, которые были расценены как предикторы хондомалиции 1 степени, но все же не отнесены к 1 степени.

Всего по данным артроскопии заключение о наличии гиперпрессии латеральной фасетки надколенника было сделано у 76,2% пациентов (n=64), о наличии гиперпрессии медиальной фасетки – у 3,6% (n=3).

Нарушение трекинга надколенника с латеропозицией надколенника по данным интраоперационных тестов было отмечено у 60,7% пациентов (n=51), с медиализацией надколенника – у 6% пациентов (n=5). Также интраоперационно было подтверждено 6 случаев подвывиха надколенника (7,1%, n=6). Латеропозиция надколенника с гиперпрессией латеральной фасетки была выявлена у 53,6% пациентов (n=45).

Медиализация надколенника с гиперпрессией медиальной фасетки была подтверждена у 3,6% пациентов (n=3).

Оценка дегенеративно-дистрофических изменений сочленения производилась визуально в комплексе с анализом хондромалиции надколенника и блока. По данным артроскопии признаки артроза ПФС I стадии отмечались в 22,6% случаев (n=19), II стадии – в 9,5% (n=8). В остальных 67,9% случаях (n=57) признаки артроза (любой стадии) отсутствовали.

Оценка Пателла Альта не производилась ввиду того, что это исключительно рентгеносемиотический критерий.

Распределение патологических изменений ПФС, выявленных при оперативном вмешательстве представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Распределение патологических изменений пателлофemorального сочленения, согласно результатам артроскопии

Метод Патология	Артроскопия	
	Абс. кол-во случаев	%
Латеропозиция надколенника	51	60,7
Латеральный подвывих	6	7,1
Гиперпрессия латеральной фasetки (ГЛФ)	64	76,2
Медиализация надколенника	5	6
Гиперпрессия медиальной фasetки (ГМФ)	3	3,6
Латеропозиция + ГЛФ	45	53,6
Медиализация + ГМФ	3	3,6
Артроз ПФС I	19	22,6
Артроз ПФС II	8	9,5
Всего	84	100

3.5. Результаты магнитно-резонансной томографии коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения (обследование в рамках предоперационной подготовки)

При подготовке к оперативному вмешательству были изучены данные МРТ-исследований 84 пациентов (100%), выполненных в статике при разогнутом коленном суставе с использованием стандартных импульсных последовательностей и реконструкцией в трех плоскостях. Далее будут приведены основные параметры, имеющие значение в оценке патологических изменений пателлофemorального сочленения, которые были выделены при изучении результатов МРТ.

По данным МРТ смещение надколенника латерально относительно межмышцелковой борозды отмечалось в 21,4% случаев (n=18), избыточный латеральный наклон надколенника определялся в 17,9% случаев (n=15) (параметры оценивались визуально). Сужение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе менее 2,9 мм отмечалось в 16,7% случаев (n=14).

Хондромалиция латеральной фасетки надколенника 1 степени (локальные зоны гиперинтенсивного сигнала, относительно неизменные контуры хряща) определялась в 42,3% случаев (n=36). Хондромалиция латеральной фасетки 2 степени (набухание, разволокнение суставного хряща, локальное изменение контура) отмечалась в 14,3% случаев (n=12), хондромалиция латеральной фасетки 3 степени (истончение хряща с локальным изъязвлением, частичное разрушение, вовлекающее более половины хрящевого покрытия) – в 3,6% случаев (n=3). Хондромалиция 1 степени покрытия латерального отдела блока бедренной кости была выявлена в 14,3% случаев (n=12), все эти пациенты имели хондромалицию латеральной фасетки 2-3 степени. Хондромалиция медиальной фасетки надколенника 1 степени была заподозрена у 2 пациентов (2,4%). Убедительных данных за хондромалицию покрытия медиального отдела блока получено не было.

Дополнительно стоит отметить, что в 7,1% случаев (n=6) были выявлены признаки частичного разрыва медиального удерживателя надколенника, в 46,4% случаев (n=39) были отмечены дегенеративные, «несвежие» посттравматические изменения удерживателей надколенника, связки надколенника, сухожилия квадрицепса, в 3,6% случаев (n=3) – синдром медиопателлярной складки, в 25% случаев (n=21) были выявлены дегенеративные, «несвежие» посттравматические изменения передней крестообразной связки, в 36,9% случаев (n=31) – различные изменения менисков, в 21,4% случаев (n=18) – синовит, в 17,9% случаев (n=15) – кисты Бейкера. Пациенты с признаками неполнослойного разрыва элементов связочного аппарата, повреждения менисков и синовита имели в анамнезе травму коленного сустава с относительно небольшим сроком давности (до 2,5 месяцев).

3.6. Диагностическая эффективность и прогностическая ценность рентгенографии, МСКТ и функциональной МСКТ у пациентов с патологией пателлофemorального сочленения

Сравнение количества выявленных случаев патологии пателлофemorального сочленения по результатам методов лучевого обследования и подтверждающего метода (хирургического вмешательства) представлено на рисунке 10.

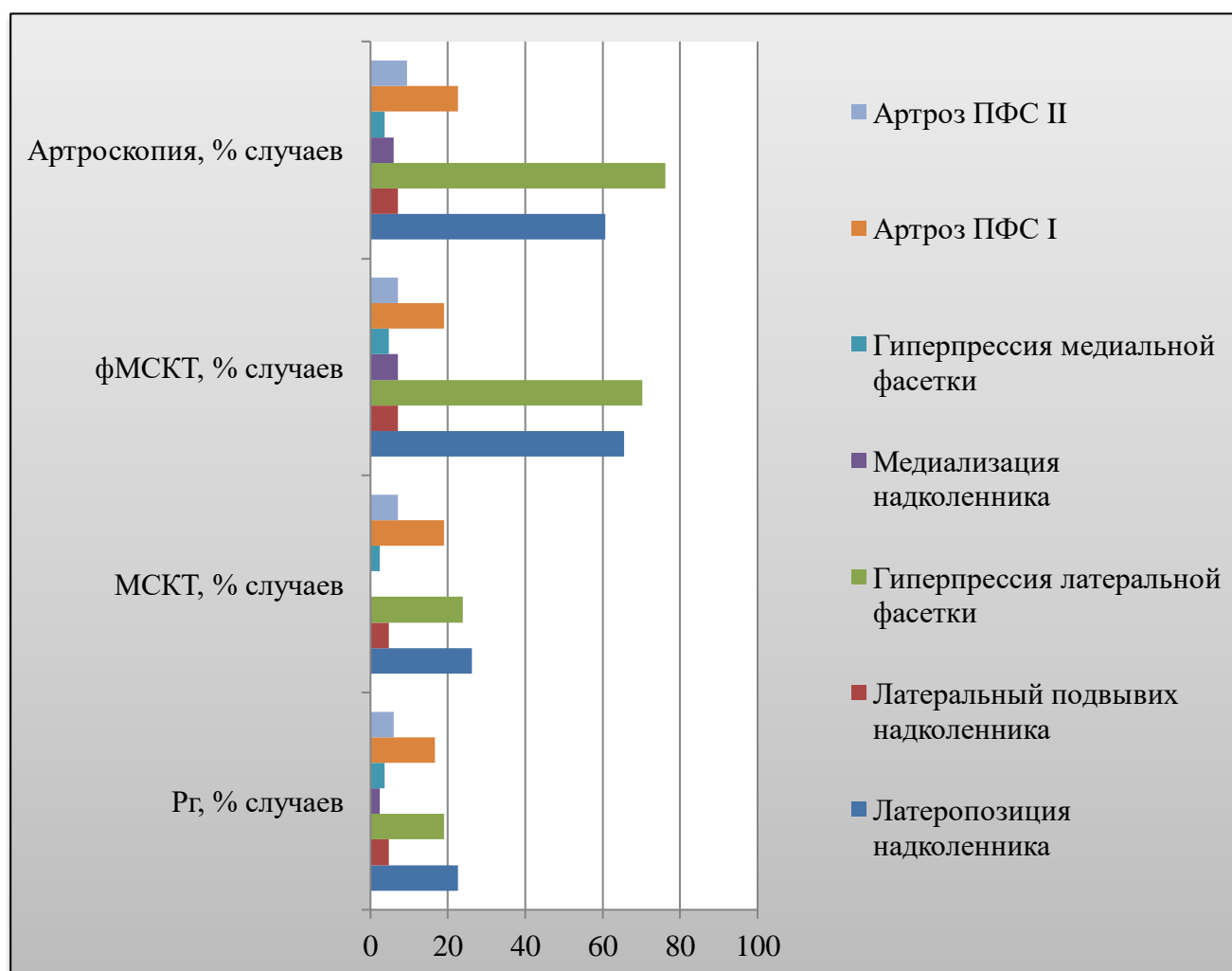


Рисунок 10 – Диаграмма распределения патологических изменений пателлофemorального сочленения согласно результатам рентгенографии (Рг), МСКТ, функциональной МСКТ и артроскопии

Для оценки диагностической эффективности был произведен расчет чувствительности (S_n), точности (A_c) и специфичности (S_p) для каждого из методов лучевого обследования на основе интерпретации результатов истинно

положительных и отрицательных, а также ложно- положительных и отрицательных каждого из сравниваемых методов. При соблюдении стандартного условия для уровня статистической значимости ($p \leq 0,05$) анализ S_n , A_c и S_p корректен для выборки $n > 30$, следовательно, оценка данных критериев производилась в отношении двух патологий ПФС: латеропозиция надколенника и гиперпрессия латеральной фасетки надколенника.

Диагностическая эффективность рентгенографии, МСКТ и фМСКТ при латеропозиции надколенника.

Для рентгенографии количество истинно положительных результатов (TP) в отношении латеропозиции надколенника составило 17, ложноположительных (FP) – 2, истинно отрицательных (TN) – 31, ложноотрицательных (FN) – 34. Для МСКТ в отношении латеропозиции: TP – 21, FP – 1, TN – 32, FN – 30. Для функциональной МСКТ: TP – 50, FP – 5, TN – 28, FN – 1.

При расчете чувствительности (S_n) метода по формуле $S_n = TP / (TP + FN) \times 100\%$ показатель для рентгенографии составил: $S_n = 17 / (17 + 34) \times 100\% = 33,3\%$; для МСКТ: $S_n = 21 / (21 + 30) \times 100\% = 41,2\%$; для функциональной МСКТ: $S_n = 50 / (50 + 1) \times 100\% = 98\%$.

При расчете точности (A_c) метода по формуле $A_c = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN) \times 100\%$, показатель для рентгенографии составил: $A_c = (17 + 31) / (17 + 34 + 2 + 31) \times 100\% = 57,1\%$; для МСКТ: $A_c = (21 + 32) / (21 + 32 + 1 + 30) \times 100\% = 63,1\%$; для функциональной МСКТ: $A_c = (50 + 28) / (50 + 28 + 5 + 1) \times 100\% = 92,9\%$.

При расчете специфичности (S_p) метода по формуле $S_p = TN / (FP + TN) \times 100\%$, показатель для рентгенографии составил: $S_p = 31 / (2 + 31) \times 100\% = 93,9\%$; для МСКТ: $S_p = 32 / (1 + 32) \times 100\% = 97\%$; для функциональной МСКТ: $S_p = 28 / (5 + 28) \times 100\% = 84,8\%$.

Прогностическая ценность рентгенографии, МСКТ и фМСКТ при латеропозиции надколенника.

Для оценки прогностической ценности каждого из сравниваемых методов (вероятности наличия заболевания при условии известного результата

исследования, проведенного с помощью той или иной диагностической методики) рассчитывался показатель прогностичности положительного результата (PVP от positive predictive value) по формуле $PVP = TP / (TP + FP) \times 100\%$ и показатель прогностичности отрицательного результата (PVN от negative predictive value) по формуле $PVN = TN / (FN + TN) \times 100\%$.

Для рентгенографии: $PVP = 17 / (17 + 2) \times 100\% = 89,5\%$

$PVN = 31 / (34 + 31) = 47,7\%$

Для МСКТ: $PVP = 21 / (21 + 1) \times 100\% = 95,5\%$

$PVN = 32 / (30 + 32) \times 100\% = 51,6\%$

Для функциональной МСКТ: $PVP = 50 / (5 + 50) \times 100\% = 91\%$

$PVN = 28 / (1 + 28) \times 100\% = 96,6\%$

Диагностическая эффективность рентгенографии, МСКТ и фМСКТ при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

Для рентгенографии количество истинно положительных результатов (TP) в отношении гиперпрессии латеральной фасетки надколенника составило 15, ложноположительных (FP) – 1, истинно отрицательных (TN) – 19, ложноотрицательных (FN) – 49.

Для МСКТ в отношении гиперпрессии латеральной фасетки надколенника: TP – 18, FP – 2, TN – 18, FN – 46.

Для функциональной МСКТ: TP – 58, FP – 1, TN – 19, FN – 6.

При расчете чувствительности (Sn) метода по формуле $Sn = TP / (TP + FN) \times 100\%$ показатель для рентгенографии составил:

$Sn = 15 / (15 + 49) \times 100\% = 23,4\%$

для МСКТ:

$Sn = 18 / (18 + 46) \times 100\% = 28,1\%$

для функциональной МСКТ:

$Sn = 58 / (58 + 6) \times 100\% = 90,6\%$

При расчете точности (Ac) метода по формуле $Ac = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN) \times 100\%$, показатель для рентгенографии составил:

$Ac = (15 + 19) / (15 + 1 + 19 + 49) \times 100\% = 40,5\%$

для МСКТ:

$$Ac = (18 + 18)/(18+2+18+46) \times 100\% = 42,9\%$$

для функциональной МСКТ:

$$Ac = (58+19)/(58+1+19+6) \times 100\% = 91,7\%$$

При расчете специфичности (Sp) метода по формуле $Sp = TN / (FP + TN) \times 100\%$, показатель для рентгенографии составил:

$$Sp = 19/(1+19) \times 100\% = 95\%$$

для МСКТ:

$$Sp = 18/(2+18) \times 100\% = 90\%$$

для функциональной МСКТ:

$$Sp = 19/(1+19) \times 100\% = 95\%$$

Прогностическая ценность рентгенографии, МСКТ и фМСКТ при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

Показатель прогностичности положительного результата, рассчитываемый по формуле $PVP = TP / (TP + FP) \times 100\%$, для рентгенографии составил: $PVP = 15 / (15 + 1) \times 100\% = 93,8\%$

Показатель прогностичности отрицательного результата, рассчитываемый по формуле $PVN = TN / (FN + TN) \times 100\%$, для рентгенографии составил: $PVN = 19 / (49 + 19) \times 100\% = 27,9\%$

Для МСКТ: $PVP = 18 / (18 + 2) \times 100\% = 90\%$

$$PVN = 18 / (46 + 18) \times 100\% = 28,1\%$$

Для функциональной МСКТ: $PVP = 58 / (58 + 1) \times 100\% = 98,3\%$

$$PVN = 19 / (6 + 19) \times 100\% = 76\%.$$

Диагностическая эффективность и прогностическая ценность сравниваемых методов в отношении латеропозиции надколенника представлена на рисунке 11.

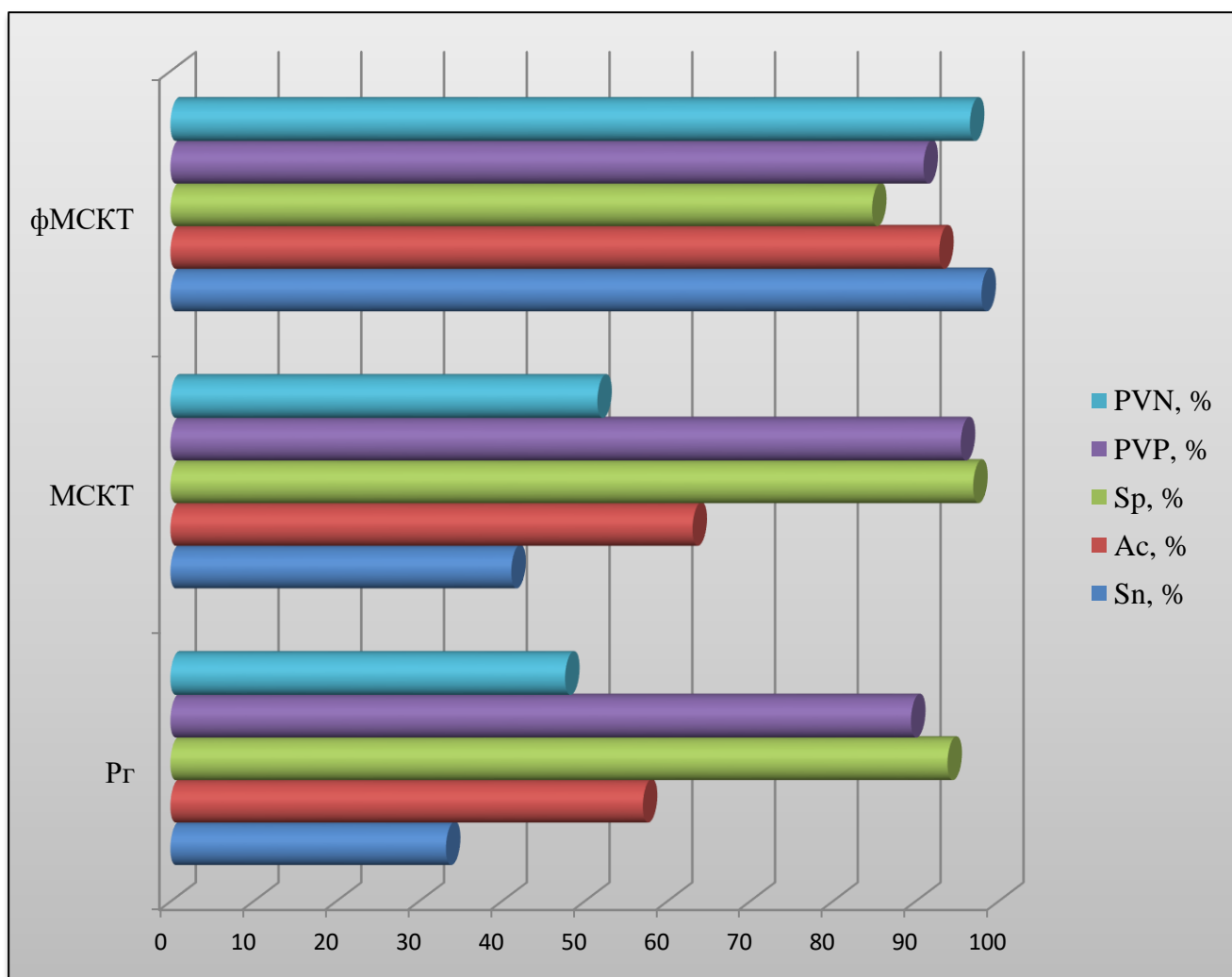


Рисунок 11 – Показатели диагностической эффективности и прогностической ценности рентгенографии (Рг), МСКТ и функциональной МСКТ при выявлении латеропозиции надколенника

Диагностическая эффективность и прогностическая ценность сравниваемых методов в отношении гиперпрессии латеральной фасетки надколенника представлена на рисунке 12.

