

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ А. И. БУРНАЗЯНА»

На правах рукописи

Касаткин Михаил Сергеевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ТРАВМ КОЛЕННОГО СУСТАВА У
СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ ПРОПРИОРЕЦЕПТИВНОЙ
ОРТОДИАГНОСТИКИ**

3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук,
Пустовойт Василий Игоревич

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	17
1.1. Травмы коленного сустава у спортсменов как медико-социальная проблема	17
1.1.1. Эпидемиология травм коленного сустава в игровых видах спорта.....	18
1.1.2. Социально-экономические и психологические последствия травм коленного сустава у спортсменов	24
1.2. Современные методы диагностики травм коленного сустава и оценки проприорецептивной функции у спортсменов.....	26
1.2.1. Клинические методы обследования пациентов с травмами коленного сустава 26	
1.2.1.1. Сбор анамнеза и физикальное обследование: специфические тесты и их диагностическая ценность	26
1.2.1.2. Роль субъективной оценки боли в первичной диагностике.....	31
1.2.2. Инструментальные методы визуализации в диагностике повреждений коленного сустава	33
1.2.2.1. Магнитно-резонансная томография: возможности и ограничения в спортивной травматологии.....	33
1.2.2.2. Ультразвуковое исследование: диагностический потенциал и специфичность.....	35
1.2.3. Существующие подходы к оценке проприорецептивной функции	36
1.3. Теоретические предпосылки и обоснование разработки метода проприорецептивной ортодиагностики травм коленного сустава	38
1.3.1. Восприятие и локализация боли: психофизиологические механизмы .	38
1.3.2. Проприорецептивная ортодиагностика: концептуальное определение и место в системе диагностических подходов (вывод по обзору литературы)	40
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
2.1. Общая характеристика исследования и этические аспекты	43
2.2. Формирование исследуемых групп.....	45
2.3. Методы исследования.....	47
2.3.1. Сбор анамнестических данных и жалоб	47

2.3.2. Клиническое обследование	50
2.3.2.1. Осмотр и пальпация	50
2.3.2.2. Оценка объема движений	51
2.3.2.3. Оценка стереотипных двигательных паттернов	51
2.3.2.4. Клинические тесты для оценки состояния коленного сустава.....	52
2.3.2.5 Магнитно-резонансная томография коленного сустава	54
2.4. Методы статистической обработки данных	58
ГЛАВА 3. СТРУКТУРА ТРАВМ КОЛЕННОГО СУСТАВА У СПОРТСМЕНОВ ИЗ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА НА ПРИМЕРЕ ФУТБОЛА И ХОККЕЯ С ШАЙБОЙ	60
ГЛАВА 4. ВЫЯВЛЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СТЕРЕОТИПНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СПОРТСМЕНАМИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ХАРАКТЕРА И ЛОКАЛИЗАЦИИ БОЛИ.....	65
ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕТОДА ПРОПРИОРЕЦЕПТИВНОЙ ОРТОДИАГНОСТИКИ.....	74
ГЛАВА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ХАРАКТЕРОМ И ТОЧНОСТЬЮ ПРОПРИОРЕЦЕПТИВНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ БОЛИ И ТИПОМ, ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ И СТЕПЕНЬЮ ТЯЖЕСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ СТРУКТУР КОЛЕННОГО СУСТАВА .	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
ВЫВОДЫ	106
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	108
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Коленный сустав, являясь одним из наиболее сложно устроенных и функционально нагруженных сочленений опорно-двигательного аппарата человека, подвержен высокому риску травматизации, особенно в условиях интенсивных физических нагрузок, характерных для спортивной деятельности (В.В. Петрова и др., 2024; А.Э. Болотин и др., 2024; L. Andriolo и др., 2025). Травмы коленного сустава занимают лидирующие позиции в структуре спортивного травматизма, приводя не только к временной или полной утрате трудоспособности спортсменами, но и к развитию хронических дегенеративно-дистрофических заболеваний, значительно снижающих качество жизни и сокращающих спортивное долголетие (В. Namal и др., 2025; N.M. Cattano и др., 2025).

Современная спортивная медицина располагает широким арсеналом диагностических методов для верификации повреждений коленного сустава, включая клинический осмотр (S. Avasthi и др., 2024; P.A. Sokal и др., 2022), лучевые методы (рентгенография, компьютерная томография) (Е.В. Rubin и др., 2024), магнитно-резонансную томографию (МРТ) (Е.В. Rubin и др., 2024; М.М. Пирназаров и др., 2021), ультразвуковое исследование (УЗИ) (А.А. Азимова и Д.И. Маликов, 2022) и артроскопию (А.М. Гасанов, Н.Б. Джаксымбаев, и Д.М. Муратов, 2024). Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. В частности, МРТ, рассматриваемая как эталонный метод для выявления повреждений мягких тканей суставных структур, отличается высокой стоимостью и зачастую недоступна, что особенно актуально на ранних стадиях диагностического процесса или при работе в условиях финансовых ограничений спортивных учреждений (J.S. Brown и др., 2024). Рентгеновское исследование

демонстрирует эффективность главным образом при выявлении повреждений костных структур, в то время как патология связок, менисковых образований и хрящевой ткани находится за пределами ее диагностических возможностей (X. Zhang и др., 2024).

УЗИ, обладая преимуществами доступности и неинвазивности, в значительной степени зависит от квалификации специалиста и не всегда позволяет получить исчерпывающую картину патологического процесса (С. Wasilczyk, 2023). Артроскопия, будучи одновременно диагностической и лечебной процедурой, является инвазивным вмешательством, сопряженным с определенными рисками и требующим восстановительного периода (D. Szymiski и др., 2023).

Клинический осмотр, включающий сбор анамнеза, пальпацию, оценку объема движений и проведение специфических нагрузочных тестов, играет ключевую роль в первичной диагностике (Х.Г. Оруджов, 2024; I.R. Murray и др., 2024). Однако его информативность во многом определяется опытом врача, а интерпретация результатов может быть субъективной. Существующие клинические тесты направлены на выявление нестабильности или повреждения конкретных структур, но не всегда позволяют точно локализовать зону максимальной болезненности или начальных изменений, особенно при сочетанных или неявно выраженных травмах.

В этом контексте особое значение приобретает поиск и разработка новых, доступных, неинвазивных и информативных методов ранней диагностики травм коленного сустава у спортсменов. Одним из перспективных направлений может стать использование проприорецептивной чувствительности пациента для уточнения локализации патологического очага (J. Jeon и др., 2022; G.R. Ratnani и др., 2023). Проприорецепция, или «мышечно-суставное чувство», обеспечивает восприятие положения и движения собственного тела и его частей в пространстве (О. Yılmaz и др., 2024). Она тесно связана с ноцицептивной системой, сигнализирующей о повреждении тканей (Е. Bäckryd, 2023). Способность пациента точно указать локализацию боли рукой или пальцами, по сути, является внешним проявлением сложного процесса интеграции проприорецептивных и

ноцицептивных сигналов в центральной нервной системе (В. Сао и др., 2024). Этот феномен, условно названный нами «проприорецептивной ортодиагностикой», интуитивно используется врачами в повседневной практике, однако до настоящего времени он не был систематизирован, формализован и научно обоснован как самостоятельный диагностический метод.

Предполагается, что точность указания пациентом болевой точки или зоны дискомфорта может коррелировать с характером и локализацией повреждения анатомических структур коленного сустава. Систематизация и количественная оценка данных, получаемых при таком обследовании, потенциально способна повысить точность топической диагностики, особенно на доклиническом этапе или при стертой клинической картине. Разработка стандартизированного протокола проприорецептивной ортодиагностики, включающего картирование болевых зон и сопоставление их с анатомическими ориентирами и данными инструментальных исследований, может стать ценным дополнением к существующему диагностическому алгоритму. Такой метод был бы особенно полезен для скрининговых обследований, мониторинга состояния спортсменов в процессе тренировок и соревнований, а также для оценки эффективности реабилитационных мероприятий, позволяя быстро и без дополнительных затрат получать информацию о динамике болевого синдрома и его локализации.

Степень разработанности темы исследования

Проблема диагностики травм коленного сустава у спортсменов широко освещена в отечественной и зарубежной литературе (Н.Д. Алексеева, Н.А. Зиновьев, и А.С. Смирнов, 2024; Д.В. Жакун, 2024; X. Zhang и др., 2024). Большое количество исследований посвящено совершенствованию существующих и разработке новых инструментальных методов диагностики, таких как МРТ с высоким разрешением (J.S. Brown и др., 2024; E.B. Rubin и др., 2024), специализированные УЗ-протоколы (А.А. Азимова и Д.И. Маликов, 2022; Н.А. Еськин и др., 2021), артроскопические технологии (А.А. Азимова и Д.И. Маликов, 2022). Детально изучены биомеханика коленного сустава, механизмы

возникновения типичных спортивных травм (А. Каушик ,2021; Д.В. Скворцов и др., 2024). Значительное внимание уделяется разработке и валидации клинических тестов для выявления нестабильности и повреждений отдельных структур сустава (М. Obrenovic и Р. Fournier, 2023).

Вопросы проприорецепции и ее роли в функционировании коленного сустава также являются предметом активного изучения (F. Guede-Rojas и др., 2024). Исследуется влияние травм и хирургических вмешательств на проприорецептивную функцию, разрабатываются методы ее оценки и восстановления (Y.Y. Хие и др., 2022). Установлено, что повреждение связок, менисков и суставной капсулы приводит к нарушению афферентной импульсации от механорецепторов, что, в свою очередь, может способствовать развитию хронической нестабильности и повторным травмам (С.А. Courtney и др., 2013).

Однако, несмотря на обширный пласт исследований, посвященных как диагностике травм коленного сустава, так и изучению проприорецепции, систематическое использование способности пациента к точной локализации боли с помощью рук как самостоятельного или вспомогательного диагностического инструмента не получило должного развития и научного обоснования. В доступной литературе отсутствуют работы, посвященные разработке стандартизированной методики такой «проприорецептивной ортодиагностики», оценке ее диагностической ценности, чувствительности и специфичности при различных видах травм коленного сустава у спортсменов. Существующие подходы к опросу пациента о локализации боли носят преимущественно качественный, описательный характер и не предусматривают точного картирования и количественного анализа полученной информации. Таким образом, разработка методики, основанной на анализе точности указания пациентом болевых зон, и ее интеграция в комплексную систему диагностики представляется актуальным и недостаточно изученным направлением.

Цель исследования

Разработать и научно обосновать метод оценки травм коленного сустава у

спортсменов на основе проприорецептивной ортодиагностики для повышения точности топической диагностики и оптимизации диагностического процесса.

Задачи исследования

1. Изучить структуру травматических повреждений коленного сустава у спортсменов, специализирующихся в высококонтактных игровых видах спорта, на примере профессионального и полупрофессионального футбола и хоккея с шайбой.

2. Выявить и систематизировать стереотипные двигательные паттерны, используемые спортсменами для невербальной индикации локализации и предполагаемого характера дисфункции или болевого синдрома в области коленного сустава.

3. Исследовать диагностическую информативность метода проприорецептивной ортодиагностики путем сопоставления ее результатов с данными клинического осмотра и стандартных клинических тестов у спортсменов с травмами коленного сустава.

4. Определить корреляционные связи между характером и точностью проприорецептивной локализации боли и типом, локализацией и степенью тяжести повреждения анатомических структур коленного сустава.

Научная новизна исследования

Впервые осуществлена систематизация и статистическая обработка информации от представительной группы атлетов командных спортивных дисциплин (футбол, хоккей с шайбой), что дало возможность установить статистически значимые закономерности.

Впервые предложен и научно обоснован метод проприорецептивной ортодиагностики травм коленного сустава, основанный на стандартизированном анализе точности указания спортсменом локализации болевых ощущений.

Впервые выявлено, что при визуализации очага боли спортсмены пользуются шестью основными жестами: локальная пальпация с компрессией региона дисфункции; продольное поверхностное касание области проекции основной боли; поверхностное поглаживание области проекции сустава; фиксация и компрессия поверхности коленного сустава; указание на локализацию боли в начале амплитуды движения коленного сустава; указание на локализацию боли в середине или конце амплитуды движения коленного сустава.

Впервые проведена оценка диагностической ценности (чувствительности, специфичности, прогностической значимости) метода проприорецептивной ортодиагностики в сопоставлении с общепринятыми клиническими и инструментальными методами исследования травм коленного сустава у спортсменов.

С целью последующего создания инновационных и модернизированных клинических технологий медико-биологической поддержки спортсменов с повреждениями коленных суставов впервые создан информационный массив, включающий данные о клинических и диагностических методиках обследования в период после травм коленного сустава.

Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в углублении представлений о взаимосвязи ноцицептивной и проприорецептивной систем при травматических повреждениях суставов, а также в обосновании возможности использования субъективных ощущений пациента, формализованных в виде стандартизированной методики, для объективной оценки патологического процесса. Результаты исследования внесут вклад в развитие теоретических аспектов спортивной медицины, травматологии и ортопедии.

Практическая значимость работы

Практическая значимость исследования состоит в разработке нового, доступного, неинвазивного и экономически эффективного метода диагностики травм коленного сустава у спортсменов. Предлагаемый метод может быть использован для первичного скрининга и быстрой топической диагностики повреждений коленного сустава в условиях спортивных команд, врачебно-физкультурных диспансеров, фитнес-центров; в качестве дополнительного инструмента, повышающего точность клинического диагноза и помогающего в выборе оптимальной тактики дальнейшего инструментального обследования; для мониторинга динамики болевого синдрома и оценки эффективности консервативного или хирургического лечения и реабилитационных мероприятий; для оптимизации распределения ресурсов здравоохранения путем более целенаправленного назначения дорогостоящих инструментальных исследований. Внедрение метода проприорецептивной ортодиагностики в широкую клиническую практику позволит улучшить качество и своевременность оказания медицинской помощи спортсменам, сократить сроки восстановления и снизить риск развития хронических осложнений.

Методология и методы исследования

Настоящая работа выполнена на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» в период с апреля 2024г. по май 2025г.

Вид научного исследования – проспективное одномоментное. Протокол диссертационного исследования одобрен локальным этическим комитетом при

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 112 от 18 декабря 2024г.

Исследование проводили в два этапа. На первом этапе настоящей работы были проанализированы клинические данные 487 спортсменов (футболистов и хоккеистов) мужского пола с травмами коленного сустава, средний возраст которых составил $26,3 \pm 7,1$ лет. Далее, согласно критериям включения и невключения, из исследования были исключены 200 спортсменов, оставшиеся 278 испытуемых составили материал второго этапа и, соответственно, настоящего диссертационного исследования.

Все спортсмены прошли комплексное клинико-инструментальное обследование, включая МРТ коленного сустава. На основании результатов МРТ-исследования пациенты были распределены в следующие диагностические группы, согласно которым был проведен корреляционный анализ между характером и точностью проприорецептивной локализации боли и типом, локализацией и степенью тяжести повреждения анатомических структур коленного сустава:

- Группа 1: повреждение передней крестообразной связки (ПКС) (n=71). Включала пациентов с частичным разрывом ПКС.
- Группа 2: повреждение медиальной коллатеральной связки (МКС) (n=21). Включала пациентов с разрывами МКС I и II степеней.
- Группа 3: повреждение медиального мениска (n=44). Включала пациентов с различными типами разрывов медиального мениска I и II степеней по Stoller.
- Группа 4: повреждение латерального мениска (n=31). Включала пациентов с различными типами разрывов латерального мениска I и II степеней по Stoller.
- Группа 5: повреждение сухожилия надколенника (n=27). Включала пациентов с признаками тендинопатии или частичного разрыва сухожилия надколенника.
- Группа 6: остеоартроз (ОА) коленного сустава (n=20). Включала

пациентов с МРТ-признаками остеоартроза (преимущественно ранние стадии, I-II по Kellgren-Lawrence, адаптированные к МРТ-критериям) как основного источника симптоматики при обострении хронического процесса.

- Группа 7: пателлофemorальный болевой синдром (ПФБС) (n=28). Включала пациентов с характерной клиникой ПФБС и МРТ-данными, подтверждающими или не исключающими данное состояние (например, признаки латеропозиции надколенника, дисплазии блока бедренной кости, начальные дегенеративные изменения хряща надколенника при отсутствии других значимых повреждений).

- Группа 8: синдром илиотибиального тракта (n=21). Включала пациентов с клиническими и МРТ-признаками синдрома (утолщение илиотибиального тракта в дистальной части, отек прилежащих мягких тканей или бурсы).

- Группа 9: хондромалация надколенника (n=15). Включала пациентов с изолированными или преобладающими МРТ-признаками хондромалации надколенника различной степени (I-IV по Outerbridge, визуализируемые на МРТ).

Положения, выносимые на защиту

1. Травматические повреждения коленного сустава у спортсменов, специализирующихся в профессиональном и полупрофессиональном футболе и хоккее с шайбой, имеют специфическую структуру, характеризующуюся превалированием определенных нозологических форм и топических локализаций (например, повреждения менисков, передней крестообразной связки, медиальной коллатеральной связки), что обусловлено биомеханическими особенностями данных видов спорта и определяет необходимость разработки методов экспресс-диагностики, учитывающих эту специфику.

2. Спортсменами различных специализаций для невербальной индикации локализации и предполагаемого характера дисфункции или болевого синдрома в области коленного сустава используются стереотипные,

проприоцептивно обусловленные двигательные паттерны, которые поддаются объективной классификации и систематизации, формируя основу для разработки нового диагностического подхода – метода проприорецептивной ортодиагностики.

3. Метод проприорецептивной ортодиагностики, основанный на целенаправленной интерпретации стереотипных невербальных двигательных паттернов, демонстрирует статистически значимую диагностическую информативность (чувствительность, специфичность, прогностическую ценность положительного и отрицательного результатов) в выявлении и топической локализации ключевых повреждений анатомических структур коленного сустава (менисков, связочного аппарата, суставного хряща) у спортсменов, сопоставимую с результатами стандартных клинических тестов и являющуюся ценным инструментом для предварительной оценки на доклиническом этапе или в условиях ограниченного доступа к инструментальным методам.

4. Установлены достоверные корреляционные взаимосвязи между характером и точностью проприорецептивной локализации болевого синдрома спортсменом, анализируемой с помощью метода проприорецептивной ортодиагностики, и верифицированными данными магнитно-резонансной томографии относительно типа, локализации и степени тяжести повреждения конкретных анатомических структур коленного сустава, что подтверждает объективность разработанного метода и позволяет использовать его для предварительной дифференциальной диагностики и оптимизации маршрутизации пациентов для дальнейшего инструментального обследования.

Внедрение результатов работы в практику

Материалы исследования внедрены в работу кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный

медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»; хоккейного клуба «Авангард»; центра спортивной реабилитации «РеМедика», ГБУЗ МО «Химкинский врачебно-физкультурный диспансер».

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность полученных данных подтверждается достаточным количеством клинического материала (478 спортсмена игровых видов спорта, предъявляющих жалобы на боль в коленном суставе), а также применением современных методов статистической обработки с использованием современных программ статистического анализа.

Результаты диссертационного исследования доложены на XXIII Всероссийском форуме «Здравница-2024» (Ярославль, 2024); на VII Международной конференции по спортивной медицине, реабилитации и тренерской деятельности «Травмы в спорте – приговор или вызов?» (Сочи, 2024); на 11-й Международной научно-практической конференции по спортивной медицине им. А. В. Зимины (Омск, 2024); на XIV Междисциплинарном международном конгрессе «Управляй болью» (Москва, 2024); на XII Петербургском международном конгрессе «Форум здоровья» (Санкт-Петербург, 2024); на XV Международном симпозиуме по спортивной медицине и реабилитологии (Москва, 2023); на Научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы детской психоневрологии» (Махачкала, 2024).

Апробация диссертационной работы состоялась 22.05.2025г. на заседании научно-методического совета ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Публикации

Основные положения и результаты диссертации отражены в 8 научных работах, из которых 4 опубликованы в научных рецензируемых изданиях,

рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, получено свидетельство о регистрации базы данных.

Личный вклад автора в проведенное исследование

Исследователем были определены цели и задачи работы, разработана методологическая схема исследования. Автор проводил изучение и анализ литературных источников по исследуемой проблематике, принимал участие в процессе сбора информации, выполнял статистическую обработку материалов, анализировал полученные результаты. Диссертантом самостоятельно подготовлены научные публикации и диссертационная работа.

Соответствие паспорту научной специальности

Диссертация посвящена разработке и научному обоснованию метода оценки травм коленного сустава у спортсменов на основе проприорецептивной ортодиагностики, что соответствует паспорту специальности 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация (медицинские науки), в частности, пунктам 5 (разработка средств и методов медицинского контроля за функциональным состоянием лиц, занимающихся спортом, а также программ восстановления нарушенных функций и реабилитации спортсменов), 6 (изучение влияния внешних и внутренних факторов на структурные особенности, функционирование и патологические проявления организма спортсмена) и 7 (разработка научно-обоснованных вопросов медико-биологического обеспечения спортсменов, включая вопросы организации и оптимизации медико-биологического обеспечения при проведении массовых физкультурных и спортивных мероприятий).

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 136 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка использованной литературы. Работа иллюстрирована 20 таблицами и 8 рисунками. Список литературы включает 190 источников, из них 44 отечественных и 146 иностранных авторов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Травмы коленного сустава у спортсменов как медико-социальная проблема

Проблема травматизма в современном спорте высших достижений и массовом спорте сохраняет свою исключительную актуальность, оказывая значительное влияние не только на здоровье и карьеру атлетов, но и на социально-экономические аспекты общества [5, 10, 38, 162]. Среди всех спортивных повреждений опорно-двигательного аппарата травмы коленного сустава занимают лидирующие позиции по частоте встречаемости, тяжести последствий и длительности периода реабилитации [114, 162, 163, 175]. Сложность анатомического строения, значительные биомеханические нагрузки, которым подвергается коленный сустав в процессе специфической спортивной деятельности, предопределяют его высокую уязвимость [126].

Актуальность изучения данной проблемы обусловлена не только медицинскими аспектами, связанными с диагностикой, лечением и реабилитацией, но и выраженными социальными последствиями. К ним относятся возможное преждевременное завершение спортивной карьеры [46, 61, 98], развитие хронических заболеваний, в частности посттравматического остеоартроза [127, 164], снижение качества жизни [115], психологические проблемы [61], а также значительные экономические затраты на лечение и восстановление. Таким образом, травмы коленного сустава у спортсменов представляют собой комплексную медико-социальную проблему, требующую междисциплинарного подхода к ее решению.

1.1.1. Эпидемиология травм коленного сустава в игровых видах спорта

Коленный сустав – не только самый крупный, но и один из наиболее сложных по анатомическому строению и особенностям биомеханики [24, 105, 126]. Несмотря на наличие одной основной степени свободы сустава (при сгибании до 90° становится возможным осевое вращение сустава), коленный сустав достаточно часто травмируется [9, 33, 36, 39]. Согласно результатам множественных научных работ, представленных как российскими, так и иностранными исследователями, при анализе долевого распределения внутрисуставных повреждений коленное сочленение демонстрирует наивысшую частоту нарушений анатомической целостности структур, и доля травм данной локализации варьирует в диапазоне 50-70% от совокупного числа суставных повреждений [35, 36, 73, 165, 205].

Согласно информации Федеральной службы государственной статистики за 2021 год, травматические повреждения, обусловленные внешними факторами, в 2020 году составили 4,7% от общей заболеваемости. Среди них повреждения нижних конечностей представляют 33%, при этом на долю коленного сустава приходится приблизительно 13% от всех травматических случаев. В частности, в течение 2020 года было зафиксировано 2913,8 тысяч обращений в связи с повреждениями области колена и голени. Около 2-3% от всего травматизма составляют повреждения, полученные в спортивной деятельности [5].

Травмы коленного сустава представляют собой одну из наиболее распространённых и значительных проблем в области спортивной медицины, особенно в контексте игровых видов спорта, таких как футбол, баскетбол и хоккей [2, 30, 34, 106, 126, 167, 189]. Эпидемиологические исследования показывают, что травмы коленного сустава составляют значительную долю от общего числа спортивных травм, что подчеркивает необходимость глубокого понимания их распространённости, механизмов возникновения и факторов риска [8, 9, 126, 153, 172, 189]. Отмечено, что в сложнокоординационных видах спорта из общего числа травм на травмы коленного сустава приходится 33,3% случаев, в

игровых – 31,7%, в циклических – 31,5%, в единоборствах – 27,4%, в многоборьях – 17,8%, в силовых видах – 6,1% [12]. Выявлено, что наиболее травматичными видами спорта оказались футбол и горнолыжный спорт [37].

При анализе спортивного травматизма на Олимпийских играх было выявлено, что травмы коленных суставов составляли 28 % от общего числа обращений за медицинской помощью, а потеря времени в спортивной активности после травмы была самой большой и составляла в среднем 26 недель. Большая часть повреждений произошла во время тренировок (58 %) по сравнению с соревновательной деятельностью (42 %), их частота увеличивалась по мере приближения Олимпийских игр [94].

По данным Петровой В. В. (2024), в структуре травм и заболеваний коленного сустава в период с 2013 по 2023гг. у спортсменов сборных команд России 19,2% составили повреждения коллатеральных связок, 13% – повреждения медиального мениска, 10,9% – повреждения передней крестообразной связки, 10,6% – тендинит собственной связки надколенника, 3,4% – повреждения латерального мениска [39].

Футбол, являющийся одной из наиболее распространенных спортивных дисциплин на планете, отличается высоким темпом и регулярными столкновениями между участниками, поэтому повреждения коленного сустава составляют существенную долю в общей структуре спортивного травматизма, что связано с анатомическими характеристиками и спецификой двигательных действий, совершаемых футболистами [26, 52, 144].

Так, по данным масштабных проспективных исследований, проводимых под эгидой ФИФА и УЕФА, травмы колена составляют от 12% до 20% всех травм в профессиональном мужском футболе, причем их доля может быть еще выше в женском и юношеском [4, 18, 113, 126]. В частности, исследования показывают, что в профессиональном футболе частота травм коленного сустава может достигать 0,5–1,0 травмы на 1000 часов игры [49, 99, 126, 189].

Анализ структуры травм коленного сустава у футболистов показывает преобладание повреждений связочного аппарата и менисков. Разрыв передней

крестообразной связки (ПКС) является одной из самых тяжелых и распространенных травм, приводящей к длительному отсутствию на поле – в среднем от 6 до 12 месяцев [116, 137]. Эпидемиологические данные свидетельствуют о том, что частота разрывов ПКС у футболистов варьирует в зависимости от уровня игры, пола и возраста, однако остается стабильно высокой [156]. Например, исследования Nagelli C.V. и Hewett T.E. (2017) подчеркивают, что футболистки подвержены риску разрыва ПКС в 2-8 раз чаще, чем футболисты-мужчины, что связывают с анатомическими, гормональными и нервно-мышечными особенностями [146]. Механизм травмы ПКС чаще всего бесконтактный и происходит при выполнении резких торможений, смене направления движения или приземлении после прыжка с вальгусным отклонением голени и внутренней ротацией бедра [56, 99, 156].

Повреждения менисков, как медиального, так и латерального, также часто встречаются у футболистов, нередко в сочетании с разрывом ПКС или других связок [185]. Отмечено, что наличие менискальной травмы значительно увеличивает риск развития остеоартроза коленного сустава в отдаленном периоде, даже после успешного хирургического лечения [35, 66, 160]. Механизмы травм менисков часто связаны с ротационными движениями в коленном суставе при фиксированной стопе и согнутом колене, что типично для футбольных маневров [104].

Травмы медиальной коллатеральной связки (МКС) являются наиболее частыми связочными повреждениями колена в футболе, обычно возникающими в результате прямого удара по наружной поверхности коленного сустава или при вальгусном форсированном движении [60, 82, 161]. Повреждения латеральной коллатеральной связки (ЛКС) и задней крестообразной связки (ЗКС) встречаются реже, но также могут приводить к значительной нестабильности сустава и требуют пристального внимания [121].

