

*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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва - 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

### **Научный руководитель:**

**Пустовойт Василий Игоревич** – доктор медицинских наук, руководитель Отдела №2 клинической и радиационной медицины Управления радиационной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

### **Официальные оппоненты:**

**Папастаев Сергей Андреевич** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ИПМ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

**Арьков Владимир Владимирович** – доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии Государственного автономного учреждения здравоохранения города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва

### **Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «25» декабря 2025 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета 68.1.003.04 при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, по адресу: 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46, строение 8. Тел.: 8 (499) 190-96-98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» России по адресу: г. Москва ул. Живописная, д. 46) и на сайте <https://fmbafmbc.ru/scientific-activities/dissertation-council>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_ 2025 г.

Учёный секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, профессор

Н. В. Рылова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**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. Mugaу 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 (E. 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 (B. Cao 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 P. 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. Xue 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 (C.A. 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 бursy).
- Группа 9: хондромалиция надколенника (n=15). Включала пациентов с изолированными или преобладающими МРТ-признаками хондромалиции 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. Зимина (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. Буназына 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.

**Материал и методы исследования.** Проспективное одномоментное исследование выполнено на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в период с апреля 2024г. по май 2025г. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом (протокол № 112 от 18 декабря 2024г.). От всех участников получено письменное информированное согласие.

Критерии включения: мужчины 18-35 лет, профессиональные спортсмены или спортсмены-любители (хоккеисты, футболисты) со спортивным стажем не менее 8 лет, тренировочная нагрузка не менее 6 часов в неделю, наличие острой травмы коленного сустава или острой боли (не более 7 суток), изолированное повреждение одной из структур коленного сустава. Критерии исключения: женский пол, возраст вне диапазона 18-35 лет, спортивный стаж менее 8 лет, срок с момента травмы более 7 суток, сочетанные повреждения, предшествующие травмы коленного сустава в течение года, операции на исследуемом суставе в анамнезе, системные заболевания соединительной ткани, неврологические расстройства, влияющие на проприорецепцию, противопоказания к МРТ.

В исследование включено 278 спортсменов мужского пола: 152

хоккеиста и 126 футболистов. Средний возраст составил  $27,0 \pm 5,8$  лет, рост –  $181,3 \pm 10,5$  см, вес –  $83,8 \pm 10,8$  кг, спортивный стаж –  $17,9 \pm 5,9$  лет. Распределение по уровню спортивного мастерства: кандидаты в мастера спорта – 119 (42,8%), мастера спорта – 81 (29,1%), мастера спорта международного класса – 54 (19,4%), спортсмены-любители – 24 (8,6%). По результатам комплексного клинико-инструментального обследования пациенты распределены в 9 диагностических групп: повреждение ПКС (n=71), повреждение МКС (n=21), повреждение медиального мениска (n=44), повреждение латерального мениска (n=31), повреждение сухожилия надколенника (n=27), остеоартроз (n=20), пателлофemorальный болевой синдром (n=28), синдром илиотибиального тракта (n=21), хондромалиция надколенника (n=15).

Сбор анамнеза и жалоб проводился с детальной фиксацией данных о механизме травмы, обстоятельствах получения, характере болевого синдрома (интенсивность по ВАШ, локализация, иррадиация), сопутствующих симптомах (отек, нестабильность, блокады). Клиническое обследование включало осмотр, пальпацию, оценку объема движений и комплекс стандартных клинических тестов: тест Лахмана и «переднего выдвижного ящика» для оценки ПКС, тесты МакМюррея и Тессали для выявления повреждений менисков, тест Коллена и оценка Q-угла для пателлофemorального сочленения, тест Обера для илиотибиального тракта, пальпация сухожилия надколенника для выявления тендинопатии.