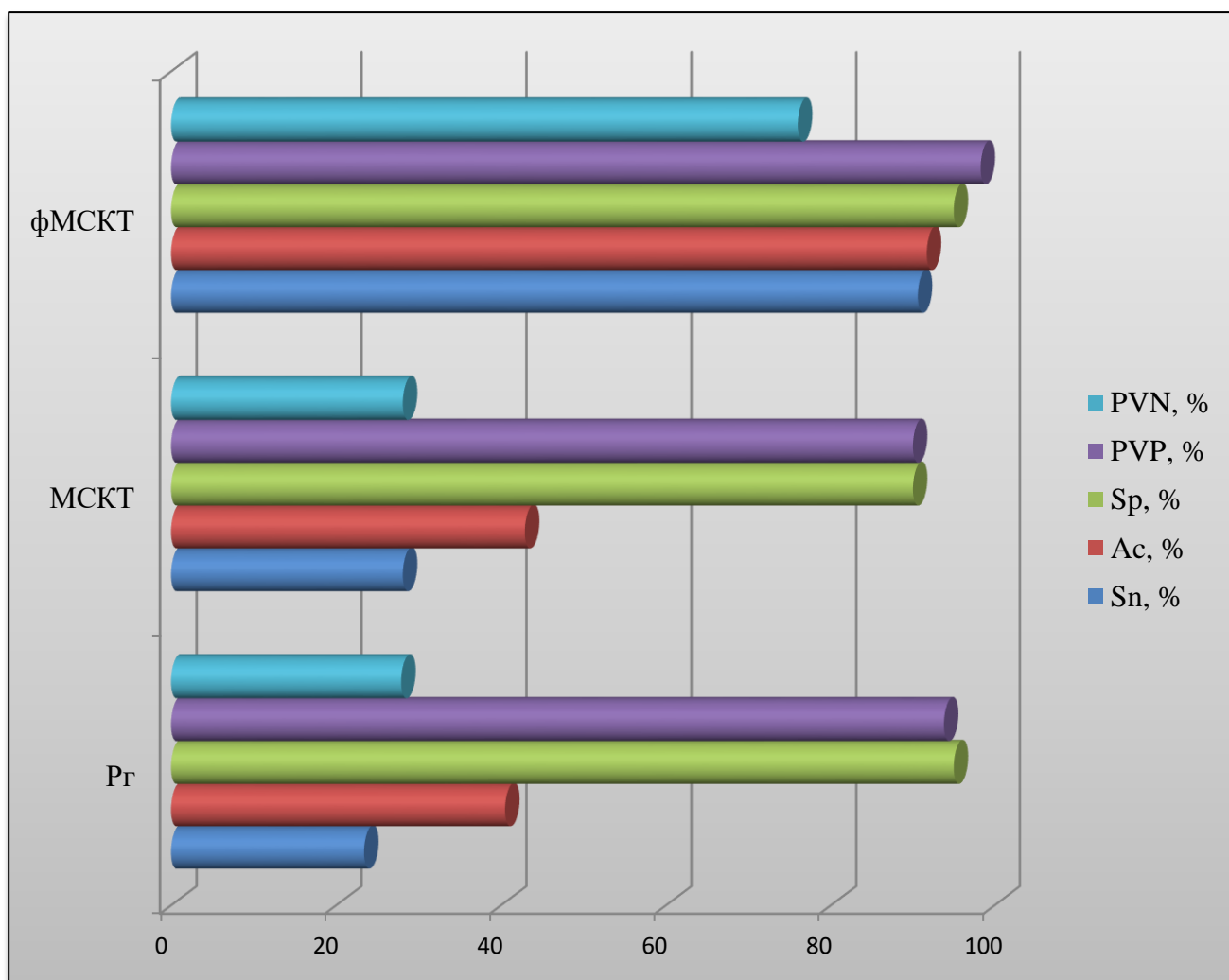


Рисунок 12 – Диагностическая эффективность и прогностическая ценность рентгенографии (Рг), МСКТ и функциональной МСКТ при выявлении гиперпрессии латеральной фасетки надколенника

Подсчет истинных и ложных положительных и отрицательных результатов рентгенографии, МСКТ и фМСКТ в отношении медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки надколенника.

Выборка пациентов с подтвержденной медиализацией надколенника и гиперпрессией медиальной фасетки слишком мала ($n < 10$), следовательно, расчет Sn, Ac и Sp и диагностической эффективности не корректны (нет достаточного уровня статистической значимости). Однако, для общего анализа результатов данного исследования целесообразно рассчитать количество истинно положительных (TP) и отрицательных (TN), ложноположительных (FP) и

отрицательных (FN) результатов для каждого из методов диагностики в отношении выше указанной патологии ПФС.

В отношении медиализации надколенника:

рентгенография: TP – 2, FP – 0, TN – 79, FN – 3;

МСКТ: TP – 0, FP – 0, TN – 79, FN – 5;

функциональная МСКТ: TP – 5, FP – 1, TN – 78, FN – 0.

В отношении гиперпрессии медиальной фасетки:

рентгенография: TP – 1, FP – 2, TN – 79, FN – 2;

МСКТ: TP – 1, FP – 1, TN – 80, FN – 2;

функциональная МСКТ: TP – 3, FP – 1, TN – 80, FN – 0.

Распределение истинно положительных и ложноотрицательных результатов при выявлении медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки надколенника по данным сравниваемых методик представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Количество истинно положительных (TP) и ложноотрицательных результатов (FN) при выявлении медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки по данным рентгенографии (Рг), МСКТ и функциональной МСКТ

Метод	Патология		Гиперпрессия медиальной фасетки	
	Медиализация надколенника		TP	FN
	TP	FN	TP	FN
Рг	2	3	1	2
МСКТ	0	5	1	2
фМСКТ	5	0	3	0

3.7. Клинический пример

Пациентка Е., 27 лет, обратилась к травматологу-ортопеду с жалобами на умеренные болевые ощущения в переднем отделе правого коленного сустава, усиливающиеся при подъеме по лестнице, приседании и занятиях спортом, и чувство «неловкости», неустойчивости сустава при опоре на согнутую правую ногу, при вставании с корточек и при выполнении определенных физических упражнений. Пациентка ведет активный образ жизни, 5 лет занимается спортом на любительском уровне (аэробика, кроссфит). Указанные жалобы начали беспокоить пациентку три года назад, в последнее время участилось и стало более интенсивным их проявление. Серьезных травм и операций на область правого коленного сустава в анамнезе не было. Ранее пациентка не обследовалась, хронические заболевания, патологию опорно-двигательного аппарата отрицает.

При осмотре пациентки нарушений походки не отмечено. При выполнении приседания отмечалась крепитация и дискомфорт в области переднего отдела правого коленного сустава. Было выявлено увеличение угла Q до 23° (угол Q – угол между линией оси четырехглавой мышцы и линией проекции хода связки надколенника, пересекающихся в центре надколенника, нормальные значения угла у женщин до 20°), что указывает на наличие вальгусной деформации нижних конечностей и предрасположенности к развитию латеральной нестабильности пателлофemorального сочленения. При пальпации выявлена умеренная болезненность в передне-латеральных отделах коленного сустава. При пробах было отмечено незначительное увеличение пассивной латерализации надколенника и слабо положительный симптом знака J.

По итогу осмотра, оценки жалоб и статуса пациентки был сделан предварительный вывод о заболевании пателлофemorального сочленения.

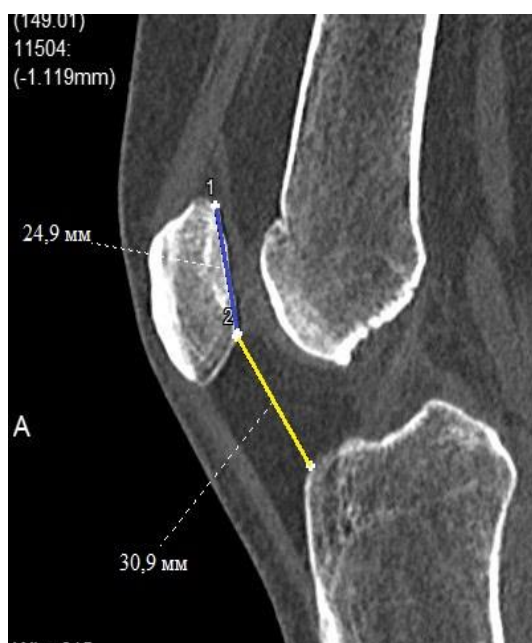
На следующем этапе диагностического поиска пациентке проведена рентгенография коленного сустава в тангенциальной и боковой проекциях, статическая МСКТ коленного сустава в состоянии сгибания 25° и функциональная МСКТ (фМСКТ) коленного сустава.

При анализе данных лучевого обследования убедительных данных за наличие аномалий развития и строения надколенника и блока бедра не получено, конфигурация надколенника по Wiberg тип II. Оценка расположения надколенника по высоте проводилась по боковой рентгенограмме, компьютерной томограмме в сагиттальной плоскости, полученной при статическом исследовании, и томограмме в сагиттальной плоскости, полученной при фМСКТ и соответствующей 23 – 25° сгибания коленного сустава (Рисунок 13 А, Б, В) с помощью индекса Катона-Дешампа (отношение расстояния от нижнего края суставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости к длине суставной поверхности надколенника. При нормальном расположении надколенника по высоте значение индекса должно быть менее 1,2.). У пациентки Е. по данным рентгенографии индекс Катона-Дешампа был равен 1,29, по данным МСКТ – 1,24, по данным фМСКТ – 1,27. Выявлены минимальные различия в значениях индекса, которые были связаны с погрешностями измерения, однако, по данным всех методик лучевого обследования отмечалось увеличение индекса и, соответственно, признаки высокого расположения надколенника, что, в свою очередь, является фактором, предрасполагающим к развитию нестабильности пателлофemorального сочленения.

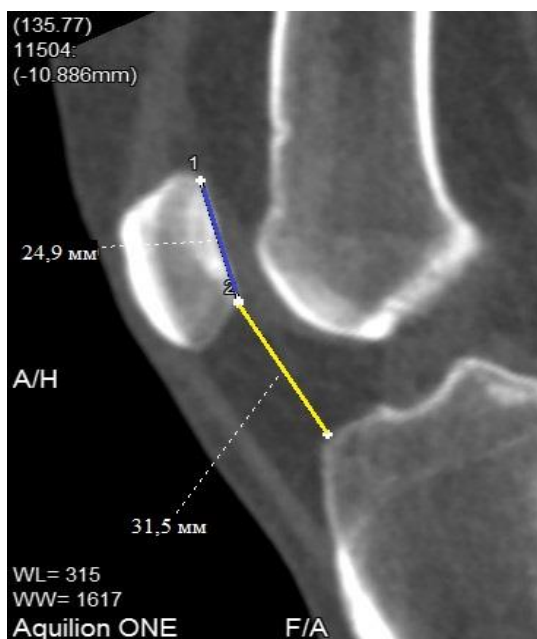
Оценка смещения надколенника относительно межмышцелковой борозды по аксиальной рентгенограмме коленного сустава с выведением пателлофemorального сочленения проводилось визуально с помощью анализа расстояния между условной линией, проходящей через центральный отдел межмышцелковой ямки, и условной линией, проходящей через гребень надколенника (Рисунок 14 А). Несмотря на то, что измерение индекса Бернажо (норма до 15 мм) оказалось невозможным ввиду затрудненной визуализации анатомических ориентиров, даже визуально признаков латеропозиции или медиализации надколенника не отмечалось – расстояние между условными линиями не превышало 5 мм.



А



Б



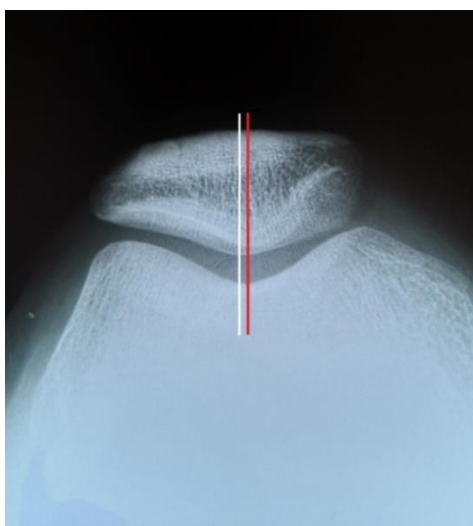
В

Рисунок 13 – Оценка высоты расположения надколенника с использованием индекса Катона-Дешампа – отношения расстояния от нижнего края суставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости (желтая линия) к длине суставной поверхности надколенника (синяя линия):

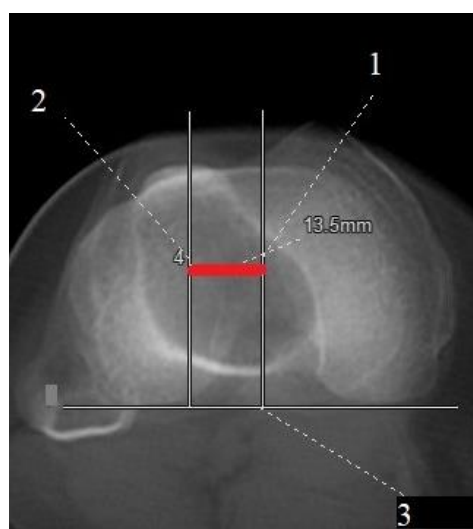
- А – на рентгенограмме коленного сустава в боковой проекции в состоянии сгибания около 25°, индекс равен 1,29;
- Б – на томограмме коленного сустава в сагиттальной плоскости в состоянии сгибания около 25°, полученной при статической МСКТ, индекс равен 1,24;
- В – на томограмме коленного сустава в сагиттальной плоскости, полученной при функциональной МСКТ, соответствующей сгибанию около 25°, индекс равен 1,27 (пояснения в тексте)

Оценка смещения надколенника по данным МСКТ и фМСКТ производилась с помощью индекса ТТ-TG, причем при фМСКТ он оценивался в состоянии полного разгибания коленного сустава (учитывая биомеханику пателлофemorального сочленения, максимального изменения положения надколенника относительно блока следует ожидать в состоянии максимального напряжения квадрицепса). По данным статической МСКТ значение индекса ТТ-TG находилось на верхней границе нормы (норма 8 мм – 13,9 мм) и было равно 13,5 мм (Рисунок 14 Б). По данным функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава значение индекса ТТ-TG значительно превысило нормальные и составило 20,7 мм. Соответственно, по результатам рентгенографии признаков латеропозиции не отмечено, по результатам статической МСКТ можно лишь сделать предположение об избыточном латеральном смещении надколенника, а по данным фМСКТ получены убедительные данные, указывающие на латеропозицию надколенника.

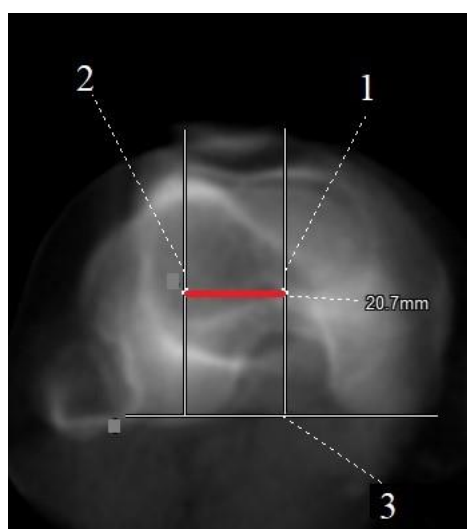
Угол конгруэнтности (угол между биссектрисой угла борозды и линией, соединяющей самую нижнюю точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмышцелковой борозды) по рентгенограмме коленного сустава в тангенциальной проекции, томограмме коленного сустава в аксиальной плоскости, полученной при МСКТ, и аксиальной томограмме коленного сустава в состоянии полного разгибания (учитывая биомеханику сочленения), полученной при фМСКТ (Рисунок 15 А, Б, В). Все значения угла медиальнее биссектрисы отрицательные (-), а латеральнее – положительные (+). В среднем угол конгруэнтности равен -6° , со стандартным отклонением в 11° , значения более $+5$ градусов указывают на латеропозицию надколенника. У пациентки Е. на аксиальной рентгенограмме коленного сустава с выведением пателлофemorального сочленения (Рисунок 15 А) значение угла конгруэнтности составило плюс 4° , на компьютерной томограмме коленного сустава в статике (Рисунок 15 Б) – минус $9,6^\circ$, на томограмме коленного сустава, полученной при фМСКТ в состоянии полного разгибания (Рисунок 15 В), – плюс $11,6^\circ$.