Хоккей, как один из наиболее динамичных и контактных видов спорта, характеризуется высокой вероятностью травматизма, особенно в области коленного сустава [24, 50, 108, 118]. Повреждения колена занимают значительное

место в структуре травм, составляют от 15% до 25% всех повреждений опорно-двигательного аппарата, зарегистрированных у хоккеистов [50, 112, 123, 188]. Так, систематический обзор 2024 г. показал, что у хоккеистов нижняя конечность является анатомической областью, которая чаще всего травмируется. В частности, колено было суставом, наиболее часто получающим повреждения, в то время как комплекс бедро/пах был наиболее затронут травмами от перегрузки [64]. Показатель травматизации коленного сустава в элитном хоккее может составлять 1,5–3,0 случая на 1000 часов игрового времени [105, 115]. К числу наиболее часто встречающихся повреждений относятся травмы менисковых структур, боковых связок и передней крестообразной связки [180, 181].

По данным чешского исследования, в которое были включены 100 мужчин-хоккеистов, общая частота травм коленных суставов составила 21%, где преобладали травмы коллатеральных и крестообразных связок [63].

Особое место в структуре травм коленного сустава у хоккеистов занимают повреждения медиальной коллатеральной связки (МКС). Эти травмы часто возникают вследствие вальгусного воздействия на коленный сустав, когда голень отклоняется кнаружи относительно бедра, что типично для боковых ударов или падений с упором на внутреннюю часть стопы. Так, в исследовании Mosenthal W. (2017) растяжения МКС были наиболее частым типом связочной травмы колена [68], а по данным McKay C.D. (2014), травмы МКС в NHL приводили в среднем к потере 11 дней игрового времени [173].

Mosenthal W. (2017) также отмечал, что разрывы ПКС составляли 1.0% от всех игровых травм и 0.5% от всех тренировочных травм в студенческом хоккее США [68]. В профессиональном хоккее, по некоторым данным, частота разрывов ПКС может быть ниже, чем в других видах спорта, таких как футбол или баскетбол, что, возможно, связано со спецификой движения на коньках, обеспечивающих некоторую степень свободы голени относительно бедра [50, 188]. Однако, как отмечает Wright, R. (2011), хоккеисты, перенесшие реконструкцию ПКС, имеют повышенный риск повторной травмы как оперированного, так и контралатерального коленного сустава [120].

Травмы менисков также являются распространенной проблемой у хоккеистов и часто сочетаются с повреждениями связочного аппарата, особенно ПКС и МКС [62]. Повреждения ЗКС и латеральной коллатеральной ЛКС встречаются у хоккеистов значительно реже, чем травмы МКС и ПКС [118, 123, 173]. Травмы ЗКС обычно возникают при прямом ударе по передней поверхности большеберцовой кости при согнутом колене или при гиперфлексии сустава [142]. Помимо острых травм связок и менисков, хоккеисты подвержены и другим повреждениям коленного сустава, таким как ушибы, повреждения суставного хряща, тендинопатии (например, тендинопатия связки надколенника или «колени прыгуна», хотя и менее характерная для хоккея, чем для прыжковых видов спорта), бурситы и синдром пателлофemorальной боли (ПФБС).

Травмы коленного сустава также являются одной из наиболее распространённых проблем среди баскетболистов, оказывая значительное влияние на их спортивную карьеру и качество жизни [7, 11, 95]. По данным исследований, травмы колена составляют от 20% до 30% всех спортивных травм в баскетболе [65, 175, 181]. Наиболее часто встречаются повреждения ПКС, медиального мениска и МКС, что связано с характером игры, включающим резкие движения, прыжки и приземления [48, 65, 175, 180].

Так, по данным систематического обзора J. Lian (2022) на основе среднегодовой заболеваемости наиболее частыми спортивными травмами, полученными баскетболистами, были сотрясения мозга (9,5–14,9 в год), переломы руки (3,5–5,5 в год), стрессовые переломы нижних конечностей (4,8 в год), разрывы мениска (2,3–3,3 в год) и разрывы передней крестообразной связки (1,5–2,6 в год). При этом, повреждения ПКС приводили к значительному снижению показателей спортивной производительности [167].

Согласно данным Национальной университетской спортивной ассоциации (NCAA) США за период с 2009 по 2014 год, общая частота травм колена в мужском баскетболе составила 1,68 на 1000 часов, а в женском – 2,31 на 1000 часов, что подчеркивает гендерные различия в подверженности данным повреждениям [174]. Особую эпидемиологическую значимость имеют

повреждения ПКС, частота которых у баскетболистов оценивается в диапазоне 0,07-0,30 на 1000 часов [52]. Женщины-баскетболистки демонстрируют в 2-8 раз более высокий риск разрыва ПКС по сравнению с мужчинами, что связывается с анатомическими, гормональными и нервно-мышечными особенностями [95]. Большинство (около 70-80%) разрывов ПКС происходят по бесконтактному механизму, часто во время приземления или резкой смены направления [176, 181].

Повреждения менисков также являются распространенной проблемой, их частота составляет около 0,2-0,5 на 1000 часов, причем они часто сочетаются с травмами ПКС или возникают изолированно в результате скручивающих нагрузок [48, 144]. ПФБС представляет собой одну из наиболее частых причин нетравматической боли в переднем отделе колена у баскетболистов, его распространенность может достигать 20-25% среди молодых атлетов, особенно в период интенсивного роста и увеличения тренировочных нагрузок [11, 76]. Тендинопатия связки надколенника («колени прыгуна») является характерной перегрузочной травмой для баскетбола, ее распространенность у элитных игроков может варьировать от 15% до 45% [124].

Таким образом, травмы коленного сустава представляют собой значимую проблему для профессиональных спортсменов [3, 19, 27, 156]. Анализ существующих данных свидетельствует о высокой распространенности повреждений структур коленного сустава, что обусловлено специфическими механическими нагрузками, возникающими в процессе выполнения игровых действий, таких как резкие изменения направления движения, прыжки и приземления [153, 172]. Наиболее часто встречаемыми травмами являются повреждения передней крестообразной связки, менисков и коллатеральных связок, что связано с особенностями биомеханики движений в игровых видах спорта [105, 149, 153].

1.1.2. Социально-экономические и психологические последствия травм коленного сустава у спортсменов

Последствия травм коленных суставов у спортсменов охватывают не только медицинские аспекты, но и значимые социально-экономические и психологические сферы, которые в совокупности определяют качество жизни спортсмена и его перспективы возвращения в спорт [5, 6]. Современные исследования все чаще акцентируют внимание на необходимости комплексной оценки этих последствий для разработки эффективных программ реабилитации и поддержки [24, 28].

Повышенная ресурсоемкость реабилитации при травмах коленного сустава детерминирована его сложной анатомо-функциональной организацией и критической биомеханической ролью в обеспечении специфических спортивных движений [19, 32]. Следовательно, в отличие от повреждений иных сегментов нижней конечности, полноценное восстановление колена требует значительно больших временных, методических и материальных затрат для минимизации риска рецидивов и развития отдаленных дегенеративных последствий. Так, в описательном исследовании Lam K. C. (2021) было отмечено, что спортсмены с травмами колена тратили большее количество времени на восстановление, чем спортсмены с травмами нижних конечностей другой локализации [73].

К примеру, систематический обзор и метаанализ, представленный Lai C. и его коллегами (2018), охватил 24 исследования. В этих работах содержались данные о доле элитных спортсменов, которые смогли вернуться к своему спортивному уровню, предшествовавшему травме, после проведения реконструкции ПКС. Общий усредненный показатель возврата к прежнему уровню спортивной активности составил 83%. Средняя продолжительность периода восстановления находилась в диапазоне от 6 до 13 месяцев. Общая зафиксированная частота разрыва трансплантата ПКС составила 5,2% [92]. Систематический обзор Grassi A. и соавторов демонстрирует, что почти 8 пациентов из 10 вернулись в спорт после ревизионной реконструкции ПКС, но

только половина пациентов вернулась к тому же спортивному уровню, который был до травмы [55].

Социально-экономические последствия травм коленного сустава для спортсменов весьма значительны и многоаспектны [73, 74]. Прямые экономические издержки включают расходы на диагностику, хирургическое вмешательство, медикаментозное лечение и длительную реабилитацию [75, 115]. Косвенные издержки могут быть еще более существенными, особенно для профессиональных атлетов, и включают потерю заработной платы, стипендий, спонсорских контрактов, а также упущенные возможности для карьерного роста [166]. Отмечено, что средняя стоимость лечения и реабилитации после разрыва ПКС в странах Европы может достигать десятков тысяч евро, что ложится тяжелым бременем как на самого спортсмена и его семью, так и на систему здравоохранения или страховые компании [97].

Исследование, опубликованное под руководством Toale J. (2021), продемонстрировало, что невозможность возвращения на прежний соревновательный уровень после серьезной травмы колена коррелирует со снижением потенциального дохода на протяжении всей последующей жизни спортсмена, особенно в видах спорта с высокими заработками. Более того, социальные последствия проявляются в изменении социального статуса, возможном разрыве связей внутри спортивной команды и сужении круга общения [178].

Психологические реакции на травму коленного сустава у спортсменов многообразны. Так, Маликова Л. А. и Байковский Ю. В. отмечают, что для травмированных спортсменов характерны страх повторной травмы, неуверенность в своих силах, чрезмерная сосредоточенность на травмированной конечности и высокая личностная тревожность [26]. Christakou A., N. A. Stavrou N.A., (2020) разработали модель прогнозирования повторных спортивных травм, согласно которой, указанные факторы в совокупности приводят к повторной травматизации [157]. В своем исследовании авторы также описывают ситуации, когда спортсмен за счет сосредоточенности на ощущениях, связанных с

функционированием поврежденной конечности, не может сконцентрироваться на выполнении других движений, медленнее реагирует на происходящие вокруг него события [157].

Таким образом, социально-экономические и психологические последствия травм коленного сустава у спортсменов тесно переплетены и оказывают кумулятивное негативное воздействие, что диктует необходимость разработки междисциплинарного подхода к ведению таких пациентов, направленного не только на физическое восстановление, но и на комплексную психосоциальную адаптацию и минимизацию экономических потерь.

1.2. Современные методы диагностики травм коленного сустава и оценки проприорецептивной функции у спортсменов

1.2.1. Клинические методы обследования пациентов с травмами коленного сустава

1.2.1.1. Сбор анамнеза и физикальное обследование: специфические тесты и их диагностическая ценность

Несмотря на стремительное развитие и широкое внедрение в клиническую практику высокотехнологичных методов визуализации, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ) и ультразвуковое исследование (УЗИ), фундаментальную роль в первичном диагностическом поиске продолжают играть тщательный сбор анамнеза и квалифицированное физикальное обследование [15, 25, 143]. Однако, как отечественные, так и зарубежные авторы отмечают, что существенной проблемой остается вариабельность диагностической ценности многих клинических тестов, их зависимость от опыта исследователя, времени, прошедшего с момента травмы, а также от особенностей спортсмена, таких как мышечная масса и уровень болевой чувствительности [20, 23, 29, 83, 150, 158].

Кроме того, интерпретация специфических тестов у спортсменов может быть затруднена из-за развитой мускулатуры, способной частично компенсировать нестабильность, а также из-за психологических особенностей в виде склонности преуменьшать выраженность симптомов из-за желания как можно скорее вернуться к тренировкам [140, 158].

Диагностическая ценность тестов, применяемых при оценке состояния структур коленного сустава (чувствительность, специфичность, прогностическая ценность положительного и отрицательного результатов, отношение правдоподобия), широко варьирует в различных исследованиях, что обусловлено множеством факторов [95, 150].

Тесты для оценки стабильности передней крестообразной связки

Диагностическая точность клинических тестов на повреждение ПКС была представлена во многих систематических обзорах. Так, по данным систематического обзора и метаанализа Sokal P. A. (2022) объединенные оценки с использованием двумерной модели для общей чувствительности и специфичности были следующими: тест переднего выдвижного ящика – 83% и 85% соответственно; тест Лахмана – 81% и 85%; тест смещения опоры – 55% и 94%; тест знака рычага (тест Лелли) – 83% и 91% [170]. По мнению авторов, тест смещения опоры и тест Лелли являются наиболее точными для подтверждения или исключения разрыва ПКС, а диагностическая точность теста Лахмана, особенно при острых травмах и при полных разрывах, ниже, чем сообщалось ранее [170].

Помимо указанных тестов исследователи эпизодически представляют новые методы оценки ПКС, которые, по мнению этих же авторов, являются более чувствительными и специфичными, и менее болезненными для спортсменов. Так, Кацпшак Б. в 2021г. представил текст ВК21, как модификацию теста Лахмана, позволяющую снизить защитную реакцию мышц нижней конечности при тестировании [125]. Zhao G. L. и соавт. (2021) предложили модифицированный тест переднего выдвижного ящика [47]. При сопоставлении результатов тестирования с тестом смещения опоры, тестом Лахмана и классическим тестом

переднего выдвижного ящика авторы выявили, что предложенный ими метод является альтернативным для обнаружения разрыва ПКС и в равной степени превосходит предложенные для сравнения тесты.

189 пациентов с повреждением ПКС были обследованы в ходе работы Irek D. и соавт. (2022): было отмечено, что наличие атрофии четырехглавой мышцы у пациентов с травмой ПКС оказывает значительное влияние на прогностическую ценность многих тестов [119].

Тесты для оценки стабильности задней крестообразной связки

Одной из фундаментальных проблем при тестировании ЗКС также является субъективизм интерпретации результатов. Большинство тестов, таких как тест заднего выдвижного ящика и тест Годфри, основываются на пальпаторной оценке степени смещения голени относительно бедра [154]. Эта оценка в значительной степени зависит от опыта, квалификации и даже физических характеристик исследователя. Отсутствие четких, количественно измеряемых критериев для определения степени нестабильности приводит к значительной вариабельности результатов между различными специалистами (низкая межэкспертная надежность) и даже при повторных исследованиях одним и тем же врачом (недостаточная внутриэкспертная надежность), что подтверждается рядом исследований [155, 179].

Другой значимой проблемой является влияние сопутствующих факторов, затрудняющих адекватную оценку. Наличие выраженного болевого синдрома, защитное мышечное напряжение спортсмена или значительный гемартроз могут существенно ограничивать амплитуду движений в коленном суставе и маскировать истинную степень нестабильности ЗКС [21, 31, 154]. Более того, изолированные повреждения ЗКС встречаются реже, чем комбинированные травмы, включающие повреждения других стабилизирующих структур коленного сустава [42, 78]. В таких случаях дифференцировать вклад каждой поврежденной структуры в общую нестабильность сустава только на основании мануальных тестов становится крайне затруднительно.

Чувствительность и специфичность клинических тестов для ЗКС также являются предметом дискуссий [21, 44]. Хотя тест заднего выдвижного ящика при сгибании в коленном суставе на 90 градусов считается относительно чувствительным для диагностики полных разрывов ЗКС, его точность снижается при частичных повреждениях или хронической нестабильности [42, 155]. Тест Годфри, выявляющий симптом «провисания» голени, более информативен для выявления выраженной недостаточности ЗКС, но может быть менее чувствителен к минимальным степеням нестабильности [155]. Исследования, сравнивающие результаты клинических тестов с данными МРТ или артроскопии (часто принимаемых за «золотой стандарт»), показывают значительный разброс показателей диагностической точности, что подчеркивает их ограниченную самостоятельную ценность [179].

Специфичные тесты на повреждения менисков

Клиническая диагностика повреждений менисков коленного сустава, несмотря на свою распространенность, сталкивается с существенными проблемами с точки зрения современной науки в связи с отсутствием исследований по оценке чувствительности и специфичности тестов. Основная сложность заключается в ограниченной диагностической точности большинства отдельных тестов, таких как тест МакМюррея, тест Эпли (компрессионный и дистракционный), тест пальпации суставной щели или тест Фессали (Thessaly) [8, 17, 20].

Отмечено, что ощущение щелчка, боли при ротации или блокаде сустава может быть воспринято и оценено по-разному различными специалистами, что ведет к низкой межэкспертной надежности [62, 66, 104]. Помимо этого, клинические проявления повреждения мениска, такие как боль, отек, ограничение движений или механические симптомы, часто неспецифичны и могут пересекаться с симптомами других внутрисуставных патологий, включая остеоартрит, повреждения связок, хондральные дефекты или синовит [35]. Это существенно затрудняет дифференциальную диагностику исключительно на основе мануального обследования, поскольку положительный результат теста

может быть обусловлен сопутствующей патологией, а не непосредственно разрывом мениска.

Тесты для оценки стабильности коллатеральных связок

Клиническая оценка стабильности коллатеральных связок коленного сустава, традиционно опирается на варусный и вальгусный стресс-тесты, проводимые при различных углах сгибания колена [43, 122, 139, 169]. Основная сложность в диагностике заключается в субъективности оценки степени раскрытия суставной щели и качества «конечной точки» движения [111]. Эта оценка сильно зависит от опыта, силы и тактильной чувствительности исследователя. Отсутствие объективных, количественных критериев для классификации повреждений на основе исключительно мануального ощущения затрудняет стандартизацию и сопоставимость данных.

Проблемность усугубляется влиянием сопутствующих факторов. Выраженный болевой синдром и рефлекторное защитное мышечное напряжение пациента могут существенно маскировать истинную степень нестабильности, приводя к ложноотрицательным результатам или недооценке тяжести повреждения [82, 121]. Более того, изолированные повреждения коллатеральных связок встречаются не так часто, как их сочетание с травмами других структур коленного сустава, таких как ПКС, ЗКС, мениски или структуры задне-латерального и задне-медиального углов [6, 29]. В таких случаях дифференцировать вклад каждой поврежденной структуры в общую нестабильность сустава на основании одних лишь стресс-тестов становится крайне затруднительно. Например, значительная вальгусная нестабильность при 30 градусах сгибания может указывать не только на повреждение МКС, но и на сопутствующее повреждение задней крестообразной связки или ПКС [154, 179].

Таким образом, несмотря на важность сбора анамнеза и физикального обследования, существует ряд проблемных моментов, ограничивающих их диагностическую точность. Многие симптомы и признаки оцениваются

субъективно, что приводит к вариабельности результатов между различными исследователями и даже у одного исследователя в разное время [47, 79, 83]. Помимо этого, в остром периоде боль, отек и мышечный спазм могут значительно затруднять выполнение многих тестов и искажать их результаты, часто приводя к ложноотрицательным заключениям [134, 150, 170].

У спортсменов часто встречаются сочетанные повреждения нескольких структур коленного сустава (например, ПКС и мениска, или нескольких связок). В таких случаях клиническая картина может быть нетипичной, а интерпретация отдельных тестов затруднена [47, 125]. Высокий уровень физической подготовки и развитая мускулатура у спортсменов могут маскировать некоторые признаки нестабильности за счет мышечной компенсации [23]. Психологические факторы, такие как высокая мотивация к возвращению в спорт, могут приводить к недооценке симптомов [26].

Как показывают многочисленные исследования и мета-анализы, ни один из клинических тестов не обладает 100% чувствительностью и специфичностью, а диагностическая ценность многих тестов, особенно для повреждений менисков, оценивается как умеренная.

1.2.1.2. Роль субъективной оценки боли в первичной диагностике

Субъективная оценка боли спортсменом является неотъемлемым и зачастую первоочередным компонентом в первичной диагностике травм коленного сустава, выступая сигналом, инициирующим дальнейшее медицинское обследование [128, 183]. Однако, несмотря на ее повсеместное использование и кажущуюся простоту, роль исключительно субъективных болевых ощущений в точном определении характера и степени повреждения представляет собой значительную научно-практическую проблему. Фундаментальная сложность заключается в многофакторной природе самого феномена боли, который не является простым отражением ноцицептивной стимуляции, а представляет собой сложный психофизиологический опыт, модулируемый когнитивными, эмоциональными,

социальными и контекстуальными переменными [107]. Это приводит к тому, что интенсивность, характер и локализация боли, описываемые спортсменом, могут не всегда точно коррелировать с объективной тяжестью тканевого повреждения.

Еще в 1992г. Nixon H.L. показал, что спортсмены с высоким уровнем соревновательной тревожности и страхом перед потерей игрового времени склонны либо недооценивать интенсивность боли, стремясь продолжить участие в соревнованиях, либо, наоборот, демонстрировать более выраженную болевую реакцию при незначительных повреждениях, что обусловлено психологическим дистрессом [148]. Данный феномен, известный как «игра через боль» в спортивной среде, серьезно осложняет адекватную первичную оценку, поскольку спортсмены могут сознательно или неосознанно искажать информацию о своих ощущениях, опасаясь отстранения от тренировочного процесса или соревнований [107]. Sciascia A. (2020) в своем исследовании показал, что примерно треть спортсменов из колледжей сообщили, что когда-либо участвовали в соревновательном или тренировочном процессе травмированными и/или с болью, но активно скрывали этот факт [165].

Проблемность усиливается за счет индивидуальных различий в болевой чувствительности, пороге болевой толерантности и предыдущем опыте травм [51, 71]. Доказано, что спортсмены, неоднократно переносившие травмы коленного сустава, могут демонстрировать измененное восприятие боли: либо привыкание и снижение интенсивности сообщаемой боли при объективно значимом повреждении, либо, напротив, гиперсенсбилизацию и чрезмерную реакцию на минимальные стимулы из-за опасения рецидива [151]. Brown J. S. (2024) в своем исследовании указал на слабую корреляцию между сообщаемой спортсменами интенсивностью боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) и степенью повреждения медиальной коллатеральной связки, подтвержденной данными МРТ, особенно при повреждениях I-II степени, где психоэмоциональный фон и мотивация спортсмена оказывали существенное влияние на вербализацию болевых ощущений [67]. Кроме того, локализация боли, указываемая спортсменом, не всегда точно соответствует месту анатомического повреждения

из-за феномена иррадиирующей или отраженной боли, что может направить диагностический поиск по ложному пути [88].

Таким образом, хотя субъективная оценка боли спортсменом является критически важной отправной точкой, ее изолированное использование в первичной диагностике травм коленного сустава сопряжено с высоким риском диагностических ошибок, недооценки или переоценки тяжести состояния, что диктует необходимость интеграции субъективных данных с результатами объективного клинического обследования и инструментальных методов визуализации для постановки точного диагноза и определения адекватной лечебной тактики.

1.2.2. Инструментальные методы визуализации в диагностике повреждений коленного сустава

1.2.2.1. Магнитно-резонансная томография: возможности и ограничения в спортивной травматологии

Магнитно-резонансная томография (МРТ) утвердилась в качестве ведущего неинвазивного метода визуализации в спортивной травматологии, предоставляя детализированную оценку анатомических структур коленного сустава у спортсменов и играя ключевую роль в диагностике, планировании лечения и мониторинге восстановления после травм [58, 67]. Исследования демонстрируют высокую чувствительность и специфичность МРТ, например, при диагностике полных разрывов передней крестообразной связки (ПКС), достигающую 85-100% и 90-100% соответственно [80, 109, 177], а также при выявлении разрывов менисков, где показатели составляют 80-95% для чувствительности и 85-95% для специфичности в зависимости от типа разрыва и используемых последовательностей [70, 80]. В работе Абдушарипова М. А. с соавторами (2017) отмечено, что диагностическая чувствительность магнитно-резонансной томографии при повреждениях медиального мениска достигала 95,4%, для

латерального мениска данный параметр составлял 91,7%, а при травмах ПКС показатель находился на уровне 88,2%. Одновременно значения специфичности равнялись 93,3%, 100% и 100% для повреждений медиального, латерального менисков и ПКС соответственно [50]. Navali A.M. et al. (2013) в своей работе также представили оценку диагностической точности МРТ-исследования при выявлении повреждений коленного сочленения. Установлено, что диагностическая чувствительность методики при повреждениях медиального мениска достигала 84,2%, для латерального мениска показатель составлял 56,5%, а при повреждении ПКС значение равнялось 98,6%. Одновременно показатель специфичности диагностического метода составлял 71,4%, 92,8% и 83,3% для повреждений медиального, латерального менисков и ПКС соответственно. Как диагностическая чувствительность, так и специфичность методики при выявлении травм задних крестообразных связок достигали 100% [154].

Одной из центральных проблем МРТ является феномен случайных находок на, которые могут не иметь клинического значения для текущего состояния спортсмена, но способны привести к гипердиагностике и необоснованным медицинским вмешательствам [141, 142]. Так, Pappas G. P. и соавт. (2016) оценивали состояние коленных суставов баскетболистов, не предъявляющих жалобы на боль, до начала соревновательного сезона и после него. Каждое визуализированное колено имело по крайней мере 1 структурную аномалию как до, так и после сезона. Была отмечена высокая предсезонная и постсезонная распространенность отека жировой ткани (75% и 81%) и тендинопатии надколенника (83% и 90%). Изменение интраменискового сигнала наблюдалось в 50% случаев перед сезоном и в 62% – после [135]. Однако, несмотря на то, спортсмены не предъявляли жалоб, найденные патологии могут говорить о предрасположенности к дальнейшему усугублению состояния структур коленного сустава. Rubin E. B. и соавт. (2021) провели аналогичное исследование: были обнаружены значительные сезонные изменения в суставном хряще баскетболистов, которые указывали на специфическую для данного вида спорта нагрузку на хрящевую ткань при отсутствии симптомов [90].

Исследования такого рода ставят перед клиницистом сложную задачу дифференциации клинически значимых повреждений от бессимптомных аномалий, что особенно актуально в спорте высоких достижений, где любая информация о «патологии» может вызвать беспокойство у атлета и повлиять на его психологическое состояние и готовность к нагрузкам. Помимо этого, спортсмен, наоборот, может иметь выраженные изменения на МРТ, но при этом демонстрировать минимальные клинические проявления и высокую функциональную активность [22, 37, 54]. Это подчеркивает, что МРТ является лишь одним из инструментов диагностического процесса и ее результаты должны интерпретироваться исключительно в контексте детального клинического обследования, анамнеза травмы и функционального тестирования спортсмена.

Точность МРТ может снижаться при оценке некоторых специфических повреждений, таких как частичные разрывы связок, особенно ПКС или ЗКС, где дифференциация между значимым частичным разрывом, интралигаментозным повреждением или растяжением может быть затруднена, а чувствительность метода для частичных разрывов ПКС может снижаться до 50-70% [58, 80].

1.2.2.2. Ультразвуковое исследование: диагностический потенциал и специфичность

Возможности УЗИ при травмах коленного сустава у спортсменов включают визуализацию поверхностно расположенных структур, таких как связки (особенно коллатеральные), сухожилия (например, сухожилие четырехглавой мышцы, собственная связка надколенника), мышцы, суставные сумки, а также выявление выпота в полости сустава и периартикулярных мягкотканых образований, таких как кисты Бейкера или параменисковые кисты [1, 16, 41, 182]. Динамическое УЗИ позволяет оценить стабильность связок под нагрузкой, выявить импинджмент-синдромы и оценить скольжение сухожилий, что не всегда доступно при других инструментальных методах [14]. Однако, в систематическом обзоре Lee S. H. Yun S. J. (2019) не было выявлено значительной разницы между

чувствительностью и специфичностью функционального и обычного ультразвука [132].

Несмотря на перечисленные преимущества, применение УЗИ в диагностике внутрисуставных повреждений коленного сустава у спортсменов сопряжено с существенными ограничениями. Ключевой проблемой является выраженная операторозависимость метода: качество и информативность УЗИ напрямую зависят от квалификации, опыта и мануальных навыков специалиста, проводящего исследование, а также от класса используемого оборудования [132, 184]. Отсутствие стандартизированных протоколов сканирования для всех типов повреждений и вариабельность интерпретации полученных изображений могут приводить к значительным расхождениям в диагностических заключениях. В исследовании Friedman L. И соавт. (2001) отметили умеренную межэкспертную согласованность при УЗ-оценке менисков, что подчеркивает эту проблему [100].

Фундаментальным ограничением УЗИ является его неспособность адекватно визуализировать глубоко расположенные интраартикулярные структуры, такие как ПКС и ЗКС, центральные отделы менисков и суставной хрящ на большей части его протяжения, особенно на мышелках бедренной и большеберцовой костей [152, 186]. Костные структуры создают акустическую тень, препятствуя проникновению ультразвуковых волн [1, 40]. Сложности возникают и при обследовании пациентов с выраженным подкожно-жировым слоем или значительным отеком мягких тканей, что может снижать качество визуализации [53, 81].

1.2.3. Существующие подходы к оценке проприорецептивной функции

Проприорецепция, или «мышечно-суставное чувство», представляет собой сложную сенсомоторную функцию, обеспечивающую восприятие положения и движения тела и его сегментов в пространстве, а также силы, прилагаемой мышцами, и является критически важным компонентом для поддержания

постурального контроля, координации движений и предотвращения травм у спортсменов [85, 89, 110].