Анализ стереотипных двигательных паттернов проводился с видеофиксацией невербальных жестов спортсменов при указании локализации боли с последующим анализом двумя независимыми экспертами. Выявленные паттерны классифицировались по топографическому принципу и характеру предполагаемой дисфункции. Выделены четыре основных паттерна: «симптом линии/триггерного тяжа», «симптом открытой ладони», «симптом пальца», «симптом закрытой ладони». МРТ коленного сустава проводилось на высокопольных томографах 1,5 Тесла по стандартному протоколу с включением T1-взвешенных, T2-взвешенных и протонно-взвешенных изображений в трех плоскостях. Интерпретация осуществлялась двумя независимыми врачами-рентгенологами. Оценивались повреждения связок, менисков, суставного хряща, состояние пателлофemorального сочленения, наличие отека костного мозга и мягких тканей.

Статистический анализ выполнен с использованием Statistica 12.0, R (версия 4.1.0) и Microsoft Excel 2016. Количественные данные

представлены как  $M \pm SD$ , качественные – как абсолютные и относительные значения (%). Для сравнения групп использовались t-критерий Стьюдента, критерий хи-квадрат Пирсона, точный критерий Фишера. Для оценки диагностической значимости методов применялся ROC-анализ с расчетом чувствительности, специфичности, прогностической ценности и площади под ROC-кривой (AUC). Критический уровень значимости принят равным  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Структура травм коленного сустава у спортсменов из игровых видов спорта на примере футбола и хоккея с шайбой.** Анализ структуры травматических повреждений коленного сустава показал, что наиболее частым видом повреждения является травма передней крестообразной связки (28,1%), на втором месте - повреждения медиального мениска (19,1%) и латерального мениска (11,5%). Значительную долю составляют патологии пателлофemorального комплекса: пателлофemorальный болевой синдром (10,4%), тендинопатия сухожилия надколенника (10,4%) и хондромалиция надколенника (5,4%). Повреждения медиальной коллатеральной связки отмечены в 8,3%, синдром илиотибиального тракта - в 7,6%, остеоартроз - в 7,6% случаев.

Группы футболистов ( $n=126$ ) и хоккеистов ( $n=152$ ) были сопоставимы по возрасту ( $27,0 \pm 5,6$  и  $27,0 \pm 6,0$  лет), антропометрическим данным, спортивному стажу и тренировочным нагрузкам ( $p > 0,05$ ). Выявлены принципиальные различия в механизме травм: у футболистов преобладают контактные повреждения (87,3% против 30,3% у хоккеистов,  $p < 0,001$ ), футболисты чаще травмируются на тренировках (59,5% против 31,6%), хоккеисты - в быту (26,3% против 0%) и на соревнованиях.

Структура повреждений различается между видами спорта: у футболистов значительно чаще встречается повреждение ПКС (42,1% против 16,4%,  $p < 0,001$ ), у хоккеистов - остеоартроз (11,2% против 3,2%,  $p = 0,009$ ) и пателлофemorальный болевой синдром (15,8% против 4,0%,  $p = 0,001$ ).

**Выявление и систематизация стереотипных двигательных паттернов, используемых спортсменами для демонстрации характера и локализации боли.** В исследовании проанализированы стереотипные двигательные паттерны (СДП) у 278 спортсменов с различными повреждениями коленного сустава. Выделено четыре основных паттерна:

«симптом линии/триггерного тяжа» представляет собой продольное поверхностное касание области проекции болезненности или суставной щели; «симптом открытой ладони» характеризуется поверхностным поглаживанием области сустава открытой ладонью; «симптом пальца» проявляется локальной пальпацией с компрессией строго ограниченного участка одним пальцем; «симптом закрытой ладони» включает фиксацию и компрессию поверхностных тканей ладонью и пальцами (рисунок 1).

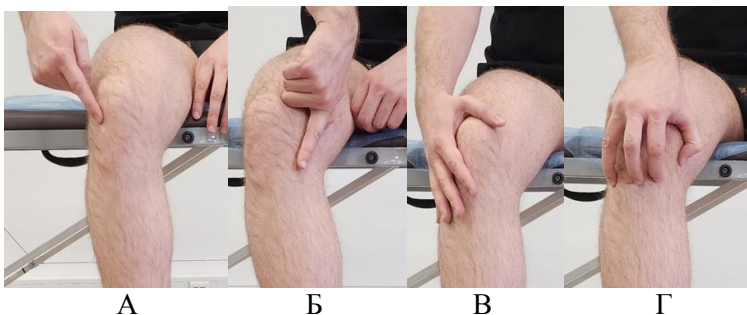


Рисунок 1 – Стереотипные двигательные паттерны (А – «Симптом пальца», Б – «Симптом линии / триггерного тяжа», В – «Симптом открытой ладони», Г – «Симптом закрытой ладони»)

Дополнительно анализировались «симптом стартовой боли» и «симптом боли в средней или крайней позиции» (рисунок 2).