А



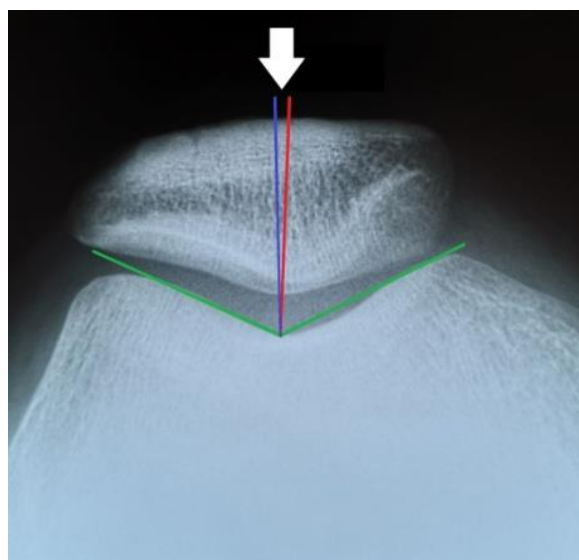
Б



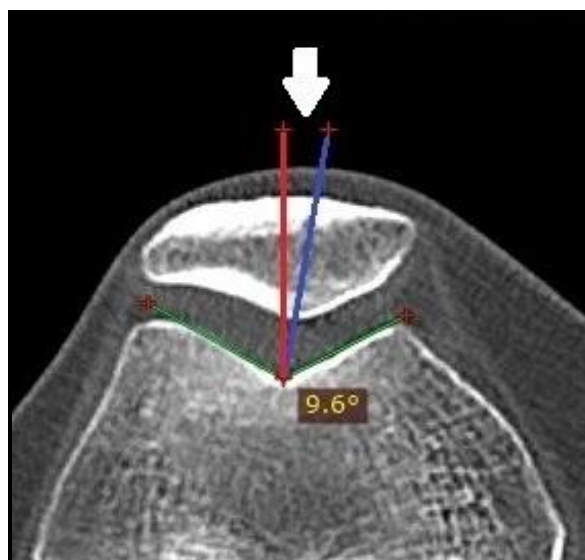
В

Рисунок 14 – Оценка смещения надколенника относительно межмыщелковой борозды бедренной кости: А – на косо-аксиальной рентгенограмме коленного сустава при помощи построения условной линии, проходящей через центральный отдел межмыщелковой борозды (красная линия), и условной линии, проходящей через гребень надколенника (белая линия), расстояние между линиями не превышает 5 мм, надколенник центрирован; Б – на томограмме коленного сустава в аксиальной плоскости, полученной с помощью статической МСКТ, при реконструкции с толстыми (более 75 мм) срезами *; В – на томограмме коленного сустава в аксиальной плоскости, полученной при функциональной МСКТ в состоянии полностью разогнутого коленного сустава, при реконструкции с толстыми (более 75 мм) срезами *;

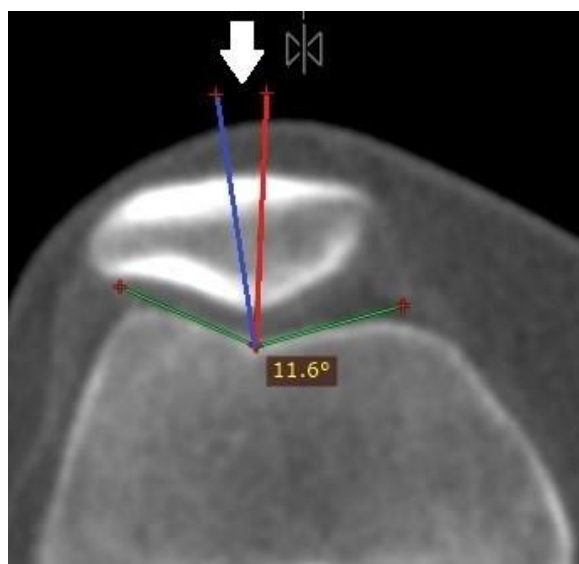
* На томограммах Б и В отмечены следующие ориентиры: перпендикуляр (1) к задней чрезмыщелковой линии (3) через центр задней межмыщелковой вырезки и перпендикуляр (2) к задней чрезмыщелковой линии через бугристость большеберцовой кости. Проведено измерение индекса ТТ-TG (красная линия). По данным МСКТ латеропозиции надколенника не выявлено – индекс ТТ-TG равен 13,5 мм. По данным фМСКТ отмечается латеропозиция надколенника – индекс ТТ-TG равен 20,7 мм (норма до 14 мм)



А



Б



В

Рисунок 15 – Оценка угла конгруэнтности (белая стрелка) – угла между биссектрисой (красная линия) угла бедренной борозды (выделен зеленым) и линией, соединяющей самую нижнюю точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмыщелковой борозды (синяя линия):

А – на рентгенограмме коленного сустава в тангенциальной проекции с выведением пателлофemorального сочленения, угол равен плюс 4° (значение латеральнее биссектрисы);

Б – на томограмме коленного сустава в аксиальной плоскости, полученной при статической МСКТ, угол равен минус $9,6^{\circ}$ (значение медиальнее биссектрисы);

В – на томограмме коленного сустава в аксиальной плоскости, полученной при функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания, угол равен плюс $11,6^{\circ}$ (значение латеральнее биссектрисы) (пояснения в тексте)

Соответственно, по данным МСКТ значение угла в норме, по данным рентгенографии значение угла конгруэнтности может лишь косвенно указывать на

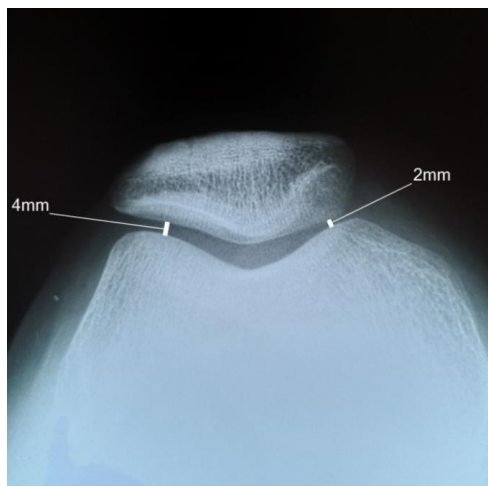
возможную латеропозицию надколенника, по данным фМСКТ отмечается значительное увеличение угла конгруэнтности, что является проявлением латеропозиции надколенника.

По данным рентгенографии увеличение латерального наклона надколенника не отмечено. При анализе компьютерной томографии были произведены измерения угла наклона надколенника. По данным статической МСКТ значение угла составило $13,8^\circ$ – признаков избыточного латерального не отмечено. При интерпретации функциональной МСКТ оценка угла производилась на различных углах сгибания, и максимальное значение было отмечено на серии, соответствующей полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания). Максимальное значение угла латерального наклона составило $16,3^\circ$ – отмечается невыраженное увеличение латерального наклона надколенника (нормальные значения угла до 15°), что является признаком латеральной нестабильности и указывает на возможное наличие гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

Для оценки наличия гиперпрессии фасеток измерялся размер щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе и медиальном отделе. Учитывая среднюю толщину хряща, покрывающего надколенник, сужение щели до 2,9 мм и менее расценивалось, как признак гиперпрессии.

На аксиальной рентгенограмме в тангенциальной проекции минимальное значение размера щели в латеральном отделе составило 4 мм (Рисунок 16 А), минимальное значение размера щели в медиальном отделе составило 2 мм – признаков гиперпрессии латеральной фасетки не отмечено, однако, нельзя исключить наличие признаков гиперпрессии медиальной фасетки. На аксиальной томограмме коленного сустава, полученной при статической МСКТ, минимальное значение размера щели в латеральном отделе составило 4,8 мм (Рисунок 16 Б), минимальное значение размера щели в медиальном отделе составило 4,6 мм – признаков гиперпрессии фасеток не отмечено. При анализе данных фМСКТ размер щели сочленения оценивался на всех сериях, минимальное значение щели отмечено на серии, соответствующей полному разгибанию коленного сустава (0°

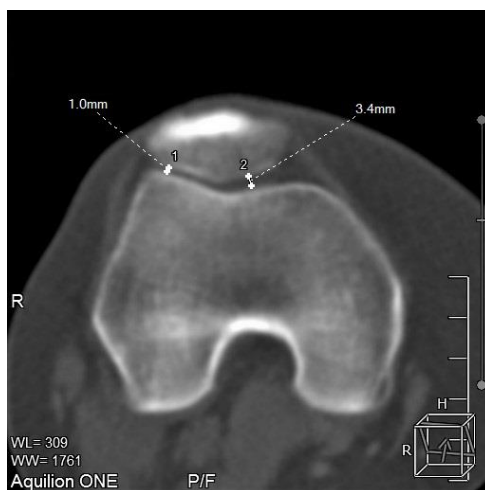
сгибания) – в ниже-латеральном отделе выявлено сужение щели сочленения до 1 мм, в ниже-медиальном отделе минимальное значение размера щели зафиксировано 3,4 мм (Рисунок 16 В).



А



Б



В

Рисунок 16 – А – Рентгенограмма коленного сустава в тангенциальной проекции. Признаков гиперпрессии латеральной фасетки не отмечено: щель сочленения в латеральном отделе до 4 мм. Отмечается сужение щели в медиальном отделе до 2 мм – нельзя исключить наличие признаков гиперпрессии медиальной фасетки; Б – Томограмма коленного сустава в аксиальной плоскости, полученная при МСКТ. Признаков гиперпрессии фасеток надколенника не отмечено: щель латерально – 4,8 мм, медиально – 4,6 мм; В – Томограмма коленного сустава в аксиальной плоскости, полученная при фМСКТ в состоянии полного разгибания. Отмечается выраженное сужение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе – до 1 мм – признак гиперпрессии латеральной фасетки. Данных за гиперпрессию медиальной фасетки не получено, щель сочленения медиально – 3,4 мм

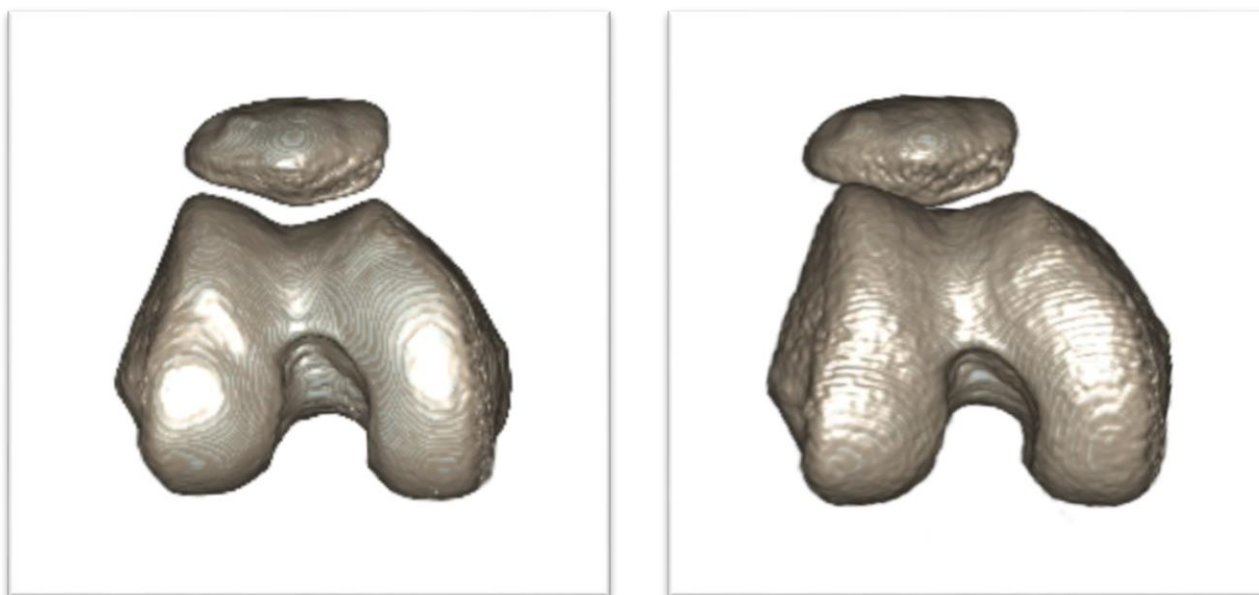
Соответственно по данным фМСКТ определяется гиперпрессия латеральной фасетки надколенника, данных за гиперпрессию медиальной фасетки не получено.

Анализируя выше описанные данные, по результатам рентгенографии правого коленного сустава в тангенциальной и боковой проекциях было сделано заключение о наличии признаков высоко расположенного надколенника и сужения щели пателлофemorального сочленения в медиальном отделе и вероятной гиперпрессии медиальной фасетки, признаков смещения надколенника не выявлено.

По результатам статической МСКТ правого коленного сустава при стандартном угле сгибания (25°) было сделано заключение о наличии высоко расположенного надколенника, признаков гиперпрессии фасеток и смещения надколенника не выявлено. По результатам функциональной МСКТ правого коленного сустава было сделано заключение о наличии высоко расположенного надколенника, латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

Данные МСКТ и фМСКТ были дополнены 3D-реконструкциями, при работе с которыми выполнялась модификация изображения («отсутствуют» кости голени) и выведение фокуса непосредственно на пателлофemorальное сочленение. Реконструкция, полученная при статической МСКТ, продемонстрировала нормальные взаимоотношения надколенника и блока с сохранением достаточного размера щели сочленения (Рисунок 17 А). Реконструкция, полученная по данным функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава, наглядно продемонстрировала истинное нарушение биомеханики ПФС, выражающееся в латеральном смещении надколенника, его латеральном наклоне и критическом сужении щели сочленения в латеральном отделе (Рисунок 17 Б).

Также данные функциональной МСКТ для более информативного восприятия и планирования хирургического вмешательства были представлены травматологам-ортопедам после обработки в специализированной программе «4D-orthopedic», которая позволила дополнить 3D-реконструкцию видеовизуализацией и графическим отображением изменения отдельных параметров стабильности сочленения (Рисунок 18).



А

Б

Рисунок 17 – 3D-реконструкции коленного сустава с выведением непосредственно пателлофemorального сочленения (модификация):

А – реконструкция, полученная при статической МСКТ: определяется центрирование надколенника относительно блока с сохранением щели сочленения; Б – реконструкция, полученная при функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава: определяется латеропозиция надколенника с критическим сужением щели сочленения в латеральном отделе

В рамках предоперационного планирования пациентке была проведена статическая МРТ коленного сустава (примерно за месяц до операции), по результатам которой смещения надколенника относительно межмыщелковой борозды отмечено не было, была выявлена хондромалация 1 степени латеральной фасетки надколенника и на фоне артефактов заподозрено линейное повреждение хряща в области гребня с вероятным распространением до субхондральной кости. Со стороны связочного аппарата и других структур коленного сустава принципиальных изменений не выявлено.

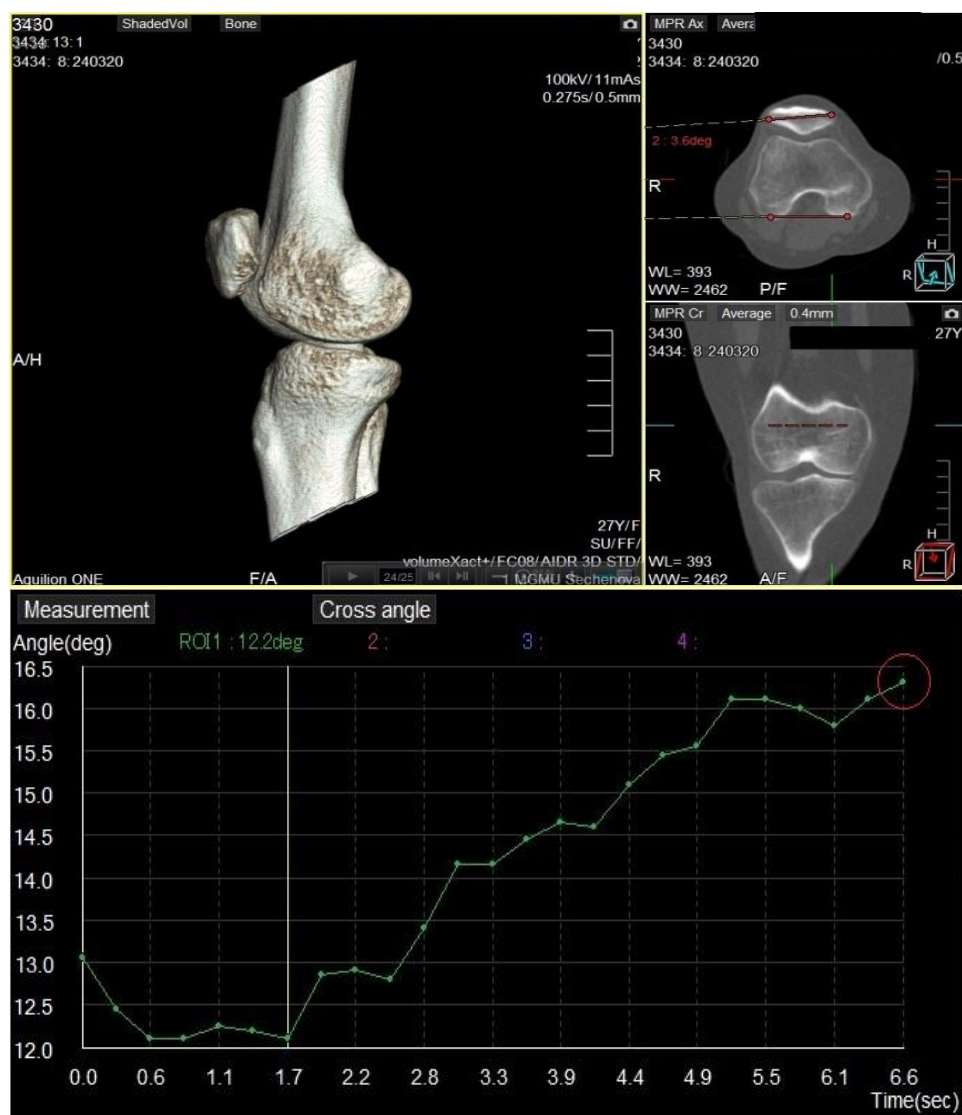


Рисунок 18 – Обработка данных функциональной МСКТ коленного сустава в программе «4D-Orthopedic» с отображением изменения угла латерального наклона надколенника в процессе разгибания коленного сустава в виде графика – зеленая кривая. Вертикальная ось – значения угла в градусах с шагом в $0,5^\circ$, горизонтальная ось – интервалы движения сустава с шагом в $0,25 - 0,3$ секунды. По графику видно, что максимальное значение угла наклона надколенника – $16,3^\circ$ – регистрируется в состоянии полного разгибания (интервал движения, соответствующий $6,6 - 7$ с, выделено красным кругом). «4D-orthopedic» также дает возможность видеовизуализации движений в суставе и соответствующих им изменений графика

Непосредственно перед операцией пациентке Е. было проведено необходимое обследование, включающее в себя стандартный набор анализов и исследований и исследований.