Существующие подходы к оценке проприорецепции коленного сустава у спортсменов включают преимущественно лабораторные методы, направленные на количественное определение чувства положения сустава (joint position sense, JPS) и порога детекции пассивного движения (threshold to detection of passive motion, TTDPМ), а также более функциональные тесты, оценивающие постуральный контроль и динамическую стабильность [72, 84, 89, 171].

Оценка JPS, традиционно измеряемая как способность спортсмена воспроизвести целевой угол в коленном суставе (активно или пассивно) с последующим расчетом ошибки воспроизведения, широко используется в исследованиях пациентов с травмами ПКС [176]. Например, в работе Risberg M. A. и соавт. al. (2001) было показано нарушение JPS у пациентов после реконструкции ПКС по сравнению со здоровой контрольной группой, что свидетельствует о сохраняющемся проприоцептивном дефиците даже после хирургического вмешательства [77]. Для измерения JPS применяются различные инструменты – от простых гониометров и инклинометров до более сложных изокинетических динамометров и систем трехмерного анализа движений [85, 87].

Определение TTDPМ, представляющего собой минимальный угол пассивного движения, который спортсмен способен воспринять, считается более чувствительным методом оценки функции суставных механорецепторов, особенно капсульно-связочного аппарата [72, 89]. Исследования показывают, что TTDPМ коленного сустава часто нарушается после травм ПКС, что связывают с повреждением механорецепторов, интралигаментарно расположенных в связке [93].

Проприорецептивная функция коленного сустава не является статичной характеристикой, а подвержена влиянию различных факторов, которые могут модулировать ее остроту и эффективность. Одним из наиболее изученных внешних факторов является мышечная усталость, неизбежно возникающая в процессе интенсивной тренировочной или соревновательной деятельности. Так,

Lattanzio P. J. И соавт. (1997) в своем исследовании пришли к выводу о том, что упражнения до усталости могут привести к изменению способности спортсменов контролировать положение сустава [86].

Relph N. (2016) отметил, что после травмы ПКС или ее реконструкции спортсмены могут вернуться к спортивной деятельности с выраженным проприоцептивным дефицитом [159]. К аналогичному выводу позже пришли Ghaderi M. И соавт. (2020) [147]. Torres R. (2017) выявил, что у спортсменов с тендинопатией надколенника снижено восприятие сигналов силы, необходимых для распознавания веса, тогда как чувство положения сустава у этих спортсменов остается незатронутым [110]. Другой значимой группой факторов являются средства внешней поддержки (брейсы), а также экипировка и тип используемой обуви такие как ортезы. Их влияние на проприорецепцию коленного сустава является предметом продолжающихся дискуссий [18, 45, 89, 133].

1.3. Теоретические предпосылки и обоснование разработки метода проприорецептивной ортодиагностики травм коленного сустава

1.3.1. Восприятие и локализация боли: психофизиологические механизмы

Восприятие и локализация боли в области коленного сустава у спортсменов представляют собой сложный психофизиологический феномен, выходящий далеко за рамки простого отражения ноцицептивной стимуляции из поврежденных тканей [57]. Современное понимание боли, в том числе в спортивной медицине, базируется на биопсихосоциальной модели, признающей взаимодействие сенсорных, когнитивных, эмоциональных и социокультурных факторов в формировании болевого опыта [145, 151]. Ноцицептивный вход от механорецепторов и хеморецепторов, расположенных в различных структурах коленного сустава (синовиальная оболочка, связки, мениски, субхондральная кость, периапартулярные ткани), активируется при травме, передавая сигналы по

А-дельта и С-волокнам в спинной мозг и далее в высшие центры головного мозга [13, 51, 59, 187]. Однако интенсивность и качество воспринимаемой боли нелинейно связаны со степенью тканевого повреждения, что особенно актуально для спортсменов, чье восприятие боли может быть модулировано высоким уровнем мотивации, страхом перед потерей соревновательного сезона или, наоборот, стремлением преуменьшить симптомы [151]. Исследование Meeus M. и Nijs J. (2007) подчеркивает роль центральной сенситизации – усиления ответа нейронов центральной нервной системы на афферентные стимулы – в поддержании хронической боли у спортсменов, даже после заживления первичного повреждения, что может приводить к диффузному характеру боли и трудностям с ее точной локализацией [138].

Психологические факторы, такие как катастрофизация боли, тревожность, депрессия и копинг-стратегии, оказывают существенное влияние на болевой порог и толерантность спортсмена, а также на его способность точно локализовать источник дискомфорта [151, 165]. Сложность точной локализации боли в области коленного сустава также обусловлена феноменом отраженной боли, когда источник ноцицепции находится в одной структуре, а боль ощущается в другой, иннервируемой теми же сегментами спинного мозга [128, 151].

В контексте интерпретации субъективных проявлений боли и ее связи с тканевыми изменениями определенный интерес представляет Модель Фасциальных Дисторсий (FDM), предложенная Стивеном Типальдосом [69, 101, 130, 136]. Этот подход постулирует, что большинство скелетно-мышечных болей и дисфункций являются результатом одной или нескольких из шести специфических патологических изменений (дисторсий) фасциальной системы: триггерные тяжи (Triggerbands), грыжеподобные выпячивания триггерных точек (Herniated Triggerpoints), континуум-дисторсии (Continuum Distortions), фолдинг-дисторсии (Folding Distortions), цилиндрические дисторсии (Cylinder Distortions) и тектонические фиксации (Tectonic Fixations) [91, 101]. Ключевым элементом диагностики по методу Типальдоса является пристальное внимание к «языку тела» пациента – его жестам, позе, и специфическим вербальным описаниям боли

[91, 117, 168]. Типальдос утверждал, что пациенты инстинктивно указывают на тип фасциальной дисторсии своими движениями и словами [69].

Независимо от специфических моделей, таких как FDM, язык тела спортсмена играет значительную роль в общей клинической диагностике травм коленного сустава [103, 190]. Наблюдение за тем, как спортсмен входит в кабинет, как он садится, встает, указывает на болезненную область, может предоставить ценную информацию еще до начала формального осмотра [129]. Характерные жесты, такие как обхватывание колена обеими руками при диффузной боли, точечное указание пальцем при локализованном повреждении, или демонстрация «проваливания» колена при нестабильности связочного аппарата, являются важными невербальными сигналами [102, 131]. Анталгическая походка, избегание полной нагрузки на ногу, защитное мышечное напряжение или специфическая поза, облегчающая боль, – все это элементы языка тела, которые опытный клиницист интегрирует в общую картину [96, 190].

Сочетание вербального описания боли, данных анамнеза, результатов клинических тестов и внимательной интерпретации языка тела позволяет сформировать более полную гипотезу о характере и локализации повреждения, направляя дальнейший диагностический поиск и выбор оптимальной лечебной тактики. Тем не менее, важно помнить, что интерпретация языка тела должна быть осторожной и всегда сопоставляться с объективными данными, так как культурные особенности, индивидуальный болевой порог и психологическое состояние спортсмена могут влиять на его невербальные проявления.

1.3.2. Проприорецептивная ортодиагностика: концептуальное определение и место в системе диагностических подходов (вывод по обзору литературы)

Проприорецептивная ортодиагностика, как концептуальное направление в спортивной травматологии, представляет собой интегративный подход, направленный на систематическое использование оценки proprioreceptive

функции не только как показателя нейромышечного контроля или исхода реабилитации, но и как значимого компонента первичного диагностического процесса при травмах коленного сустава у спортсменов [18, 85, 93]. Место проприорецептивной ортодиагностики в системе существующих диагностических подходов определяется ее способностью предоставить функциональную оценку состояния сенсомоторной системы, которая часто остается за рамками стандартного клинического осмотра или статичных визуализирующих исследований, таких как МРТ.

Традиционные методы диагностики травм коленного сустава, включая физикальное обследование (специальные тесты) и инструментальные методы (МРТ, УЗИ, рентгенография), обладают своими сильными сторонами, но и существенными ограничениями. Клинические тесты на стабильность связок или повреждение менисков, несмотря на их широкое применение, характеризуются вариабельной чувствительностью и специфичностью, а также значительной зависимостью от опыта исследователя и состояния пациента (например, болевой синдром, мышечное напряжение). Магнитно-резонансная томография, являясь высокоинформативным методом визуализации анатомических структур, не всегда коррелирует с клинической картиной и функциональным состоянием спортсмена; известны случаи выявления значительных МРТ-изменений у асимптомных атлетов или, наоборот, отсутствия явных структурных повреждений при выраженных функциональных нарушениях. В этом контексте проприорецептивная ортодиагностика может выступить связующим звеном, позволяющим оценить, как выявленные (или не выявленные) структурные изменения влияют на функциональную способность сустава контролировать положение и движение, что особенно важно для принятия решения о возвращении спортсмена к тренировкам и соревнованиям.

Внедрение проприорецептивной ортодиагностики предполагает, что определенные паттерны проприоцептивного дефицита, в том числе характер визуализации боли спортсменом, могут быть ассоциированы с конкретными патологиями. Однако, для полноценного становления проприорецептивной

ортодиагностики как самостоятельного и надежного элемента диагностической системы необходимо преодолеть ряд проблем. К ним относятся необходимость стандартизации протоколов тестирования, установление нормативных данных для различных групп спортсменов, определение диагностической ценности (чувствительности и специфичности) конкретных проприоцептивных тестов для различных типов повреждений коленного сустава, а также разработка алгоритмов интеграции проприоцептивных данных с результатами других диагностических методов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на валидацию специфических проприоцептивных маркеров как индикаторов конкретных патологий и разработку клинически применимых протоколов их оценки.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика исследования и этические аспекты

Настоящая работа выполнена на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» в период с апреля 2024г. по май 2025г.

Вид научного исследования – проспективное одномоментное. Протокол диссертационного исследования одобрен локальным этическим комитетом при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 112 от 18 декабря 2024г. Все спортсмены, включенные в исследование, были подробно проинформированы о целях, задачах и методах исследования, возможных рисках и ожидаемой пользе. От каждого участника было получено письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании, обработку персональных данных и использование полученных результатов в научных целях в обезличенном виде, в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, ред. 2013 г.).

Исследование проводили в два этапа. На первом этапе настоящей работы были проанализированы клинические данные 487 спортсменов (футболистов и хоккеистов) мужского пола с травмами коленного сустава, средний возраст которых составил $26,3 \pm 7,1$ лет. Далее, согласно критериям включения и невключения, представленным ниже, из исследования были исключены 200 спортсменов, оставшиеся 278 испытуемых составили материал второго этапа и, соответственно, настоящего диссертационного исследования.

Критерии включения:

- мужчины в возрасте от 18 до 35 лет включительно;
- профессиональные спортсмены или спортсмены-любители (хоккеисты, футболисты), регулярно участвующие в тренировочном и соревновательном процессе (спортивный стаж не менее 8 лет);
- количество тренировочных часов не менее 6 в неделю;
- наличие острой травмы коленного сустава или наличие острой боли (срок с момента получения травмы или возникновения боли не более 7 суток), подтвержденные клинически и требующие дальнейшей инструментальной диагностики;
- изолированная травма коленного сустава из следующих: повреждение передней крестообразной связки, повреждение медиальной коллатеральной связки, повреждение медиального мениска, повреждение латерального мениска, повреждение сухожилия надколенника, остеоартроз, пателлофemorальный болевой синдром, синдром илиотибиального тракта, хондромалиция надколенника;
- наличие подписанного информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии невключения:

- женский пол;
- возраст менее 18 или более 35 лет;
- спортивный стаж менее 8 лет;
- количество тренировочных часов менее 6 в неделю;
- срок с момента получения травмы или возникновения боли – более 7 суток;
- полученная травма является сочетанной, затрагивающей несколько структур коленного сустава;
- полученная травма не является повреждением передней крестообразной связки, повреждением медиальной коллатеральной связки, повреждением медиального мениска, повреждением латерального мениска,

повреждением сухожилия надколенника, остеоартрозом, пателлофemorальным болевым синдромом, синдромом илиотибиального тракта, хондромалией надколенника;

- наличие предшествующей травмы коленного сустава в течение последнего года;
- наличие в анамнезе перенесенных операций на исследуемом коленном суставе;
- сопутствующие системные заболевания соединительной ткани, ревматологические заболевания, онкологические заболевания;
- неврологические расстройства, способные повлиять на проприорецептивную функцию (например, полинейропатии, последствия черепно-мозговых травм);
- наличие абсолютных противопоказаний к проведению МРТ (металлические имплантаты из ферромагнитных материалов в области исследования или в теле пациента, клаустрофобия выраженной степени);
- острые воспалительные или инфекционные заболевания коленного сустава;
- психические заболевания, затрудняющие контакт с пациентом и выполнение инструкций.

Критерии исключения из исследования (после включения):

- отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании на любом из этапов;
- развитие осложнений или состояний, препятствующих выполнению протокола исследования;
- невозможность получения качественных МРТ-данных по техническим причинам.

2.2. Формирование исследуемых групп

В исследование было включено 287 спортсменов мужского пола,

специализирующихся в хоккее с шайбой (n=161) и футболе (n=126), соответствовавших критериям включения. Средний возраст пациентов составил $26,3 \pm 7,1$ лет. Средний рост исследуемой группы составил $181,5 \pm 8,5$ см. Средний вес пациентов составил $83,2 \pm 10,5$ кг. Уровень спортивного мастерства распределился следующим образом: Кандидат в мастера спорта – 123 человека (42,9 %), Мастер спорта России – 83 человека (28,9 %), Мастер спорта международного класса – 45 человек (15,7 %), спортсмены-любители – 36 человек (12,5 %).

Все спортсмены прошли комплексное клинико-инструментальное обследование, включая МРТ коленного сустава. На основании результатов МРТ-исследования пациенты были распределены в следующие диагностические группы:

- Группа 1: повреждение передней крестообразной связки (ПКС) (n=71). Включала пациентов с частичным разрывом ПКС.
- Группа 2: повреждение медиальной коллатеральной связки (МКС) (n=21). Включала пациентов с разрывами МКС I и II степеней.
- Группа 3: повреждение медиального мениска (n=44). Включала пациентов с различными типами разрывов медиального мениска I и II степеней по Stoller.
- Группа 4: повреждение латерального мениска (n=31). Включала пациентов с различными типами разрывов латерального мениска I и II степеней по Stoller.
- Группа 5: повреждение сухожилия надколенника (n=27). Включала пациентов с признаками тендинопатии или частичного разрыва сухожилия надколенника.
- Группа 6: остеоартроз (ОА) коленного сустава (n=20). Включала пациентов с МРТ-признаками остеоартроза (преимущественно ранние стадии, I-II по Kellgren-Lawrence, адаптированные к МРТ-критериям) как основного источника симптоматики при обострении хронического процесса.
- Группа 7: пателлофemorальный болевой синдром (ПФБС) (n=28).

Включала пациентов с характерной клиникой ПФБС и МРТ-данными, подтверждающими или не исключающими данное состояние (например, признаки латеропозиции надколенника, дисплазии блока бедренной кости, начальные дегенеративные изменения хряща надколенника при отсутствии других значимых повреждений).

- Группа 8: синдром илиотибиального тракта (n=21). Включала пациентов с клиническими и МРТ-признаками синдрома (утолщение илиотибиального тракта в дистальной части, отек прилежащих мягких тканей или бурсы).

- Группа 9: хондромалация надколенника (n=15). Включала пациентов с изолированными или преобладающими МРТ-признаками хондромалации надколенника различной степени (I-IV по Outerbridge, визуализируемые на МРТ).

Распределение спортсменов по указанным группам представлено на рис. 1.

2.3. Методы исследования

2.3.1. Сбор анамнестических данных и жалоб

Первоначально был проведен сбор общего анамнеза испытуемых. В ходе интервью фиксировались следующие данные: ФИО (кодировались для сохранения конфиденциальности), возраст, рост, вес, вид спорта, спортивный стаж, уровень спортивного мастерства, контактная информация. Детально выяснялись сведения о перенесенных заболеваниях, в особенности о тех, которые могли явиться критериями невключения в настоящее исследование. Особое внимание уделялось аутоиммунным заболеваниям, системным заболеваниям соединительной ткани, онкологическим заболеваниям и неврологическим расстройствам, способным повлиять на проприорецептивную функцию (например, полинейропатии, последствия черепно-мозговых травм).

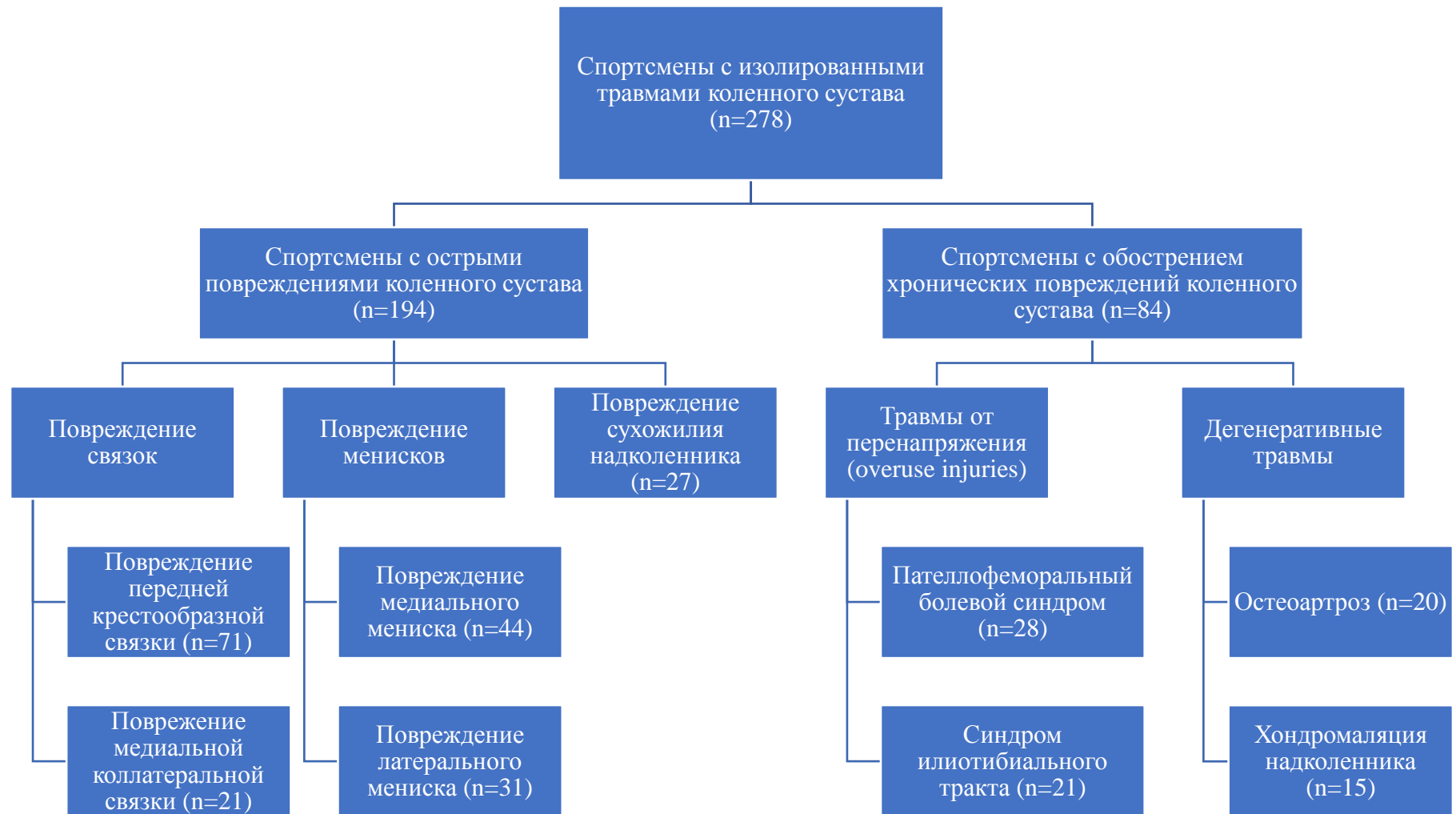


Рисунок 1 – Распределение спортсменов по исследуемым группам

Фиксировалась информация о всех перенесенных оперативных вмешательствах, независимо от их локализации. При наличии операций на коленном суставе спортсмен был исключен из исследования.

Выявлялся список всех принимаемых на момент исследования лекарственных препаратов, с указанием дозировки и длительности приема. Особое внимание уделялось приему нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП), анальгетиков, миорелаксантов, кортикостероидов и хондропротекторов, которые могли влиять на восприятие боли, мышечный тонус и состояние хрящевой ткани.

Сбор анамнеза травмы коленного сустава включал точную дату получения травмы, а также подробное описание механизма травмы (прямой удар, скручивание, переразгибание, неловкое движение), положение конечности в момент травмы, наличие звуковых феноменов (хруст, щелчок). Уточнялись обстоятельства травмы (во время тренировки, соревнования, в быту) и симптомы, возникшие непосредственно после травмы: интенсивность боли (по ВАШ), локализация боли (передняя, медиальная, латеральная, задняя, диффузная, пателлофemorальная), наличие отека, ощущения нестабильности, блокады сустава, ограничения объема движений.

Сбор жалоб проводился с целью выявления текущих проблем, связанных с коленным суставом. Спортсменов просили подробно описать все беспокоящие их симптомы. Оценивалась интенсивность боли по ВАШ, а также характер боли (острая, ноющая, колющая, жгучая). Уточнялась локализация боли (передняя, медиальная, латеральная, задняя, диффузная, пателлофemorальная), а также иррадиация боли (в бедро, голень, стопу). Выяснялись факторы, провоцирующие боль (нагрузка, длительное пребывание в одной позе, изменение погоды), а также факторы, облегчающие боль (покой, прием обезболивающих препаратов, использование наколенника). Оценивалась выраженность отека, его локализация, а также время возникновения отека (после нагрузки, к концу дня, постоянно). Описывалось ощущение нестабильности в коленном суставе, его характер (подвывих, ощущение «разболтанности»), а также частота возникновения

ощущения нестабильности. Выяснялось наличие щелчков и хруста в коленном суставе при движениях, их характер (громкие, тихие, болезненные, безболезненные), а также частота возникновения. Описывались случаи блокады коленного сустава, их частота, продолжительность, а также способы устранения блокады. Выяснялось наличие изменений в походке (хромота, укорочение шага), а также причины, вызывающие нарушение походки (боль, нестабильность, мышечная слабость). Описывались трудности, возникающие при выполнении повседневных действий (ходьба по лестнице, приседание, бег, прыжки).

2.3.2. Клиническое обследование

Клиническое обследование проводилось в стандартных условиях, при хорошем освещении, квалифицированным врачом по лечебной физкультуре и спортивной медицине. Обследование включало осмотр, пальпацию, оценку объема движений и проведение специфических клинических тестов.

2.3.2.1. Осмотр и пальпация

Оценивалось положение конечности (вынужденное, анталгическое). Проводился сравнительный осмотр обоих коленных суставов. Визуально определялось наличие и степень выраженности отека (локальный, диффузный), гиперемии кожных покровов, видимых деформаций (вальгусная, варусная деформация, рекурвация, антекурвация), контуров сустава, атрофии мышц бедра (особенно четырехглавой мышцы – измерялся обхват бедер сантиметровой лентой на стандартных уровнях выше верхнего полюса надколенника, например, на 10 и 15 см, для сравнения со здоровой конечностью) и голени.

Оценивалось состояние кожных покровов (цвет, наличие ссадин, гематом, послеоперационных рубцов, если таковые имелись несмотря на критерии невключения, что требовало бы отдельного протоколирования). Анализировалась походка пациента (при возможности): наличие хромоты, использование средств

дополнительной опоры, анталгические компоненты. Определялась локальная температура кожных покровов над суставом.

Проводилась систематическая пальпация костных ориентиров коленного сустава: мыщелков бедренной и большеберцовой костей, надколенника (полюсов, медиального и латерального краев, суставных фасеток), головки малоберцовой кости, бугристости большеберцовой кости. Пальпировались проекции суставной щели (медиальной и латеральной) для выявления локальной болезненности. Оценивалась болезненность по ходу коллатеральных связок (медиальной и латеральной) в местах их прикрепления и по ходу волокон. Пальпировалось сухожилие четырехглавой мышцы, собственная связка надколенника, «гусиная лапка», илиотибиальный тракт в дистальной его части.

Выявлялось наличие выпота в суставе (симптом баллотирования надколенника, симптом флюктуации). При наличии значительного выпота, по показаниям, могла выполняться пункция сустава с эвакуацией синовиальной жидкости и ее последующим анализом (данная процедура выходила за рамки рутинного обследования для всех пациентов, но фиксировалась при ее выполнении).

2.3.2.2. Оценка объема движений

Объем активных и пассивных движений (сгибание, разгибание) в коленном суставе измерялся с использованием стандартного медицинского гониометра (угломера). За нейтральное (0°) положение принималось полное разгибание в суставе. Оценивалась амплитуда движений, болезненность при их выполнении, наличие механических препятствий (блокад). Результаты фиксировались в градусах для обеих конечностей для сравнения.

2.3.2.3. Оценка стереотипных двигательных паттернов

Для выявления и систематизации стереотипных двигательных паттернов,

используемых спортсменами для невербальной индикации локализации и предполагаемого характера дисфункции или болевого синдрома в области коленного сустава, применялась видеофиксация. Два независимых эксперта (врача по спортивной медицине) регистрировали повторяющиеся жесты и изменения в двигательных актах, используя предварительно разработанный чек-лист. Чек-лист включал категории: локализация (передняя, медиальная, латеральная, задняя, диффузная, пателлофemorальная) тип указания на область (точечное одним пальцем, охват ладонью, потирание), характер движения (резкое, плавное, прерывистое).

Проводилось краткое интервью со спортсменом для вербального подтверждения локализации и характера ощущений, сопоставляемое с невербальными сигналами.

Видеозаписи и данные наблюдений анализировались для идентификации повторяющихся невербальных паттернов. Выявленные стереотипные движения впоследствии классифицировались по топографическому принципу и характеру предполагаемой дисфункции. Систематизированные данные представлялись в виде таблицы соответствия «двигательный паттерн – предполагаемая локализация/характер дисфункции».

2.3.2.4. Клинические тесты для оценки состояния коленного сустава

Проводился комплекс стандартных клинических тестов, направленных на выявление повреждений связочного аппарата, менисков и других структур коленного сустава. Все тесты выполнялись с соблюдением стандартной методики, с максимальным расслаблением мышц пациента.

Тест Лахмана (для оценки стабильности ПКС): спортсмен лежит на спине, исследуемая нога согнута в коленном суставе под углом 20-30°. Одной рукой врач стабилизирует дистальный отдел бедра, другой рукой, охватывая проксимальный отдел голени, производит смещение голени кпереди относительно бедра. Тест считался положительным при увеличении переднего смещения голени по

сравнению со здоровой стороной и/или ощущении «мягкой» или отсутствующей конечной точки смещения. Тест считался положительным при смещении более чем на 5 мм.

Тест «переднего выдвижного ящика» (для оценки стабильности ПКС): спортсмен лежит на спине, коленный сустав согнут под углом 90° , стопа фиксирована на кушетке (врач может садиться на стопу пациента). Врач обеими руками охватывает проксимальный отдел голени и производит ее смещение кпереди. Тест считался положительным при избыточном переднем смещении голени.

Тест МакМюррея (тест для выявления повреждений менисков): спортсмен лежит на спине. Врач одной рукой максимально сгибает ногу пациента в коленном и тазобедренном суставах, другой рукой удерживает стопу. Для оценки медиального мениска производится наружная ротация голени с одновременным приложением вальгусной нагрузки и медленным разгибанием коленного сустава. Для оценки латерального мениска – внутренняя ротация голени с варусной нагрузкой и разгибанием. Тест считался положительным при появлении болезненного щелчка или пальпируемого хруста по ходу суставной щели, или воспроизведении характерной для пациента боли.

Тест Тессали (тест для выявления повреждений менисков): Пациент стоит на одной исследуемой ноге, слегка согнутой в коленном суставе (сначала под углом 5° , затем под углом 20°). Врач поддерживает пациента за руки для равновесия. Пациент выполняет вращательные движения туловищем и бедром, при этом стопа остается фиксированной на полу. Тест считался положительным при появлении боли по ходу суставной щели или ощущении блокады/заклинивания.