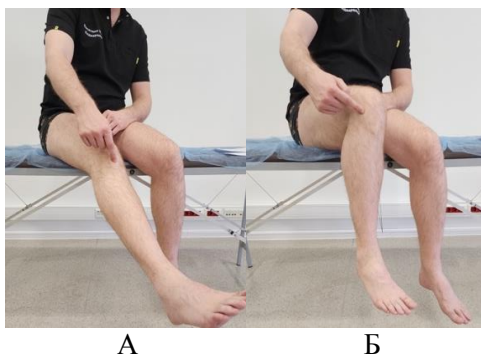


Рисунок 2 – Стереотипные двигательные паттерны (А – «Симптом стартовой боли», Б – «Симптом боли в средней или крайней позиции»)

В общей выборке наиболее часто использовался «симптом линии/триггерного тяжа» (42,1% случаев), за которым следовал «симптом открытой ладони» (28,1%), «симптом пальца» (18,3%) и «симптом закрытой ладони» (11,5%). Анализ распределения СДП в зависимости от нозологии выявил четкие закономерности: «симптом линии/триггерного тяжа» наиболее характерен для повреждений менисков, составляя 63,6% при повреждении медиального мениска и 58,1% при повреждении латерального мениска, а также часто встречается при повреждениях медиальной коллатеральной связки (47,6%).

«Симптом открытой ладони» доминирует при остеоартрозе коленного сустава (85,0% случаев), также является ведущим паттерном при повреждениях передней крестообразной связки (39,4%) и часто используется при пателлофemorальном болевом синдроме (35,7%) и хондромалиции надколенника (33,3%). «Симптом пальца» демонстрирует высокую специфичность для синдрома илиотибиального тракта (85,7%) и повреждений сухожилия надколенника (88,9%), также значимо представлен при повреждениях медиальной коллатеральной связки (38,1%). «Симптом закрытой ладони» наиболее ассоциирован с повреждениями передней крестообразной связки (38,0%) и хондромалицией надколенника (40,0%).

Анализ второстепенных паттернов показал, что «симптом стартовой боли при разгибании» встречается исключительно при тендинопатии сухожилия надколенника (22,2% случаев). «Симптом боли в средней или крайней позиции» при сгибании характерен для повреждений передней крестообразной связки (47,9%) и менисков (16,1-20,5%), при разгибании специфичен для пателлофemorального болевого синдрома (32,1%) и хондромалиции надколенника (20,0%).

Статистический анализ с использованием критерия хи-квадрат Пирсона показал высокосвязную взаимосвязь между типом повреждения коленного сустава и демонстрируемыми СДП ( $\chi^2 = 208,99$ ,  $df = 24$ ,  $p < 0,00001$ ). Коэффициент V Крамера составил 0,501, что свидетельствует о сильной связи между изучаемыми переменными и подтверждает высокую клиническую и диагностическую значимость выявленных закономерностей для использования СДП в качестве дополнительного диагностического инструмента при патологии коленного сустава у спортсменов.

**Исследование диагностической информативности метода проприорецептивной ортодиагностики. Проведена оценка**



диагностической информативности метода проприорецептивной ортодиагностики в сравнении со стандартными клиническими тестами. Наибольшая частота положительных результатов стандартных тестов отмечена для теста МакМюррея (21,1%) и теста Тессали (18,5%), что соответствует значительной доле повреждений менисков. Тесты для диагностики повреждений ПКС (Лахмана и «переднего выдвижного ящика») оказались положительными у 16,4% пациентов, что существенно ниже доли пациентов с верифицированным повреждением ПКС (28,1%).