После предоперационного обследования проведена консультация анестезиолога-реаниматолога и повторная консультация травматолога-ортопеда:

хирургическое лечение показано, противопоказаний нет. В короткие сроки было проведено хирургическое вмешательство из артроскопического доступа. По данным артроскопии правого коленного сустава было выявлено нарушение трекинга надколенника с латеропозицией, гиперпрессия латеральной фасетки надколенника с хондромалацией 1 – 2 степени, а также трансхондральное повреждение хряща, покрывающего гребень с переходом на медиальную фасетку (Рисунок 19), которое клинически себя никак не проявляло и было лишь заподозрено на МРТ (расценено как интраоперационная находка).

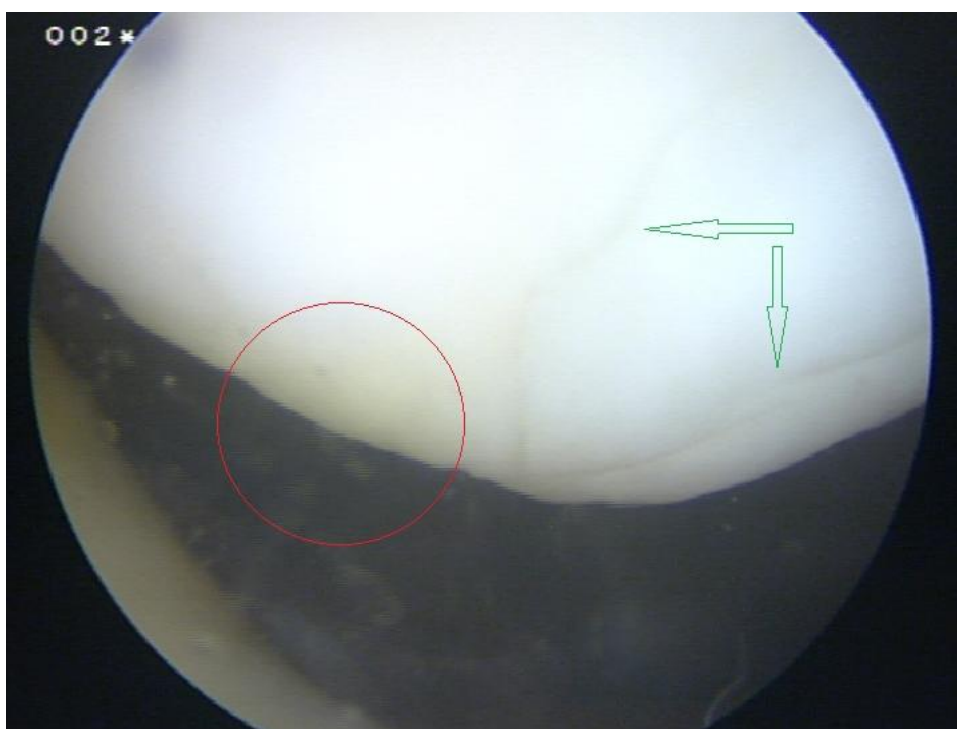


Рисунок 19 – Интраоперационная фотография при артроскопии коленного сустава. Красным кругом отмечена зона хондромалации надколенника 1 – 2 степени, связанная с гиперпрессией латеральной фасетки надколенника; зелеными стрелками отмечено трансхондральное повреждение (не проявлялось клинически)

При артроскопии коленного сустава пациентке Е. был произведен латеральный релиз надколенника с целью устранения избыточной латерализации надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки, правильного распределения нагрузки на фасетки, что в свою очередь должно привести к остановке прогрессии хондромалации надколенника и предупреждению развития необратимых дегенеративно-дистрофических изменений.

При осмотре через месяц после операции пациентка Е. отметила частичный регресс жалоб, при ортопедических пробах была отмечена положительная динамика. Послеоперационный контроль с использованием функциональной МСКТ планируется провести не ранее, чем через полгода после операции.

Интраоперационно было подтверждено, что рентгенография продемонстрировала ложноотрицательный результат в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки, ложноположительный результат в отношении гиперпрессии медиальной фасетки надколенника. Статическая МСКТ продемонстрировала ложноотрицательный результат в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки. По данным статической МСКТ можно было лишь предположить возможное избыточное латеральное смещение надколенника, так как значение индекса ТТ-ТГ находилось на верхней границе нормы. Функциональная МСКТ продемонстрировала на данном клиническом примере высокую диагностическую эффективность в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, что было подтверждено при артроскопии.

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Сравнение диагностической эффективности и аспектов применения рентгенографии, МСКТ и функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с патологией пателлофemorального сочленения

Важнейшей характеристикой проблемы диагностики патологии пателлофemorального сочленения является тот факт, что в случае несвоевременного или ошибочного диагностирования развиваются необратимые и практически не поддающиеся лечению дегенеративно-дистрофические изменения переднего отдела коленного сустава, приводящие к снижению трудоспособности и качества жизни пациентов [1, 82, 129, 130]. Сегодня не существует единого стандарта диагностики патологии ПФС, исследователи не пришли к единому мнению, какой из методов является приоритетным [2, 14, 111].

Наиболее часто применяемые статические рентгенографические методики, выполняемые на стандартных углах сгибания коленного сустава, демонстрируют не самые высокие показатели диагностической эффективности, что подтверждают и результаты настоящего исследования. Так, в диагностике латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника диагностическая эффективность функциональной МСКТ превосходит показатели статических рентгенографии и МСКТ более чем в полтора раза (Таблица 10).

Несмотря на то, что размер выборки не позволяет провести статистический анализ и получить определенные значения показателей диагностической эффективности сравниваемых методов в отношении медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки надколенника, можно высказаться в пользу того, что функциональная МСКТ (фМСКТ) более информативна при выявлении данных патологических изменений, так как превосходит статические методики по истинно положительным (TP) и ложноотрицательным результатам (FN) (Таблица 9).

Таблица 10 – Диагностическая эффективность рентгенографии (Рг), МСКТ и фМСКТ при патологии пателлофemorального сочленения

Патология Диагностическая эффективность	Латеропозиция надколенника			Гиперпрессия латеральной фасетки		
	Рг	МСКТ	фМСКТ	Рг	МСКТ	фМСКТ
Чувствительность (Sn)	33,3%	41,2%	98%	23,4%	28,1%	90,6%
Точность (Ac)	57,1%	63,1%	92,9%	40,5%	42,9%	91,7%
Специфичность (Sp)	93,9%	97%	84,8%	95%	90%	95%

Недостаточная информативность рентгенографии в диагностике патологии ПФС также связана с определенными аспектами методики. Так, в 34,5% случаев (n=29) анализ взаимоотношения надколенника с межмышцелковой бороздой и состояния щели сочленения по косо-аксиальным рентгенограммам ввиду недостаточной визуализации переднего отдела блока и передних отделов бугристости большеберцовой кости оказался затруднительным из-за сложности укладки (ротация нижней конечности, напряжение мускулатуры конечности и изменение угла сгибания в суставе и пр.), проекционных искажений и эффекта суммации (Рисунок 20). Соответственно, оценка латеропозиции и медиализации проводилась визуально, что позволяет высказаться в пользу необъективности и малой информативности стандартной рентгенографии по сравнению с МСКТ и фМСКТ. Аналогичная ситуация отмечалась и с достоверной оценкой наклона надколенника: из-за эффекта суммации построение угла по определенным анатомическим ориентирам было невозможно, анализ латерального наклона надколенника производился визуально. При оценке боковых рентгенограмм в 19% случаев (n=16) возникли сложности при оценке расположения надколенника по высоте из-за избыточной ротации сустава при укладке (пациенты не могли полностью расслабить мускулатуру бедра).

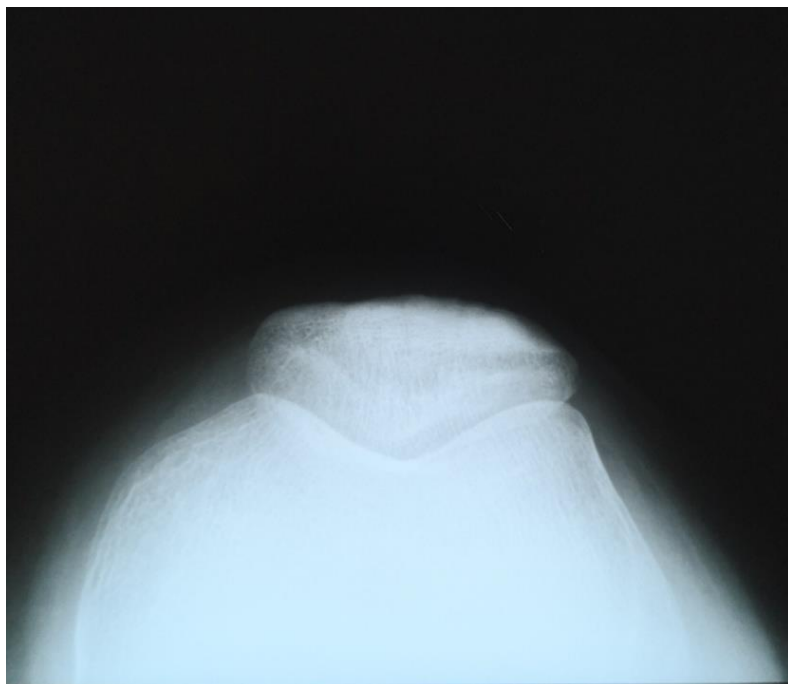


Рисунок 20 – Рентгенограмма коленного сустава в тангенциальной проекции. Отмечается снижение качества визуализации переднего отдела блока и состояния сочленения, связанное с нюансами укладки при исследовании и эффектом суммации (пояснения в тексте). Оценить состояние фасеток и щели пателлофemorального сочленения не представляется возможным

При интерпретации результатов МСКТ нивелировались такие недостатки рентгенографии, как эффект суммации и проекционные искажения, укладка и выполнение исследования со стороны пациента были проще и исключали факторы, снижающих информативность исследования. Выполнение функциональной МСКТ со стороны пациента является более сложным процессом, однако, учитывая молодой возраст пациентов и наличие тренировочных разгибаний перед томографированием, только в 4,8% случаев (n=4) возникли трудности при проведении исследования.

По сравнению с рентгенографией при анализе данных МСКТ и фМСКТ возможно построение всех опорных линий для правильного расчета индексов и показателей, необходимых для диагностики патологии сочленения, соответственно, исчезает субъективизм и неточность в оценке латеропозиции надколенника и других заболеваний ПФС. Стоит отметить, что при компьютерной томографии возможно также более точное построение угла конгруэнтности ввиду отсутствия суммационного эффекта, лучшей визуализации рельефа борозды блока,

а также технических возможностей компьютерной станции мультиспирального томографа.

Однако, МСКТ, как и рентгенография, является статическим методом, и, несмотря на то, что выполняется в состоянии сгибания коленного сустава на 25 – 30°, не может дать объективных данных об истинном нарушении биомеханики сочленения и патологических изменениях, возникающих при активном трекинге надколенника и напряжении квадрицепса. МСКТ может быть информативна при выраженной нестабильности надколенника, когда проявления патологии отмечаются и в статике при сгибании в 25 – 30°. Например, согласно результатам настоящего исследования латеропозиция надколенника отмечалась в 26,2% случаев (n=22), но значения индекса TT-TG у данных лиц были значительно выше нормы (18 мм и более). Соответственно, в остальных случаях латеропозиции, подтвержденных интраоперационно (n=29, 34,5%), с невыраженными отклонениями индекса TT-TG, МСКТ продемонстрировала ложноотрицательные результаты.

Аналогичная ситуация наблюдалась и с гиперпрессией латеральной фасетки надколенника: во всех случаях гиперпрессии по данным МСКТ (n=20, 23,8%) отмечались выраженные изменения щели ПФС, сильный латеральный наклон надколенника (угол латерального наклона более 20°) и сочетание с латеропозицией в большинстве случаев. В остальных случаях (n=44, 52,4%), например, при небольшом латеральном наклоне или отсутствующей латеропозиции МСКТ продемонстрировала ложноотрицательные результаты. В отношении медиализации надколенника МСКТ оказалась не информативна: только 1,2% пациентов (n=1) отмечалось пограничное значение угла конгруэнтности – 15°, свидетельствующее о возможной медиализации надколенника. Также сомнительны данные в отношении гиперпрессии медиальной фасетки, так как всего по результатам МСКТ гиперпрессия медиальной фасетки надколенника наблюдалась в 2,4% случаев (n=2), у пациентов с краевыми разрастаниями по медиальной фасетке, но у одного из этих двух пациентов (1,2%, n=1) результат оказался ложноположительным.

При функциональной МСКТ с использованием широкого детектора томографирование происходит непосредственно при активном движении в ПФС с напряжением четырехглавой мышцы бедра, что позволяет получить подробную информацию о состоянии надколенника и блока, об их взаимоотношении на каждом этапе движения и о факторах, влияющих на стабильность сочленения [33, 35]. Это наделяет методику несомненными достоинствами по сравнению со статическими рентгенографическими методиками, которые используют в рутинной практике. Особенно это относится к диагностике нестабильности надколенника и гиперпрессии фасеток, так как, например, момент гиперпрессии может проявиться при угле сгибания коленного сустава, отличающемся от стандартных, а невыраженное, но клинически значимое смещение надколенника при трекинге может определяться только при разгибании с напряжением квадрицепса. Диагностическую эффективность и прогностическую ценность фМСКТ в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки подтверждают показатели чувствительности, точности и специфичности, полученные при настоящем исследовании (Таблица 10). Несомненным достоинством фМСКТ при выявлении гиперпрессии фасеток надколенника является возможность регистрации непосредственного момента критического сужения щели сочленения практически при любом угле сгибания в диапазоне $0^\circ - 60/65^\circ$ (сгибания) с интервалом около $2,5 - 3^\circ$, так как при постобработке возможно получение серии из 21 ± 1 томограмм, каждая из которых соответствует конкретному углу [35], и на каждой доступно произвести измерения (Рисунок 21 А – 3). Так, по данным фМСКТ у 56% ($n=47$) гиперпрессия латеральной фасетки зафиксирована на сериях, соответствующих полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания), а у 14,3% ($n=12$) на сериях, соответствующих $10^\circ \pm 2^\circ$ сгибания (округленно).