Тест Цоллена (тест для оценки состояния пателлофemorального сочленения): спортсмен лежит на спине с выпрямленной ногой. Врач располагает кисть на верхнем полюсе надколенника и просит пациента напрячь четырехглавую мышцу бедра. Появление боли под надколенником или ощущение крепитации считалось положительным признаком, указывающим на

хондромалицию или пателлофemorальный артроз.

Оценка Q-угла (тест для оценки состояния пателлофemorального сочленения): измерялся угол между линией, проведенной от передней верхней ости подвздошной кости к центру надколенника, и линией от центра надколенника к бугристости большеберцовой кости. Нормальные значения для мужчин составляют до 15°. Увеличение Q-угла (положительный тест) может predisполагать к ПФБС.

Тест Обера (тест для оценки напряжения илиотибиального тракта): спортсмен лежит на здоровом боку, нижележащая нога согнута в тазобедренном и коленном суставах для стабилизации. Врач отводит и разгибает исследуемую ногу в тазобедренном суставе, затем медленно опускает ее. Если бедро остается в положении отведения и не опускается к кушетке, тест считался положительным, указывая на контрактуру илиотибиального тракта.

Пальпация для выявления тендинопатии сухожилия надколенника (тест для выявления «колена прыгуна»): локальная болезненность при пальпации нижнего полюса надколенника, тела сухожилия надколенника или его прикрепления к бугристости большеберцовой кости, особенно при напряжении четырехглавой мышцы.

Результаты каждого клинического теста регистрировались в индивидуальной карте пациента как «положительный», «отрицательный» и «сомнительный».

2.3.2.5 Магнитно-резонансная томография коленного сустава

Всем пациентам проводилось МРТ-исследование пораженного коленного сустава для верификации диагноза, уточнения характера и степени повреждения анатомических структур.

МРТ выполнялась на высокопольных томографах Siemens Magnetom Avanto и Philips Achieva с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла. Общие

параметры:

- толщина среза: 3-4 мм;
- межсрезовой зазор: 0.3-1 мм;
- FOV: 140-170 мм;
- матрица: 256x192 - 384x320.

Использовалась специализированная катушка для коленного сустава (knee coil). Спортсмен располагался на спине (supine position), исследуемый коленный сустав находился в положении 5-10° сгибания и фиксировался для минимизации двигательных артефактов. Стандартный протокол МРТ коленного сустава включал следующие диагностические последовательности:

Сагиттальная плоскость: T1-взвешенное изображение (T1W) SE/FSE (оценка анатомии, костного мозга), протонно-взвешенное (PDW) или T2-взвешенное (T2W) FSE с подавлением сигнала от жира (FS) (выявление повреждений менисков, связок, хряща, отека костного мозга и мягких тканей).

Корональная плоскость: T1W SE/FSE (оценка анатомии, коллатеральных связок), T2W FSE с FS или STIR (визуализация коллатеральных связок, отека, выпота, состояния хряща).

Аксиальная плоскость: PDW FSE с FS или T2W FSE с FS (оценка пателлофemorального сочленения, хряща надколенника, ретинакулумов, корней менисков).

Интерпретация МРТ-изображений проводилась двумя независимыми врачами-рентгенологами с опытом работы в области скелетно-мышечной радиологии не менее 10 лет. В случае расхождения мнений привлекался третий эксперт или принималось консенсусное решение. Оценивались следующие структуры и их изменения.

Передняя крестообразная связка:

Прямые признаки разрыва: нарушение целостности волокон (полный перерыв), нечеткость контуров, аномальный ход связки (например, горизонтальный или провисающий ход нижних волокон), наличие «пустого» ложа мышечка бедра в месте типичного прикрепления ПКС. Косвенные признаки

разрыва: повышенный МР-сигнал от вещества связки на T2-ВИ и PD-ВИ (FS), утолщение связки (при частичном разрыве или в острой стадии полного), гемартроз, импрессионные переломы (ушибы костного мозга – «bone bruise») в типичных местах (латеральный мыщелок бедра и задне-латеральный отдел плато большеберцовой кости – механизм «pivot shift»), передний подвывих большеберцовой кости относительно бедренной. Классификация: частичный разрыв (утолщение, повышенный сигнал, сохранение части непрерывных волокон), полный разрыв.

Медиальная коллатеральная связка и латеральная коллатеральная связка:

Степень I (растяжение): перилигаментозный отек, повышенный МР-сигнал в окружающих мягких тканях при сохранении целостности волокон связки, сама связка может быть слегка утолщена с нормальным или незначительно повышенным сигналом.

Степень II (частичный разрыв): утолщение связки, значительное повышение МР-сигнала от ее вещества, частичное нарушение целостности волокон, выраженный перилигаментозный отек и возможное наличие жидкости/гематомы.

Степень III (полный разрыв): полный перерыв волокон связки, возможна ретракция концов, наличие гематомы в области разрыва, выраженный отек окружающих тканей.

Мениски (медиальный и латеральный):

Нормальный мениск имеет однородный низкий МР-сигнал на всех ИП. Дегенеративные изменения (Grade I-II по Stoller): очаговое или диффузное повышение МР-сигнала в толще мениска, не достигающее суставной поверхности. Разрыв мениска (Grade III по Stoller): линейное или неправильной формы повышение МР-сигнала, достигающее как минимум одной суставной поверхности (верхней, нижней или свободного края). Оценивались тип разрыва (горизонтальный, вертикальный/продольный, радиальный, комплексный, типа «ручки лейки»), локализация (передний рог, тело, задний рог), стабильность, наличие смещенных фрагментов, параменисковых кист.

Сухожилие надколенника и сухожилие четырехглавой мышцы:

Тендинопатия: утолщение сухожилия, повышение МР-сигнала от его вещества на T2-ВИ и PD-ВИ (особенно в проксимальной части собственной связки надколенника – «колени прыгуна»), нечеткость контуров, возможен отек окружающих мягких тканей. Частичный разрыв: локальное нарушение целостности волокон, гематома в области дефекта, утолщение и неоднородность сигнала. Полный разрыв: полный перерыв волокон с ретракцией концов, гематома.

Суставной хрящ (гиалиновый): оценивалась толщина, однородность структуры, целостность поверхности.

Хондромалиция (по классификации Outerbridge, адаптированной к МРТ):

Степень I: фокальное размягчение и набухание хряща (повышение сигнала на T2-ВИ). Степень II: неглубокие эрозии, трещины, не достигающие субхондральной кости (менее 50% толщины хряща). Степень III: глубокие эрозии, трещины, достигающие субхондральной кости (более 50% толщины хряща). Степень IV: полнослойный дефект хряща с обнажением субхондральной кости.

Костная ткань:

Выявление ушибов костного мозга (трабекулярных микропереломов) – зоны отека костного мозга (низкий сигнал на T1-ВИ, высокий на T2-ВИ FS / STIR). Остеофиты, субхондральный склероз, субхондральные кисты – признаки остеоартроза.

Пателлофemorальное сочленение:

Оценивалось положение надколенника (латеропозиция, медиализация, высокое/низкое стояние – индекс Insall-Salvati), форма блока бедренной кости (дисплазия), состояние хряща надколенника и блока бедра, медиальной и латеральной пателлофemorальных связок.

Синдром илиотибиального тракта:

Утолщение илиотибиального тракта в дистальной части (в области прохождения над латеральным мышцелком бедра), повышение МР-сигнала от него. Наличие жидкости в сумке илиотибиального тракта или отек прилежащих мягких тканей.

Синовиальная оболочка и суставная жидкость:

Оценивалось количество синовиальной жидкости (наличие выпота, гемартроза), толщина и характер МР-сигнала от синовиальной оболочки, наличие свободных внутрисуставных тел.

2.4. Методы статистической обработки данных

Обработка статистической информации осуществлялась при помощи программного обеспечения Statistica версии 12.0 (производитель - компания "Dell", США), статистической среды R (версия 4.1.0) с использованием пакетов tidyverse, caret, pROC и epiR, а также табличного процессора Microsoft Office Excel (выпуск 2016 года). Для определения типа распределения количественных показателей применялись статистические тесты Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка.

В случае сопоставления трех или большего числа групп использовался одномерный анализ вариаций (ANOVA) с дальнейшим применением постериорных процедур (критерии Бонферрони и Тьюки) для проведения множественных сопоставлений.

Категориальные переменные отображались как абсолютные значения и относительные показатели в процентах (%).

Для сравнения качественных признаков в независимых группах использовался критерий хи-квадрат (χ^2) Пирсона, а при малых выборках (ожидаемое явление в одной из ячеек таблицы сопряженности менее 5) – точный критерий Фишера. Для оценки взаимосвязи между категориальными переменными применялся критерий хи-квадрат (χ^2) Пирсона с расчетом V-коэффициента Крамера для оценки силы связи.

Для оценки диагностической значимости разработанного метода (чувствительности, специфичности, прогностической ценности положительного и отрицательного результатов, отношения правдоподобия) применялся ROC-анализ (Receiver Operating Characteristic curve analysis) с расчетом площади под ROC-

кривой (AUC – Area Under Curve).

Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

ГЛАВА 3. СТРУКТУРА ТРАВМ КОЛЕННОГО СУСТАВА У СПОРТСМЕНОВ ИЗ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА НА ПРИМЕРЕ ФУТБОЛА И ХОККЕЯ С ШАЙБОЙ

Анализ данных в представленной когорте показывает, что наиболее частым видом травматического повреждения коленного сустава в исследуемой группе спортсменов, специализирующихся в футболе и хоккее с шайбой, является повреждение ПКС, которое составило почти четверть всех случаев (25%). На втором месте по частоте встречаемости находятся повреждения медиального мениска (16%), за которыми следуют повреждения латерального мениска (11%).

Значительную долю в структуре патологии занимают также состояния, связанные с перегрузкой и хронической микротравматизацией пателлофemorального сочленения и окружающих его структур, такие как пателлофemorальный болевой синдром (10%), тендинопатия сухожилия надколенника (10%) и изолированная хондромалиция надколенника (5%). Повреждения медиальной коллатеральной связки и синдром илиотибиального тракта встречаются с одинаковой частотой (по 8% соответственно). Проявления остеоартроза как ведущей причины симптоматики отмечены у 7% спортсменов, что может свидетельствовать о последствиях предшествующих травм или длительных перегрузок (рис. 2).

Для сравнения структуры спортивного травматизма между спортсменами-хоккеистами и спортсменами-футболистами проведем сравнение по основным демографическим и спортивным показателям (табл. 1).

Для всех количественных переменных значимых различий между группами футболистов и хоккеистов не выявлено ($p > 0,05$): группы футболистов и хоккеистов были сопоставимы по возрасту, антропометрическим данным (рост, вес), общему спортивному стажу и количеству тренировочных часов в неделю. Уровень спортивного мастерства также распределился схожим образом. Однако выявлены значительные различия в распределении по игровым позициям, что ожидаемо, учитывая специфику видов спорта (табл. 2).

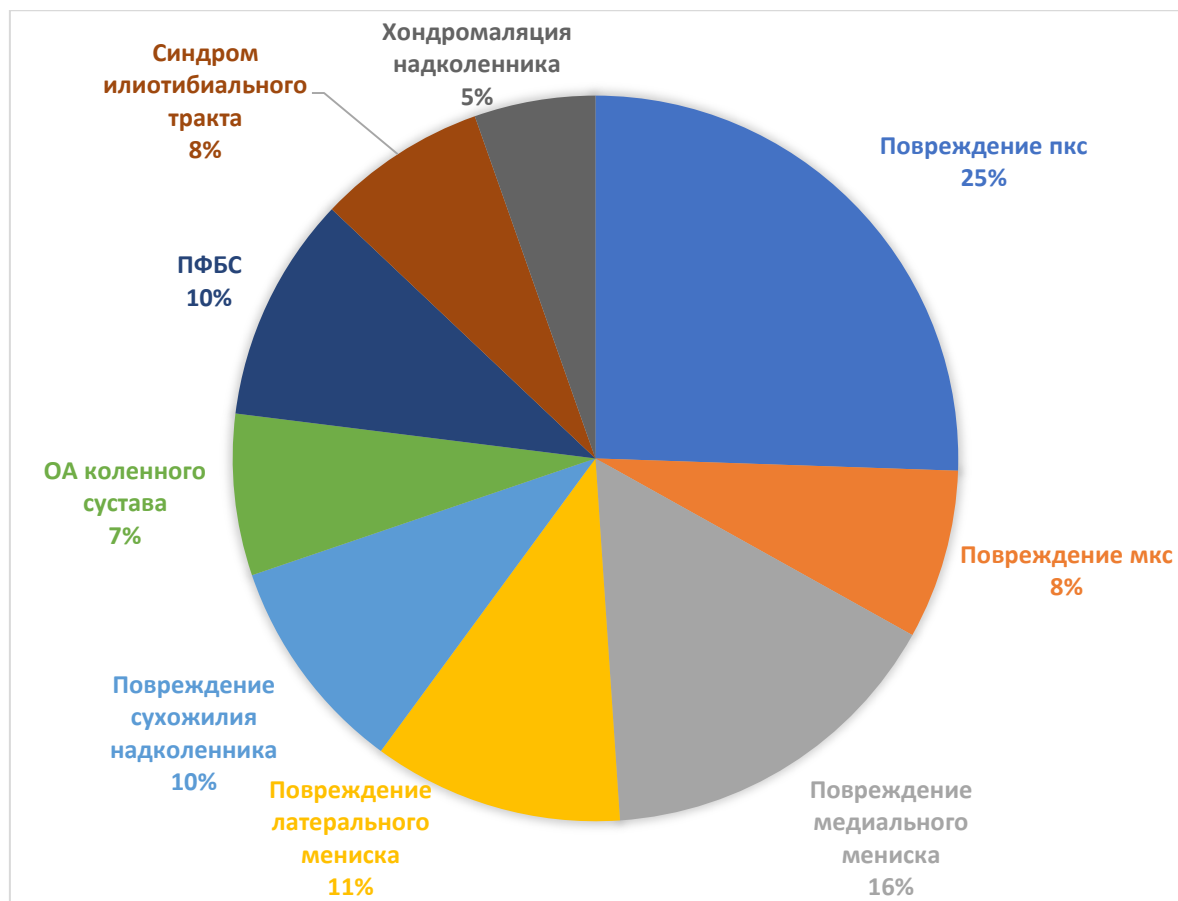


Рисунок 2 – Структура травм коленного сустава в исследуемой выборке спортсменов

Таблица 1 – Сравнительная характеристика футболистов и хоккеистов (количественные переменные)

Показатель	Футбол (n=126)	Хоккей (n=152)	Статистика	p-value
Возраст (лет), M±SD	27,0 ± 5,6	27,0 ± 6,0	t = -0,072	0,943
Рост (см), M±SD	181,1 ± 10,2	181,5 ± 10,7	t = -0,302	0,763
Вес (кг), M±SD	83,5 ± 10,6	84,0 ± 11,0	t = -0,347	0,729
Спортивный стаж (лет), M±SD	17,9 ± 5,8	17,8 ± 6,1	t = 0,120	0,904
Кол-во тренировок (час/нед), M±SD	17,6 ± 6,6	18,1 ± 7,4	t = -0,598	0,550

Примечание: M±SD – среднее значение ± стандартное отклонение; t – значение t-критерия Стьюдента

Таблица 2 – Сравнительная характеристика футболистов и хоккеистов (качественные переменные)

Показатель / Группа	Футбол (n=126)	Хоккей (n=152)	Общее (n=278)	Статистика (χ^2)	p-value
	n (%)	n (%)	n (%)		
Уровень спортивного мастерства				$\chi^2=1,295$ (df=3)	0,730
Спортсмен-любитель	10 (7,9%)	14 (9,2%)	24 (8,6%)		
КМС	57 (45,2%)	62 (40,8%)	119 (42,8%)		
МС	35 (27,8%)	46 (30,3%)	81 (29,1%)		
МСМК	24 (19,0%)	30 (19,7%)	54 (19,4%)		
Игровая позиция				$\chi^2=24,650$ (df=2)	<0,001
Вратарь	25 (19,8%)	4 (2,6%)	29 (10,4%)		
Защитник	43 (34,1%)	52 (34,2%)	95 (34,2%)		
Нападающий	58 (46,0%)	96 (63,2%)	154 (55,4%)		
Механизм травмы				$\chi^2=52,033$ (df=1)	<0,00
Контактный	110 (87,3%)	46 (30,3%)	156 (56,1%)		
Бесконтактный	16 (12,7%)	106 (69,7%)	122 (43,9%)		
Обстоятельства травмы				$\chi^2=60,195$ (df=2)	<0,001
Во время тренировки	75 (59,5%)	48 (31,6%)	123 (44,2%)		
Во время соревнований	51 (40,5%)	64 (42,1%)	115 (41,4%)		
В быту	0 (0,0%)	40 (26,3%)	40 (14,4%)		

Примечание: для игровой позиции при расчете χ^2 использовались три категории: вратарь, защитник, нападающий. Для футбола и хоккея эти категории являются общими

Выявлено, что у футболистов преобладают контактные травмы (87,3%), в то время как у хоккеистов – бесконтактные (69,7%). Различия высоко значимы ($p<0,001$). Данные несколько расходятся с классическими представлениями о доминировании бесконтактных травм ПКС в футболе. Это может быть связано с особенностями выборки или классификации механизма травмы.

Футболисты чаще получают травмы во время тренировок (59,5% против 31,6%). Хоккеисты чаще травмируются в быту (26,3% против 0% у футболистов) и несколько чаще во время соревнований, хотя разница по соревнованиям не столь выражена. Различия в общем распределении обстоятельств высоко значимы ($p<0,001$).

Травмы чаще случаются во время соревнований (42,1%) и, что примечательно, значительная доля травм происходит в быту (26,3%), что требует отдельного внимания при разработке профилактических программ. Структура повреждений коленного сустава по данным МРТ в зависимости от вида спорта представлена в табл. 3.

Таблица 3 – Структура повреждений коленного сустава по данным МРТ в зависимости от вида спорта

Поврежденная структура коленного сустава	Футбол (n=126)	Хоккей (n=152)	Общее (n=278)	Статистика (χ^2)	p-value
	n (%)	n (%)	n (%)		
Повреждение ПКС	53 (42,1%)	25 (16,4%)	78 (28,1%)	$\chi^2=23,627$	<0,001
Повреждение МКС	7 (5,6%)	16 (10,5%)	23 (8,3%)	$\chi^2=2,576$	0,108
Повреждение медиального мениска	28 (22,2%)	25 (16,4%)	53 (19,1%)	$\chi^2=1,609$	0,205
Повреждение латерального мениска	10 (7,9%)	22 (14,5%)	32 (11,5%)	$\chi^2=3,186$	0,074
Повреждение сухожилия надколенника	15 (11,9%)	14 (9,2%)	29 (10,4%)	$\chi^2=0,550$	0,458
ОА коленного сустава	4 (3,2%)	17 (11,2%)	21 (7,6%)	$\chi^2=6,818$	0,009
ПФБС	5 (4,0%)	24 (15,8%)	29 (10,4%)	$\chi^2=10,903$	0,001
Синдром илиотибиального тракта	3 (2,4%)	4 (2,6%)	7 (2,5%)	$\chi^2=0,020$	0,887*
Хондромалация надколенника	1 (0,8%)	5 (3,3%)	6 (2,2%)	$\chi^2=1,966$	0,161*

*Применен точный анализ Фишера из-за малых ожидаемых частот

Как видно из табл. 3, повреждение ПКС значительно чаще встречается у футболистов (42,1%) по сравнению с хоккеистами (16,4%), $p<0,001$. ОА – у хоккеистов (11,2%) по сравнению с футболистами (3,2%), $p=0,009$.

ПФБС больше характерен для хоккеистов (15,8%) по сравнению с футболистами (4,0%), $p=0,001$. Наблюдается тенденция к более частому возникновению повреждения МКС и латерального мениска у хоккеистов, но различия не достигли статистической значимости в данной выборке ($p=0,108$ и $p=0,074$ соответственно). Для повреждений медиального мениска, сухожилия надколенника, синдрома илиотибиального тракта и хондромалиции надколенника статистически значимых различий между группами не выявлено.

Таким образом, наиболее ярким различием является значительно более высокая частота повреждений ПКС у футболистов (42,1% против 16,4% у хоккеистов). Это подтверждает данные многих исследований и связано с биомеханикой футбола: резкие смены направления, прыжки, приземления, часто на опорной ноге.

У хоккеистов достоверно чаще встречаются ОА коленного сустава (11,2% против 3,2%) и ПФБС (15,8% против 4,0%). Это может быть связано с длительными статическими и динамическими нагрузками на коленный сустав в согнутом положении во время катания, а также с повторяющимися микротравмами. Тенденция к более частым повреждениям МКС и латерального мениска у хоккеистов также может отражать специфику контактной борьбы и падений на лед.

ГЛАВА 4. ВЫЯВЛЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СТЕРЕОТИПНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СПОРТСМЕНАМИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ХАРАКТЕРА И ЛОКАЛИЗАЦИИ БОЛИ

На основе предыдущих исследований и практической деятельности нами были определены стереотипные движения, которые применяются пациентами для демонстрации характера и локализации боли при патологиях опорно-двигательного аппарата (Касаткин М.С., 2023). Так, при всех видах дисфункций стереотипные движения пациента могут включать в себя:

- повторяемое описание болевой симптоматики;
- особенности аутопальпации (давление и/или указание пальцем, растирание, смещение или сдавливание поверхностных тканей ладонью) в зависимости от типа и локализации повреждения структур опорно-двигательного аппарата
- характер и место боли во время движения (в начале, середине или конце амплитуды).

Типы стереотипных движений:

«Симптом пальца» (локальная пальпация с компрессией региона дисфункции) – тип субъективного восприятия пациентом области повреждения, связанный с пальпацией, при которой пациент указывает пальцем, реже несколькими пальцами, строго ограниченный локальный участок болезненности с надавливанием на него или фиксацией в области его проекции поверхностных тканей тела (рис. 3). Чаще всего данное стереотипное движение пациенты используют при локальном отеке, тендинопатиях и энтезопатиях, триггерных точках в мышцах.

«Симптом линии / триггерного тяжа» – тип субъективного восприятия пациентом области повреждения, связанный с продольным поверхностным касанием или пальпацией области проекции основной болезненности или

дискомфорта, а также в области проекции щели сустава (рис. 4). Чаще всего данное стереотипное движение пациенты используют при тендинопатиях, внутренних повреждениях суставов (нарушение целостности менисков, повреждение хряща).



Рисунок 3 – Стереотипный двигательный паттерн «Симптом пальца»



Рисунок 4 – Стереотипный двигательный паттерн «Симптом линии / триггерного тяжа»

«Симптом открытой ладони» (симптом поглаживания) – тип субъективного восприятия пациентом области повреждения, связанный с поверхностным поглаживанием или растиранием области проекции сустава или мышечного компартмента открытой ладонью, ладонями обеих рук или подушечками пальцев (рис. 5). Такое стереотипное движение характерно для синовита и бурсита.



Рисунок 5 – Стереотипный двигательный паттерн «Симптом открытой ладони»
(симптом поглаживания)

«Симптом закрытой ладони» (симптом захвата) – тип субъективного восприятия пациентом области повреждения, связанный с фиксацией и компрессией поверхностных тканей тела ладонью и пальцами (рис. 6). Характерно, чаще всего, для переломов, разрывов связок или мышц.

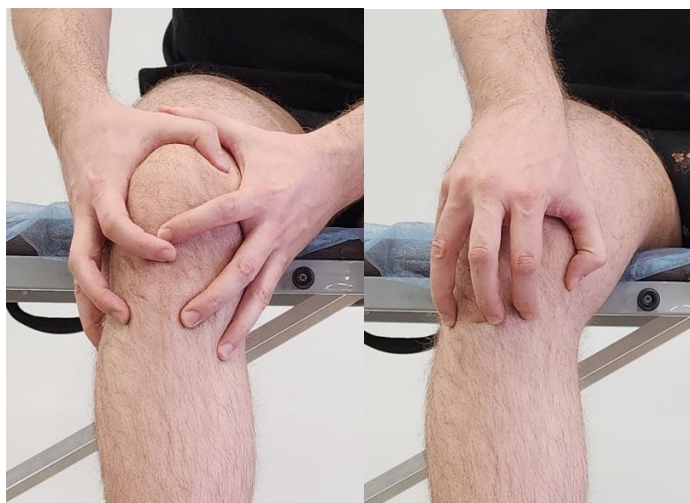


Рисунок 6 – Стереотипный двигательный паттерн «Симптом закрытой ладони»
(симптом захвата)

«Симптом стартовой боли» – тип субъективного восприятия пациентом области повреждения, связанный с появлением боли в самом начале амплитуды движения в суставе, что может быть характерно для тендинита, переломов, разрывов связок или мышц (рис. 7).



Рисунок 7 – Стереотипный двигательный паттерн «Симптом стартовой боли»

«Симптом боли в средней или крайней позиции» – тип субъективного восприятия пациентом области повреждения, связанный с появлением болезненности в середине или конце амплитуды движения в суставе (рис. 8). Характерно для тендинита и поражения внутрисуставных структур.



Рисунок 8 – Стереотипный двигательный паттерн «Симптом боли в средней или крайней позиции»

В настоящей главе были проанализированы данные 278 спортсменов с различными подтвержденными МРТ повреждениями структур коленного сустава. Целью данного этапа исследования являлось выявление и систематизация стереотипных двигательных паттернов (СДП), используемых спортсменами для

демонстрации характера и локализации боли, а также оценка их встречаемости в общей выборке и при различных нозологических формах.

Анализ основных СДП, продемонстрированных спортсменами, показал следующее распределение (табл. 4):

Таблица 4 – Частота встречаемости основных стереотипных двигательных паттернов в общей выборке спортсменов (n=278)

Основной стереотипный двигательный паттерн	Абсолютное число	Доля, %
Симптом линии / триггерного тяжа	117	42,1
Симптом открытой ладони	78	28,1
Симптом пальца	51	18,3
Симптом закрытой ладони	32	11,5
Всего	278	100,0

Как видно из табл. 4, наиболее часто в общей выборке спортсменов для демонстрации боли использовался «симптом линии / триггерного тяжа», который был зафиксирован у 42,1% пациентов. Вторым по частоте встречаемости стал «симптом открытой ладони» (28,1%). «Симптом пальца» для указания на локализацию и характер боли применяли 18,3% спортсменов, а «симптом закрытой ладони» – 11,5% обследованных.

Далее был проведен анализ распределения основных СДП в зависимости от диагностированной патологии коленного сустава. Результаты представлены в табл. 5 в процентном соотношении от числа пациентов в каждой нозологической группе.

Анализ табл. 5 позволяет выявить определенные тенденции в использовании СДП при различных нозологиях. Так, «симптом линии / триггерного тяжа» наиболее характерен для повреждений менисков: 58,1% при повреждении латерального мениска и 63,6% при повреждении медиального мениска. Также он достаточно часто (47,6%) встречается при повреждениях МКС. «Симптом открытой ладони» доминирует при ОА – 85,0% случаев. Также он является ведущим паттерном при повреждениях ПКС (39,4%) и часто используется при ПФБС (35,7%) и хондромалиции надколенника (33,3%).

«Симптом пальца» является преобладающим при синдроме илиотибиального тракта (85,7%) и повреждениях сухожилия надколенника (88,9%). Кроме того, он значимо представлен при повреждениях МКС (38,1%). «Симптом закрытой ладони» наиболее часто ассоциирован с повреждениями ПКС (38,0%), хондромалацией надколенника (40,0%) и ПФБС (25,0%).