Анализ распределения СДП выявил высокую нозологическую специфичность: при повреждениях менисков доминировал «симптом линии/тяжа вдоль суставной щели» (61,4% для медиального и 58,1% для латерального мениска); при остеоартрозе превалировал «симптом открытой ладони» (85,0%); при синдроме илиотибиального тракта и тендинопатии сухожилия надколенника с высокой частотой выявлялся «симптом пальца» (85,0% и 88,9% соответственно); при повреждениях ПКС наблюдалось сочетание «симптома открытой ладони» (39,7%) и «симптома закрытой ладони» (36,8%).

Сравнительный анализ диагностической точности показал различную эффективность методов в зависимости от патологии. При повреждениях ПКС стандартные клинические тесты демонстрировали умеренную чувствительность (61,8-63,2%) при высокой специфичности (98,6-99,0%). СДП показали более низкую чувствительность (36,8-39,7%), но комбинированное применение обеспечило существенное повышение чувствительности до 77,9% при сохранении высокой специфичности (97,6%).

При повреждениях менисков выявлены различия по локализации: для латерального мениска стандартные тесты показали высокую эффективность (чувствительность 87,1%, специфичность 89,8-90,2%), тогда как для медиального мениска СДП продемонстрировали преимущество (чувствительность 61,4% против 50,0% у стандартных тестов при специфичности 93,9%).

Наиболее выраженное преимущество СДП наблюдалось при синдроме илиотибиального тракта, где тест Обера показал крайне низкую чувствительность (10,0%), в то время как «симптом пальца» достигал 85,0% чувствительности при специфичности 84,3%.

ROC-анализ показал статистически значимое повышение диагностической точности комбинированных моделей по сравнению с моделями, использующими только клинические тесты, для всех

исследуемых патологий: AUC увеличилась с 0,843 до 0,902 для ПКС ( $p=0,008$ ), с 0,687 до 0,807 для медиального мениска ( $p=0,012$ ), с 0,549 до 0,851 для синдрома илиотибиального тракта ( $p<0,001$ ).

Особую клиническую ценность представляет способность СДП выявлять патологию при отрицательных результатах стандартных тестов: у 75,0% пациентов с синдромом илиотибиального тракта, 50,0% с пателлофеморальным болевым синдромом, 40,0% с хондромалацией надколенника и 36,4% с повреждением медиального мениска были положительные СДП при отрицательных клинических тестах. Определены оптимальные диагностические комбинации (таблица 1).

Таблица 1 – Наиболее информативные комбинации тестов и стереотипных двигательных паттернов для различных патологий

Локализация повреждения	Оптимальная комбинация	Se, %	Sp, %	Acc, %
ПКС	Тест Лахмана/переднего выдвигающего 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

**Определение корреляционных связей между характером и точностью проприорецептивной локализации боли и типом, локализацией и степенью тяжести повреждения анатомических структур коленного сустава.** Исследование корреляционных связей между характеристиками проприорецептивной локализации боли и объективными параметрами повреждений коленного сустава выявило статистически значимые закономерности, имеющие существенное клиническое значение для оптимизации диагностики.

Установлена достоверная ассоциация между степенью тяжести повреждения и характером локализации боли ( $\chi^2 = 91,34$ ,  $df = 24$ ,  $p<0,001$ ,

$V$  Крамера = 0,49). С увеличением степени тяжести повреждения наблюдается трансформация характера локализации боли от точечной к диффузной. Данная закономерность наиболее выражена при повреждениях медиального мениска, где доля пациентов с диффузной локализацией боли возрастает с 3,8% при 1 степени до 38,9% при 2 степени ( $p<0,01$ ), при повреждениях передней крестообразной связки – с 7,9% до 30,0% ( $p<0,05$ ), и особенно при повреждениях медиальной коллатеральной связки – с 0% при 1 степени до 100% при 2 степени ( $p<0,001$ ).