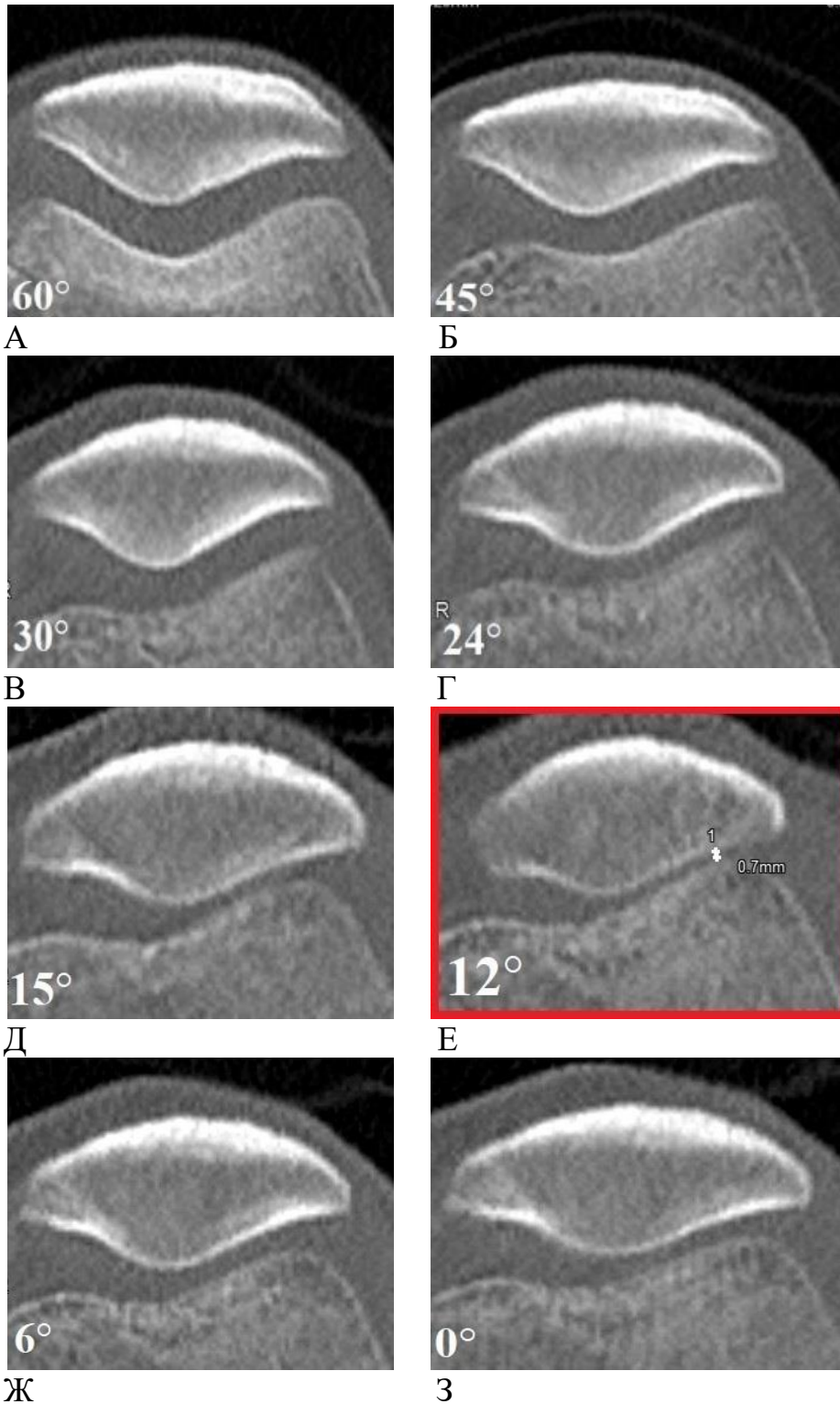


Рисунок 21 – Серия томограмм пателлофemorального сочленения в аксиальной плоскости, полученных при функциональной МСКТ коленного сустава: А – при угле сгибания сустава 60° (исходное положение); Б – при угле сгибания сустава 45° ; В – при угле сгибания сустава 30° ; Г – при угле сгибания сустава 24° ; Д – при угле сгибания сустава 15° ; Е – при угле сгибания сустава 12° (выделена красной рамкой) выявлено наименьшее значение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе (0,7 мм) – момент непосредственной гиперпрессии латеральной фасетки надколенника; Ж – при угле сгибания сустава 6° ; З – при угле сгибания сустава 0° (пояснение в тексте)

Аналогичная ситуация отмечалась и в отношении регистрации наибольших значений еще одного параметра нарушения стабильного состояния ПФС – угла латерального наклона надколенника. По данным фМСКТ в 50% случаев (n=42) максимальные значения угла латерального наклона отмечались на сериях, соответствующих полному разгибанию коленного сустава, в 10,7% случаев (n=9) – на сериях, соответствующих 9° – 10° и 12° – 14° сгибания (округленно).

При визуализации конфигурации надколенника по классификации Wiberg при МСКТ и фМСКТ были получены несколько другие результаты, чем при рентгенографии: Wiberg тип III по данным рентгенографии отмечается в 20,2% случаев (n=17), а согласно МСКТ и фМСКТ, – в 28,6% (n=24). Это связано с тем, что при компьютерной томографии удалось более достоверно оценить медиальную фасетку (наличие гребня), что при обычной рентгенографии было невозможно в некоторых случаях из-за избыточной ротации.

По данным литературы для диагностики Пателла альта («высокого» надколенника), состояния способствующего нарушению биомеханики ПФС, рекомендованы именно стандартные рентгенография или компьютерная томография при согнутом коленном суставе на 25° . Индекс Катона-Дешампа, по которому определяется расположение надколенника по высоте, по данным фМСКТ в настоящем исследовании рассчитывался на сериях, соответствующих примерно 25° сгибания. Нами были получены результаты вполне сопоставимые с результатами стандартных рекомендуемых методик: по данным фМСКТ Пателла альта отмечалась в 60,7% случаев (n=51), по данным МСКТ – 54,8% (n=46), по данным рентгенографии – 53,6% (n=45). Ложноположительные результаты со значениями индекса $> 1,2$, выявленные при фМСКТ, более вероятно были связаны с увеличением расстояния между нижним полюсом надколенника и передне-верхним отделом большеберцовой кости, возникающим вследствие «подтягивания» надколенника напряженным квадрицепсом. Несмотря на этот нюанс, можно высказаться в пользу того, что при интерпретации данных фМСКТ расчет индекса Катона-Дешапма возможен.

В отношении диагностики дегенеративно-дистрофических изменений по данным рентгенографии были получены несколько другие результаты (Таблица 11) по сравнению с данными, полученными при МСКТ и фМСКТ.

Таблица 11 – Количество выявленных случаев артроза пателлофemorального сочленения (ПФС) I и II степени по данным рентгенографии (Рг), МСКТ, функциональной МСКТ и артроскопии

Метод Патология	Рг		МСКТ		фМСКТ		Артроскопия	
	Абс. кол-во случаев	%	Абс. кол-во случаев	%	Абс. кол-во случаев	%	Абс. кол-во случаев	%
Артроз ПФС I	14	16,7	16	19	16	19	19	22,6
Артроз ПФС II	5	6	6	7,1	6	7,1	8	9,5
Всего	84	100	84	100	84	100	84	100

Это естественно связано с возможностью трехплоскостной детальной визуализации при компьютерной томографии и отсутствием эффекта суммации. Стоит отметить, что при функциональной МСКТ доступна не только точная оценка имеющихся дегенеративно-дистрофических изменений, но и анализ их влияния на биомеханику сочленения и его стабильность. Например, по данным фМСКТ было установлено, что из всех случаев гиперпрессии латеральной фасетки у 6 пациентов (7,1%) критическое сужение щели ПФС достигалось именно в связи с наличием краевых разрастаний и уплотнением фасетки с деформацией контактирующей поверхности.

В отличие от рентгенографии при компьютерной томографии возможно построение 3D-реконструкции, которая может отразить дополнительную и легче воспринимаемую информацию для травматолога-ортопеда о состоянии ПФС и коленного сустава в целом, особенно при планировании оперативного лечения.

Также преимуществом современного метода функциональной МСКТ по сравнению со стандартной МСКТ при работе на томографе Aquilion One 640 (TSX-301C) является наличие дополнительной реконструкции с обработкой в специализированной программе «4D-Orthopedic», которая позволяет не только воссоздать трехмерное детальное изображение области интереса, но и отобразить изменение параметров, характеризующих стабильность сочленения, на протяжении всего процесса разгибания графически и в варианте видеовизуализации. Эти реконструкции могут быть полезны травматологам-ортопедам, так как с большой степенью надежности в трехмерном пространстве представляют дополнительную информацию для более точного планирования оперативного вмешательства [33, 35].

4.2. Выделение степеней выраженности патологических изменений пателлофemorального сочленения на основе данных функциональной МСКТ

На основе результатов настоящего исследования, продемонстрировавших высокую диагностическую эффективность функциональной методики, было предложено выделить степени выраженности патологических изменений сочленения по данным фМСКТ при латеральной нестабильности надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки. Выделение степеней выраженности проводилось в зависимости от отклонения от нормы значений следующих показателей: индекса TT-TG, угла латерального наклона надколенника и размера щели ПФС в латеральном отделе. С учетом подробного анализа клинико-амнестических данных пациентов, оценки корреляции проявления дегенеративно-дистрофических изменений и выраженности латеральной нестабильности надколенника совместно с травматологами-ортопедами были предложены рекомендации [35] по выбору оптимальной тактики лечения при определенной степени патологического процесса на основе результатов фМСКТ (Таблица 12, Таблица 13).

Таблица 12 – Выделение степеней выраженности латеральной нестабильности пателлофemorального сочленения на основе данных функциональной МСКТ с соотношением рекомендованной тактики лечения при каждой из степеней. При 2-й степени на первом этапе возможно использование консервативных методов, при их неэффективности выполняется хирургическое вмешательство

Латеральная нестабильность пателлофemorального сочленения				
Степень	0 (N)	1	2	3
Индекс ТТ-TG, в мм	<14	14-17,9	18-21,9	≥ 22
Угол наклона надколенника, в °	<15	Либо норма, либо 15-17,9	18-24,9	≥ 25
Тактика лечения	-	Консервативная	Консервативная либо хирургическая	Хирургическая

Таблица 13 – Выделение степеней выраженности гиперпрессии латеральной фасетки надколенника на основе данных функциональной МСКТ с соотношением рекомендованной тактики лечения при каждой из степеней

Гиперпрессия латеральной фасетки надколенника			
Степень	0 (N)	1	2
Щель ПФС, (мм)	≥ 3	2,9-1,8	$\geq 1,7$
Тактика лечения	Консервативное превентивное лечение при сочетании с признаками латеральной нестабильности	Консервативная либо хирургическая при неэффективности и/или при наличии признаков хондромалиции	Хирургическая

4.3. Протокол описания данных функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения

Исходя из полученных результатов, был предложен протокол описания данных функциональной МСКТ у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

Согласно разработанному протоколу, оценку фМСКТ-изображений следует начинать с анализа мультипланарных реконструкций коленного сустава в костном режиме. При этом важным аспектом правильного анализа являлось выравнивание изображений на рабочей станции с выведением косо-аксиальной проекции для наилучшего выведения ПФС (Рисунок 6). Интерпретацию результатов следует проводить по нескольким показателям, большинство из которых необходимо измерить при исходном положении коленного сустава ($60 - 65^\circ$ сгибания) и при разогнутом коленном суставе, а некоторые – на определенном этапе (угле) разгибания [35].

Параметры надколенника

- конфигурация по Wiberg (указывается тип: I, II, III);
- размеры в миллиметрах (наибольшие два аксиальных размера и вертикальный размер, измеряемый в сагиттальной проекции);
- высота расположения надколенника: для оценки высоты расположения надколенника могут использоваться несколько индексов, но, по нашему мнению, наиболее применим и показателен при описании фМСКТ индекс Катона–Дешампа. Проводить измерения следует на сериях, соответствующих примерно 25° сгибания, на реконструкции в сагиттальной проекции в «костном окне» (Рисунок 13);
- другие особенности строения (гребень на фасетке, дольчатый надколенник и др. при наличии).

Угол латерального наклона надколенника

Измерение данного показателя следует проводить при исходном положении коленного сустава, при полном разгибании и по возможности на всех сериях

процесса разгибания (согласно результатам настоящего исследования, в большинстве случаев наибольшие значения угла латерального наклона регистрируются в состоянии полного разгибания, однако, в нескольких случаях наибольший угол наблюдался при неполном разгибании). Для измерения используется косо-аксиальная проекция в костном режиме с выведением задней чрезмыщелковой линии. Угол латерального наклона надколенника имеет вершину в области латерального полюса надколенника, открывается медиально и соединяет линию, проведенную через наибольший поперечный размер надколенника, и линию, параллельную задней чрезмыщелковой линии (Рисунок 8). В протоколе необходимо указать значение угла (в градусах, возможно округление) при исходном положении сустава, наибольшее значение угла в процессе разгибания и момент, на котором оно зафиксировано (угол сгибания коленного сустава). При дисконгруэнтности ПФС и латеральной нестабильности происходит избыточный наклон надколенника латерально, и увеличение данного угла больше 15° .

В протоколе описания фМСКТ необходимо указать значения угла при исходном положении сустава и наибольшее значение при разгибании, чтобы сравнить насколько изменяется наклон надколенника, и проанализировать тенденцию к латеральной гиперпрессии.

Оценка смещения надколенника относительно межмыщелковой борозды (латеропозиция либо медиализация надколенника)

Оценка изменения траектории скольжения надколенника и смещения его медиально либо латерально выполняется соответственно значениям индекса TT-TG. Правильные измерения индекса необходимо проводить на косо-аксиальной average-реконструкции с толщиной среза 75 мм – 100 мм в состоянии полностью разогнутого коленного сустава (0 градусов сгибания) (Рисунок 7).

В норме индекс составляет 8 – 14 мм. Значения более 14 мм свидетельствуют о латеропозиции надколенника, менее 8 мм – медиализации.

При наличии латеропозиции надколенника (в сочетании с избыточным латеральным наклоном или без него) в заключении рекомендуется указать степень

патологических изменений, опираясь на предложенное выделение степеней выраженности патологических изменений (Таблица 12).

Оценка гиперпрессии фасеток надколенника

Наличие или отсутствие гиперпрессии фасеток следует оценивать по минимальному значению щели ПФС в латеральном и медиальном отделах сочленения при разгибании коленного сустава. Измерения производятся между кортикальными пластинками контактирующих поверхностей в самом узком месте при исходном положении коленного сустава ($60 - 65^\circ$ сгибания) и при разгибании на каждой серии с примерным интервалом в $2,5 - 3^\circ$, так как момент гиперпрессии может визуализироваться не только в состоянии полного разгибания [35]. В протоколе необходимо указать наименьшее измерение щели (в миллиметрах) и угол (в градусах, возможно округление), на котором это измерение зафиксировано (момент гиперпрессии). О наличии гиперпрессии фасетки возможно сделать вывод при значениях размера щели менее 2,9 мм. При выявлении признаков гиперпрессии фасетки в заключении рекомендуется указать степень патологических изменений, опираясь на предложенное выделение степеней выраженности патологических изменений (Таблица 13).

Оценка дегенеративно-дистрофических изменений ПФС

В протоколе следует отметить наличие и выраженность дегенеративно-дистрофических изменений сочленения: размер и расположение краевых разрастаний с оценкой влияния их на движение надколенника по межмышцелковой борозде, субхондральный склероз и зоны кистовидной перестройки в контактных отделах фасеток и мышцелков, особенно в местах предполагаемой гиперпрессии. Данные изменения могут указывать на далеко зашедшую латеральную нестабильность с гиперпрессией и хондромалицией надколенника.

Оценка параартикулярных мягких тканей

В протоколе следует отметить (при наличии) увеличение внутрисуставного выпота и выпота в пателлярных сумках, нарушение дифференцировки и диффузное утолщение удерживателей надколенника, так как это признаки, косвенно указывающие на причину развития нестабильности и остроту процесса. При

наличии также указываются изменения в области подколенной ямки, например, кисты Бейкера.

Анализ дополнительных реконструкций

Протокол описания данных фМСКТ при необходимости дополняется построением и анализом модифицированных 3D-реконструкций и обработкой результатов в программе «4D-Orthopedic» (при работе на томографе Aquilion One 640 (TSX-301C)), позволяющей отобразить изменение параметров стабильности надколенника в виде графика на каждом этапе разгибания (Рисунок 17).

4.4. Сравнение возможностей МРТ и функциональной МСКТ при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника

Несмотря на то, что в дизайн и цели исследовательской работы не входила оценка диагностической эффективности МРТ при выявлении патологии пателлофemorального сочленения и сопоставление с результатами фМСКТ, в ходе исследования были получены данные, позволившие сравнить возможности МРТ и фМСКТ при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, что в дальнейшем дало возможность сформировать предложенный алгоритм обследования пациентов с подозрением на патологию ПФС с учетом использования не только методов рентгенодиагностики.

Статическая МРТ является хорошим методом подтверждения патологии сочленения, но уже тогда, когда имеются убедительные данные, указывающие на наличие изменения хряща фасеток или субхондральных проявлений. Результаты МРТ не позволяют лечащему врачу получить информацию о вероятной причине развития нестабильности сочленения и хондромалиции надколенника, так как не дают возможности выявить нарушение биомеханики ПФС. В то же время неоспоримо то, что данные, полученные при МРТ в случае травматического анамнеза у пациента с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения, необходимы травматологу-ортопеду для планирования оперативного лечения.

В настоящем исследовании по данным фМСКТ гиперпрессия латеральной фасетки была отмечена у 59 пациентов (70,2%). У всех этих пациентов наличие признаков гиперпрессии было подтверждено артроскопически. По данным предоперационной МРТ признаки хондромалиции 1 – 3 степени латеральной фасетки были определены у 51 пациента (60,7%), что указывало на наличие гиперпрессии, у всех этих пациентов так же артроскопически подтвержден диагноз гиперпрессии. Соответственно МРТ продемонстрировала в 9,5% случаев (n=8) ложноотрицательный результат при диагностике гиперпрессии латеральной фасетки – у пациентов с начальными проявлениями заболевания (без видимых изменений хряща на момент исследования). Так же необходимо заметить, что у всех пациентов (n=15, 17,9%), имеющих 2 и 3 степень хондромалиции по данным МРТ, подтвержденной при артроскопии, данные полностью коррелировали с наличием выраженных изменений (3-я степень латеральной нестабильности и/или 2-я степень гиперпрессии (Таблица 12, Таблица 13)), выявленных при фМСКТ коленного сустава.

Таким образом, наше исследование дало возможность сформулировать предположение, что фМСКТ имеет преимущество в сравнении с МРТ в диагностике изменений на самой ранней стадии при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника (без видимых при МРТ проявлений хондромалиции). Например, на рисунке 22 (А – Г) представлены томограммы коленного сустава пациента, полученные при МРТ и фМСКТ, демонстрирующие признаки явной гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, отмеченные при фМСКТ в состоянии полного разгибания сустава, и отсутствие убедительных данных за изменения хрящевого покрытия и гиперпрессии фасетки при МРТ.