Таблица 5 – Распределение основных стереотипных двигательных паттернов у спортсменов в зависимости от нозологии (в % от числа пациентов в соответствующей группе)

Поврежденная структура	Н в группе	Симптом линии / триггерного тяжа, %	Симптом открытой ладони, %	Симптом пальца, %	Симптом закрытой ладони, %
Латеральный мениск	31	58,1	32,3	9,7	0,0
Медиальный мениск	44	63,6	25,0	11,4	0,0
МКС	21	47,6	0,0	38,1	14,3
ОА	20	5,0	85,0	0,0	10,0
ПКС	71	22,5	39,4	0,0	38,0
ПФБС	28	35,7	35,7	3,6	25,0
Синдром илиотибиального тракта	21	14,3	0,0	85,7	0,0
Сухожилие надколенника	27	11,1	0,0	88,9	0,0
Хондромалация надколенника	15	26,7	33,3	0,0	40,0

Примечание: Проценты рассчитаны как (число случаев паттерна в нозологии / общее число случаев нозологии) * 100%. Сумма процентов по строке может быть не равна 100%, если не все пациенты в группе демонстрировали один из этих четырех основных паттернов или если паттерн не был зафиксирован.

Второстепенные двигательные паттерны, такие как «симптом стартовой боли» и «симптом боли в средней или крайней позиции» (сгибание/разгибание), также были проанализированы в контексте различных нозологий. При анализе «Симптома боли в средней или крайней позиции» учитывались обе его вариации (сгибание и разгибание) (табл. 6).

Таблица 6 – Частота встречаемости «симптома стартовой боли» и «симптома боли в средней или крайней позиции» при различных нозологиях (в % от числа пациентов в соответствующей группе)

Поврежденная структура	N в группе	Симптом стартовой боли (разгибание), %	Симптом боли в средней или крайней позиции (сгибание/разгибание), %
Латеральный мениск	31	0,0	16,1 (все сгибание)
Медиальный мениск	44	0,0	20,5 (все сгибание)
МКС	21	0,0	0,0
ОА	20	0,0	0,0
ПКС	71	0,0	47,9 (все сгибание)
ПФБС	28	0,0	32,1 (все разгибание)
Синдром илиотибиального тракта	21	0,0	0,0
Сухожилие надколенника	27	22,2	0,0
Хондромалация надколенника	15	0,0	20,0 (все разгибание)

Как следует из табл. 6, «симптом стартовой боли (разгибание)» был выявлен исключительно у пациентов с патологией сухожилия надколенника, составляя 22,2% случаев в данной группе. «Симптом боли в средней или крайней позиции» значительно чаще встречался при повреждении ПКС (47,9%, преимущественно при сгибании). При ПФБС данный симптом наблюдался у 32,1% пациентов (исключительно при разгибании). Также он был отмечен у пациентов с повреждениями менисков (16,1% для латерального и 20,5% для медиального, при сгибании) и при хондромалации надколенника (20,0%, при разгибании). Интересно отметить, что при повреждениях МКС, ОА и синдроме илиотибиального тракта данные второстепенные паттерны не были зафиксированы в исследуемой выборке.

Для оценки взаимосвязи между категориальными переменными (тип повреждения и двигательный паттерн) применен критерий хи-квадрат (χ^2)

Пирсона, который позволяет определить наличие статистически значимой ассоциации между изучаемыми переменными. Для характеристики силы выявленной связи использован коэффициент V Крамера. Ниже представлена таблица сопряженности между типом повреждения коленного сустава и основным СДП (табл. 7):

Таблица 7 – Таблица сопряженности между типом повреждения коленного сустава и основным стереотипным двигательным паттерном

Поврежденная структура	Симптом закрытой ладони	Симптом линии / триггерного тяжа	Симптом открытой ладони	Симптом пальца	Всего
Латеральный мениск	0	18	10	3	31
Медиальный мениск	0	28	11	5	44
МКС	4	10	0	7	21
ОА	2	1	17	0	20
ПКС	27	16	28	0	71
ПФБС	8	10	10	0	28
Синдром илиотибиального тракта	0	3	0	18	21
Сухожилие надколенника	0	3	0	24	27
Хондромалация надколенника	6	4	5	0	15
Всего	47	93	81	57	278

Применение критерия χ^2 Пирсона к таблице сопряженности дало следующие результаты: значение χ^2 (хи-квадрат): 208,99; число степеней свободы (df): 24; p-value: < 0,00001.

Полученное значение p-value существенно меньше общепринятого порога статистической значимости ($\alpha = 0,05$), что свидетельствует о наличии явной статистической взаимосвязи между типом повреждения коленного сустава и основным стереотипным двигательным паттерном, демонстрируемым спортсменами.

Для определения силы выявленной взаимосвязи рассчитан коэффициент V Крамера: $V \text{ Крамера} = 0,501$. Значение 0,501 свидетельствует о сильной связи между изучаемыми переменными, что подтверждает клиническую и диагностическую значимость выявленных закономерностей. Анализ таблицы сопряженности позволяет выявить характерные особенности распределения двигательных паттернов при различных повреждениях коленного сустава.

Повреждения менисков характеризуются преобладанием «симптома линии/триггерного тяжа» (58,1% для латерального и 63,6% для медиального мениска). ОА явно ассоциирован с «симптомом открытой ладони» (85,0% случаев). Повреждение ПКС демонстрирует равномерное распределение между «симптомом открытой ладони» (39,4%) и «симптомом закрытой ладони» (38,0%). Синдром илиотибиального тракта и повреждение сухожилия надколенника имеют ярко выраженную ассоциацию с «симптомом пальца» (85,7% и 88,9% соответственно). Хондромалиция надколенника чаще ассоциируется с «симптомом закрытой ладони» (40,0%). Повреждение МКС показывает преобладание «симптома линии/триггерного тяжа» (47,6%) и «симптома пальца» (38,1%).

Отдельно проанализирована частота встречаемости второстепенных паттернов при различных повреждениях. «Симптом боли в средней или крайней позиции (сгибание)» характерен для повреждения ПКС (47,9% случаев) и повреждений менисков (18,3% в среднем). «Симптом боли в средней или крайней позиции (разгибание)» специфичен для ПФБС (32,1%) и хондромалиции надколенника (20,0%). «Симптом стартовой боли (разгибание)» наблюдается исключительно при патологии сухожилия надколенника (22,2% случаев).

Проведенный корреляционный анализ с использованием критерия χ^2 Пирсона ($\chi^2(24) = 208,99$, $p < 0,00001$) и коэффициента V Крамера (0,501) убедительно подтверждает наличие сильной статистической взаимосвязи между типом повреждения коленного сустава и СДП, используемыми спортсменами для демонстрации характера и локализации боли.

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕТОДА ПРОПРИОРЕЦЕПТИВНОЙ ОРТОДИАГНОСТИКИ

Таблица 8 демонстрирует частоту положительных результатов различных стандартных клинических тестов в исследуемой когорте.

Таблица 8 – Частота положительных результатов стандартных клинических тестов

Клинический тест	Количество положительных результатов	Доля, %
Тест Лахмана	45	16,4
Тест «Переднего выдвижного ящика»	45	16,4
Тест МакМюррея	58	21,1
Тест Тессали	51	18,5
Тест Цоллена	8	2,9
Оценка Q-угла (норма 15гр)	8	2,9
Тест Обера	4	1,5
Тест для выявления «колена прыгуна»	24	8,7

Наибольшая частота положительных результатов отмечена для теста МакМюррея – 21,1% (58 пациентов) и теста Тессали – 18,5% (51 пациент), что соответствует значительной доле повреждений менисков в структуре исследуемой выборки. Тесты, применяемые для диагностики повреждений ПКС (тест Лахмана и тест «переднего выдвижного ящика»), оказались положительными у 16,4% пациентов (по 45 случаев каждый), что существенно ниже доли пациентов с верифицированным повреждением ПКС (24,7%). Это свидетельствует о недостаточной чувствительности данных тестов. Тест для выявления «колена прыгуна» был положительным у 8,7% (24 пациента), что близко к доле пациентов с патологией сухожилия надколенника (9,8%).

Наименьшая частота положительных результатов отмечена для теста Цоллена – 2,9% (8 пациентов), оценки Q-угла – 2,9% (8 пациентов) и теста Обера – 1,5% (4 пациента), что указывает на низкую чувствительность данных тестов в диагностике соответствующих патологий.

Результаты, представленные в табл. 9, демонстрируют распределение различных СДП при конкретных нозологических формах, что позволяет оценить их нозологическую специфичность.

Таблица 9 – Распределение основных стереотипных двигательных паттернов при различных повреждениях коленного сустава (в %)

Диагноз	Симптом линии / тяжа вдоль суставной щели	Симптом открытой ладони	Симптом пальца	Симптом закрытой ладони	Симптом линии / тяжа сверху вниз	Симптом линии / тяжа горизонтально и выше	Симптом линии / тяжа горизонтально под надколенником
ПКС	0,0	39,7	0,0	36,8	23,5	0,0	0,0
Медиальный мениск	61,4	25,0	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Латеральный мениск	58,1	32,3	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0
ПФБС	0,0	35,7	3,6	25,0	0,0	21,4	14,3
Сухожилие надколенника	0,0	0,0	88,9	0,0	0,0	0,0	11,1
Синдром илиотибиального тракта	0,0	0,0	85,0	0,0	15,0	0,0	0,0
МКС	0,0	0,0	33,3	19,0	47,6	0,0	0,0
ОА	5,0	85,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Хондромалация надколенника	0,0	33,3	0,0	40,0	0,0	13,3	13,3

При патологии ПКС преобладали «симптом открытой ладони» (39,7%), «симптом закрытой ладони» (36,8%) и «симптом линии/тяжа сверху вниз» (23,5%), в то время как другие СДП не встречались. При патологии менисков (как медиального, так и латерального) доминировал «симптом линии/тяжа вдоль суставной щели» (61,4% и 58,1% соответственно), что свидетельствует о высокой

специфичности данного паттерна для менископатий. При патологии сухожилия надколенника и синдроме илиотибиального тракта с высокой частотой выявлялся «симптом пальца» (88,9% и 85,0% соответственно), что указывает на его диагностическую ценность при данных состояниях.

При патологии МКС наблюдалось сочетание «симптома линии/тяжа сверху вниз» (47,6%), «симптома пальца» (33,3%) и «симптома закрытой ладони» (19,0%). При ОА превалировал «симптом открытой ладони» (85,0%), что соответствует диффузному характеру патологического процесса. При патологиях пателлофemorального сустава (ПФБС и хондромалиция надколенника) наблюдалось разнообразие СДП с преобладанием «симптома закрытой ладони» (25,0% и 40,0% соответственно) и «симптома открытой ладони» (35,7% и 33,3% соответственно).

Проведена оценка диагностической точности основных клинических тестов и соответствующих СДП для наиболее распространенных диагнозов. Данные, представленные в табл. 10, демонстрируют сравнительную диагностическую ценность различных методов выявления повреждений ПКС.

Таблица 10 – Диагностическая точность тестов и стереотипных двигательных паттернов при выявлении повреждений передней крестообразной связки

Диагностический метод	Se, %	Sp, %	PPV, %	NPV, %	Acc, %	LR+	LR-
Тест Лахмана	61,8	98,6	93,3	87,5	88,7	44,14	0,39
Тест «Переднего выдвижного ящика»	63,2	99,0	95,6	87,9	89,5	63,20	0,37
«Симптом закрытой ладони»	36,8	97,6	86,4	79,7	80,7	15,33	0,65
«Симптом открытой ладони»	39,7	90,1	54,2	83,3	77,1	4,01	0,67
Комбинация Лахмана + СДП	77,9	97,6	92,1	92,6	92,4	32,46	0,23

Стандартные клинические тесты (Лахмана и «переднего выдвижного ящика») характеризуются умеренной чувствительностью (61,8% и 63,2% соответственно) и высокой специфичностью (98,6% и 99,0% соответственно). Высокие значения положительного отношения правдоподобия (LR+) для данных тестов (44,14 и 63,20) свидетельствуют о существенном увеличении послетестовой вероятности наличия повреждения ПКС при положительном результате теста.

Основные стереотипные двигательные паттерны, ассоциированные с повреждением ПКС («симптом закрытой ладони» и «симптом открытой ладони»), демонстрируют более низкую чувствительность (36,8% и 39,7% соответственно) при сохранении высокой специфичности (97,6% и 90,1% соответственно). Показатели LR+ для этих СДП (15,33 и 4,01) также свидетельствуют о значимом увеличении послетестовой вероятности наличия повреждения ПКС.

Особого внимания заслуживает комбинация клинических тестов с СДП, которая обеспечивает существенное повышение чувствительности (77,9%) при сохранении высокой специфичности (97,6%), что приводит к максимальной диагностической точности (92,4%). Значение LR+ (32,46) для данной комбинации указывает на ее высокую диагностическую ценность. Данные результаты подтверждают комплементарность информации, получаемой с помощью клинических тестов и анализа СДП.

Табл. 11 отражает диагностическую ценность различных методов в отношении повреждений медиального мениска. Стандартные клинические тесты (МакМюррея и Тессали) характеризуются умеренной чувствительностью (50,0% для обоих) и специфичностью (84,4% и 87,2% соответственно). Значения LR+ (3,21 и 3,91) указывают на умеренную диагностическую ценность данных тестов.

«Симптом линии/тяжа вдоль суставной щели» демонстрирует более высокую чувствительность (61,4%) и специфичность (93,9%) по сравнению со стандартными клиническими тестами. Значение LR+ (10,07) свидетельствует о существенном увеличении послетестовой вероятности наличия повреждения медиального мениска при выявлении данного СДП. Эти результаты указывают на

высокую диагностическую ценность анализа СДП при патологии медиального мениска, что подтверждается также более высоким значением AUC для модели, основанной на СДП (0,775), по сравнению с моделью, использующей только клинические тесты (0,687).

Таблица 11 – Диагностическая точность тестов и стереотипных двигательных паттернов для повреждения медиального мениска

Диагностический метод	Se, %	Sp, %	PPV, %	NPV, %	Acc, %	LR+	LR-
Тест МакМюррея	50,0	84,4	37,9	89,9	78,5	3,21	0,59
Тест Тессали	50,0	87,2	43,1	90,2	80,7	3,91	0,57
«Симптом линии/тяжа вдоль суставной щели»	61,4	93,9	67,5	92,3	88,4	10,07	0,41

Данные, представленные в табл. 12, демонстрируют высокую чувствительность (87,1%) и специфичность (89,8-90,2%) стандартных клинических тестов (МакМюррея и Тессали) в диагностике повреждений латерального мениска, что существенно превосходит их эффективность при повреждениях медиального мениска. Значения LR+ (8,54 и 8,89) подтверждают высокую диагностическую ценность данных тестов.

Таблица 12 – Диагностическая точность тестов и стереотипных двигательных паттернов для повреждения латерального мениска

Диагностический метод	Se, %	Sp, %	PPV, %	NPV, %	Acc, %	LR+	LR-
Тест МакМюррея	87,1	89,8	51,9	98,2	89,5	8,54	0,14
Тест Тессали	87,1	90,2	52,9	98,2	89,8	8,89	0,14
«Симптом линии/тяжа вдоль суставной щели»	58,1	91,4	47,4	94,3	87,3	6,76	0,46
«Симптом открытой ладони»	32,3	87,7	23,3	91,8	80,7	2,63	0,77

Основные стереотипные двигательные паттерны, ассоциированные с повреждением латерального мениска («симптом линии/тяжа вдоль суставной щели» и «симптом открытой ладони»), демонстрируют более низкую чувствительность (58,1% и 32,3% соответственно) при сохранении высокой специфичности (91,4% и 87,7% соответственно). Значения LR+ для этих СДП (6,76 и 2,63) указывают на их умеренную диагностическую ценность. Таким образом, при патологии латерального мениска стандартные клинические тесты обладают более высокой диагностической ценностью, чем СДП, что отражается в значениях AUC для соответствующих моделей (0,884 для клинических тестов и 0,749 для СДП).

Результаты, представленные в табл. 13, свидетельствуют о высокой диагностической ценности как клинического теста (тест для выявления «колена прыгуна»), так и ассоциированного СДП («симптом пальца») при тендинопатии сухожилия надколенника. Тест «колена прыгуна» характеризуется высокой чувствительностью (88,9%) и максимальной специфичностью (100,0%), что приводит к исключительно высокой диагностической точности (98,9%).

Таблица 13 – Диагностическая точность тестов и стереотипных двигательных паттернов для тендинопатии сухожилия надколенника

Диагностический метод	Se, %	Sp, %	PPV, %	NPV, %	Асс, %	LR+	LR-
Тест для выявления «колена прыгуна»	88,9	100,0	100,0	98,8	98,9	∞	0,11
«Симптом пальца»	88,9	86,3	40,4	98,7	86,5	6,49	0,13
«Симптом линии/тяжа горизонтально под надколенником»	11,1	98,8	50,0	91,1	90,2	9,25	0,90

«Симптом пальца» демонстрирует идентичную чувствительность (88,9%) при несколько меньшей специфичности (86,3%), что обеспечивает

диагностическую точность 86,5%. Значение LR+ (6,49) свидетельствует о существенном повышении послетестовой вероятности диагноза тендинопатии при выявлении данного СДП. «Симптом линии/тяжа горизонтально под надколенником» характеризуется низкой чувствительностью (11,1%) при высокой специфичности (98,8%), что ограничивает его применение для скрининговой диагностики, но повышает ценность в качестве подтверждающего теста (LR+ = 9,25).

Комбинация клинического теста и СДП обеспечивает максимальную диагностическую ценность (AUC = 0,967), что подтверждается статистически значимым превосходством комбинированной модели ($p=0,042$). Данные результаты указывают на целесообразность комплексного применения клинического теста и анализа СДП в диагностике тендинопатии сухожилия надколенника.

Табл. 14 демонстрирует существенные различия в диагностической ценности клинического теста и СДП при синдроме илиотибиального тракта. Тест Обера характеризуется крайне низкой чувствительностью (10,0%) при высокой специфичности (99,2%), что ограничивает его клиническую ценность при первичном обследовании пациентов. Значение LR+ (12,50) указывает на существенное повышение послетестовой вероятности диагноза при положительном результате теста, однако низкая встречаемость положительных результатов значительно снижает его практическую применимость.

Таблица 14 – Диагностическая точность тестов и стереотипных двигательных паттернов для синдрома илиотибиального тракта

Диагностический метод	Se, %	Sp, %	PPV, %	NPV, %	Acc, %	LR+	LR-
Тест Обера	10,0	99,2	50,0	92,6	92,0	12,50	0,91
«Симптом пальца»	85,0	84,3	30,4	98,6	84,4	5,41	0,18
«Симптом линии/тяжа сверху вниз»	15,0	91,4	12,8	92,4	85,1	1,74	0,93

«Симптом пальца» демонстрирует высокую чувствительность (85,0%) при хорошей специфичности (84,3%), что существенно превосходит диагностическую ценность теста Обера. Значение LR^+ (5,41) свидетельствует о клинически значимом повышении послетестовой вероятности диагноза. «Симптом линии/тяжа сверху вниз» обладает низкой чувствительностью (15,0%) и умеренной специфичностью (91,4%), что ограничивает его диагностическую ценность ($LR^+ = 1,74$).

Сравнение моделей на основе ROC-анализа выявляет выраженное превосходство модели, основанной на СДП ($AUC = 0,847$), над моделью, использующей только клинический тест Обера ($AUC = 0,549$), с высокой статистической значимостью различий ($p < 0,001$). Данные результаты убедительно свидетельствуют о преимуществе метода проприорецептивной ортодиагностики над стандартным клиническим тестированием при синдроме илиотибиального тракта.

В табл. 15 представлены сравнительные характеристики диагностической точности различных методов при патологиях пателлофemorального сустава (ПФБС и хондромалация надколенника). При ПФБС тест Цоллена характеризуется низкой чувствительностью (17,9%) при высокой специфичности (98,4%), что свидетельствует о его ограниченной ценности для первичной диагностики. Ассоциированные СДП демонстрируют умеренную чувствительность («симптом открытой ладони» – 35,7%, «симптом закрытой ладони» – 25,0%) при хорошей специфичности (80,6% и 86,6% соответственно). «Симптом линии/тяжа горизонтально и выше надколенника» и «симптом линии/тяжа горизонтально под надколенником» характеризуются низкой чувствительностью (21,4% и 14,3%) при высокой специфичности (96,8% и 98,4%), что указывает на их ценность как подтверждающих тестов ($LR^+ = 6,69$ и $8,93$ соответственно).

При хондромалации надколенника СДП демонстрируют умеренную чувствительность («симптом открытой ладони» – 33,3%, «симптом закрытой ладони» – 40,0%) при хорошей специфичности (80,8% и 86,9% соответственно).

«симптом линии/тяжа горизонтально и выше надколенника» характеризуется низкой чувствительностью (13,3%) при высокой специфичности (98,1%), что ограничивает его применение для первичной диагностики ($LR+ = 7,00$).

Таблица 15 – Диагностическая точность тестов и стереотипных двигательных паттернов для патологий пателлофemorального сустава

Диагностический метод	Патология	Se, %	Sp, %	PPV, %	NPV, %	Acc, %	LR+	LR-
Тест Цоллена	ПФБС	17,9	98,4	54,5	91,5	90,5	11,19	0,84
«Симптом открытой ладони»	ПФБС	35,7	80,6	18,3	91,3	76,4	1,84	0,80
«Симптом закрытой ладони»	ПФБС	25,0	86,6	17,6	91,0	81,1	1,86	0,87
«Симптом линии/тяжа горизонтально и выше надколенника»	ПФБС	21,4	96,8	42,9	91,6	89,5	6,69	0,81
«Симптом линии/тяжа горизонтально под надколенником»	ПФБС	14,3	98,4	50,0	91,1	90,2	8,93	0,87
«Симптом открытой ладони»	Хондромалиция надколенника	33,3	80,8	8,9	95,8	78,2	1,73	0,83
«Симптом закрытой ладони»	Хондромалиция надколенника	40,0	86,9	14,7	96,2	84,4	3,05	0,69
«Симптом линии/тяжа горизонтально и выше надколенника»	Хондромалиция надколенника	13,3	98,1	28,6	95,5	94,2	7,00	0,88

Сравнение диагностических моделей с помощью ROC-анализа демонстрирует статистически значимое превосходство комбинированных моделей ($AUC = 0,757$ для ПФБС и $0,752$ для хондромалиции надколенника) над

моделями, основанными только на клинических тестах ($AUC = 0,581$ и $0,621$ соответственно), с достаточно высокой статистической значимостью различий ($p=0,006$ и $p=0,041$ соответственно). Данные результаты подтверждают ценность комплексного подхода к диагностике патологий пателлофemorального сустава с использованием как клинических тестов, так и анализа СДП.

Для основных патологий были построены и сравнены логистические регрессионные модели, использующие различные комбинации предикторов (табл. 16).

Таблица 16 – Сравнение логистических регрессионных моделей, использующих различные комбинации предикторов

Локализация повреждения	Модель 1 (Клинические тесты)	Модель 2 (СДП)	Модель 3 (Комбинированная)	p-value*
ПКС	0,843 (0,786-0,899)	0,737 (0,671-0,804)	0,902 (0,858-0,945)	0,008
Медиальный мениск	0,687 (0,596-0,777)	0,775 (0,699-0,852)	0,807 (0,735-0,879)	0,012
Латеральный мениск	0,884 (0,836-0,932)	0,749 (0,654-0,844)	0,921 (0,882-0,959)	0,023
Сухожилие надколенника	0,944 (0,904-0,985)	0,877 (0,821-0,933)	0,967 (0,939-0,995)	0,042
Синдром илиотибиального тракта	0,549 (0,453-0,644)	0,847 (0,777-0,918)	0,851 (0,781-0,922)	<0,001
ПФБС	0,581 (0,477-0,684)	0,719 (0,624-0,814)	0,757 (0,668-0,846)	0,006
Хондромалация надколенника	0,621 (0,513-0,729)	0,694 (0,591-0,797)	0,752 (0,655-0,849)	0,041

*p-value для сравнения AUC Модели 3 и Модели 1 (тест ДеЛонга)

Данные, представленные в табл. 16, демонстрируют результаты сравнительного анализа трех типов диагностических моделей для различных

патологий коленного сустава. При повреждениях ПКС модель, основанная на клинических тестах, характеризуется достаточно высокой диагностической ценностью ($AUC = 0,843$), в то время как модель, использующая только СДП, имеет более умеренные показатели ($AUC = 0,737$). Комбинированная модель демонстрирует наивысшую диагностическую ценность ($AUC = 0,902$) со статистически значимым превосходством над моделью, основанной только на клинических тестах ($p=0,008$).

При патологии медиального мениска наблюдается обратная ситуация: модель, основанная на СДП ($AUC = 0,775$), превосходит модель, использующую только клинические тесты ($AUC = 0,687$). Комбинированная модель демонстрирует наивысшую диагностическую ценность ($AUC = 0,807$) со статистически значимым улучшением по сравнению с моделью, основанной только на клинических тестах ($p=0,012$).

При патологии латерального мениска модель, основанная на клинических тестах, обладает высокой диагностической ценностью ($AUC = 0,884$), существенно превосходя модель, использующую только СДП ($AUC = 0,749$). Комбинированная модель обеспечивает дальнейшее улучшение диагностической точности ($AUC = 0,921$) со статистически значимым превосходством над моделью, основанной только на клинических тестах ($p=0,023$).

При тендинопатии сухожилия надколенника обе модели демонстрируют высокую диагностическую ценность ($AUC = 0,944$ для клинических тестов и $AUC = 0,877$ для СДП), при этом комбинированная модель показывает максимальное значение AUC ($0,967$) со статистически значимым улучшением по сравнению с моделью, основанной только на клинических тестах ($p=0,042$).

Наиболее выраженное различие в диагностической ценности моделей наблюдается при синдроме илиотибиального тракта: модель, основанная на клинических тестах, демонстрирует низкую диагностическую ценность ($AUC = 0,549$), в то время как модель, использующая СДП, характеризуется высоким значением AUC ($0,847$). Комбинированная модель обеспечивает минимальное

дополнительное улучшение ($AUC = 0,851$), однако различие с моделью, основанной только на клинических тестах, остается высокозначимым ($p < 0,001$).

При патологиях пателлофemorального сустава (ПФБС и хондромалиция надколенника) модели, основанные на клинических тестах, демонстрируют низкую диагностическую ценность ($AUC = 0,581$ и $0,621$ соответственно), в то время как модели, использующие СДП, показывают более высокие значения AUC ($0,719$ и $0,694$ соответственно). Комбинированные модели обеспечивают дальнейшее улучшение диагностической точности ($AUC = 0,757$ и $0,752$ соответственно) со статистически значимым превосходством над моделями, основанными только на клинических тестах ($p = 0,006$ и $p = 0,041$ соответственно).

В целом, результаты сравнительного анализа диагностических моделей демонстрируют статистически значимое повышение диагностической точности при включении СДП в комбинированные модели для всех исследуемых патологий коленного сустава. При этом степень улучшения варьирует от относительно небольшой (при тендинопатии сухожилия надколенника и патологии латерального мениска) до существенной (при синдроме илиотибиального тракта и патологиях пателлофemorального сустава). Данные результаты подтверждают комплементарность информации, получаемой с помощью клинических тестов и анализа СДП, и обосновывают целесообразность комплексного подхода к диагностике травм коленного сустава.

На основе проведенного анализа выявлены наиболее информативные комбинации клинических тестов и СДП для различных патологий коленного сустава (табл. 17).

При повреждениях ПКС комбинация теста Лахмана/переднего выдвижного ящика с «симптомом закрытой ладони» обеспечивает высокую чувствительность ($77,9\%$), специфичность ($97,6\%$) и точность ($92,4\%$), что существенно превосходит показатели отдельных компонентов данной комбинации.

При патологии медиального мениска комбинация теста Тессали с «Симптомом линии/тяжа вдоль суставной щели» демонстрирует высокую чувствительность ($79,5\%$), специфичность ($83,8\%$) и точность ($83,3\%$), что

значительно превышает показатели теста Тессали в отдельности (чувствительность 50,0%).

Таблица 17 – Наиболее информативные комбинации тестов и стереотипных двигательных паттернов для различных патологий

Локализация повреждения	Оптимальная комбинация	Se, %	Sp, %	Acc, %
ПКС	Тест Лахмана/переднего выдвижного ящика + симптом закрытой ладони	77,9	97,6	92,4
Медиальный мениск	Тест Тессали + симптом линии/тяжа вдоль суставной щели	79,5	83,8	83,3
Латеральный мениск	Тест МакМюррея/Тессали + симптом линии/тяжа вдоль суставной щели	93,5	87,3	88,0
Сухожилие надколенника	Тест «колена прыгуна» + симптом пальца	96,3	99,2	98,9
Синдром илиотибиального тракта	Симптом пальца + Тест Обера	85,0	93,7	92,7
ПФБС	Тест Цоллена + симптом открытой ладони/закрытой ладони	53,6	87,0	83,6
Хондромалация надколенника	Симптом закрытой ладони + симптом линии/тяжа горизонтально и выше надколенника	53,3	88,5	86,2

При патологии латерального мениска комбинация теста МакМюррея/Тессали с «симптомом линии/тяжа вдоль суставной щели» обеспечивает высокую чувствительность (93,5%), специфичность (87,3%) и точность (88,0%), что превосходит показатели отдельных компонентов.