Точная проприорецептивная локализация боли при начальных стадиях повреждения варьирует от 68,4% для повреждений ПКС до 100% для хондромалиции надколенника, что указывает на высокую нозологическую специфичность ранних стадий патологического процесса.

Двухфакторный дисперсионный анализ выявил высокодостоверное влияние как типа повреждения ( $F = 37,85$ ,  $p<0,001$ ), так и степени его тяжести ( $F = 67,23$ ,  $p<0,001$ ) на интенсивность болевого синдрома во всех функциональных состояниях. Значимый эффект взаимодействия факторов ( $F = 8,14$ ,  $p<0,001$ ) свидетельствует о том, что прирост интенсивности боли с увеличением степени тяжести неоднороден для различных нозологических форм.

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  $4,8\pm 0,9$ ,  $p<0,001$ ). При повреждениях латерального мениска увеличение степени тяжести сопровождается более выраженным повышением интенсивности боли в покое (с  $0,7\pm 0,2$  до  $1,6\pm 0,7$ ,  $p<0,01$ ).

Анализ характера боли выявил высокосignificantную ассоциацию с типом повреждения ( $\chi^2 = 311,56$ ,  $df = 32$ ,  $p<0,001$ ,  $V$  Крамера = 0,54). Установлены патогномичные паттерны болевых ощущений: патологии пателлофemorального комплекса характеризуются исключительно острой болью (100% случаев); остеоартроз проявляется только тупой болью (100%); повреждения ПКС характеризуются разнообразным спектром 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%).

## 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 пателлофеморального комплекса (15,4%), с достоверными межвидовыми различиями: футболисты чаще подвержены контактному повреждению 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 пателлофеморального 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 пателлофеморального 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. Рекомендуются 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. **Касаткин, М. С.** Диагностическая информативность метода проприорецептивной ортодиагностики при обследовании спортсменов с травмами коленного сустава / М.С. Касаткин, Д.Ю. Шестаков, И.А. Лазарева, В.А. Заборова, О.Э. Апрышко, В.И. Пустовойт // Вестник МИНО. – 2025. – Т.5. – №3. – С. 111-117.

2. **Касаткин, М. С.** Роль субъективной оценки боли спортсменом при травмах коленного сустава / М. С. Касаткин, В. И. Пустовойт, Д. Ю. Шестаков // Сборник научных статей по итогам работы Межвузовского международного конгресса «Высшая школа: научные исследования», Москва, 2025. – С. 116–119.

3. **Kasatkin M.** Body language as an auxiliary diagnostic tool for knee joint injuries in athletes: a prospective cohort study / M. Kasatkin, V. Pustovoyt, D. Shestakov // 3rd Congress of International Society for Clinical Physiology & Pathology (ISCPP2025) 2025. – С. 206-207

4. **Касаткин, М.С.** База данных методов ортодиагностики пациентов с травмами и заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Номер свидетельства RU 2023620892 от 28.02.2023.

5. **Касаткин, М.С.** Применение методики кинезиотейпирования Kinesio TapingR в спортивной медицине и

ортопедии (на примере повреждения передней крестообразной связки) / М.С. Касаткин // Педиатрия. – 2013. – № 2 – С. 66.

6. **Касаткин, М.С.** Кинезиотейпирование: основные концепции и техники аппликаций / М.С. Касаткин // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015a. – № 4 – С. 91–95.

7. **Касаткин, М.С.** Кинезиотейпирование: терминология методики, показания и противопоказания к ее применению. Основные механизмы действия кинезиотейпов / М.С. Касаткин // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015с. – № 2 – С. 82–88.

8. **Касаткин, М.С.** Кинезиотейпирование: история создания оригинальной методики и свойства кинезиотейпов (лекция) / М.С. Касаткин // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015d. – № 1 – С. 77–81.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ПКС - передняя крестообразная связка

МКС - медиальная коллатеральная связка

МРТ - магнитно-резонансная томография

УЗИ - ультразвуковое исследование

ВАШ - визуальная аналоговая шкала

ОА - остеоартроз

ПФБС - пателлофemorальный болевой синдром

СДП - стереотипные двигательные паттерны