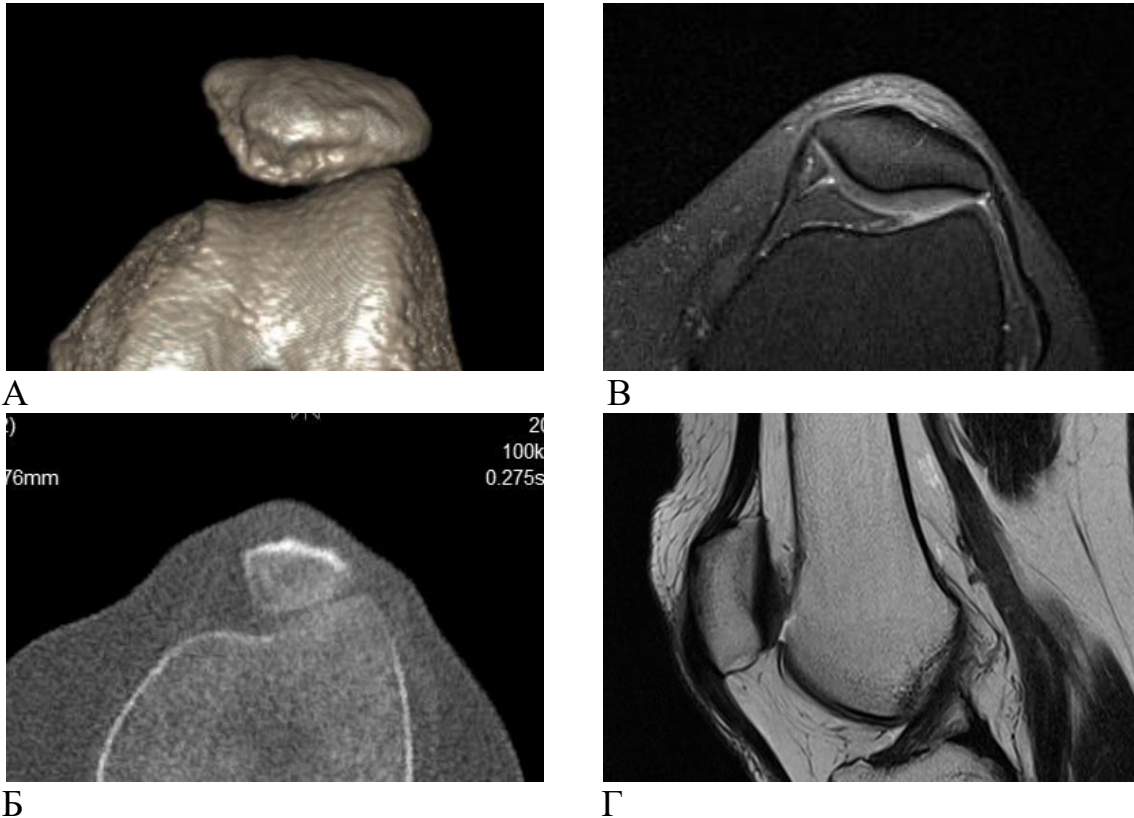


Рисунок 22 – А, Б – Томограммы коленного сустава с выведением пателлофemorального сочленения, полученные при фМСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава после 3D-реконструкции (А) и Average-реконструкции (Б). Отмечается выраженное сужение щели сочленения (менее 1 мм) в латеральном отделе – убедительный признак гиперпрессии латеральной фасетки надколенника;
 В, Г – Томограммы коленного сустава, полученные при статической МРТ с использованием импульсных последовательностей PD FatSat в аксиальной плоскости (В) и T1 в корональной плоскости (Г). Убедительных данных за наличие хондромалиции латеральной фасетки надколенника не получено (пояснения в тексте)

4.5. Алгоритм лучевого обследования пациентов с патологией пателлофemorального сочленения

На сегодняшний момент не существует определенного алгоритма обследования пациентов с подозрением на патологию ПФС. Согласно данным литературных источников и результатам настоящего исследования оказалось возможным предложить алгоритм оптимального лучевого обследования пациентов с патологией пателлофemorального сочленения на этапе выбора тактики лечения (Рисунок 23).

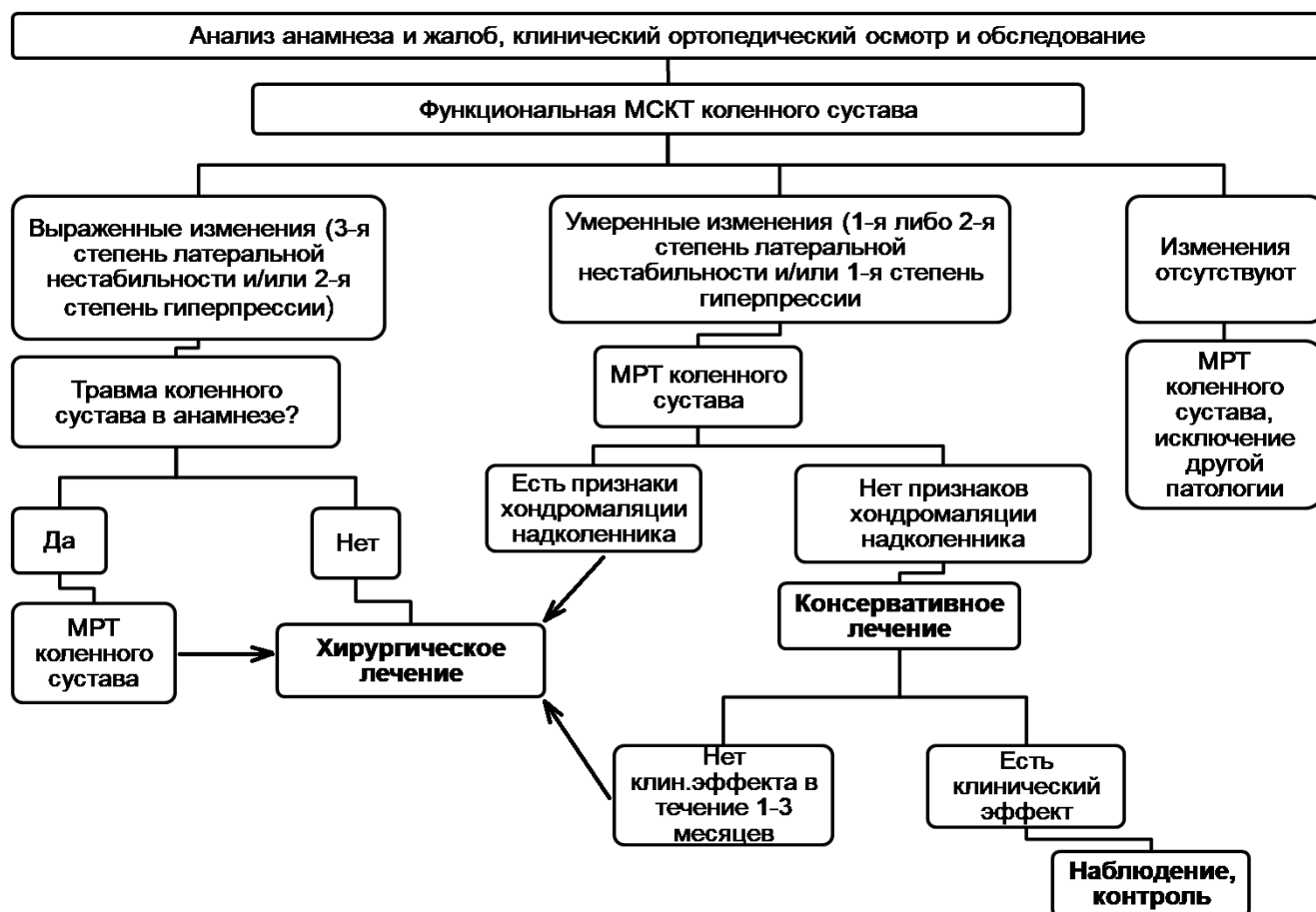


Рисунок 23 – Алгоритм лучевого обследования пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения на этапе выбора тактики лечения (пояснения в тексте)

Согласно алгоритму, пациентам с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения функциональная МСКТ может быть выполнена без предварительного проведения стандартного рентгенографического исследования коленного сустава (в случае наличия технического оснащения и опытного персонала). Полученные дополнительные данные в отношении результатов МРТ и фМСКТ при выраженных изменениях ПФС позволили сформулировать предположение, что при наличии 3-й степени латеральной нестабильности и/или 2-й степени гиперпрессии латеральной фасетки (Таблица 12, Таблица 13) по данным фМСКТ при отсутствии травмы коленного сустава в

анамнезе, невозможности выполнения исследования (например, при технических проблемах или клаустрофобии пациента) допустимо отказаться от проведения МРТ коленного сустава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распространённость патологии пателлофemorального сочленения (ПФС) продолжает с каждым годом увеличиваться [82, 127, 146], в то время как основные применяемые методы лучевого обследования не обладают достаточной диагностической эффективностью, способствуя пропуску патологии и развитию необратимых дегенеративно-дистрофических изменений [129, 130]. Несмотря на имеющиеся свидетельства [5, 13] недостаточных диагностических возможностей статических рентгенографии и МСКТ на стандартных углах сгибания при выявлении патологии пателлофemorального сочленения, они продолжают оставаться основными методами диагностического поиска при подозрении на патологию переднего отдела коленного сустава. Также стоит отметить, что в отечественной практике использование данных компьютерной томографии в диагностике патологии ПФС не систематизировано, не созданы протоколы постобработки изображений и описания данных. Ввиду отсутствия методов с достаточной диагностической эффективностью при выявлении заболеваний ПФС не сформирован и оптимальный алгоритм обследования пациентов данной категории, что может затруднить выбор оптимальной тактики лечения. Именно поэтому чрезвычайно актуальна необходимость разработки нового высокоточного метода диагностики для визуализации патологии пателлофemorального сочленения.

В связи с этим, целью данной исследовательской работы стало совершенствование лучевой диагностики у пациентов с заболеваниями пателлофemorального сочленения при помощи функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) коленного сустава.

Задачи исследования:

1. Разработать методику проведения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава для определения взаимоотношения структур пателлофemorального сочленения во время проведения функциональной пробы (разгибание коленного сустава).

2. Оценить диагностические возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в выявлении патологии пателлофemorального сочленения и сравнить диагностическую эффективность функциональной МСКТ, статической МСКТ и рентгенографии у данной категории пациентов.

3. Разработать протокол описания данных функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

4. Определить оптимальный алгоритм лучевого обследования у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

5. Выделить степени выраженности патологических изменений пателлофemorального сочленения на основе результатов функциональной МСКТ для оптимизации выбора тактики лечения данной категории пациентов.

Для решения вышеперечисленных задач было проведено клиничко-лучевое обследование 135 пациентов в возрасте от 18 до 65 лет с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения. Среди всех обследованных пациентов (n=135, 100%) отмечалось преобладание лиц женского пола (n=91, 67,4%) над мужским (n=44; 32,6%). Превалирующее большинство пациентов (n=85, 63%) располагалось в молодой возрастной группе от 21 до 40 лет. Клиническое обследование включало в себя подробный сбор анамнеза и жалоб, физикальный осмотр и применение специализированных тестов и проб. Лучевое обследование включало в себя статическую рентгенографию коленного сустава в тангенциальной проекции при сгибании сустава на 45° (модифицированная методика Мерчанта), стандартную рентгенографию коленного сустава в боковой проекции при сгибании сустава на 25°, статическую МСКТ коленного сустава при сгибании на 25°, а также применение разработанной методики функциональной МСКТ (фМСКТ) коленного сустава. Благодаря широкому детектору и объемному режиму, при фМСКТ томографирование выполняется непосредственно при выполнении функции сочленения и напряженной четырехглавой мышце бедра: исследование длится 7

секунд, за которые пациент выполняет плавное разгибание коленного сустава из положения сгибания в 60 – 65°.

При анализе данных лучевого обследования производилась оценка смещения надколенника относительно межмышцелковой борозды, латерального наклона надколенника, высоты расположения надколенника, признаков гиперпрессии фасеток, наличия дегенеративно-дистрофических и других изменений сочленения. Стоит отметить, что в более чем 30% случаев возникли затруднения с анализом вышеуказанных параметров при интерпретации рентгенографии ввиду нюансов выполнения пациентами сложной укладки и эффекта суммации.

После диагностического этапа из 135 пациентов 84 пациентам (62,2%) было проведено хирургическое вмешательство из стандартных артроскопических доступов в различные сроки с последующим сравнением данных лучевого обследования и артроскопии. Средний возраст у прооперированных пациентов составил $29,8 \pm 0,9$ лет, в гендерном соотношении преобладали пациенты женского пола: 58 (69%) женщин, 26 (31%) мужчин. В процессе вмешательства оценивалось изменение трекинга надколенника (наличие латеропозиции или медиализации надколенника), наличие признаков гиперпрессии фасеток, хондромалиции хряща фасеток или блока и пр.

Результаты лучевого обследования и оперативного вмешательства были сведены в таблицы, отражающие соотношение количества случаев выявленной патологии пателлофemorального сочленения (латеропозиция надколенника, медиализация надколенника, гиперпрессия латеральной фасетки надколенника, артроз ПФС и др.). Наиболее распространенными заболеваниями сочленения по данным артроскопии оказались латеропозиция надколенника и гиперпрессия латеральной фасетки надколенника, они были выявлены в 60,7% случаев ($n=51$) и 76,2% случаев ($n=64$) соответственно.

После интраоперационного подтверждения или опровержения результатов рентгенографии, статической МСКТ и функциональной МСКТ был произведен расчет и сравнение диагностической эффективности и прогностичности каждой из методик при выявлении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной

фасетки надколенника на основании определения чувствительности (S_n), специфичности (S_p) и точности (A_c).

Показатели диагностической эффективности функциональной МСКТ значительно превосходили таковые показатели рентгенографии и статической МСКТ при выявлении гиперпрессии латеральной фасетки надколенника и составили:

- для функциональной МСКТ: S_n – 90,6%, S_p – 95%, A_c – 91,7%;
- для МСКТ: S_n – 28,1%, S_p – 90%, A_c – 42,9%;
- для рентгенографии: S_n – 23,4%, S_p – 95%, A_c – 40,5%.

При выявлении латеропозиции надколенника показатели диагностической эффективности функциональной МСКТ превосходили таковые показатели рентгенографии и статической МСКТ и составили:

- для фМСКТ: S_n – 98%, S_p – 84,8%, A_c – 92,9%;
- для МСКТ: S_n – 41,2%, S_p – 97%, A_c – 63,1%;
- для рентгенографии: S_n – 33,3%, S_p – 93,9%, A_c – 57,1%.

Несмотря на то, что размер выборки не позволил провести статистический анализ и получить определенные значения показателей диагностической эффективности сравниваемых методов в отношении медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки надколенника, в ходе работы было сформировано высказывание в пользу того, что функциональная МСКТ более информативна при выявлении данных патологических изменений, так как превосходит статические методики по истинно положительным и ложноотрицательным результатам.

Результаты настоящего исследования, продемонстрировавшие высокую диагностическую эффективность функциональной методики, позволили выделить степени выраженности патологических изменений сочленения по данным фМСКТ при латеральной нестабильности надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, на основании которых были предложены рекомендации по выбору оптимальной тактики лечения при определенной степени патологического процесса.

В ходе диссертационного исследования были предложены протоколы постобработки и реконструкций изображений функциональной МСКТ коленного сустава, а также сформирован оптимальный протокол описания данных у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения, включающий оценку основных индексов и параметров, характеризующих взаимоотношение надколенника и блока, и определение степеней патологических изменений.

Несмотря на то, что в дизайн исследования не входило обследование пациентов с использованием магнитно-резонансной томографии, всем прооперированным пациентам была проведена МРТ интересующего коленного сустава в рамках подготовки к артроскопии. Сравнение полученных данных с результатами фМСКТ дало возможность сформулировать предположение, что фМСКТ имеет преимущество в диагностике изменений на самой ранней стадии при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника (без видимых при МРТ проявлений хондромалиции), а также сформировать алгоритм обследования пациентов с учетом использования не только методов рентгенодиагностики. Согласно предложенному алгоритму обследования пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения, функциональная МСКТ может быть применена без предварительного проведения статических рентгенографии и МСКТ, а в случаях наличия выраженных изменений сочленения по данным фМСКТ и при отсутствии травмы коленного сустава в анамнезе допустимо назначение оперативного вмешательства без проведения МРТ.

В процессе исследовательской работы было проведено сравнение показателей лучевой нагрузки на пациента при проведении функциональной МСКТ и статических методик. Качество изображений фМСКТ, необходимых для проведения анализа состояния сочленения и измерения индексов, характеризующих взаимоотношение структур сочленения, было достаточным как при обычном протоколе проведения, так и при снижении дозы. В целом, функциональная МСКТ коленного сустава позволяет проводить полноценное обследование пациентов с патологией пателлофemorального сочленения и получить подробную диагностическую информацию о состоянии структур

сочленения при незначительном увеличении лучевой нагрузки (7,5 мЗв в среднем при фМСКТ относительно 3,4 мЗв в среднем при стандартной МСКТ и 0,5 мЗв в среднем при рентгенографии).

Разработанная методика функциональной объемной МСКТ имеет ряд несомненных преимуществ в выявлении патологии пателлофemorального сочленения по сравнению со стандартными статическими рентгенологическими методами, которые были продемонстрированы результатами настоящего исследования:

- возможность оценки нарушения биомеханики пателлофemorального сочленения непосредственно в процессе выполнения его функции;
- высокая диагностическая эффективность в отношении распространенной патологии пателлофemorального сочленения, затрагивающей в основном молодых и трудоспособных пациентов;
- возможность ранней неинвазивной диагностики невыраженных изменений сочленения, до момента развития необратимых дегенеративно-дистрофических изменений;
- возможность оценки и выявления патологии на углах сгибания коленного сустава, отличных от стандартных (по данным фМСКТ у 56% (n=47) гиперпрессия латеральной фасетки зафиксирована на сериях, соответствующих полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания), а у 14,3% (n=12) на сериях, соответствующих $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$ сгибания);
- возможность оценки влияния дегенеративно-дистрофических изменений на биомеханику сочленения;
- возможность постобработки данных с использованием дополнительных реконструкций и специализированной программы (при наличии соответствующего программного обеспечения), которые могут быть полезны травматологам-ортопедам, так как представляет дополнительную информацию для более точного планирования оперативного вмешательства;

- фМСКТ коленного сустава может быть использована без предварительного применения рентгенографии и стандартной МСКТ у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

В то же время метод не лишен недостатков:

- потеря диагностической ценности при невозможности выполнить движение в коленном суставе;
- невысокая доступность метода на сегодняшний момент в виду особенностей технического оснащения лечебных учреждений и возможностей МСКТ – томографов.