При тендинопатии сухожилия надколенника комбинация теста «колена прыгуна» с «симптомом пальца» демонстрирует исключительно высокую чувствительность (96,3%), специфичность (99,2%) и точность (98,9%), что

подтверждает высокую диагностическую ценность данной комбинации и свидетельствует о взаимодополняющем характере информации, получаемой с помощью данных методов.

При синдроме илиотибиального тракта комбинация «симптома пальца» с тестом Обера обеспечивает высокую чувствительность (85,0%), специфичность (93,7%) и точность (92,7%), что существенно превосходит показатели теста Обера в отдельности (чувствительность 10,0%). Данный результат имеет особую клиническую значимость, учитывая ограниченную диагностическую ценность стандартных клинических тестов при данной патологии.

При патологиях пателлофemorального сустава (ПФБС и хондромалиция надколенника) оптимальные комбинации также демонстрируют существенное повышение диагностической точности по сравнению с отдельными компонентами. При ПФБС комбинация теста Цоллена с «симптомом открытой ладони/закрытой ладони» обеспечивает умеренную чувствительность (53,6%), хорошую специфичность (87,0%) и точность (83,6%), что значительно превышает показатели теста Цоллена в отдельности (чувствительность 17,9%). При хондромалиции надколенника комбинация «симптома закрытой ладони» с «симптомом линии/тяжа горизонтально и выше надколенника» демонстрирует умеренную чувствительность (53,3%), хорошую специфичность (88,5%) и точность (86,2%).

Таким образом, результаты, представленные в табл. 17, убедительно свидетельствуют о взаимодополняющем характере информации, получаемой с помощью стандартных клинических тестов и анализа СДП, и обосновывают целесообразность их комбинированного применения в клинической практике. Особенно выраженное повышение диагностической точности наблюдается при патологиях, для которых стандартные клинические тесты обладают низкой чувствительностью (синдром илиотибиального тракта, ПФБС, патология медиального мениска).

Особый интерес представляет анализ диагностической ценности СДП в подгруппе пациентов с отрицательными результатами стандартных клинических тестов (табл. 18).

Таблица 18 – Диагностическая ценность стереотипных двигательных паттернов при отрицательных клинических тестах

Локализация повреждения	СДП	Количество пациентов с положительным СДП и отрицательным клиническим тестом	Доля от всех пациентов с данным диагнозом, %
ПКС	Симптом закрытой ладони/Симптом открытой ладони	16	23,5
Медиальный мениск	Симптом линии/тяжа вдоль суставной щели	16	36,4
Латеральный мениск	Симптом линии/тяжа вдоль суставной щели	2	6,5
Сухожилие надколенника	Симптом пальца	2	7,4
Синдром илиотибиального тракта	Симптом пальца	15	75,0
ПФБС	Симптом открытой ладони/закрытой ладони	14	50,0
Хондромалиция надколенника	Симптом закрытой ладони	6	40,0

Результаты, представленные в табл. 18, отражают частоту выявления положительных СДП у пациентов с отрицательными результатами стандартных клинических тестов, что имеет особую клиническую значимость, так как позволяет оценить потенциал метода проприорецептивной ортодиагностики в

выявлении «скрытых» случаев патологии, не диагностируемых с помощью традиционного клинического обследования.

При повреждениях ПКС у 23,5% пациентов (16 из 68) с верифицированным диагнозом стандартные клинические тесты были отрицательными, однако выявлялись характерные СДП («симптом закрытой ладони» или «симптом открытой ладони»). Данный результат свидетельствует о существенной доле ложноотрицательных результатов стандартных тестов при ПКС и демонстрирует потенциал СДП в повышении чувствительности диагностики.

При патологии медиального мениска доля пациентов с положительным СДП («симптом линии/тяжа вдоль суставной щели») и отрицательными клиническими тестами составила 36,4% (16 из 44), что указывает на низкую чувствительность стандартных тестов и подчеркивает значимость дополнительных диагностических методов. При патологии латерального мениска данная доля была существенно ниже – 6,5% (2 из 31), что согласуется с ранее установленной высокой чувствительностью клинических тестов для данной локализации повреждения.

При тендинопатии сухожилия надколенника доля пациентов с положительным СДП («симптом пальца») и отрицательным тестом «колена прыгуна» составила лишь 7,4% (2 из 27), что свидетельствует о высокой чувствительности стандартного клинического теста и ограниченной дополнительной ценности СДП для данной патологии.

Наиболее выраженное преимущество СДП наблюдалось при синдроме илиотибиального тракта, где у 75,0% пациентов (15 из 20) с верифицированным диагнозом тест Обера был отрицательным, однако выявлялся характерный «симптом пальца». Данный результат подтверждает крайне низкую чувствительность стандартного клинического теста и высокую дополнительную ценность метода проприорецептивной ортодиагностики при данной патологии.

При патологиях пателлофemorального сустава (ПФБС и хондромалиция надколенника) доля пациентов с положительным СДП и отрицательными клиническими тестами также была существенной – 50,0% (14 из 28) и 40,0% (6 из

15) соответственно, что подтверждает низкую чувствительность стандартных тестов при данных патологиях и обосновывает целесообразность дополнительного применения метода проприорецептивной ортодиагностики.

Таким образом, результаты, представленные в табл. 18, свидетельствуют о существенной дополнительной диагностической ценности СДП, особенно выраженной при патологиях, для которых стандартные клинические тесты обладают низкой чувствительностью (синдром илиотибиального тракта, ПФБС, хондромалиция надколенника, патология медиального мениска). Выявление положительных СДП у значительной доли пациентов с отрицательными результатами стандартных тестов подтверждает комплементарный характер информации, получаемой с помощью этих диагностических подходов, и обосновывает целесообразность их комбинированного применения в клинической практике.

ГЛАВА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ХАРАКТЕРОМ И ТОЧНОСТЬЮ ПРОПРИОРЕЦЕПТИВНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ БОЛИ И ТИПОМ, ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ И СТЕПЕНЬЮ ТЯЖЕСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ СТРУКТУР КОЛЕННОГО СУСТАВА

В данной главе представлены результаты исследования, направленного на выявление и анализ корреляционных связей между характеристиками проприорецептивной локализации боли и объективными параметрами повреждений коленного сустава. Определение указанных взаимосвязей представляет не только теоретический интерес с позиций фундаментальной нейрофизиологии, но и имеет существенное клиническое значение для оптимизации первичной диагностики патологии коленного сустава.

Таблица 19 демонстрирует статистически значимую ассоциацию между степенью тяжести повреждения и характером локализации боли ($\chi^2 = 91,34$, $df = 24$, $p < 0,001$, V Крамера = 0,49). Полученные результаты свидетельствуют о том, что с увеличением степени тяжести повреждения наблюдается отчетливая тенденция к трансформации характера локализации боли от точечной (локальной) к более диффузной.

Данная закономерность наиболее отчетливо прослеживается при повреждениях медиального мениска, где доля пациентов с диффузной локализацией боли возрастает с 3,8% при 1 степени повреждения до 38,9% при 2 степени ($p < 0,01$). Аналогичная тенденция наблюдается при повреждениях передней крестообразной связки (увеличение с 7,9% до 30,0%, $p < 0,05$) и особенно выражена при повреждениях медиальной коллатеральной связки, где доля диффузной локализации возрастает с 0% при 1 степени до 100% при 2 степени повреждения ($p < 0,001$).

При этом сохранность точной (топографически соответствующей поврежденной структуре) локализации боли при малой степени повреждения

варьирует от 68,4% для повреждений ПКС до 100% для хондромалиции надколенника, что указывает на высокую проприоцептивную специфичность начальных стадий патологического процесса. Снижение доли точной локализации с увеличением степени тяжести может объясняться вовлечением в патологический процесс смежных анатомических структур и развитием вторичного синовита, что приводит к размыванию чётких границ первичного болевого паттерна.

Таблица 19 – Соответствие локализации боли типу повреждения в зависимости от степени тяжести

Локализация повреждения	Степень тяжести	Точная локализация боли	Диффузная локализация боли	Нетипичная локализация боли	Всего
Латеральный мениск	1	16 (80,0%)	0 (0,0%)	4 (20,0%)	20 (100%)
	2	8 (72,7%)	3 (27,3%)	0 (0,0%)	11 (100%)
Медиальный мениск	1	22 (84,6%)	1 (3,8%)	3 (11,5%)	26 (100%)
	2	11 (61,1%)	7 (38,9%)	0 (0,0%)	18 (100%)
ПКС	1	26 (68,4%)	3 (7,9%)	9 (23,7%)	38 (100%)
	2	17 (56,7%)	9 (30,0%)	4 (13,3%)	30 (100%)
МКС	1	14 (82,4%)	0 (0,0%)	3 (17,6%)	17 (100%)
	2	0 (0,0%)	4 (100,0%)	0 (0,0%)	4 (100%)
ОА	1	2 (25,0%)	6 (75,0%)	0 (0,0%)	8 (100%)
	2	1 (8,3%)	11 (91,7%)	0 (0,0%)	12 (100%)
Хондромалиция надколенника	1	4 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (100%)
	2	8 (80,0%)	2 (20,0%)	0 (0,0%)	10 (100%)
	3	1 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (100%)

Тест χ^2 Пирсона для всей таблицы: $\chi^2 = 91,34$, $df = 24$, $p < 0,001$
 Коэффициент V Крамера: 0,49 (умеренно сильная связь)

Анализ выявил статистически значимую связь между степенью повреждения и точностью проприоцептивной локализации боли. С увеличением степени тяжести повреждения наблюдается тенденция к более диффузной локализации боли, особенно при повреждениях медиального мениска (с 3,8% при 1 степени до 38,9% при 2 степени), передней крестообразной связки (с 7,9% при 1 степени до 30,0% при 2 степени) и медиальной коллатеральной связки (с 0,0% при 1 степени до 100,0% при 2 степени).

Выявлено достоверное влияние как типа повреждения, так и степени его тяжести на интенсивность болевого синдрома, оцениваемого по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Двухфакторный дисперсионный анализ выявил высокостатистически значимый эффект обоих факторов: типа повреждения ($F = 37,85$, $p < 0,001$) и степени тяжести ($F = 67,23$, $p < 0,001$).

Увеличение степени тяжести повреждения сопровождается достоверным повышением интенсивности боли во всех исследуемых функциональных состояниях: в покое, при ходьбе и при специфической нагрузке. Наиболее выраженная градация интенсивности боли в зависимости от степени тяжести наблюдается при повреждениях медиального мениска, где средняя разница в показателе боли при специфической нагрузке между 1 и 2 степенью составляет 2,5 балла по ВАШ ($2,3 \pm 1,3$ против $4,8 \pm 0,9$, $p < 0,001$).

Значимое взаимодействие факторов типа повреждения и степени тяжести ($F = 8,14$, $p < 0,001$) свидетельствует о том, что прирост интенсивности боли с увеличением степени тяжести неоднороден для различных нозологических форм. Так, при повреждениях латерального мениска увеличение степени тяжести сопровождается более выраженным повышением интенсивности боли в покое (с $0,7 \pm 0,2$ до $1,6 \pm 0,7$, $p < 0,01$), в то время как при повреждениях ПКС более существенно возрастает интенсивность боли при специфической нагрузке (с $3,0 \pm 1,0$ до $3,8 \pm 1,3$, $p < 0,05$).

Отдельного внимания заслуживает наблюдаемая при хондромалиции надколенника 3 степени аномально высокая интенсивность боли при специфической нагрузке ($8,0 \pm 0,0$) при относительно невысоких показателях боли

в покое ($1,0 \pm 0,0$) и при ходьбе ($1,0 \pm 0,0$), что может объясняться специфическим патомеханизмом данного повреждения, при котором болевой синдром провоцируется преимущественно компрессионной нагрузкой на пателлофemorальный сустав.

Двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) выявил статистически значимое влияние как типа повреждения ($F = 37,85$, $p < 0,001$), так и степени тяжести ($F = 67,23$, $p < 0,001$) на интенсивность боли в покое, при ходьбе и при специфической нагрузке. Также обнаружен значимый эффект взаимодействия этих факторов ($F = 8,14$, $p < 0,001$), что указывает на то, что влияние степени тяжести на болевой синдром различается в зависимости от типа повреждения.

Наиболее выраженное увеличение интенсивности боли с возрастанием степени тяжести наблюдается при повреждениях медиального мениска (средняя разница в показателе боли при специфической нагрузке между 1 и 2 степенью составляет 2,5 балла по ВАШ) и передней крестообразной связки (средняя разница — 0,8 балла).

Таблица 20 иллюстрирует высокостатистически значимую ассоциацию между характером боли и типом повреждения коленного сустава ($\chi^2 = 311,56$, $df = 32$, $p < 0,001$, V Крамера = 0,54). Выявленная сила связи соответствует сильной ассоциации согласно общепринятым критериям интерпретации коэффициента V Крамера.

Анализ частотного распределения характера боли демонстрирует наличие патогномоничных паттернов болевых ощущений для определенных типов повреждений коленного сустава. Так, патологии пателлофemorального комплекса (ПФБС и хондромалиция надколенника) характеризуются исключительно острой болью (100% случаев), что может быть обусловлено богатой ноцицептивной иннервацией синовиальной оболочки пателлофemorального сочленения и субхондральной кости надколенника.

ОА во всех случаях (100%) проявляется тупой болью, что согласуется с хроническим характером патологического процесса и комплексным механизмом

формирования болевого синдрома при данной патологии, включающим как ноцицептивный, так и невропатический компоненты.

Таблица 20 – Частотное распределение характера боли в зависимости от типа повреждения

Тип повреждения	Острая	Ноющая	Тупая	Стреляющая	Жгучая	Всего
Латеральный мениск	24 (77,4%)	5 (16,1%)	0 (0,0%)	2 (6,5%)	0 (0,0%)	31 (100%)
Медиальный мениск	28 (63,6%)	16 (36,4%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	44 (100%)
ПКС	10 (14,7%)	21 (30,9%)	29 (42,6%)	1 (1,5%)	7 (10,3%)	68 (100%)
МКС	9 (42,9%)	3 (14,3%)	0 (0,0%)	9 (42,9%)	0 (0,0%)	21 (100%)
ОА	0 (0,0%)	0 (0,0%)	20 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	20 (100%)
Хондромалиция надколенника	15 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	15 (100%)
ПФБС	28 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	28 (100%)
Сухожилие надколенника	26 (96,3%)	1 (3,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	27 (100%)
Синдром илиотибиального тракта	7 (35,0%)	11 (55,0%)	2 (10,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	20 (100%)

Тест χ^2 Пирсона: $\chi^2 = 311,56$, df = 32, p<0,001
Коэффициент V Крамера: 0,54 (сильная связь)

Повреждения ПКС характеризуются наиболее разнообразным спектром болевых ощущений с преобладанием тупой (42,6%) и ноющей (30,9%) боли, что может отражать гетерогенность механизмов формирования болевого синдрома при данной патологии, включающих как первичную травматическую альгезию, так и вторичные эффекты, связанные с развитием синовита и нарушением проприоцепции.

Особый интерес представляет бимодальное распределение характера боли при повреждениях медиальной коллатеральной связки, где с одинаковой частотой (42,9%) регистрируются острая и стреляющая боль. Данный феномен может быть обусловлен анатомическими особенностями иннервации медиального отдела коленного сустава и вовлечением в патологический процесс как свободных нервных окончаний связки, так и периартикулярных нервных структур.

Полученные данные свидетельствуют о высокой дифференциально-диагностической ценности оценки характера боли при первичном обследовании пациентов с патологией коленного сустава и могут быть использованы для формирования предтестовой вероятности различных нозологических форм на этапе физикального обследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коленный сустав, один из наиболее сложных и функционально нагруженных суставов человека, характеризуется высокой частотой травматизации у спортсменов, что приводит к временной или стойкой утрате трудоспособности и развитию хронических дегенеративно-дистрофических процессов (В.В. Петрова и др., 2024; В. Namal и др., 2025). Травмы коленного сустава занимают лидирующие позиции в структуре спортивного травматизма, значительно снижая качество жизни и спортивное долголетие атлетов.

Современный арсенал диагностических методов включает клинический осмотр, лучевые методы, МРТ, УЗИ и артроскопию, каждый из которых имеет свои ограничения. МРТ, являясь «золотым стандартом» визуализации мягкотканых структур, остается дорогостоящим и не всегда доступным методом (J.S. Brown и др., 2024). Рентгенография малоинформативна при повреждениях связок и менисков, УЗИ зависит от квалификации специалиста, а артроскопия представляет собой инвазивное вмешательство с периодом реабилитации (D. Szymiski и др., 2023).

Клинический осмотр играет ключевую роль в первичной диагностике, однако его информативность определяется опытом врача, а результаты могут быть субъективными. Стандартные клинические тесты выявляют нестабильность или повреждения конкретных структур, но не всегда позволяют точно локализовать патологический очаг, особенно при сочетанных или начальных повреждениях.

В этом контексте особую значимость приобретает разработка новых, доступных и информативных методов ранней диагностики. Перспективным направлением является использование проприорецептивной чувствительности пациента для уточнения локализации патологического процесса (G.R. Ratnani и др., 2023). Способность пациента точно указать локализацию боли отражает

интеграцию проприорецептивных и ноцицептивных сигналов в ЦНС. Этот феномен, названный «проприорецептивной ортодиагностикой», хотя интуитивно применяется клиницистами, до настоящего времени не был систематизирован и научно обоснован как самостоятельный диагностический метод.

Несмотря на обширные исследования в области диагностики травм коленного сустава и изучения проприорецепции (F. Guede-Rojas и др., 2024; A. Wakkar и S.P. Patil, 2022), систематическое использование способности пациента к точной локализации боли как диагностического инструмента не получило должного развития. В литературе отсутствуют работы по стандартизации методики «проприорецептивной ортодиагностики», оценке ее диагностической ценности при различных видах травм коленного сустава у спортсменов. Существующие подходы к опросу пациента носят качественный характер без точного картирования и количественного анализа.

В связи с этим, целью нашего исследования явились разработка и научное обоснование метода оценки травм коленного сустава у спортсменов на основе проприорецептивной ортодиагностики для повышения точности топической диагностики и оптимизации диагностического процесса. Поставленными задачами были следующие: изучить структуру травматических повреждений коленного сустава у спортсменов, специализирующихся в высококонтактных игровых видах спорта, на примере профессионального и полупрофессионального футбола и хоккея с шайбой; выявить и систематизировать стереотипные двигательные паттерны, используемые спортсменами для невербальной индикации локализации и предполагаемого характера дисфункции или болевого синдрома в области коленного сустава; исследовать диагностическую информативность метода проприорецептивной ортодиагностики путем сопоставления ее результатов с данными клинического осмотра и стандартных клинических тестов у спортсменов с травмами коленного сустава; определить корреляционные связи между характером и точностью проприорецептивной локализации боли и типом, локализацией и степенью тяжести повреждения анатомических структур коленного сустава.

Настоящая работа выполнена на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» в период с апреля 2024г. по май 2025г.

Вид научного исследования – проспективное одномоментное. Протокол диссертационного исследования одобрен локальным этическим комитетом при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 112 от 18 декабря 2024г.

Исследование проводили в два этапа. На первом этапе настоящей работы были проанализированы клинические данные 487 спортсменов (футболистов и хоккеистов) мужского пола с травмами коленного сустава, средний возраст которых составил $26,3 \pm 7,1$ лет. Далее, согласно критериям включения и невключения, из исследования были исключены 200 спортсменов, оставшиеся 278 испытуемых составили материал второго этапа и, соответственно, настоящего диссертационного исследования.

Все спортсмены прошли комплексное клинико-инструментальное обследование, включая МРТ коленного сустава. На основании результатов МРТ-исследования пациенты были распределены в следующие диагностические группы, согласно которым был проведен корреляционный анализ между характером и точностью проприорецептивной локализации боли и типом, локализацией и степенью тяжести повреждения анатомических структур коленного сустава:

- Группа 1: повреждение передней крестообразной связки (ПКС) (n=71). Включала пациентов с частичным разрывом ПКС.
- Группа 2: повреждение медиальной коллатеральной связки (МКС) (n=21). Включала пациентов с разрывами МКС I и II степеней.
- Группа 3: повреждение медиального мениска (n=44). Включала

пациентов с различными типами разрывов медиального мениска I и II степеней по Stoller.

- Группа 4: повреждение латерального мениска (n=31). Включала пациентов с различными типами разрывов медиального мениска I и II степеней по Stoller.

- Группа 5: повреждение сухожилия надколенника (n=27). Включала пациентов с признаками тендинопатии или частичного разрыва сухожилия надколенника.

- Группа 6: остеоартроз (ОА) коленного сустава (n=20). Включала пациентов с МРТ-признаками остеоартроза (преимущественно ранние стадии, I-II по Kellgren-Lawrence, адаптированные к МРТ-критериям) как основного источника симптоматики при обострении хронического процесса.

- Группа 7: пателлофemorальный болевой синдром (ПФБС) (n=28). Включала пациентов с характерной клиникой ПФБС и МРТ-данными, подтверждающими или не исключающими данное состояние (например, признаки латеропозиции надколенника, дисплазии блока бедренной кости, начальные дегенеративные изменения хряща надколенника при отсутствии других значимых повреждений).

- Группа 8: синдром илиотибиального тракта (n=21). Включала пациентов с клиническими и МРТ-признаками синдрома (утолщение илиотибиального тракта в дистальной части, отек прилежащих мягких тканей или бурсы).

- Группа 9: хондромалация надколенника (n=15). Включала пациентов с изолированными или преобладающими МРТ-признаками хондромалации надколенника различной степени (I-IV по Outerbridge, визуализируемые на МРТ).

В результате оценки структуры травм коленного сустава в представленной выборке спортсменов было выяснено следующее. В структуре травматических повреждений коленного сустава у спортсменов, специализирующихся в футболе и хоккее с шайбой, доминируют повреждения передней крестообразной связки (25%), медиального мениска (16%) и латерального мениска (11%), что отражает

специфику биомеханической нагрузки в высококонтактных игровых видах спорта.

Установлены достоверные различия в структуре травматизма между футболистами и хоккеистами: у футболистов значительно чаще диагностируются повреждения передней крестообразной связки (42,1% против 16,4%, $p<0,001$), тогда как для хоккеистов более характерны остеоартроз коленного сустава (11,2% против 3,2%, $p=0,009$) и пателлофemorальный болевой синдром (15,8% против 4,0%, $p=0,001$).

Выявлены существенные различия в механизмах травматизации коленного сустава: у футболистов превалируют контактные механизмы повреждения (87,3%), в то время как у хоккеистов доминируют бесконтактные травмы (69,7%, $p<0,001$), что необходимо учитывать при разработке профилактических программ.

Обстоятельства получения травм также имеют статистически значимые различия: футболисты чаще травмируются во время тренировочного процесса (59,5% против 31,6% у хоккеистов), в то время как у хоккеистов значительную долю составляют травмы, полученные в быту (26,3% против 0% у футболистов, $p<0,001$), что требует дифференцированного подхода к планированию реабилитационных мероприятий.

Установленные особенности структуры травматизма коленного сустава в различных видах спорта свидетельствуют о необходимости разработки специфических алгоритмов диагностики, лечения и профилактики с учетом вида спортивной деятельности, игрового амплуа спортсмена и характерных механизмов травматизации.

При попытке выявить и систематизировать стереотипные двигательные паттерны, используемые спортсменами для невербальной индикации локализации и предполагаемого характера дисфункции или болевого синдрома в области коленного сустава были определены четыре основных стереотипных двигательных паттерна: «симптом линии/триггерного тяжа» (42,1%), «симптом открытой ладони» (28,1%), «симптом пальца» (18,3%) и «симптом закрытой ладони» (11,5%).

Установлено наличие статистически значимой корреляции между типом повреждения коленного сустава и демонстрируемым двигательным паттерном ($\chi^2 = 208,99$, $p < 0,00001$, V Крамера = 0,501), что свидетельствует о высокой диагностической значимости выявленных паттернов.

Определены специфические взаимосвязи между типами повреждений и характерными паттернами: повреждения менисков ассоциированы с «симптомом линии/триггерного тяжа» (58,1-63,6%), тендинопатии сухожилия надколенника и синдром илиотибиального тракта – с «симптомом пальца» (85,7-88,9%), остеоартроз – с «симптомом открытой ладони» (85,0%), повреждения ПКС характеризуются сочетанием «симптома открытой ладони» (39,4%) и «симптома закрытой ладони» (38,0%).

Выявлены характерные второстепенные двигательные паттерны: «симптом боли в средней или крайней позиции при сгибании» специфичен для повреждений ПКС (47,9%) и менисков (16,1-20,5%), «симптом боли в средней или крайней позиции при разгибании» – для пателлофemorального болевого синдрома (32,1%) и хондромалиции надколенника (20,0%), «симптом стартовой боли при разгибании» наблюдается исключительно при патологии сухожилия надколенника (22,2%).

Систематизированные стереотипные двигательные паттерны могут быть использованы в качестве дополнительного диагностического инструмента при клиническом обследовании спортсменов с патологией коленного сустава, что позволяет повысить точность первичной диагностики и оптимизировать выбор инструментальных методов верификации.

Определено, что метод проприорецептивной ортодиагностики демонстрирует высокую диагностическую информативность при травмах коленного сустава, что подтверждается статистически значимыми корреляциями между типом повреждения и характерными стереотипными двигательными паттернами, а также высокими показателями чувствительности и специфичности для ряда патологий.

Сравнительный анализ диагностической эффективности выявил выраженную нозологическую специфичность отдельных стереотипных двигательных паттернов: «симптом линии/тяжа вдоль суставной щели» характерен для повреждений менисков (чувствительность 58,1-61,4%, специфичность 91,4-93,9%), «симптом пальца» – для тендинопатии сухожилия надколенника и синдрома илиотибиального тракта (чувствительность 85,0-88,9%, специфичность 84,3-86,3%), «симптом открытой ладони» – для остеоартроза (чувствительность 85,0%, специфичность 90,1%).

Метод проприорецептивной ортодиагностики обладает наибольшей диагностической ценностью по сравнению со стандартными клиническими тестами при синдроме илиотибиального тракта (AUC 0,847 против 0,549, $p < 0,001$) и патологиях пателлофemorального сустава (AUC 0,719 против 0,581 для ПФБС, $p = 0,006$), что объясняется низкой чувствительностью стандартных тестов при данных нозологиях.

Комбинированное применение стандартных клинических тестов и анализа стереотипных двигательных паттернов обеспечивает статистически значимое повышение диагностической точности для всех исследуемых патологий коленного сустава, что подтверждается значениями AUC комбинированных моделей (0,752-0,967) по сравнению с моделями, основанными только на клинических тестах (0,549-0,944, $p < 0,05$ для всех сравнений).

У значительной доли пациентов с отрицательными результатами стандартных клинических тестов выявляются положительные стереотипные двигательные паттерны: при синдроме илиотибиального тракта – 75,0%, при ПФБС – 50,0%, при хондромалии надколенника – 40,0%, что свидетельствует о высокой комплементарной ценности метода проприорецептивной ортодиагностики в выявлении «скрытых» случаев патологии и обосновывает целесообразность его включения в алгоритмы обследования спортсменов с травмами коленного сустава.

Установлена статистически значимая корреляционная связь между характером проприорецептивной локализации боли и типом повреждения

коленного сустава ($\chi^2 = 311,56$, $p < 0,001$, V Крамера = 0,54), что подтверждает высокую специфичность субъективной индикации болевого синдрома при различных нозологических формах.

Выявлена достоверная ассоциация между степенью тяжести повреждения и характером локализации боли ($\chi^2=91,34$, $p < 0,001$, V Крамера=0,49), проявляющаяся в прогрессирующей трансформации локализованного паттерна боли в диффузный с увеличением степени тяжести повреждения, что наиболее выражено при повреждениях медиального мениска (диффузная локализация возрастает с 3.8% при 1 степени до 38.9% при 2 степени) и медиальной коллатеральной связки (с 0% до 100% соответственно).