Разработанная методика фМСКТ коленного сустава с предложенным протоколом описания и выделением степеней выраженности патологических изменений может успешно использоваться как на этапе постановки диагноза и выбора тактики ведения пациентов, так и на этапе оценки эффективности хирургического или консервативного лечения. После анализа результатов настоящего исследования с изложением в разработанном протоколе была пересмотрена тактика планируемого лечения 11,9% пациентов (n=16) – изменена с консервативной на хирургическую.

Учитывая все выше описанные преимущества, новая методика может быть направлена на совершенствование оказания медицинской помощи категории пациентов с патологией переднего отдела коленного сустава с целью ранней неинвазивной диагностики заболеваний пателлофemorального сочленения, что в дальнейшем позволит не только уменьшить частоту хронизации процесса и улучшить качество жизни пациентов, но и потенциально может способствовать снижению случаев потери трудоспособности и инвалидизации населения.

ВЫВОДЫ

1. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) коленного сустава позволяет проводить полноценное обследование пациентов с патологией пателлофemorального сочленения и получить дополнительную диагностическую информацию о состоянии структур сочленения при незначительном увеличении лучевой нагрузки (7,5 мЗв в среднем при фМСКТ относительно 3,4 мЗв в среднем при стандартной МСКТ и 0,5 мЗв в среднем при рентгенографии).

2. Функциональная МСКТ значительно превосходит ($Sn=90,6\%$, $Sp=95\%$, $Ac=91,7\%$) стандартные методики в диагностической эффективности при выявлении гиперпрессии латеральной фасетки надколенника (МСКТ – $Sn=28,1\%$, $Sp=90\%$, $Ac=42,9\%$, рентгенография – $Sn=23,4\%$, $Sp=95\%$, $Ac=40,5\%$ соответственно).

3. Функциональная МСКТ превосходит ($Sn=98\%$, $Sp=84,8\%$, $Ac=92,9\%$) стандартные методики в диагностической эффективности при выявлении латеропозиции надколенника (МСКТ – $Sn=41,2\%$, $Sp=97\%$, $Ac=63,1\%$, рентгенография – $Sn=33,3\%$, $Sp=93,9\%$, $Ac=57,1\%$ соответственно)

4. Применение функциональной МСКТ в диагностике патологии пателлофemorального сочленения с формированием данных по разработанному протоколу (с определением степеней выраженности патологических изменений) позволяет изменить тактику лечения не менее 10% пациентов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения функциональная МСКТ может быть выполнена без предварительного проведения стандартного рентгенографического исследования коленного сустава в случае наличия опытного персонала.

2. Описание и интерпретация результатов функциональной МСКТ коленного сустава у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения должны проводиться согласно разработанному протоколу с выделением степеней выраженности патологических изменений.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ПФС – пателлофemorальное сочленение;

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография;

фМСКТ – функциональная мультиспиральная компьютерная томография;

КТ – компьютерная томография;

РГ, Rg – рентгенография;

МРТ — магнитно-резонансная томография;

УЗИ – ультразвуковое исследование;

УКБ – университетская клиническая больница;

ГЛФ – гиперпрессия латеральной фасетки;

ГМФ – гиперпрессия медиальной фасетки;

Кол-во – количество;

Абс. – абсолютное число;

ТР – количество истинно положительных результатов;

TN – количество истинно отрицательных результатов;

FP – количество ложноположительных результатов;

FN – количество ложноотрицательных результатов;

Ac – точность;

Sn – чувствительность;

Sp – специфичность;

PVN – прогностичность отрицательного результата;

PVP – прогностичность положительного результата;

ТТ-TG – индекс смещения надколенника относительно межмышцелковой борозды (от английских терминов Tibial Tubercle –Trochlear Groove Distance – расстояние бугристость большеберцовой кости - блоковая борозда).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев А.И., Кузнецов И.А., Шулепов Д.А., Салихов М.Р. Хроническая нестабильность надколенника: анатомические предпосылки и подходы к хирургическому лечению. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017. № 3. С. 73-80.
2. Акильжанов К.Р., Жанаспаев М.А. Диагностика ортопедической патологии пателлофemorального сустава. Обзор литературы. Наука и здравоохранение. 2018. 5 (Т.20). С. 31-41.
3. Акильжанов К.Р., Жанаспаев М.А. Пателлофemorальный остеоартрит: важная подгруппа остеоартрита коленного сустава Наука и здравоохранение. 2018. № 1. С. 85-100.
4. Байбаков С.Е., Чекалин К.П., Горбов Л.В. Вариабельность формы надколенника у лиц первого и второго зрелого возраста. Кубанский научный медицинский вестник. 2015. № 5 (154). С. 13-18.
5. Бахвалова В.А., Терновой С.К., Серова Н.С. Лучевая диагностика патологий пателлофemorального сочленения. Медицинская визуализация. 2018; 22 (4): 65–76. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-65-76.
6. Бельшева Е.С., Серова Н.С., Лычагин А.В., Белов С.А., Путило Д.В., Бабкова А.А. Комплексная лучевая диагностика при травматическом повреждении коленного сустава на до- и послеоперационном этапах. REJR. 2016; 6 (2):120-130. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-120-130.
7. Бояринов А. Г., Симагаев Р. О., Шмулевич М. В. Опыт оперативного лечения вывиха надколенника способом артроскопической стабилизации. Медицина в Кузбассе. – 2005. – Спецвыпуск № 1. – С. 127–128.
8. Бялик ВЕ, Бялик ЕИ, Макаров МА и др. Саркопения у пациенток старшего возраста с остеоартритом крупных суставов. Научно-практическая ревматология. 2019; 57(2):235-242.
9. Викторова Р. В., Каркавина А. Н., Кулишова Т. В., Несина И. А., Жилиякова Л. В., Коваленко Т. С. Комплексная реабилитация больных

остеоартрозом коленных суставов с включением квч-ик-терапии и азотнокремнистых слаборадоновых вод на санаторном этапе. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2013; 4:20-24.

10. Гафаров Х.З Способ лечения врожденного вывиха надколенника. Практическая медицина. 2016. № 4-1 (96). С. 74-78.

11. Герасименко М. А., Белецкий А. В., Жук Е. В., Залепугин С. Д. Диагностика ортопедической патологии пателлофemorального сустава. Современный взгляд на проблему. Мед. журн. – 2007. – № 3. – С. 16–20.

12. Герасименко М.А. Современный подход к диагностике и лечению острой и хронической латеральной нестабильности надколенника в молодом возрасте. Практическая медицина. 2011. № 5 (53). С. 132-136 .

13. Герасименко М.А. Синдром латеральной гиперпрессии надколенника. М. А. Герасименко, А. В. Белецкий, Е. В. Жук. Медицинский журнал. 2008. Т. 4. С. 18–21.

14. Герасименко, М.А. Диагностика и лечение повреждений и ортопедических заболеваний коленного сустава. М.А. Герасименко, А.В. Белецкий. – Минск: Технология, 2010. – 167с.

15. Д.В. Беляев, П.А. Чижов. Пателлофemorальный артроз при нестабильности надколенника у лиц старшего возраста: ультразвуковое исследование. Клиническая геронтология. 2012; 18, № 3/4: 39-44.

16. Дьячкова Г.В., Сазонова Н.В., Ларионова Т.А., Дьячков К.А. Рентгеноморфологические изменения мышечков бедренной и большеберцовой костей у больных деформирующим артрозом коленного сустава. Вестник рентгенологии и радиологии. 2015; (4): 12-17. DOI:10.20862/0042-4676-2015-0-4-12-17.

17. Жиженкова Т.В., Даниляк В.В., Ключевский В.В., Ключевский В.В., Молодов М.А., Волков А.А. Хроническая нестабильность надколенника Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2015. № 4. С. 56-61.

18. Жук Е.В. Клиническая диагностика латеральной нестабильности надколенника. Военная медицина. 2015. № 4 (37). С. 107-109.

19. Имамединова Г. Р., Иголкина Е. В. Комплексный подход к терапии остеоартроза. Ревматология. 2016; 2:115-119.
20. Кавалерский Г.М., Серова Н.С., Сметанин С.М., Лычагин А.В., Рукин Я.А. Роль многосрезовой компьютерной томографии при первичном эндопротезировании коленного сустава. Вестник рентгенологии и радиологии. 2018; 99(1): 43-46. DOI:10.20862/0042-4676-2018-99-1-43-46.
21. Кадурина Т.И., Гнусаев С.Ф., Абакумова Л.Н. и др. Наследственные и многофакторные нарушения соединительной ткани у детей: алгоритмы диагностики, тактика ведения. Педиатрия. Ж. им. Г.Н. Сперанского. 2014; 93 (5-2): 1–40.
22. Колмаков Д.О. Лечение латеральной нестабильности надколенника (обзор литературы). Трудный пациент. 2017. Т. 15. № 3. С. 27-31.
23. Корнилов Н. Н., Куляба Т. А., Федоров Р. Э. Современные представления об одномышечковом эндопротезировании в структуре хирургических методов лечения больных гонартрозом (обзор литературы). Травматология и ортопедия России. 2012; 1:113-120.
24. Кузнецов И.А., Рябинин М.В., Рыбин А.В., Соседов П.Ю. Способ реконструкции медиальной пателло-фemorальной связки. Патент РФ № 2520254, 2014.
25. Левенец В.Н. Артроскопия / В.Н.Левенец, В.В.Пляцко. – Киев: Наукова думка, 1991. -260 с.
26. Ложко П.П., Киселевский Ю.М. Анатомические предпосылки к возникновению патологии пателлофemorального сустава В сборнике: Весенние анатомические чтения. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти доцента Д. Д. Смирнова. отв. ред. Е. С. Околокулак. 2017. С. 106-107.
27. Лычагин А.В., Рукин Я.А., Захаров Г.Г., Серова Н.С., Бахвалова В.А., Диллон Х.С. Функциональная компьютерная томография для диагностики расшатывания эндопротеза коленного сустава. REJR. 2018; 8(4):134-142. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-134-142.

28. Маланин Д.А., Новочадов В.В., Демкин С.А., Демещенко М.В., Данилов Д.И. Обогащенная тромбоцитами аутологичная плазма в лечении пациентов с гонартрозом III стадии Травматология и ортопедия России. 2014. № 3 (73). С. 52-59.
29. Саид Ф.М., Ахтямов И.Ф., Кудрявцев А.И., Хело М.Д. Современные тенденции в лечении пателлофemorального артроза. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018;13(4):685-691. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13138>.
30. Саид Ф. М., Ахтямов И. Ф., Кудрявцев А. И., Нуриахметов А. Н. Этиопатогенетические основы развития пателлофemorального артроза. Казанский медицинский журнал. 2018. Т. 99. № 2. С. 270-278.
31. Сикилинда В.Д., Алабут А.В., Салум Н.Ю., Бондаренко А.В. Использование рентгенометрических параметров коленного сустава в прогнозировании гонартроза и планировании эндопротезирования коленного сустава. Астраханский медицинский журнал. 2013. Т. 8. № 1. С. 235-237.
32. Танькут В. А., Маколинец К. В. Консервативное лечение больных с гонартрозом на ранних стадиях. Ортопедия, травматология и протезирование. 2013; 4:122-127.
33. Терновой С.К., Серова Н.С., Бахвалова В.А., Лычагин А.В., Липина М.М. Возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава в диагностике патологии пателлофemorального сочленения. REJR. 2020; 10(2):129-139. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-129-139.
34. Терновой С.К., Серова Н.С., Беляев А.С., Бобров Д.С., Терновой К.С. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике плоскостопия взрослых. REJR. 2017; 7 (1):94-100. DOI:10.21569/2222-7415- 2017-7-1-94-100.
35. Терновой С.К., Серова Н.С., Лычагин А.В., Бахвалова В.А., Липина М.М. Результаты применения нового протокола функциональной мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов с латеральной

нестабильностью надколенника и гиперпрессией латеральной фасетки. Кафедра травматологии и ортопедии. 2020; 3 (41): 63-68. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2020.3.63-68.

36. Траудт А.К., Завадовская В.Д., Килина О.Ю., Часовских Ю.П., Кайлина А.Н. Балльная система в оценке активности ювенильного идиопатического артрита по данным магнитно-резонансной томографии коленных суставов. REJR. 2016; 6 (2): 34-43. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-34-43.

37. Ушакова З. П., Хворова Е. Е., Петрова О. В., Бухаров А. М. Роль локальной инъекционной терапии в комплексном консервативном лечении гонартроза. Медицинская наука и образование Урала. 2012; 4:95- 97.

38. Филиппова И. И. Структурно-модифицирующие средства в терапии хронической суставной боли. Ремедиум. 2015; 9:34-37. Имамединова Г. Р., Иголкина Е. В. Комплексный подход к терапии остеоартроза. Ревматология. 2016; 2:115-119.

39. Aglietti P., Insall J.N., Cerulli G. Patellar pain and incongruence I: measurements of incongruence // Clin Orthop 1983;176:217-224.

40. Aguirre-Pastor A, Ortolá DJ, Lizaur-Utrilla A, Rosa MA, Lopez-Prats FA. Is Pseudo-Patella Baja Really a Serious Complication of Total Knee Arthroplasty?. J Arthroplasty. 2020;35(2):557-562. doi:10.1016/j.arth.2019.09.031.

41. Alemparte J., Ekdahl M., Burnier L. et al. Patellofemoral evaluation with radiographs and computed tomography scans in 60 knees of asymptomatic subjects. Arthroscopy. 2007; 23(2): 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.08.022>.

42. Almeida G., Silva A., Magalhaes M. et al. Q-angle in patellofemoral pain: relationship with dynamic knee valgus, hip abductor torque, pain and function. Rev. Bras. Ortop. 2016; 51 (2): 181–186. DOI: 10.1016/j.rbo.2015.05.003.

43. Arendt E.A., Dejour D. Patella instability: building bridges across the ocean a historic review. Knee Surg. Traumatol. Arthrosc. 2013; 21 (2): 279-93. doi: 10.1007/s00167-012-2274-1.

44. Atkinson H. The negatives of knee replacement surgery: complications and the dissatisfied patient. 2017;31(1):25- 33.

45. Aydin A.T., Özcanlı H., Yıldız A., Özkaynak C. Patellofemoral Pain Syndrome: The Value of Pinhole and SPECT Scintigraphic Imaging and Quantitative Measurements of Bone Mineral Equivalent Density with Quantitative Computed Tomography. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 99-104. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_12.
46. Bajada S, Mandalia V. Patella Height as Defined by Patella-Trochlear Articulation on MRI Scan-A Systemic Review of Current Evidence [published online ahead of print, 2019 Jul 29]. *J Knee Surg*. 2019;10.1055/s-0039-1692997. doi:10.1055/s-0039-1692997.
47. Barroso Rosa S, James D, Matthews BD. Is knee arthroscopy under local anaesthetic a patient-friendly technique? A prospective controlled trial. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2016, 26: 633–638.
48. Baumgartl F (1964) *Das Kniegelenk*. Springer, Berlin Heidelberg New York.
49. Berruto M., Marinoni E., Chirico G., Vanzulli A., Usellini E., Marelli B. MRI Analysis of Patella Instability Factors. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 79-90. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_10.
50. Blackburne J.S., Peel T.E. A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br*. 1977; 59: 241. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.59B2.873986>.
51. Boling M., Padua D., Marshall S., Guskiewicz K., Pyne S., Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2010; 20 (5): 725–730. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00996.x.
52. Brossman J, Muhle C, Bull R, et al. Evaluation of patellar tracking in patients with suspected patellar malignment: cine MR imaging vs arthroscopy. *Am J Roentgenol*, 1994, 162: 361–367.
53. Bruderer J., Servien E., Neyret P. Patellar Height: Which Index?. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis.

Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 61-68. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_7.

54. Bugelli G, Ascione F, Cazzella N, et al. Pseudo-patella baja: a minor yet frequent complication of total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(6):1831-1837. doi:10.1007/s00167-017-4828-8.

55. Campbell W.C., Edmonson J.H., Crenshaw J.R. *Campbell's operative orthopaedics*. 6th ed. Elsevier (Mosby), Waltham; 2016. № 4-1 (96). C. 74-78

56. Caplan, N., Lees, D., Newby, M. et al. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22: 2377. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-2954-0>.

57. Carlson VR, Sheehan FT, Shen A, Yao L, Jackson JN, Boden BP. The relationship of static tibial tubercle-trochlear groove measurement and dynamic patellar tracking. *Am J Sports Med*, 2017, 45: 1856–1863.

58. Caton J., Deschamps G., Chambat P. et al. Patella Infera. Apropos of 128 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1982; 68: 317–325.

59. Chen S, Zhou Y, Qian Q, Wu Y, Fu P, Wu H. Arthroscopic lateral retinacular release, medial retinacular plication and partial medial tibial tubercle transfer for recurrent patellar dislocation. *Int J Surg.* 2017 Aug; 44:43-48. doi: 10.1016/j.ijisu.2017.06.027. Epub 2017 Jun 15. PMID: 28624557.

60. Chen S.C., Ramanathan, E.B.S. The treatment of patellar instability by lateral release. *J Bone Joint Surg.* 1984. Vol. 66-B. P. 344-348.

61. Conlan T., Garth W.P., Lemmons J.E. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee // *J. Bone Joint Surg.* — 1993. -Vol. 75-A, N.5.-P.682-693.

62. Dejour D, Reynaud P, Lecoultre B (1998) Douleurs et instabilite´ rotulienne, essai de classification. *Me´d et Hyg* 56:1466–1471.

63. Dejour D., Le Coultre B. Osteotomies in patellofemoral instabilities. *Sports Med Arthrosc.* 2007; 15: 39–46. <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000183>.

64. Dejour D., Saggin P.R., Meyer X., Tavernier T. Standard X-Ray Examination: Patellofemoral Disorders. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds)

Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 51-60. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_6.

65. Dejour H, Walch G, Neyret Ph, et al: Dysplasia of the femoral trochlea [in French]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 76:45-54, 1990.

66. Dixit S, Deu RS. Nonoperative Treatment of Patellar Instability. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2017 Jun;25(2):72-77. doi: 10.1097/JSA.000000000000149. PMID: 28459749.

67. Draper CE, Besier TF, Santos JM, et al. Using real-time MRI to quantify altered joint kinematics in subjects with patellofemoral pain and to evaluate the effects of a patellar brace or sleeve on joint motion. *J Orthop Res*, 2009, 27: 571–577.

68. Dupuy DE, Hangen DH, Zachazewski JE, Boland AL, Palmer W. Kinematic CT of the patellofemoral joint. *AJR Am J Roentgenol.* 1997;169(1):211-215. doi:10.2214/ajr.169.1.9207527.

69. Duthon VB. Acute traumatic patellar dislocation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(1 Suppl): S59-S67. doi:10.1016/j.otsr.2014.12.001.

70. Dye S.F., Boll D.A. Radionuclid imaging of the patellofemoral joint in young adults with anterior knee pain. *Orthop Clin North Am.* 1986; 17: 249–262.

71. Dye S.F., Chew M.H. The use of scintigraphy to detect increased osseous metabolic activity about the knee. *J Bone Joint Surg.* 1993; 75A: 1388–1406.

72. Ellis HB Jr, Dennis G, Wilson PL. Patellofemoral Instability in the Skeletally Immature Patient: A Review and Technical Description of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction in Patients with Open Physes. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2018 Dec;47(12). doi: 10.12788/ajo.2018.0110. PMID: 30650171.

73. Emre T., Atbasi Z., Demircioglu D., Uzun M., Kose O. Autologous osteochondral transplantation (mosaicplasty) in articular cartilage defects of the patellofemoral joint: retrospective analysis of 33 cases. *Musculoskelet. Surg.* 2017;101(2):133-138.

74. Enderlein D., Nielsen T., Christiansen S.E. et al. Clinical outcome after reconstruction of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patella

instability. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2014; 22 (10): 2458-64. doi: 10.1007/s00167-014-3164-5.

75. Eshnazarov K.E., Seon J., Song E. Рентгенологическая оценка послеоперационных изменений у пациентов с остеоартрозом пателлофemorального сустава IV степени, перенесших тотальную артропластику коленного сустава с эндопротезированием суставной поверхности надколенника или без него. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2016; 97(1): 28-32. DOI:10.20862/0042-4676-2016-97-1-28-32.

76. Fonseca LPRMD, Kawatake EH, Pochini AC. Lateral patellar retinacular release: changes over the last ten years. *Rev Bras Ortop.* 2017 Jun 15;52(4):442-449. doi: 10.1016/j.rboe.2017.06.003. PMID: 28884103; PMCID: PMC5582814.

77. Freedman BR, Sheehan FT. Predicting three-dimensional patellofemoral kinematics from static imaging-based alignment measures. *J Orthop Res,* 2013, 31: 441–447.

78. Fucentese SF et al (2011) Classification of trochlear dysplasia as predictor of clinical outcome after trochleoplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19(10):1655–1661.

79. Fucentese, S.F. Patellainstabilität. *Orthopäde* 47, 77–86 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00132-017-3501-8>.

80. Fukui N, Nakagawa T, Murakami S, Hiraoka H, Nakamura K. A modified system of stress radiography for patellofemoral instability. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(8):1128-1133. doi:10.1302/0301-620x.85b8.13538.

81. Gaitonde DY, Ericksen A, Robbins RC. Patellofemoral Pain Syndrome. *Am Fam Physician.* 2019;99(2):88-94.

82. Glaviano NR, Kew M, Hart JM, Saliba S. Demographic and epidemiological trends in patellofemoral pain. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(3):281-290.

83. Gracitelli G., Moraes V., Franciozi C. Luzo M. V., Belloti J. C. Surgical interventions (microfracture, drilling, mosaicplasty, and allograft transplantation) for treating isolated cartilage defects of the knee in adults. *Cochrane Data base Syst. Rev.* 2016;3(9):CD010675.

84. Grelsamer R.P., Bazos A.N., Proctor C.S. Radiographic analysis of patellar tilt. *J Bone Joint Surg.* 1993; 75B: 822-824. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.75B5.8376449>.
85. Henry J.E., Pflum F.A.Jr. Arthroscopic proximal patella realignment and stabilization. *Arthroscopy.* 1995. Vol. 11(4). P. 424-425.
86. Herrington L, Pearson S. The applicability of ultrasound imaging in the assessment of dynamic patella tracking: a preliminary investigation. *Knee*, 2008, 15: 125–127.
87. Hochreiter B, Hirschmann MT, Amsler F, Behrend H. Highly variable tibial tubercle-trochlear groove distance (TT-TG) in osteoarthritic knees should be considered when performing TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(5):1403-1409. doi:10.1007/s00167-018-5141-x.
88. Hughston AC: Subluxation of the patella, *J Bone Joint Surg* 50-A: 1003-1026, 1968.
89. Insall J.S. Patella position in the normal knee joint. *Radiology* 1971; 101:101–104. <https://doi.org/10.1148/101.1.101>.
90. Johnson DS, Turner PG. Replacement for patellofemoral arthritis. *Knee.* 2019 Dec;26(6):1166-1170. doi: 10.1016/j.knee.2019.10.016. Epub 2019 Nov 5. PMID: 31699493.
91. Kader D.F., Hosam E.M., Caplan N. Patellofemoral joint instability: A review of current concepts. *J. Orthop. Trauma.* 2016; 6: 8. DOI: 10.4303/ jot/235979.
92. Kejriwal R, Annear P. Arthroscopic assessment of patella tracking correlates with recurrent patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05532-0>.
93. Knutsen G., Drogset J., Engebretsen L. A. Randomized Multicenter Trial Comparing Autologous Chondrocyte Implantation with Microfracture: Long-Term Follow-up at 14 to 15 Years. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2016;98(16):1332-1339.
94. Koeter S., Horstmann W.G., Wagenaar F.C. et al. A new CT scan method for measuring the tibial tubercle trochlear groove distance in patellar instability. *Knee.* 2007; 14(2): 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2006.11.003>.

95. Koh JL, Stewart C (2014) Patellar instability. *Clin Sports Med* 33(3):461–476.
96. Kyung HS, Kim HJ. Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Comprehensive Review. *Knee Surg Relat Res.* 2015 Sep;27(3):133-40. doi: 10.5792/ksrr.2015.27.3.133. Epub 2015 Sep 1. PMID: 26389065; PMCID: PMC4570947
97. Laurin C.A., Dussault R., Levesque H.P. The tangential x-ray investigation of the patellofemoral joint: x-ray technique, diagnostic criteria and their interpretation. *Clin Orthop.* 1979; 144: 16–26.
98. Lewallen L., McIntosh A., Dahm D. First-time patellofemoral dislocation: risk factors for recurrent instability. *J. Knee Surg.* 2015; 28: 303–309. DOI: 10.1055/s-0034-1398373.
99. Lobner S, Krauss C, Reichwein F, Patzer T, Nebelung W, Venjakob AJ. Surgical treatment of patellar instability: clinical and radiological outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction and tibial tuberosity medialisation. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017;137 (8):1087-1095. doi:10.1007/s00402-017-2705-z.
100. Lustig S. Patellofemoral arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2014; 100:35-43.
101. Manaster BJ: *Handbook in radiology, Skeletal Radiol*, St Louis, 1989, Year Book Pub.
102. Merchant A.C. Patellofemoral disorders: biomechanics, diagnosis, and nonoperative treatment. In: McGinty JB, ed. *Operative arthroscopy*. New York: Raven Press, 1990:273.
103. Merchant A.C. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; 389:15–21. <https://doi.org/10.1097/00003086-200108000-00004>.
104. Michaleff Z.A., Campbell P., Protheroe J. et al. Consultation patterns of children and adolescents with knee pain in UK general practice: analysis of medical records. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2017; 18: 239. DOI: 10.1186/s12891-017-1586-1.

105. Migliorini F, Rath B, Tingart M, Niewiera M, Eschweiler J. Distal alignment procedures for patellofemoral instability: comprehensive review of the literature. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2019;29(7):1579-1588. doi:10.1007/s00590-019-02451-1.
106. Munch J., Sullivan J., Stein B.S. Tibial tubercle-to-trochlear groove distance: Is it the best tool for the job? *Orthopaedics Today Eur*. 2015; 1: 54–59.
107. Musumeci G. Functional anatomy in knee osteoarthritis: Patellofemoral joint vs. tibiofemoral joint. *J. Funct. Morphol. Kinesiol*. 2017; 2 (8): 63–84. DOI: 10.3390/jfmk2010008.
108. Nicola D. Mackay, Nicholas A. Smith, Nick Parsons et al. Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Patellar Dislocation. A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. 2014 Aug; 2 (8).
109. Nicolaas L., Tigchelaar S., Koeter S. Patellofemoral evaluation with magnetic resonance imaging in 51 knees of asymptomatic subjects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19: 1735–1739. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1508-y>.
110. Niimoto T, Deie M, Adachi N, Usman MA, Ochi M. Quantitative stress radiography of the patella and evaluation of patellar laxity before and after lateral release for recurrent dislocation patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(10):2408-2413. doi:10.1007/s00167-014-2930-8.
111. Nunes GS, Stapait EL, Kirsten MH, de Noronha M, Santos GM. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport* 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.11.003> PMID: 23232069.
112. Otsuki S, Murakami T, Okamoto Y, et al. Risk of patella baja after opening-wedge high tibial osteotomy. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2018;26(3):2309499018802484. doi:10.1177/2309499018802484.
113. Özgen A, Taşdelen N, Fırat Z. A new MRI grading system for chondromalacia patellae. *Acta Radiol*. 2017;58(4):456-463. doi:10.1177/0284185116654332.
114. P. Balcarek, S. Oberthür, S. Frosch, Jan Ph. Schüttrumpf, K. M. Stürmer Vastus Medialis Obliquus Muscle Morphology in Primary and Recurrent Lateral Patellar

Instability Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International Volume 2014, Article ID 326586, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/326586>.

115. Pagenstert G, Seelhoff J, Henninger HB, Wirtz DC, Valderrabano V, Barg A. Lateral patellar facetectomy and medial reefing in patients with lateral facet syndrome after patellar-retaining total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2014 Nov;29(11):2156-62. doi: 10.1016/j.arth.2014.06.014. Epub 2014 Jun 28. PMID: 25070901.

116. Pastides P.S., Dodd M., Gupte C.M. Patellofemoral instability: anatomy, classification, aetiology, and review of treatment options. *Ann Orthop Rheumatol*. 2014;2(4):1035.

117. Paulos L., Connor D. O., Paulos L., Karistinos A. Partial lateral patellar facetectomy for treatment of arthritis due to lateral patellar compression syndrome. *Arthroscopy*. 2008;24(5):547-553.

118. Quilty B., Tucker M., Campbell R., Dieppe P. Physiotherapy, including quadriceps exercises and patellar taping, for knee osteoarthritis with predominant patellofemoral joint involvement: randomized controlled trial // *J Rheumatol*. 2003. vol. 30, pg 1311-17.

119. Ro du H, Lee HY, Chang CB, Kang SB. Value of SPECT-CT Imaging for Middle-Aged Patients with Chronic Anterior Knee Pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015; 16:169. Published 2015 Jul 26. doi:10.1186/s12891-015-0628-9.

120. Rosa SB, Ewen PM, Doma K, Ferrer JFL, Grant A. Dynamic Evaluation of Patellofemoral Instability: A Clinical Reality or Just a Research Field? A Literature review. *Orthop Surg*. 2019;11(6):932-942. doi:10.1111/os.12549.

121. Rosales-Varo A.P., Roda-Murillo O., Prados-Olleta N., García-Espona M.A. Coronal patellar osteotomy of the external facet combined with the release of the lateral reti-naculum improves the clinical outcomes of isolated lateral release in lateral knee compartment syndrome. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2016. Vol. 60(5). P. 296-305. DOI: 10.1016/j.recot.2016.06.002.

122. Rouanet T, Gougeon F, Fayard JM, Rémy F, Migaud H, Pasquier G. Sulcus deepening trochleoplasty for patellofemoral instability: A series of 34 cases after 15 years

postoperative follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015 Jun;101(4):443-7. doi: 10.1016/j.otsr.2015.01.017. Epub 2015 Apr 28. PMID: 25933706.

123. S. F. Fucentese Klinik für Orthopädie, Universitätsklinik Balgrist, Universität Zürich, Zürich, Schweiz Balcarek P et al (2014) Which patellae are likely to redislocate? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22(10):2308–2314.

124. Saggin P.R., Dejour D., Meyer X., Tavernier T. Computed Tomography and Arthro-CT Scan in Patellofemoral Disorders. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 73-78. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_9.

125. Schutzer S.F., Ramsby G.R., Fulkerson J.P. The evaluation of patellofemoral pain using computerized tomography: A preliminary study. *Clin Orthop.* 1986; 204: 286-293.

126. Sillanpaa PJ, Maenpaa HM (2012) First-time patellar dislocation: surgery or conservative treatment? *SportsMedArthrosc*20(3):128–135.

127. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, et al. (2018) Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 13(1): e0190892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190892>.

128. Smith TO et al (2015) Surgical versus non-surgical interventions for treating patellar dislocation. *Cochrane Database Syst Rev.* <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008106.pub2>.

129. Stefancin J.J., Parker R.D. First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2007. -Vol.455. -P.93-101.

130. Steiner T.M., Torga-Spak R., Teitge R.A. Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia // *Am. J. Sports Med.* 2006. -Vol.34. -P. 1254-1261.

131. Suganuma J, Mochizuki R, Inoue Y, Kitamura K, Honda A. Arthroscopic evaluation of patellofemoral congruence with rotation of the knee joint and electrical stimulation of the quadriceps. *Arthroscopy*, 2014, 30: 214–221.

132. Tangtrakulwanich B., Suwanno P. Epidemiology and risk factors of patellofemoral osteoarthritis in adults: A Population-Based Study in Southern Thailand. *J. Med. Assoc. Thai.* 2012; 95 (8): 1048–1052. PMID: 23061309.
133. Tecklenburg K., Dejour D., Hoser C., Fink C. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2006; 14 (3): 235-40. doi: 10.1007/s00167-005-0683-0.
134. Tecklenburg, K., Dejour, D., Hoser, C. et al. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006; 14: 235. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0683-0>.
135. Teng HL, Chen YJ, Powers CM. Predictors of patellar alignment during weight bearing: an examination of patellar height and trochlear geometry. *Knee*, 2014, 21: 142–146.
136. Tripathi B., Deepali H. Effects of kinesiotaping on osteoarthritis of knee in geriatric population. *International Journal of Applied Research.* 2017;3(2):301-305.
137. Vairo GL, Moya-Angeler J, Siorta MA, Anderson AH, Sherbondy PS. Tibial Tubercle-Trochlear Groove Distance Is a Reliable and Accurate Indicator of Patellofemoral Instability. *Clin Orthop Relat Res.* 2019;477(6):1450-1458. doi:10.1097/CORR.0000000000000711.
138. Vanlerberghe C, Boutry N, Petit F. Genetics of patella hypoplasia/agenesis. *Clin Genet.* 2018 Jul;94(1):43-53. doi: 10.1111/cge.13209. Epub 2018 Apr 11. PMID: 29322497.
139. Wagner D., Pfalzer F., Hingelbaum S. et al. The influence of risk factors on clinical outcomes following anatomical medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction using the gracilis tendon. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2013; 21 (2): 318-324.
140. Weber A.E., Nathani A., Dines J.S. An algorithmic approach to the management of recurrent lateral patellar dislocation. *J. Bone Joint Surg.* 2016; 98: 417–427. DOI: 10.2106/JBJS.O.00354.
141. Welch T., Mandelbaum B., Tom M. Autologous Chondrocyte Implantation: Past, Present, and Future. *Sports Med. Arthrosc.* 2016;24(2):85-91.

142. Werner S. Anterior knee pain: an update of physical therapy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 Oct;22(10):2286-94. doi: 10.1007/s00167-014-3150-y. Epub 2014 Jul 6. PMID: 24997734.
143. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoro-patellar joint. *Acta Orthop Scand.*1941; 12: 319–410.
144. Williams AA, Elias JJ, Tanaka MJ, et al. The relationship between tibial tuberosity-trochlear groove distance and abnormal patellar tracking in patients with unilateral patellar instability. *Arthroscopy*, 2016, 32: 55–61.
145. Witonski D, Góraj B. Patellar motion analyzed by kinematic and dynamic axial magnetic resonance imaging in patients with anterior knee pain syndrome. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1999, 119: 46–49.
146. Wolfe S, Varacallo M, Thomas JD, Carroll JJ, Kahwaji CI. Patellar Instability. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; August 16, 2020
147. Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E.A. Patellofemoral pain, instability, and arthritis. Heidelberg Dordrecht London New York: Springer. 2010; 331 p. DOI: 10.1007/978-3-642-05424-2.
148. Zaffagnini S., Grassi A., Zocco G. et al. The patellofemoral joint: from dysplasia to dislocation. *EFFORT Open Rev.* 2017; 2: 101–111. DOI: 10.1302/2058-5241.2.16081.
149. Zha G.C., Sun J.Y., Dong S.J. Less anterior knee pain with a routine lateral release in total knee arthroplasty without patellar resurfacing: a prospective, randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(3):517–525.
150. Zhang X., Eyles J., Makovey J., Matthew J. Is the effectiveness of patellofemoral bracing modified by patellofemoral alignment and trochlear morphology? *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2017; 18:168.