Подтверждено наличие высокодостоверного влияния как типа повреждения ($F=37,85$, $p < 0,001$), так и степени его тяжести ($F= 67,23$, $p < 0,001$) на интенсивность болевого синдрома при всех функциональных состояниях с существенной вариабельностью данного эффекта в зависимости от локализации повреждения, что подтверждается значимым взаимодействием факторов типа и степени тяжести повреждения ($F=8,14$, $p < 0,001$).

Определены характерные паттерны болевого синдрома для основных типов повреждений коленного сустава: патологии пателлофemorального комплекса характеризуются исключительно острой болью (100% случаев); остеоартроз проявляется только тупой болью (100%); повреждения ПКС ассоциируются с разнообразным спектром болевых ощущений с преобладанием тупой (42,6%) и ноющей (30,9%) боли; при повреждениях медиальной коллатеральной связки наблюдается бимодальное распределение с равной частотой острой и стреляющей боли (по 42,9%).

Проприорецептивная точность локализации боли при начальных стадиях патологического процесса демонстрирует высокую нозологическую специфичность, варьирующую от 68,4% точных локализаций при повреждениях ПКС до 100% при хондромалиции надколенника, что свидетельствует о высоком диагностическом потенциале проприорецептивной локализации боли на ранних стадиях патологического процесса.

Проведенное исследование впервые позволило научно обосновать и систематизировать метод проприорецептивной ортодиагностики повреждений коленного сустава у спортсменов, выявив высокосвязанные корреляции между стереотипными двигательными паттернами и типом повреждения, что существенно повышает точность топической диагностики без дополнительных затрат и инвазивных вмешательств, особенно в случаях, когда стандартные клинические тесты демонстрируют низкую чувствительность, позволяя оптимизировать диагностический алгоритм, сократить время постановки диагноза и улучшить результаты лечебно-реабилитационных мероприятий.

ВЫВОДЫ

1. Анализ структуры травматических повреждений коленного сустава у спортсменов высококонтактных игровых видов спорта показал доминирование повреждений передней крестообразной связки (25%), менисков (27% суммарно) и пателлофemorального комплекса (15,4%), с достоверными межвидовыми различиями: футболисты чаще подвержены контактными повреждениями передней крестообразной связки (42,1% против 16,4%, $p < 0,001$), преимущественно на тренировках, тогда как у хоккеистов преобладают бесконтактные травмы с более высокой частотой пателлофemorального болевого синдрома (15,8% против 4,0%, $p = 0,001$) и остеоартроза (11,2% против 3,2%, $p = 0,009$).

2. Выявлены и систематизированы основные стереотипные двигательные паттерны, используемые спортсменами для невербальной индикации локализации боли в коленном суставе («симптом линии/триггерного тяжа» – 42,1%, «симптом открытой ладони» – 28,1%, «симптом пальца» – 18,3%, «симптом закрытой ладони» – 11,5%), установлена их высокая корреляция с типом повреждения ($\chi^2 = 208,99$, $p < 0,00001$, V Крамера = 0,501) и доказана специфичность определенных паттернов для конкретных нозологий: повреждения менисков ассоциированы с «симптомом линии/триггерного тяжа» (58,1-63,6%), тендинопатии – с «симптомом пальца» (85,7-88,9%), остеоартроз – с «симптомом открытой ладони» (85,0%), что может служить дополнительным диагностическим инструментом при клиническом обследовании.

3. Исследование диагностической информативности метода проприорецептивной ортодиагностики у спортсменов с травмами коленного сустава выявило статистически достоверную корреляцию между типами повреждений и специфическими двигательными паттернами, при этом метод продемонстрировал высокую диагностическую точность при синдроме илиотибиального тракта ($AUC = 0,847$ против 0,549 у клинических тестов, $p < 0,001$).

и патологиях пателлофemorального сустава ($AUC=0,719$ против $0,581$, $p=0,006$), а комбинация с традиционными клиническими тестами позволила значительно повысить диагностическую эффективность для всех исследуемых патологий (AUC комбинированных моделей $0,752-0,967$), особенно у пациентов с отрицательными результатами стандартного тестирования ($75,0\%$ случаев при синдроме илиотибиального тракта, $50,0\%$ при пателлофemorальном болевом синдроме).

4. Установлены статистически значимые корреляционные связи между характеристиками проприорецептивной локализации боли и параметрами повреждений коленного сустава: характер боли высоко коррелирует с типом повреждения ($\chi^2 = 311,56$, $p<0,001$, V Крамера = $0,54$) с формированием нозологически специфичных болевых паттернов (острая боль при пателлофemorальной патологии – 100% , тупая при остеоартрозе – 100% , гетерогенный паттерн при повреждениях передней крестообразной связки), точность локализации достоверно ассоциирована со степенью тяжести повреждения ($\chi^2 = 91,34$, $p<0,001$, V Крамера = $0,49$) с трансформацией от точечной к диффузной локализации при прогрессировании патологии, а интенсивность болевого синдрома значимо зависит как от типа ($F = 37,85$, $p<0,001$), так и от степени тяжести повреждения ($F = 67,23$, $p<0,001$) с наиболее выраженной градацией при повреждениях медиального мениска.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении первичного осмотра спортсмена с травмой коленного сустава следует уделять особое внимание невербальным двигательным паттернам, которыми он демонстрирует локализацию болевого синдрома. Для этого рекомендуется предоставить спортсмену возможность самостоятельно указать на область боли, не прерывая его и фиксируя характер используемых движений.

2. В клинической практике целесообразно использовать следующую классификацию стереотипных двигательных паттернов: «симптом линии/триггерного тяжа» (продольное поверхностное касание) – специфичен для повреждений менисков; «симптом открытой ладони» (поверхностное поглаживание) – характерен для остеоартроза; «симптом пальца» (локальная пальпация с компрессией) – типичен для тендинопатии сухожилия надколенника и синдрома илиотибиального тракта; «симптом закрытой ладони» (фиксация и компрессия) – часто встречается при повреждениях передней крестообразной связки.

3. Для повышения диагностической точности рекомендуется использовать комбинации стандартных клинических тестов и стереотипных двигательных паттернов: при подозрении на повреждение передней крестообразной связки: тест Лахмана + «симптом закрытой ладони»; при подозрении на повреждение медиального мениска: тест Тессали + «симптом линии/тяжа вдоль суставной щели»; при подозрении на синдром илиотибиального тракта: «симптом пальца» + тест Обера; при подозрении на тендинопатию надколенника: тест «колена прыгуна» + «симптом пальца».

4. При интерпретации характера боли учитывать нозологическую специфичность болевых паттернов: острая боль характерна для патологий пателлофemorального комплекса; тупая боль типична для остеоартроза; ноющая или тупая боль наблюдается при повреждениях передней крестообразной связки;

острая или стреляющая боль свойственна повреждениям медиальной коллатеральной связки.

5. При оценке точности локализации боли необходимо учитывать степень тяжести повреждения: с увеличением тяжести повреждения отмечается трансформация точечной локализации в диффузную, особенно при повреждениях медиального мениска.

6. При диагностике травм коленного сустава у футболистов особое внимание следует уделять контактным механизмам травматизации с акцентом на выявление повреждений передней крестообразной связки, применяя комбинации «симптома открытой ладони» и «симптома закрытой ладони».

7. У хоккеистов фокус диагностического поиска следует смещать в сторону бесконтактных травм с повышенным вниманием к пателлофemorальному болевому синдрому и остеоартрозу.

8. Рекомендуется оценивать интенсивность болевого синдрома в трех функциональных состояниях (покой, ходьба, специфическая нагрузка), учитывая, что резкое увеличение болевого синдрома при специфической нагрузке характерно для хондромалиции надколенника.

9. При выявлении «симптома боли в средней или крайней позиции при сгибании» следует в первую очередь исключать повреждения передней крестообразной связки и менисков, в то время как наличие «симптома боли в средней или крайней позиции при разгибании» требует прицельной диагностики пателлофemorального болевого синдрома и хондромалиции надколенника.

10. Выявление «симптома стартовой боли при разгибании» должно рассматриваться как высокоспецифичный признак патологии сухожилия надколенника, требующий проведения целенаправленной ультразвуковой или МРТ-диагностики данного анатомического региона.

11. При обследовании спортсменов с хронической патологией коленного сустава (особенно остеоартрозом) следует учитывать возможность диссоциации между визуализационными находками и проприорецептивной локализацией боли, что требует комплексного анализа клинической картины.

12. Для персонализации программ реабилитации спортсменов с травмами коленного сустава рекомендуется использовать выявленные стереотипные двигательные паттерны как индикаторы эффективности восстановительных мероприятий, оценивая их трансформацию от диффузных к более локализованным в процессе лечения.

13. При диагностике повреждений коленного сустава у спортсменов-любителей и у спортсменов высокой квалификации рекомендуется учитывать различия в точности проприорецептивной локализации боли, обусловленные разным уровнем кинестетической чувствительности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАШ – визуально-аналоговая шкала

КМС – кандидат в мастера спорта

МКС – медиальная коллатеральная связка

МРТ – магнитно-резонансная томография

МС – мастер спорта

МСМК – мастер спорта международного класса

ОА – остеоартроз

ПКС – передняя крестообразная связка

ПФБС – пателлофemorальный болевой синдром

СДП – стереотипный двигательный паттерн

УЗИ – ультразвуковое исследование

ЦНС – центральная нервная система

Асс – точность (Accuracy)

AUC – Area Under Curve (площадь под ROC-кривой)

df – число степеней свободы (degrees of freedom)

LR- – отрицательное отношение правдоподобия (Likelihood Ratio negative)

LR+ – положительное отношение правдоподобия (Likelihood Ratio positive)

M \pm SD – среднее значение \pm стандартное отклонение

NPV – отрицательная прогностическая ценность (Negative Predictive Value)

p-value – уровень значимости (вероятность ошибки)

PPV – положительная прогностическая ценность (Positive Predictive Value)

ROC – Receiver Operating Characteristic (рабочая характеристика приёмника)

Se – чувствительность (Sensitivity)

Sp – специфичность (Specificity)

χ^2 – хи-квадрат (статистический критерий)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азимова А.А. Повреждения мягкотканых структур коленного сустава и ультразвуковое исследование / А.А. Азимова, Д.И. Маликов // Молодежный инновационный вестник. – 2022. – Т. 11. – № 2. – С. 10-13.
2. Алексеева Н.Д. Профилактика травм коленного сустава у горнолыжников 14-15 лет / Н.Д. Алексеева, Н.А. Зиновьев, А.С. Смирнов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 3 (229). – С. 18-22.
3. Аль-Бшени Ф.А.М. Методика увеличения двигательной активности спортсменов государства Ливия с утраченной подвижностью коленного сустава средствами физической культуры / Аль-Бшени Ф.А.М., А.А. Михеев // Здоровье для всех. – 2021. – № 1. – С. 37-47.
4. Аль-Джабери А.С. Эффективность четырехнедельной программы, направленной на понижение баллов в системе оценки ошибок в приземлении, как показатель профилактики травматизма коленного сустава у юных футболистов / Аль-Джабери А.с. // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4 (30).
5. Атагелдиев М. Травматизм во время занятия спортом на примере разрыва передней крестообразной связки / М. Атагелдиев // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 111-5. – С. 30-34.
6. Ахпашев А.А. Нестабильность коленного сустава до и после реконструкции передней крестообразной связки по данным анкетирования / А.А. Ахпашев, Д.В. Скворцов // Клиническая практика. – 2023. – Т. 14. – № 3. – С. 20-26.
7. Бабакина К.М. Лечебная физическая культура и массаж при травмах коленного сустава у баскетболистов в постиммобилизационном периоде / К.М. Бабакина, И.Н. Минка // Вестник научного общества студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2022. – № 1. – С. 4-9.

8. Байзаков А.Р. Клиническое наблюдение: спортивная травма, как причина застарелого повреждения мениска / А.Р. Байзаков, У.А. Абдуразаков, Е.Н. Набиев // Наука и здравоохранение. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 217-224.
9. Васильев В.А. Особенности построения тренировочных программ в реабилитации травм коленного сустава / В.А. Васильев // Вестник доказательной медицины. – 2022. – № 1. – С. 11-12.
10. Гаджиева А.С. Спортивный травматизм: влияние вида спорта на частоту и характер повреждений / А.С. Гаджиева, Х.А. Мугутдинова, Ш.С. Довудов // Тверской медицинский журнал. – 2024. – № 5. – С. 58-64.
11. Гимадиева К.М. Факторы риска, приводящие к травмам связочного аппарата коленного сустава в баскетболе: обзор литературы / К.М. Гимадиева, Н.В. Лунина // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2023. – Т. 2. – № 2 (6).
12. Горбунова С.А. Травмы коленного сустава в спорте / С.А. Горбунова. – Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2021. – С. 15-16.
13. Деулина Л.Е. Боль и ее значение в жизни человека / Л.Е. Деулина, Е.И. Хасаева // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 46. – С. 2166-2171.
14. Динамическое ультразвуковое исследование медиопателлярной синовиальной складки коленного сустава / Н.А. Еськин [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2021. – Т. 28. – № 3. – С. 37-45.
15. Жук Е.В. Клиническая диагностика латеральной нестабильности надколенника / Е.В. Жук // Военная медицина. – 2015. – № 4 (37). – С. 107-109.
16. Значимость скринингового ультразвукового исследования коленных суставов у исполнителей современных танцев / Е.Е. Атлас (Алергантова) [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2022. – Т. 29. – № 4. – С. 95-98.
17. Иванов В.А. Разрыв заднего рога медиального мениска коленного сустава / В.А. Иванов, А.Г. Руденко // Интегративные тенденции в медицине и образовании. – 2024. – Т. 4. – С. 119-122.

18. Карева Н.А. Баланс-тренинг для развития проприоцепции у футболистов в восстановительном периоде после травм и операций на нижних конечностях / Н.А. Карева // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5. – № 4 (17).

19. Каушик А. Биомеханические особенности коленных суставов и тренировка мышц сгибателей / А. Каушик // Студенческая наука и XXI век. – 2021. – Т. 18. – № 1-1 (21). – С. 30-32.

20. Кирпичев И.В. Оценка ходьбы при застарелых травмах менисков коленного сустава с использованием технологии инерциальных сенсоров / И.В. Кирпичев, С.В. Королева (Веселова), М.С. Графинин // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 2. – С. 78.

21. Консервативное лечение острых повреждений задней крестообразной связки у спортсменов / А.Р. Зарипов [и др.] // Научно-практическая ревматология. – 2022. – Т. 60. – № 2. – С. 228-232.

22. Кутлубаев Ф.Г. Магнитно-резонансная томография как метод ранней диагностики обратимого асептического некроза мышечков бедренной кости и медиальных отделов эпифиза большеберцовой кости: клинический случай / Ф.Г. Кутлубаев, Т.В. Быков, В.И. Студёнов // Оренбургский медицинский вестник. – 2022. – Т. 10. – № 4 (40). – С. 50-55.

23. Ложкин В.О. Анализ средств и методов физической реабилитации хоккеистов после повреждений коленного сустава / В.О. Ложкин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 10-3 (97). – С. 252-255.

24. Ложкин В.О. Оценка качества жизни хоккеистов в периоде реабилитации после травмы коленного сустава / В.О. Ложкин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 10-3 (97). – С. 249-251.

25. Мазуров В.И. Дифференциальная диагностика при остром суставном синдроме (лекция) / В.И. Мазуров, А.М. Лиля, А.С. Повзун // Вестник Северо-западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2012. – Т. 4. – № 3. – С. 87-98.

26. Маликова Л.А. Психологические факторы, обуславливающие успешность реабилитации спортсменов с травмами конечностей / Л.А. Маликова, Ю.В. Байковский // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2023. – Т. 11. – № 1 (40). – С. 72-82.
27. Механизм повреждения коленного сустава при прыжках в длину с места / А.А. Акопян [и др.] // Forcipe. – 2022. – Т. 5. – № S3. – С. 55-56.
28. Оруджов Х.Г. Восстановления спортивной работоспособности у спортсменов после травмы коленного сустава / Х.Г. Оруджов // Научный альманах. – 2024. – № 1-4 (111). – С. 57-60.
29. Отёкоподобные повреждения: по данным магнитно-резонансной томографии коленного сустава у спортсменов высокой квалификации / М.Н. Величко [и др.] // Медицина Катастроф. – 2022. – Отёкоподобные повреждения. – № 2. – С. 42-46.
30. Пивненко И.А. Классификация травм коленных суставов и их спортивная профилактика / И.А. Пивненко, С.К. Золотарёв // Вестник науки. – 2023. – Т. 3. – № 11 (68). – С. 1087-1093.
31. Повреждения задней крестообразной связки: биомеханика, основные направления диагностики, лечения и профилактики вторичного остеоартрита / А.В. Королев [и др.] // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26. – № 3. – С. 413-419.
32. Реабилитация спортсменов после травм коленного сустава / М.Б. Бойкова [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 10 (212). – С. 31-35.
33. Результаты лечения пациентов с травмами коленного сустава / Е.Н. Набиев [и др.] // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2021. – № 3. – С. 162-165.
34. Ротов Е.П. Применение комплекса ЛФК при травме коленного сустава / Е.П. Ротов, К.И. Мансуров // Инновационные научные исследования. – 2021. – № 6-1 (8). – С. 168-174.
35. Рябчиков И.В. Оптимизация тактики консервативного лечения пациентов с повреждениями менисков коленного сустава / И.В. Рябчиков, Ф.

Мохаммад // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 6. – С. 153.

36. Снижение рисков возникновения травм коленного сустава спортсменов на основе анализа и систематизации данных литературных источников / А.Э. Болотин [и др.] // Культура физическая и здоровье. – 2024. – № 3 (91). – С. 403-408.

37. Современные возможности лучевой диагностики заболеваний суставов. Магнитно-резонансные исследования травматического повреждения коленного сустава / А.М. Филимонова [и др.] // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2023. – Т. 25. – № 10. – С. 136-147.

38. Травмы коленного сустава в структуре травматизма у спортсменов высших достижений / В.В. Петрова [и др.] // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. – 2024. – № 3. – С. 43-49.

39. Травмы коленного сустава в структуре травматизма у спортсменов высших достижений / В.В. Петрова [и др.] // Медицинский алфавит. – 2024. – № 25. – С. 98-102.

40. Ультразвуковое исследование в диагностике повреждений области коленного сустава / Н.О. Каллаев [и др.] // Национальная ассоциация ученых. – 2022. – № 84-1. – С. 29-33.

41. Ультразвуковое исследование при повреждении мягко тканых структур коленного сустава / У.Б. Сафаров [и др.]. – Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2024. – С. 230-232.

42. Ульянов И.В. Ранняя послеоперационная реабилитация пациентов после аутопластики задней крестообразной связки (ЗКС) / И.В. Ульянов, Ю.А. Шумкин // Вестник науки. – 2023. – Т. 1. – № 4 (61). – С. 405-408.

43. Юрлова Ю.А. Консервативное лечение травмы боковых коллатеральных связок коленного сустава / Ю.А. Юрлова, С.В. Дианов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4-2 (106). – С. 192-196.

44. Юсифов Я.Э. Значимость вариативной иннервации коленного сустава в артроскопической пластике передней и задней крестообразных связок / Я.Э. Юсифов, С.В. Бонцевич // Астраханский медицинский журнал. – 2022. – Т. 17. – № 2. – С. 91-95.
45. A Comparative Study of Knee Joint Proprioception Assessment in 12-Week Postpartum Women and Nulliparous Women / G.R. Ratnani [и др.] // Cureus. – 2023. – Vol. 15. – № 11. – P. e48101.
46. A Cross-Sectional Study of Retired Great British Olympians (Berlin 1936-Sochi 2014): Olympic Career Injuries, Joint Health in Later Life, and Reasons for Retirement from Olympic Sport / D.J. Cooper [и др.] // Sports Medicine - Open. – 2021. – Vol. 7. – A Cross-Sectional Study of Retired Great British Olympians (Berlin 1936-Sochi 2014). – № 1. – P. 54.
47. A modified anterior drawer test for anterior cruciate ligament ruptures / G.-L. Zhao [и др.] // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2021. – Vol. 16. – № 1. – P. 260.
48. A multicomponent neuromuscular warm-up program reduces lower-extremity injuries in trained basketball players: a cluster randomized controlled trial / E. Stojanović [и др.] // The Physician and Sportsmedicine. – 2023. – Vol. 51. – A multicomponent neuromuscular warm-up program reduces lower-extremity injuries in trained basketball players. – № 5. – P. 463-471.
49. A prospective epidemiologic study of injuries and illnesses in the football matches of the 14th National Student Games of China / J. Wang [и др.] // Science & Medicine in Football. – 2024. – P. 1-7.
50. A Scoping Review of Injuries in Amateur and Professional Men's Ice Hockey / P.F. Szukics [и др.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2022. – Vol. 10. – № 4. – P. 23259671221085968.
51. A Systematic Review of the Variation in Pain Catastrophizing Scale Reference Scores Based on Language Version and Country in Patients with Chronic Primary (Non-specific) Pain / K. Hayashi [и др.] // Pain and Therapy. – 2022. – Vol. 11. – № 3. – P. 753-769.

52. Abdollahi S. Sport-related injuries in Iranian basketball players: evidence from a retrospective epidemiologic study (2019-20) / S. Abdollahi, R. Sheikhhoseini // The Physician and Sportsmedicine. – 2022. – Vol. 50. – Sport-related injuries in Iranian basketball players. – № 5. – P. 406-413.

53. Acute knee trauma: role of ultrasound / O. Bonnefoy [и др.] // European Radiology. – 2006. – Vol. 16. – Acute knee trauma. – № 11. – P. 2542-2548.

54. Advanced MRI Approaches for Evaluating Common Lower Extremity Injuries in Basketball Players: Current and Emerging Techniques / E.B. Rubin [и др.] // Journal of magnetic resonance imaging: JMRI. – 2024. – Vol. 59. – Advanced MRI Approaches for Evaluating Common Lower Extremity Injuries in Basketball Players. – № 6. – P. 1902-1913.

55. After revision anterior cruciate ligament reconstruction, who returns to sport? A systematic review and meta-analysis / A. Grassi [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2015. – Vol. 49. – After revision anterior cruciate ligament reconstruction, who returns to sport? – № 20. – P. 1295-1304.

56. Anterior cruciate ligament injury risk factors in football / G.N. Bisciotti [и др.] // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2019. – Vol. 59. – № 10. – P. 1724-1738.

57. Argoff C.E. Central Neuropathic Pain / C.E. Argoff // Continuum (Minneapolis, Minn.). – 2024. – Vol. 30. – № 5. – P. 1381-1396.

58. Arthroscopic evaluation of the accuracy of clinical examination versus MRI in diagnosing meniscus tears and cruciate ligament ruptures / A.M. Navali [и др.] // Archives of Iranian Medicine. – 2013. – Vol. 16. – № 4. – P. 229-232.

59. Bäckryd E. What do we mean by «mechanism» in pain medicine? / E. Bäckryd // Scandinavian Journal of Pain. – 2023. – Vol. 23. – № 1. – P. 1-2.

60. Bianco L. Conservative Approach to Treating American Football Players With Medial Collateral Ligament Grade 2 Sprain During the Season / L. Bianco, E. Jahn, S. Renninger // Journal of Sport Rehabilitation. – 2023. – Vol. 32. – № 8. – P. 920-925.

61. Biopsychosocial Experiences of Elite Athletes Retiring From Sport for Career-Ending Injuries: A Critically Appraised Topic / H.S. Moore [и др.] // Journal of Sport Rehabilitation. – 2022. – Vol. 31. – Biopsychosocial Experiences of Elite Athletes Retiring From Sport for Career-Ending Injuries. – № 8. – P. 1095-1099.
62. Bizzini M. Lateral meniscus repair in a professional ice hockey goaltender: a case report with a 5-year follow-up / M. Bizzini, M. Gorelick, T. Drobny // The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. – 2006. – Vol. 36. – Lateral meniscus repair in a professional ice hockey goaltender. – № 2. – P. 89-100.
63. Carboch J. Incidence of injuries and their prevention in Czech ice hockey players / J. Carboch, P. Pravečková, M. Štefka // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2024.
64. Cattaneo M. What is the Injury Incidence and Profile in Professional Male Ice Hockey? A Systematic Review / M. Cattaneo, C. Ramponi, K. Thorborg // International Journal of Sports Physical Therapy. – 2024. – Vol. 19. – What is the Injury Incidence and Profile in Professional Male Ice Hockey? – № 1. – P. 1398-1409.
65. Characterization of Ankle Injuries and Associated Risk Factors in the National Basketball Association: Minutes Per Game and Usage Rate Associated With Time Loss / S.V. Tummala [и др.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2023. – Vol. 11. – Characterization of Ankle Injuries and Associated Risk Factors in the National Basketball Association. – № 7. – P. 23259671231184459.
66. Clinical and Functional Outcome of Meniscal Injuries Treated with Platelet-Rich Plasma: A Single-Center Case Series / I. Medina-Porqueres [и др.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19. – Clinical and Functional Outcome of Meniscal Injuries Treated with Platelet-Rich Plasma. – № 12. – P. 7118.
67. Clinical versus MRI grading of the medial collateral ligament in acute knee injury / J.S. Brown [и др.] // Research in Sports Medicine (Print). – 2024. – Vol. 32. – № 1. – P. 12-16.

68. Common Ice Hockey Injuries and Treatment: A Current Concepts Review / W. Mosenthal [и др.] // *Current Sports Medicine Reports*. – 2017. – Vol. 16. – Common Ice Hockey Injuries and Treatment. – № 5. – P. 357-362.

69. Comparative effects of fascial distortion model with and without neuromuscular inhibition technique on pain, range of motion and quality of life in patients with piriformis syndrome / Z. Aroob [и др.] // *Disability and Rehabilitation*. – 2025. – Vol. 47. – № 9. – P. 2378-2383.

70. [Comparison of multislice spiral CT and MRI in diagnosis of occult fracture of knee joint with meniscus and ligament injury] / Q.-L. Ye [и др.] // *Zhongguo Gu Shang = China Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – 2022. – Vol. 35. – № 10. – P. 967-970.

71. Core Muscle Injury Producing Groin Pain in the Athlete: Diagnosis and Treatment / S. Mullen [и др.] // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2023. – Vol. 31. – Core Muscle Injury Producing Groin Pain in the Athlete. – № 11. – P. 549-556.

72. Correlation of eccentric strength of the knee extensors and knee proprioception with dynamic postural control / J. Jeon [и др.] // *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. – 2022. – Vol. 35. – № 2. – P. 309-316.

73. Cost and Treatment Characteristics of Sport-Related Knee Injuries Managed by Athletic Trainers: A Report From the Athletic Training Practice-Based Research Network / K.C. Lam [и др.] // *Journal of Athletic Training*. – 2021. – Vol. 56. – Cost and Treatment Characteristics of Sport-Related Knee Injuries Managed by Athletic Trainers. – № 8. – P. 922-929.

74. Costs and models used in the economic analysis of Total Knee Replacement (TKR): A systematic review / N. Gandhi [и др.] // *PloS One*. – 2023. – Vol. 18. – Costs and models used in the economic analysis of Total Knee Replacement (TKR). – № 7. – P. e0280371.

75. Costs resulting from nonprofessional soccer injuries in Switzerland: A detailed analysis / A. Gebert [и др.] // *Journal of Sport and Health Science*. – 2020. –

Vol. 9. – Costs resulting from nonprofessional soccer injuries in Switzerland. – № 3. – P. 240-247.

76. Cresswell T. Injury epidemiology in international basketball: a six-season study of the Great Britain men's basketball team / T. Cresswell, C. Barden // *The Physician and Sportsmedicine*. – 2025. – Injury epidemiology in international basketball. – P. 1-8.

77. Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction / M.A. Risberg [и др.] // *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. – 2001. – Vol. 31. – № 11. – P. 620-631.

78. Determining the Roles of the Anterior Cruciate Ligament, Posterolateral Corner, and Medial Collateral Ligament in Knee Hyperextension Using the Heel-Height Test / A.K. Perry [и др.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 10. – № 4. – P. 23259671221086669.

79. Diagnostic accuracy of lever sign test in acute and chronic ACL injuries / S. Avasthi [и др.] // *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. – 2024. – Vol. 52. – P. 102427.

80. Diagnostic Accuracy of MRI in Knee Meniscus Tear and ACL Injury / X. Zhang [и др.] // *Alternative Therapies in Health and Medicine*. – 2024. – Vol. 30. – № 2. – P. 136-139.

81. Diagnostic accuracy of point-of-care knee ultrasound for evaluation of meniscus and collateral ligaments pathology in comparison with MRI / A. Elshimy [и др.] // *Acta Radiologica (Stockholm, Sweden: 1987)*. – 2023. – Vol. 64. – № 7. – P. 2283-2292.

82. Distal Medial Collateral Ligament Grade III Injuries in Collegiate Football Players: Operative Management, Rehabilitation, and Return to Play / J. Acevedo [и др.] // *Journal of Athletic Training*. – 2021. – Vol. 56. – Distal Medial Collateral Ligament Grade III Injuries in Collegiate Football Players. – № 6. – P. 565-571.

83. Double-Leg and Single-Leg Jump Test Reference Values for Athletes With and Without Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Who Play Popular Pivoting Sports, Including Soccer and Basketball: A Scoping Review / N. van Melick [и др.] //

The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. – 2024. – Vol. 54. – Double-Leg and Single-Leg Jump Test Reference Values for Athletes With and Without Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Who Play Popular Pivoting Sports, Including Soccer and Basketball. – № 6. – P. 377-390.

84. Effect of strength training on knee proprioception in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis / F. Guede-Rojas [и др.] // Sports Medicine and Health Science. – 2024. – Vol. 6. – Effect of strength training on knee proprioception in patients with knee osteoarthritis. – № 2. – P. 101-110.

85. Effects of elastic kinesiology taping on shoulder proprioception: a systematic review / A.L. Ager [и др.] // Brazilian Journal of Physical Therapy. – 2023. – Vol. 27. – Effects of elastic kinesiology taping on shoulder proprioception. – № 3. – P. 100514.

86. Effects of fatigue on knee proprioception / P.J. Lattanzio [и др.] // Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. – 1997. – Vol. 7. – № 1. – P. 22-27.

87. Effects of Innovative Aquatic Proprioceptive Training on Knee Proprioception in Athletes with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial / E. Hajouj [и др.] // The Archives of Bone and Joint Surgery. – 2021. – Vol. 9. – Effects of Innovative Aquatic Proprioceptive Training on Knee Proprioception in Athletes with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. – № 5. – P. 519-526.

88. Effects of Photobiomodulation on Pain and Return to Play of Injured Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis / R.M. Morgan [и др.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2024. – Vol. 38. – Effects of Photobiomodulation on Pain and Return to Play of Injured Athletes. – № 6. – P. e310-e319.

89. Effects of proprioceptive training on sports performance: a systematic review / O. Yılmaz [и др.] // BMC sports science, medicine & rehabilitation. – 2024. – Vol. 16. – Effects of proprioceptive training on sports performance. – № 1. – P. 149.

90. Effects of the Competitive Season and Off-Season on Knee Articular Cartilage in Collegiate Basketball Players Using Quantitative MRI: A Multicenter Study / E.B. Rubin [и др.] // Journal of magnetic resonance imaging: JMRI. – 2021. – Vol. 54. – Effects of the Competitive Season and Off-Season on Knee Articular Cartilage in Collegiate Basketball Players Using Quantitative MRI. – № 3. – P. 840-851.

91. Efficacy of Fascial Distortion Model Treatment for Acute, Nonspecific Low-Back Pain in Primary Care: A Prospective Controlled Trial / D. Richter [и др.] // Alternative Therapies in Health and Medicine. – 2017. – Vol. 23. – Efficacy of Fascial Distortion Model Treatment for Acute, Nonspecific Low-Back Pain in Primary Care. – № 5. – P. AT5522.

92. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes / C.C.H. Lai [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2018. – Vol. 52. – Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction. – № 2. – P. 128-138.

93. Enhanced proprioceptive acuity at the knee in the competitive athlete / C.A. Courtney [и др.] // The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. – 2013. – Vol. 43. – № 6. – P. 422-426.

94. Epidemiology of Injuries in Olympic Sports / C. Lambert [и др.] // Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin. – 2024. – Vol. 38. – № 1. – P. 18-26.

95. Epidemiology With Video Analysis of Knee Injuries in the Women's National Basketball Association / K. Axelrod [и др.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2022. – Vol. 10. – № 9. – P. 23259671221120832.

96. Female athletes explicitly gesture in emotional situations / Y. Adams [и др.] // Frontiers in Psychology. – 2024. – Vol. 15. – P. 1526542.

97. Financial burden of anterior cruciate ligament reconstructions in football (soccer) players: an Australian cost of injury study / A.G. Ross [и др.] // Injury Prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury

Prevention. – 2023. – Vol. 29. – Financial burden of anterior cruciate ligament reconstructions in football (soccer) players. – № 6. – P. 474-481.

98. Football-related injuries are the major reason for the career end of professional male football players / M. Koch [и др.] // Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA. – 2021. – Vol. 29. – № 11. – P. 3560-3568.

99. Four distinct patterns of anterior cruciate ligament injury in women's professional football (soccer): a systematic video analysis of 37 match injuries / L. Achenbach [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2024. – Vol. 58. – Four distinct patterns of anterior cruciate ligament injury in women's professional football (soccer). – № 13. – P. 709-716.

100. Friedman L. Ultrasound of the knee / L. Friedman, K. Finlay, E. Jurriaans // Skeletal Radiology. – 2001. – Vol. 30. – № 7. – P. 361-377.

101. Fullenkamp A.J. The Fascial Distortion Model in Military Aircrew with Chronic Neck Pain: A Case Study / A.J. Fullenkamp // Military Medicine. – 2025. – Vol. 190. – The Fascial Distortion Model in Military Aircrew with Chronic Neck Pain. – № 1-2. – P. e421-e425.

102. Furley P. Nonverbal behavior in soccer: the influence of dominant and submissive body language on the impression formation and expectancy of success of soccer players / P. Furley, M. Dicks, D. Memmert // Journal of Sport & Exercise Psychology. – 2012. – Vol. 34. – Nonverbal behavior in soccer. – № 1. – P. 61-82.

103. Furley P. Coding Body Language in Sports: The Nonverbal Behavior Coding System for Soccer Penalties / P. Furley, A. Roth // Journal of Sport & Exercise Psychology. – 2021. – Vol. 43. – Coding Body Language in Sports. – № 2. – P. 140-154.

104. Gastaldo M. High quality rehabilitation to optimize return to sport following lateral meniscus surgery in football players / M. Gastaldo, A. Gokeler, F. Della Villa // Annals of Joint. – 2022. – Vol. 7. – P. 36.

105. Gicquel P. Knee ligament and meniscus injuries in children and teenagers / P. Gicquel // Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR. – 2025. – Vol. 111. – № 1S. – P. 104073.
106. Global prevalence and pattern of injuries in basketball players: a systematic review / Y. Liu [и др.] // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2025. – Vol. 65. – Global prevalence and pattern of injuries in basketball players. – № 3. – P. 428-437.
107. Grinding, Clicking, and Pivot Pain Resolve in Most Patients After Knee Arthroscopy / E.T. Sayegh [и др.] // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association. – 2023. – Vol. 39. – № 1. – P. 91-99.e1.
108. Hagovská M. Prevalence of lower limb pain and disability in football, hockey, and floorball players / M. Hagovská, A. Buková, P. Takáč // Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. – 2024. – Vol. 37. – № 1. – P. 157-163.
109. Healing of acute anterior cruciate ligament rupture on MRI and outcomes following non-surgical management with the Cross Bracing Protocol / S.R. Filbay [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2023. – Vol. 57. – № 23. – P. 1490-1497.
110. Impact of Patellar Tendinopathy on Knee Proprioception: A Cross-Sectional Study / R. Torres [и др.] // Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. – 2017. – Vol. 27. – Impact of Patellar Tendinopathy on Knee Proprioception. – № 1. – P. 31-36.
111. Increased signal of the fibular collateral ligament of the knee on MRI, clinically significant? / A.A. Alexander [и др.] // Clinical Imaging. – 2023. – Vol. 98. – P. 22-25.
112. Initial versus Subsequent Injury and Illness and Temporal Trends Among Professional Hockey Players / C. Martin [и др.] // International Journal of Sports Physical Therapy. – 2024. – Vol. 19. – № 2. – P. 215-226.
113. Injury epidemiology in Australian women's professional football / G. Leonard [и др.] // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2024. – P. S1440-2440(24)00587-5.

114. Injury History and Perceived Knee Function as Risk Factors for Knee Injury in Youth Team-Sports Athletes / J. Hietamo [и др.] // Sports Health. – 2023. – Vol. 15. – № 1. – P. 26-35.

115. Insurance cost and injury characteristics of anterior cruciate ligament injuries in sub-elite football: A population analysis involving 3 years of Australian insurance data / A.G. Ross [и др.] // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2023. – Vol. 26. – Insurance cost and injury characteristics of anterior cruciate ligament injuries in sub-elite football. – № 7. – P. 365-371.

116. Intrinsic Risk Factors for First-Time Noncontact ACL Injury: A Prospective Study of College and High School Athletes / B.D. Beynnon [и др.] // Sports Health. – 2023. – Vol. 15. – Intrinsic Risk Factors for First-Time Noncontact ACL Injury. – № 3. – P. 433-442.

117. Investigating the Combined Effects of Fascial Distortion Model Manual Therapy and Balance–Strength Training in Individuals with Chronic Ankle Instability / A. Mohammadi [и др.] // Sports. – 2024. – Vol. 12. – № 1. – P. 33.

118. Investigation of lower extremity injuries in men's ice hockey: a 10-year analysis across the COVID-19 era / M.G. Kelley [и др.] // The Physician and Sportsmedicine. – 2025. – Investigation of lower extremity injuries in men's ice hockey. – P. 1-9.

119. İpek D. Is Lever Test Superior to Lachman, Pivot Shift, Drawer Tests in Diagnosing Anterior Cruciate Ligament Injuries? / D. İpek, S. Zehir, A. Dünder // Cureus. – 2022. – Vol. 14. – № 2. – P. e22049.

120. Ipsilateral graft and contralateral ACL rupture at five years or more following ACL reconstruction: a systematic review / R.W. Wright [и др.] // The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. – 2011. – Vol. 93. – Ipsilateral graft and contralateral ACL rupture at five years or more following ACL reconstruction. – № 12. – P. 1159-1165.

121. Isolated distal grade III lateral collateral ligament injury: what is the real clinical impact in professional athletes? / A. Gnesutta [и др.] // Skeletal Radiology. –

2024. – Vol. 53. – Isolated distal grade III lateral collateral ligament injury. – № 5. – P. 983-987.

122. Isolated Lateral Collateral Ligament Injury of the Knee in a Judo Athlete: A Surgical Case Report / Y. Soda [и др.] // Journal of Orthopaedic Case Reports. – 2022. – Vol. 12. – Isolated Lateral Collateral Ligament Injury of the Knee in a Judo Athlete. – № 9. – P. 84-87.

123. Jin H. Risk Factors Based on Analysis of Injury Mechanism and Protective Equipment for Ice Hockey Amateur Players / H. Jin, H. Lee // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19. – № 7. – P. 4232.

124. Jumper's knee mechanical consequences in professional basketball players: the «Camel's Back curve» / M. Dauty [и др.] // European Journal of Applied Physiology. – 2019. – Vol. 119. – Jumper's knee mechanical consequences in professional basketball players. – № 3. – P. 735-742.

125. Kacprzak B. Presentation of the bk21 (Kacprzak) test as a less traumatic alternative to the Lachman test and Drop Leg test in diagnosing anterior cruciate ligament tear / B. Kacprzak, Siuba-Jarosz N. // Sports Medicine: Research and Practice. – 2021. – Vol. 11. – № 2. – P. 52-57.

126. Knee Cartilage Injuries in Football Players: Clinical Outcomes and Return to Sport After Surgical Treatment: A Systematic Review of the Literature / L. Andriolo [и др.] // Cartilage. – 2025. – Vol. 16. – Knee Cartilage Injuries in Football Players. – № 1. – P. 46-60.

127. Knee osteoarthritis in the former elite football players and the ordinary population: a comparative cross-sectional study / A. Merčun [и др.] // Science & Medicine in Football. – 2024. – Vol. 8. – Knee osteoarthritis in the former elite football players and the ordinary population. – № 3. – P. 196-200.

128. Knee pain and function in retired male intercounty GAA players: an exploratory study / S. Carmody [и др.] // Irish Journal of Medical Science. – 2025. – Vol. 194. – Knee pain and function in retired male intercounty GAA players. – № 1. – P. 147-155.

129. Koźlenia D. The Impact of Interaction between Body Posture and Movement Pattern Quality on Injuries in Amateur Athletes / D. Koźlenia, K. Kochan-Jacheć // *Journal of Clinical Medicine*. – 2024. – Vol. 13. – № 5. – P. 1456.

130. Kweon M. Comparison of immediate effects of myofascial release and fascial distortion model on the range of motion, pain pressure threshold, and balance in healthy adults / M. Kweon, J. Kim // *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. – 2023. – Vol. 35. – P. 33-37.

131. Laurin R. Affective Responses Mediate the Body Language of Penalty Taker - Decision-Making Relationship from Soccer Goalkeepers / R. Laurin, J. Pellet // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 2024. – Vol. 95. – № 1. – P. 227-234.

132. Lee S.H. Efficiency of knee ultrasound for diagnosing anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament injuries: a systematic review and meta-analysis / S.H. Lee, S.J. Yun // *Skeletal Radiology*. – 2019. – Vol. 48. – Efficiency of knee ultrasound for diagnosing anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament injuries. – № 10. – P. 1599-1610.

133. Lephart S.M. Proprioception of the ankle and knee / S.M. Lephart, D.M. Pincivero, S.L. Rozzi // *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. – 1998. – Vol. 25. – № 3. – P. 149-155.

134. Lever-Test Accuracy in Detecting Anterior Cruciate Ligament (ACL) Tears: A Single Institution Experience / M.Y. Sarhan [и др.] // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15. – Lever-Test Accuracy in Detecting Anterior Cruciate Ligament (ACL) Tears. – № 10. – P. e46313.

135. Magnetic Resonance Imaging of Asymptomatic Knees in Collegiate Basketball Players: The Effect of One Season of Play / G.P. Pappas [и др.] // *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. – 2016. – Vol. 26. – Magnetic Resonance Imaging of Asymptomatic Knees in Collegiate Basketball Players. – № 6. – P. 483-489.

136. Maśliński P. [The use of fascial distorsion model (FDM) in patient with limited mobility in the shoulder joint - a case report] / P. Maśliński, M. Woldańska-

Okońska // Polski Mercuriusz Lekarski: Organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego. – 2017. – Vol. 42. – № 251. – P. 214-218.

137. Match workload and international travel associated with (ACL) injuries in professional women's football / S. den Hollander [и др.] // European Journal of Sport Science. – 2024. – Vol. 24. – № 10. – P. 1423-1431.

138. Meeus M. Central sensitization: a biopsychosocial explanation for chronic widespread pain in patients with fibromyalgia and chronic fatigue syndrome / M. Meeus, J. Nijs // Clinical Rheumatology. – 2007. – Vol. 26. – Central sensitization. – № 4. – P. 465-473.

139. Morphological changes in the superficial medial collateral ligament on knee MR imaging: association with medial meniscal extrusion and posterior root medial meniscus abnormality / S.J. Yoon [и др.] // Skeletal Radiology. – 2022. – Vol. 51. – Morphological changes in the superficial medial collateral ligament on knee MR imaging. – № 7. – P. 1399-1405.

140. MR Imaging of Knee Cartilage Injury and Repair Surgeries / C.D. Strickland [и др.] // Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America. – 2022. – Vol. 30. – № 2. – P. 227-239.

141. MRI findings of knee abnormalities in adolescent and adult volleyball players / H. Boeth [и др.] // Journal of Experimental Orthopaedics. – 2017. – Vol. 4. – № 1. – P. 6.

142. MRI-Detected Knee Ligament Sprains and Associated Internal Derangement in Athletes Competing at the Rio de Janeiro 2016 Summer Olympics / A. Kompel [и др.] // Open Access Journal of Sports Medicine. – 2021. – Vol. 12. – P. 23-32.

143. Multiligament knee injury (MLKI): an expert consensus statement on nomenclature, diagnosis, treatment and rehabilitation / I.R. Murray [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2024. – Vol. 58. – Multiligament knee injury (MLKI). – № 23. – P. 1385-1400.

144. Musculoskeletal injuries in basketball players Southern Portugal: Epidemiology and risk factors / B. Minghelli [и др.] // Northern Clinics of Istanbul. –

2022. – Vol. 9. – Musculoskeletal injuries in basketball players Southern Portugal. – № 1. – P. 14-22.

145. Musculoskeletal Pain Management and Thermotherapy: An Exploratory Analysis of Italian Physicians' Attitude, Beliefs, and Prescribing Habits / G. Ventriglia [и др.] // Journal of Pain Research. – 2023. – Vol. 16. – Musculoskeletal Pain Management and Thermotherapy. – P. 1547-1557.

146. Nagelli C.V. Should Return to Sport be Delayed Until 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? Biological and Functional Considerations / C.V. Nagelli, T.E. Hewett // Sports Medicine (Auckland, N.Z.). – 2017. – Vol. 47. – Should Return to Sport be Delayed Until 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? – № 2. – P. 221-232.

147. Neuromuscular training improves knee proprioception in athletes with a history of anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial / M. Ghaderi [и др.] // Clinical Biomechanics (Bristol, Avon). – 2020. – Vol. 80. – Neuromuscular training improves knee proprioception in athletes with a history of anterior cruciate ligament reconstruction. – P. 105157.

148. Nixon H.L. A Social Network Analysys of Influences On Athletes To Play With Pain and Injuries / H.L. Nixon // Journal of Sport and Social Issues. – 1992. – Vol. 16. – № 2. – P. 127-135.

149. Non-Anatomic Reconstruction in Multiligament Knee Injuries: A Functional Approach / M. Hurmuz [и др.] // Medicina (Kaunas, Lithuania). – 2025. – Vol. 61. – Non-Anatomic Reconstruction in Multiligament Knee Injuries. – № 1. – P. 53.

150. Obrenovic M. [Knee examination in practice: clinical relevance of author-named special tests] / M. Obrenovic, P.-É. Fournier // Revue Medicale Suisse. – 2023. – Vol. 19. – [Knee examination in practice. – № 835. – P. 1346-1356.

151. Pain perception and coping strategies influence early outcomes following knee surgery in athletes / J.S. Everhart [и др.] // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2020. – Vol. 23. – № 1. – P. 100-104.

152. Pandya S. Evaluation of the knee joint with ultrasound and magnetic resonance imaging / S. Pandya, D.M. Melville // *Journal of Ultrasonography*. – Vol. 23. – № 95. – P. e239-e250.

153. Patient-Reported Outcomes of Bicruciate Multiligament Versus Single Cruciate Multiligament Knee Injuries / I. Trøan [и др.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2025. – Vol. 53. – № 1. – P. 138-146.

154. Posterior Cruciate Ligament and Patellar Tendon Can Predict Anterior Cruciate Ligament Size for Planning During ACL Reconstruction in Pediatric Patients / N.A. Strada [и др.] // *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. – 2023. – Vol. 5. – № 1. – P. e109-e117.

155. Publication trends on the posterior cruciate ligament over the past 10 years in PubMed: Review article / S. Rhatomy [и др.] // *Annals of Medicine and Surgery* (2012). – 2020. – Vol. 55. – Publication trends on the posterior cruciate ligament over the past 10 years in PubMed. – P. 195-199.

156. Reduced performance after return to competition in ACL injuries: an analysis on return to competition in the «ACL registry in German Football» / D. Szymiski [и др.] // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. – 2023. – Vol. 31. – Reduced performance after return to competition in ACL injuries. – № 1. – P. 133-141.

157. Re-injury worry, confidence and attention as predictors of a sport re-injury during a competitive season / A. Christakou [и др.] // *Research in Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 30. – № 1. – P. 19-29.

158. Reliability of physical examination tests for the diagnosis of knee disorders: Evidence from a systematic review / S. Décary [и др.] // *Manual Therapy*. – 2016. – Vol. 26. – Reliability of physical examination tests for the diagnosis of knee disorders. – P. 172-182.

159. Relph N. Knee joint position sense ability in elite athletes who have returned to international level play following ACL reconstruction: A cross-sectional study / N. Relph, L. Herrington // *The Knee*. – 2016. – Vol. 23. – Knee joint position

sense ability in elite athletes who have returned to international level play following ACL reconstruction. – № 6. – P. 1029-1034.

160. Return to Play and Player Performance After Meniscal Tear Among Elite-Level European Soccer Players: A Matched Cohort Analysis of Injuries From 2006 to 2016 / O.Z. Lavoie-Gagne [и др.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2022. – Vol. 10. – Return to Play and Player Performance After Meniscal Tear Among Elite-Level European Soccer Players. – № 1. – P. 23259671211059541.

161. Return-to-Play Times and Player Performance After Medial Collateral Ligament Injury in Elite-Level European Soccer Players / O.Z. Lavoie-Gagne [и др.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2021. – Vol. 9. – № 9. – P. 23259671211033904.

162. Risk factors for knee osteoarthritis after traumatic knee injury: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials and cohort studies for the OPTIKNEE Consensus / J.L. Whittaker [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2022. – Vol. 56. – Risk factors for knee osteoarthritis after traumatic knee injury. – № 24. – P. 1406-1421.

163. Risk factors of knee reinjury after anterior cruciate ligament reconstruction / I.P.G.S. Adhitya [и др.] // International Orthopaedics. – 2024. – Vol. 48. – № 4. – P. 983-990.

164. Risk of knee osteoarthritis after different types of knee injuries in young adults: a population-based cohort study / B. Snoeker [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 2020. – Vol. 54. – Risk of knee osteoarthritis after different types of knee injuries in young adults. – № 12. – P. 725-730.

165. Sciascia A. Pain Catastrophizing in College Athletes / A. Sciascia, J. Waldecker, C. Jacobs // Journal of Sport Rehabilitation. – 2020. – Vol. 29. – № 2. – P. 168-173.

166. Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears / R.C. Mather [и др.] // The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. – 2013. – Vol. 95. – № 19. – P. 1751-1759.

167. Systematic Review of Injuries in the Men's and Women's National Basketball Association / J. Lian [и др.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 50. – № 5. – P. 1416-1429.

168. Thalhamer C. A fundamental critique of the fascial distortion model and its application in clinical practice / C. Thalhamer // *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. – 2018. – Vol. 22. – № 1. – P. 112-117.

169. The 50 Most Cited Articles in Knee Medial Collateral Ligament Injury Research / D. Luxenburg [и др.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 10. – № 9. – P. 23259671221124575.

170. The diagnostic accuracy of clinical tests for anterior cruciate ligament tears are comparable but the Lachman test has been previously overestimated: a systematic review and meta-analysis / P.A. Sokal [и др.] // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. – 2022. – Vol. 30. – The diagnostic accuracy of clinical tests for anterior cruciate ligament tears are comparable but the Lachman test has been previously overestimated. – № 10. – P. 3287-3303.

171. The effects of total knee arthroplasty on knee proprioception of patients with knee osteoarthritis: a meta-analysis / Y.-Y. Xue [и др.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2022. – Vol. 17. – The effects of total knee arthroplasty on knee proprioception of patients with knee osteoarthritis. – № 1. – P. 258.

172. The effects of training intervention on the prevention of knee joint injuries: a systematic review and meta-analysis / G. Zheng [и др.] // *Frontiers in Physiology*. – 2025. – Vol. 16. – The effects of training intervention on the prevention of knee joint injuries. – P. 1455055.

173. The epidemiology of professional ice hockey injuries: a prospective report of six NHL seasons / C.D. McKay [и др.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2014. – Vol. 48. – The epidemiology of professional ice hockey injuries. – № 1. – P. 57-62.

174. The First Decade of Web-Based Sports Injury Surveillance: Descriptive Epidemiology of Injuries in US High School Girls' Basketball (2005-2006 Through 2013-2014) and National Collegiate Athletic Association Women's Basketball (2004-2005 Through 2013-2014) / D.R. Clifton [и др.] // *Journal of Athletic Training*. – 2018.

– Vol. 53. – The First Decade of Web-Based Sports Injury Surveillance. – № 11. – P. 1037-1048.

175. The Impact of Knee and Ankle Injuries on National Basketball Association Player Performance Post-injury / J. Ceasar [и др.] // *Cureus*. – 2024. – Vol. 16. – № 4. – P. e58943.

176. The incidence rate of ACL injuries and ankle sprains in basketball players: A systematic review and meta-analysis / E. Stojanović [и др.] // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. – 2023. – Vol. 33. – The incidence rate of ACL injuries and ankle sprains in basketball players. – № 6. – P. 790-813.

177. The injury mechanism correlation between MRI and video-analysis in professional football players with an acute ACL knee injury reveals consistent bone bruise patterns / P. D’Hooghe [и др.] // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. – 2023. – Vol. 31. – № 1. – P. 121-132.

178. The majority of athletes fail to return to play following anterior cruciate ligament reconstruction due to reasons other than the operated knee / J.P. Toale [и др.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 29. – № 11. – P. 3877-3882.

179. The MRI posterior drawer test to assess posterior cruciate ligament functionality and knee joint laxity / L.M. Wollschläger [и др.] // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11. – № 1. – P. 19687.

180. The Primary Risk Factors for Season-Ending Injuries in Professional Basketball Are Minutes Played Per Game and Later Season Games / S. Menon [и др.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. – 2024. – Vol. 40. – № 9. – P. 2468-2473.

181. Training and competition injury epidemiology in professional basketball players: a prospective observational study / V. Moreno-Pérez [и др.] // *The Physician and Sportsmedicine*. – 2023. – Vol. 51. – Training and competition injury epidemiology in professional basketball players. – № 2. – P. 121-128.

182. Ultrasonographic scan in knee pain in athletes / N. Maffulli [и др.] // British Journal of Sports Medicine. – 1992. – Vol. 26. – № 2. – P. 93-96.

183. Virtual reality-based therapy after anterior cruciate ligament injury effectively reduces pain and improves knee function, movement patterns, and dynamic balance: A systematic review and meta-analysis / I. Cortés-Pérez [и др.] // Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA. – 2025. – Vol. 33. – Virtual reality-based therapy after anterior cruciate ligament injury effectively reduces pain and improves knee function, movement patterns, and dynamic balance. – № 5. – P. 1736-1753.

184. Visnes H. Ultrasound characteristics of the patellar and quadriceps tendons among young elite athletes / H. Visnes, A. Tegnander, R. Bahr // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2015. – Vol. 25. – № 2. – P. 205-215.

185. Wang W. Artificial Intelligence in Repairing Meniscus Injury in Football Sports with Perovskite Nanobiomaterials / W. Wang // Journal of Healthcare Engineering. – 2021. – Vol. 2021. – P. 4324138.

186. Wasilczyk C. The Value of Ultrasound Diagnostic Imaging of Meniscal Knee Injuries Verified by Experimental and Arthroscopic Investigations / C. Wasilczyk // Diagnostics (Basel, Switzerland). – 2023. – Vol. 13. – № 20. – P. 3264.

187. What Is the Relationship of Fear Avoidance to Physical Function and Pain Intensity in Injured Athletes? / S.F. Fischerauer [и др.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2018. – Vol. 476. – № 4. – P. 754-763.

188. Wörner T. Injury patterns in Swedish elite female and male ice hockey - A cross-sectional comparison of past-season's injuries / T. Wörner, S. Kauppinen, F. Eek // Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine. – 2024. – Vol. 65. – P. 83-89.

189. Yildiz M. Visualisation of Studies on Knee Injuries in Football: A Bibliometric Analysis / M. Yildiz // Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin. – 2024. – Vol. 38. – Visualisation of Studies on Knee Injuries in Football. – № 3. – P. 116-128.

190. Furley P. Body Language in Sport / P. Furley, G. Schweizer // Handbook of Sport Psychology / ред. G. Tenenbaum, R.C. Eklund. – Wiley, 2020. – P. 1201-1219.